

Esterilidade de espiguetas e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos a baixas temperaturas na microsporogênese

Francieli Weber Stürmer¹, Rubens Marschalek², Luis Sangoi³ e Natália Maria de Souza⁴

Resumo – Baixas temperaturas reduzem o rendimento do arroz, especialmente quando ocorrem na microsporogênese da cultura. Este trabalho objetivou identificar genótipos tolerantes ao estresse ocasionado pelo frio na microsporogênese. Foram avaliados 17 genótipos do programa de melhoramento da Epagri. O cultivo das plantas foi em casa de vegetação da semeadura até a microsporogênese, quando foram transferidas para câmara de crescimento por 72 horas, à temperatura noturna de 12°C e diurna de 15°C. Cada genótipo contou com uma testemunha mantida na casa de vegetação com temperaturas de 25 a 30°C durante o ciclo da cultura. Avaliou-se a esterilidade de espiguetas e a produção de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Skott Knott ao nível de significância de 5%. As linhagens SC 854 e SC 850 mostraram potencial para a geração de futuros cultivares com a presença de tolerância ao frio na microsporogênese. As linhagens SC 806 e SC 491ME, embora apresentem baixa esterilidade de espiguetas e boa produção de grãos, mostraram instabilidade quando os dois ambientes são comparados. A linhagem SC 790 foi considerada muito sensível ao frio na fase de microsporogênese.

Termos para indexação: *Oryza sativa*; emborrachamento; frio; linhagem.

Spikelet sterility and grain production of paddy rice genotypes submitted to low temperatures at microsporogenesis

Abstract – Low temperatures reduce rice grain yield, especially when they occur at the crop microsporogenesis. This study was conducted aiming at identifying paddy rice genotypes tolerant to the cold stress at microsporogenesis. Seventeen genotypes from the Epagri's breeding program were evaluated. The plants were grown in the greenhouse from sowing to microsporogenesis, when they were moved to the growth chamber for a 72-hour period of cold stress, with a night temperature of 12°C and a day temperature of 15°C. Each genotype had a control kept in the greenhouse with temperatures ranging from 25°C to 30°C during the whole crop cycle. Spikelet sterility and grain production were determined. Data were evaluated by variance analysis using the F test and averages were compared by the Skott Knott's test at a 5% significance level. The inbreeds SC 854 and SC 850 showed potential to generate future cultivars tolerant to cold stress at microsporogenesis. Inbreeds SC 806 and SC 491ME, although presenting low spikelet sterility and good grain production, had instability when the two environments were compared. The inbreed SC 790 was considered very sensitive to cold at microsporogenesis.

Index terms: *Oryza sativa*; booting; cold; inbreeds.

Introdução

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos em todo o mundo. Os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são responsáveis por aproximadamente 80% do total produzido no Brasil, sendo considerados estados estabilizadores para o mercado brasileiro, garantindo o suprimento desse cereal para a população de todo o país (SOSBAI, 2016).

Apesar de apresentar alta produtividade, em alguns anos ocorrem decréscimos no rendimento de grãos do arroz ir-

rigado devido à ocorrência de condições meteorológicas adversas, como baixas temperaturas. Essas, quando ocorrem nas fases críticas de desenvolvimento da cultura, afetam negativamente a sua produtividade (SOSBAI, 2016).

As fases de germinação, desenvolvimento inicial das plântulas, microsporogênese e antese, são consideradas as mais sensíveis aos efeitos do frio (STINGHEN, 2015). As baixas temperaturas durante a fase de prefloração (microsporogênese) têm maiores efeitos sobre o rendimento de grãos devido ao aumento da esterilidade das espiguetas

(TERRES, 1991). Temperaturas abaixo de 17°C durante a microsporogênese comprometem a formação e viabilidade dos grãos de pólen (CRUZ & MILACH, 2000). Além disso, tem-se observado outros efeitos negativos do frio, como a má exerceção da panícula, deformação dos ápices das panículas e sua emissão muito lenta (CRUZ et al., 2006).

A utilização de cultivares tolerantes a baixas temperaturas pode auxiliar a mitigar os problemas ocasionados pelo frio em arroz irrigado (TORRES TORO, 2009). Assim, o melhoramento genético é um aliado na busca por cultivares que ►

Recebido em 21/5/2018. Aceito para publicação em 20/9/2018.

<http://dx.doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.8>

¹ Engenheira agrônoma, Mestranda, Udesc – CAV, Av. Luiz de Camões, 2090. Conta Dinheiro, Lages, SC, CEP 88520-000. E-mail: francieliweber@yahoo.com.br.

² Engenheiro agrônomo, Dr. Epagri / Estação Experimental de Itajaí. E-mail: rubensm@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro agrônomo, Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias (Udesc – CAV), E-mail: luis.sangoi@udesc.br

⁴ Engenheira agrônoma, Ms. Doutoranda, (Udesc – CAV), E-mail: naty_natynatalia@hotmail.com

apresentem tolerância a essa condição nas fases críticas da cultura. Este tipo de cultivar é importante principalmente nas regiões produtoras do estado que apresentam maior altitude, destacando-se o Alto Vale do Itajaí. Segundo dados climáticos levantados junto à Epagri/Ciaram, com base numa série histórica de 1980 a 2016, as probabilidades da ocorrência de temperaturas abaixo de 17°C no período compreendido entre 1/11 e 31/03 foram de 33,6% e 38,8% nos municípios de Rio do Campo e Ituporanga, respectivamente (STÜRMER, 2018).

O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de baixas temperaturas na fase de microsporogênese sobre a esterilidade de espiguetas e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado, a fim de identificar materiais promissores quanto à tolerância a essa condição.

Material e métodos

Este trabalho faz parte do programa de melhoramento genético de arroz da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Ele foi conduzido em casa de vegetação e câmara de crescimento, no município de Itajaí, SC, durante o ano agrícola de 2016/2017.

Avaliou-se um total de 17 genótipos, incluindo 12 linhagens (SC 806, SC 491 ME, SC 755, SC 854, SC 859, SC 850, SC 790, SC 792, SC 817, SC 841, SC 786 ME, SC 849) e cinco cultivares (Epagri 109, Epagri 106, Amaroo, SCS 121 CL, SCS 122 Miura), na presença e na ausência de estresse por frio na fase da microsporogênese. As linhagens foram escolhidas em função do seu comportamento em trabalhos prévios conduzidos por Marschalek et al. (2011; 2017) no município de Rio do Campo, localizado no Alto Vale do Itajaí. O cultivar Epagri 109 foi escolhido em função do seu histórico de cultivo no Estado de SC. O cultivar SCS 121 CL foi incluído em razão da sua grande expressividade em termos de área cultivada no Estado nas duas últimas safras. O cultivar Amaroo foi selecionado em razão da sua tolerância ao frio (CRUZ et al., 2010). O Epagri 106 foi utilizado por ser de ciclo curto (precoce) e o SCS 122 Miura, um genótipo com bom potencial produtivo, lançado recentemente pela Epagri.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema bifatorial (17 x 2) com três repetições. O primeiro fator diz respeito aos genótipos utilizados no ensaio e o segundo fator correspondeu à temperatura no estádio de microsporogênese (frio versus controle). Para as plantas submetidas ao estresse por frio, utilizou-se a temperatura de 15°C durante o dia (12 h) e 12°C à noite (12 h), por um período de 72 horas.

As unidades experimentais foram compostas por baldes com dimensão de 22cm de diâmetro, 20cm de altura, com capacidade volumétrica de 7L. Em cada balde foram semeadas 10 sementes pré-germinadas e, após o desbaste, deixou-se somente uma planta por balde, visto que o arroz apresenta grande perfilhamento. As unidades experimentais foram mantidas em casa de vegetação da semeadura até a fase da microsporogênese, a uma temperatura que oscilava de 25 a 30°C e umidade relativa do ar próxima a 65%.

A identificação da microsporogênese ocorreu observando o momento do emborrachamento do colmo dos perfilhos, até a ocorrência do estádio R2 da escala de Counce et al. (2000). Essa fase é caracterizada considerando a distância da lígula da folha bandeira e da penúltima folha entre 3cm (lígula da folha bandeira abaixo da lígula da penúltima folha) e 2cm (lígula da folha bandeira acima da lígula da penúltima folha), de acordo com o procedimento utilizado por Zaffari et al. (2014).

Em cada unidade experimental (balde) foram identificados, no mínimo, três perfilhos no estádio R2 e, a seguir, eles foram transferidos para a câmara de crescimento para aplicação do regime térmico pré-definido (15°C diurno e 12°C noturno e fotoperíodo de 12h), por três dias consecutivos. Após esse período, os baldes foram recolocados na casa de vegetação, ficando nesse local até o momento da colheita. Para cada genótipo avaliado, foi mantida a testemunha em casa de vegetação com temperaturas de 25 a 30°C durante todo o ciclo de desenvolvimento. A irrigação dos baldes era realizada sempre que necessário para manter uma lâmina de aproximadamente 3cm de água. A aplicação de fungicidas era realizada de

acordo com a recomendação da SOSBAI sempre que constatados sintomas de doenças.

Quando atingida a maturação, foi realizada a colheita das plantas inteiras de cada unidade experimental como *bulk*, incluindo colmo principal e perfilhos. Posteriormente, procedeu-se a separação das espiguetas cheias e vazias, além da contagem e pesagem dessas, obtendo-se assim a taxa de esterilidade e de produção de grãos por balde dos genótipos.

O índice de esterilidade relativo (IER) foi obtido pelo quociente entre a esterilidade sob frio e a condição de controle. Além disso, também foi calculado o índice de produção relativo (IPR), obtido pelo quociente entre a produção dos genótipos sob frio e na condição de controle. Os genótipos mais tolerantes para cada variável são aqueles que apresentam menor índice quando comparados os ambientes.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. Quando os valores de F foram significativos, a comparação de médias foi realizada pelo teste de Scott Knott. Ambas as análises foram efetivadas ao nível de significância de 5% utilizando o software de livre acesso ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2016).

Resultados e discussão

A análise de variância realizada para a variável esterilidade de espiguetas demonstrou que houve efeito significativo da interação entre o fator genótipo e o fator temperatura, evidenciando que os genótipos responderam de maneira diferenciada ao frio na fase da microsporogênese (Tabela 1).

Na comparação entre genótipos dentro de cada regime térmico, nota-se que a linhagem SC 790 apresentou maior esterilidade de espiguetas (83,5%) sob frio na fase de microsporogênese, diferindo estatisticamente dos demais genótipos. Outro grupo de genótipos que também apresentou alta esterilidade quando submetido ao estresse térmico foi composto pelas linhagens SC 849, SC 859, SC 786 ME, SC 841 e o cultivar Epagri 109, com valores entre 47% e 63%. A alta taxa de esterilidade observada nos genótipos supracitados evidencia que o momento de formação do grão de pólen

Tabela 1. Esterilidade de espiguetas (%) de genótipos de arroz irrigado submetidos ao estresse por baixas temperaturas na microsporogênese e na condição controle, e índice de esterilidade relativo. Itajaí, SC, 2016/2017

Table 1. Spigel sterility (%) of irrigated rice genotypes submitted to low temperature stress in microsporogenesis and in the control condition, and Relative sterility index. Itajaí, SC, 2016/2017

Genótipos	Frio	Controle	IER
SC 854	19,6 dA*	27,0 bA	0,73
Amaroo	21,2 dA	22,7 cA	0,93
SC 850	24,7 cA	24,9 cA	0,99
Epagri 106	18,8 dA	16,1cA	1,17
SC 755	38,2 cA	32,4 bA	1,18
SC 792	27,5 cA	22,6 cA	1,22
SC 786 ME	53,0 bA	40,4 bA	1,31
SC 790	83,5 aA	63,6 aB	1,31
SC 491 ME	18,8 dA	13,4 dA	1,40
SCS 121 CL	28,1 cA	17,3 cA	1,62
Epagri 109	47,6 bA	29,2 bB	1,63
SC 806	18,7 dA	11,4 dA	1,64
SCS 122 Miura	28,4 cA	17,3 cA	1,64
SC 841	51,1 bA	31,0 bB	1,65
SC 859	58,9 bA	32,9 bB	1,79
SC 817	21,3 dA	9,3 dB	2,29
SC 849	62,9 bA	24,6 cB	2,56
----- C.V. % = 14,36 -----			

IER – Índice de esterilidade relativo. * Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

é crítico e sensível à ocorrência de baixas temperaturas, conforme reportado por Yoshida (1981) e Torres Toro (2009).

No tratamento com estresse, menor esterilidade de espiguetas foi registrada para as linhagens SC 806, SC 854, SC 491 ME, e os cultivares Epagri 106 e Amaro. Souza (2015), no entanto, encontrou esterilidade de 39,5%, em temperatura constante de 15°C, por um período de três dias, para o genótipo SC 491 ME. Contudo, nesse trabalho, as plantas foram submetidas ao frio quando pelo menos seis perfilhos estavam na fase da microsporogênese, o que provavelmente aumentou os prejuízos causados pelo frio.

Em estudo conduzido por Terres et al. (1994), demonstrou-se que alguns cultivares toleram temperaturas de 15°C na fase de microsporogênese, apresentando esterilidade inferior a 15%, o que pode indicar tolerância a essa condição. Considerando este critério, cinco dos 17 genótipos avaliados se mostraram com tolerância ao frio, visto que demonstraram esterilidade próxima a esses valores, uma vez que o valor de 15% de esterilidade, não é um valor absoluto e sim uma referência para separar cultivares e

linhagens com potencial de tolerância a condição de frio.

No tratamento controle, a linhagem SC 790 também se destacou negativamente, apresentando 63,6% de espiguetas estéreis, mesmo em condições térmicas consideradas adequadas ao desenvolvimento da planta. Apesar desse comportamento com alta esterilidade na condição controle e também sob estresse por frio, essa linhagem apresentou produtividade média de 8.340 Kg ha⁻¹ em trabalhos conduzidos a campo por Marschalek et al. (2017). Portanto, ela deve ser estudada mais detalhadamente em trabalhos futuros conduzidos sob condições controladas e maior número de plantas, visto que algum fator não identificado pode ser o causador desse comportamento contraditório, buscando assim, elucidar de maneira objetiva o comportamento desse genótipo em condições tanto de campo, como em condições controladas.

Em contrapartida, o genótipo que mais se destacou positivamente no tratamento controle foi a linhagem SC 817, com uma esterilidade de 9,3%. Junto dessa, destacaram-se as linhagens SC

806 e SC 491 ME, com 11,4% e 13,4%, respectivamente, de esterilidade de espiguetas. O dado apresentado nesse trabalho pela linhagem SC 491 ME corrobora o encontrado por Rozzetto et al. (2013), que nas mesmas condições de tratamento apresentou esterilidade de 16,2%.

As linhagens SC 806 e SC 491 ME apresentaram baixa esterilidade tanto em condições de submissão ao estresse por frio, como na ausência de estresse, o que demonstra a estabilidade desses materiais frente a diferentes regimes térmicos, podendo ser considerados genótipos promissores, candidatos a futuros cultivares.

Observando-se o índice de esterilidade relativo (IER), percebe-se que os genótipos SC 817 e SC 849 apresentaram esterilidade de espiguetas duas vezes maior sob frio em comparação à condição de controle. Isso demonstra a baixa estabilidade desses materiais quando sofrem estresse por frio. Em contrapartida, as linhagens SC 850, SC 854 e os cultivares Epagri 106 e Amaro demonstraram ser bastante tolerantes ao estresse aplicado, uma vez que mantiveram o mesmo nível de esterilidade nas duas condições ambientais de cultivo.

Na análise de variância realizada para a variável produção de grãos por balde não houve interação entre os genótipos avaliados e a aplicação ou não de estresse térmico.

A linhagem SC 806 se destacou na produção de grãos por balde, produzindo 74,9g e diferindo estatisticamente dos demais genótipos (Tabela 2). A SC 491 ME também diferiu dos demais genótipos (60,9g), contudo, apresentou rendimento por balde inferior à linhagem SC 806. Estas duas linhagens apresentaram menor esterilidade de espiguetas, refletindo, assim, na produção de grãos por balde.

Houve um grupo de genótipos, composto pelas linhagens SC 854, SC 850, SC 792, SC 817 e os cultivares Epagri 106, SCS 122 Miura e SCS 121 CL, que apresentou produção entre 52,2g e 43,8g. Esse grupo de materiais apresentou-se significativamente inferior em relação às linhagens SC 806 e SC 491 ME. A linhagem SC 790 foi o destaque negativo na produção de grãos por balde, produzindo apenas 13,2g. A baixa produção ►

desta linhagem foi ocasionada pela alta esterilidade que apresentou. Embora não haja uma correlação diretamente proporcional entre produção em baldes com produção no campo, em virtude de uma série de fatores, como a densidade de semeadura, os dados produtivos dessa linhagem observados a campo por Marschalek (2017) foram considerados altos e homogêneos em distintas safras.

A despeito do índice de produção relativo, que trata da estabilidade produtiva dos genótipos em diferentes ambientes, pode-se destacar que as linhagens SC 854, SC 792, SC 850, SC 817 apresentaram valores próximos de 1, significando que possuem capacidade de produção semelhante em condições ambientais adequadas ou na presença de frio. Esses cultivares, portanto, podem ser consideradas tolerantes ao frio para a variável produção de grãos.

Analisando-se conjuntamente os dados das Tabelas 1 e 2, observa-se uma correlação negativa entre a porcentagem de espiguetas estéreis e a produção de grãos por balde, a qual independente da imposição de estresse térmico na microsporogênese. A taxa de esterilidade foi significativamente diferente entre os genótipos, independente da condição térmica estudada. Nesse sentido, as linhagens SC 806 e SC 491 ME, que apresentaram baixa quantidade de espiguetas estéreis, com ou sem estresse térmico, também foram as que externaram maior produção de grãos por balde. Por outro lado, a linhagem SC 790, que mostrou as maiores porcentagens de espiguetas estéreis nos dois regimes térmicos, também foi a de menor produção de grãos cheios por unidade experimental.

Importante salientar, também, que os genótipos SC 817, SC 816 e SCS 122 Miura apresentaram aumento na esterilidade quando submetidos ao frio, mas apresentaram produtividade razoável e tolerância ao estresse por frio para esta variável. Isso indica sua elevada capacidade de compensação no final da fase produtiva.

A ausência de efeito significativo da interação entre baixas temperaturas na fase da microsporogênese e os genótipos sobre a produção de grãos pode estar relacionada à capacidade de compensação da planta. As plantas que

Tabela 2. Produção de grãos por balde (g) de genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese e índice de produção relativa. Itajaí, SC, 2016/2017
Table 2. Grain yield (g) of irrigated rice genotypes, on the average of two thermal regimes in the microsporogenesis and relative production index. Itajaí, SC, 2016/2017

Genótipos	Produção de grãos	IPR
SC 806	74,7 a*	0,87
SC 491 ME	60,9 b	0,82
SC 854	52,2 c	1,01
SC 792	51,7 c	1,06
Epagri 106	50,4 c	0,89
SC 850	49,3 c	1,05
SCS 122 Miura	48,6 c	1,09
SC 817	43,8 c	1,02
SCS 121 CL	43,8 c	0,64
SC 755	40,6 d	0,80
SC 859	36,0 d	0,50
SC 786 ME	35,3 d	0,83
Epagri 109	33,5 d	0,66
Amaroo	33,1 d	1,36
SC 841	33,0 d	0,57
SC 849	32,8 d	0,50
SC 790	13,2 e	0,57
C.V. % = 22,94		

IPR – Índice de produção relativo. * Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

foram submetidas ao estresse podem ter compensado a produção de grãos quando realocadas novamente na casa de vegetação. Isso pode ter ocorrido porque os perfilhos atingem a fase de microsporogênese em diferentes momentos, podendo compensar ou não esse estresse térmico sofrido na fase reprodutiva, a mais sensível à ocorrência de baixas temperaturas, conforme exposto por Cruz et al. (2006).

Deve-se destacar que a ausência de efeito significativo da interação estresse térmico/genótipo sobre a produção de grãos sugere a necessidade de estudos mais detalhados sobre os genótipos avaliados, temperatura utilizada, período de imposição do estresse, momento de ocorrência desse estresse em relação ao desenvolvimento da planta e tempo de recuperação da planta após o frio. Quanto mais perfilhos estiverem na fase da microsporogênese, maior é a probabilidade de ocorrência de perfilhos estéreis, em função da formação do grão de pólen ser prejudicada (CRUZ & MILACH, 2000). Assim, maior deverá ser a capacidade e o potencial compensatório da planta para reverter os prejuízos sofridos pela ocorrência dessa condição adversa.

Genótipos que apresentem maior

período de perfilhamento podem permitir um escape da condição de estresse por frio. Por outro lado, genótipos com maior uniformidade fenológica entre os perfilhos têm um prejuízo maior, quando da ocorrência do estresse. Nesse sentido, Yoshida (1981) observou que o período de duração do estresse é de grande importância, pois a temperatura de 12°C pode não induzir esterilidade se ocorrer em períodos menores que 48 horas. Todavia, pode ocasionar 100% de esterilidade quando essa exposição ao frio for por um período de mais de seis dias consecutivos, dependendo da suscetibilidade do genótipo.

Avaliando conjuntamente o comportamento da esterilidade de espiguetas e a produção de grãos por balde (Tabela 3), as linhagens SC 806, SC 491 ME, SC 854, SC 850, e os cultivares Epagri 106 e Amaroo se destacaram positivamente, apresentando ao menos dois dos critérios: baixa esterilidade sob frio, estabilidade estéril, boa produção de grãos e estabilidade produtiva. Isso coloca as linhagens como promissoras frente ao processo de melhoramento genético na busca de cultivares que apresentem tolerância a baixas temperaturas na fase da microsporogênese. Alguns destes cultivares, além da baixa esterilidade

e maior produção de grãos por balde, apresentaram produtividade elevada a campo nos trabalhos conduzidos por Marschalek et al. (2011; 2017), em Rio do Campo, a uma altitude de 600m, alcançando 8.309kg ha⁻¹ e 7.800kg ha⁻¹, respectivamente. Os autores citaram que em alguns ciclos houve ocorrência significativa de dias frios nos períodos críticos para a cultura.

Conclusões

As linhagens SC 854 e SC 850 apresentaram potencial para gerar futuras cultivares com tolerância ao frio na microsporogênese.

As linhagens SC 806 e SC 491ME, embora apresentem baixa esterilidade e boa produção, não apresentam estabilidade quando comparados os dois ambientes.

A linhagem SC 790 deve ser estudada mais detalhadamente como um modelo de sensibilidade ao frio na fase da microsporogênese.

Agradecimentos

À Epagri – Estação Experimental de Itajaí (EEI) e à equipe do Projeto Arroz (Projeto 6312764 – Melhoryza: Extremos de Temperatura) pela parceria, planejamento, fornecimento de linhagens e cultivares e de toda a infraestrutura para os experimentos e pela ajuda na execução dos mesmos.

Referências

COUNCE, P. A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.4, p.436-443, 2000.

CRUZ, R. P. da; GOLOMBIESKI, J.I.; BAZANA, M.T.; CABREIRA, C.; SILVEIRA, T.F.; SILVA, L.P. da. Alterations in fatty acid composition due to cold exposure at the vegetative stage in rice. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, n.3, p.199-207, 2010.

CRUZ, R.P. da; 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.

CRUZ, R.P. da; MILACH, S.C.K.; FEDERIZZI, L.C. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63., n.3, p.255- 261, 2006.

Tabela 3. Quadro resumo com características requeridas para tolerância ao frio e apresentadas por alguns genótipos de arroz irrigado. Itajaí, SC, 2016/2017

Table 3. Summary table with characteristics required for cold tolerance and presented by some genotypes of irrigated rice. Itajaí, SC, 2016/2017

Genótipo	Baixa esterilidade no frio	IER	Boa produtividade	Estabilidade produtiva
SC 806	✓		✓	
SC 491 ME	✓		✓	
SC 854	✓	✓	✓	✓
EPAGRI 106	✓	✓	✓	
SC 850		✓	✓	✓
Amaroo	✓	✓		

MARSCHALEK, R.; ANDRADE, A DE.; STUKER, H.; RAIMONDI, J.V.; PORTO, G.; SANTOS, S. B DOS. 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 DE ARROZ IRRIGADO, 7, 2011, Balneário Camboriú, SC. **Anais[...]** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 183 – 186.

MARSCHALEK, R.; HICKEL, E.R.; STÜRMER, F.W. Avaliação da produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita à baixas temperaturas, 2015/16 – 2016/17. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10, 2017, Gramado, RS. **Anais[...]** Gramado, RS. Sosbai, 2017.

ROZZETTO, D.S.; MARSCHALEK, R.; STUKER, H.; EBERHARDT, D.S.; RAIMONDI, J.V.; SANTOS, S.B.; PORTO, G.; PAZINI, B.S.; SOUZA, N.M DE.. Tolerância ao frio em genótipos de arroz irrigado expostos a baixas temperaturas em câmara de crescimento no estágio reprodutivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8, 2013, Santa Maria, RS. **Anais[...]** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. p. 185-188.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assi-stat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016, 197p.

SOUZA, N.M. **Tolerância a baixas temperaturas na fase de microsporogênese em genótipos de arroz irrigado**. 2015. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

STINGHEN, J.C. **Caracterização de cultivares**

de arroz irrigado quanto a dormência e tolerância ao frio na germinação. 2015. 135 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

STÜRMER, F.W. **Tolerância a baixas temperaturas durante o estabelecimento e microsporogênese em genótipos de arroz irrigado**. 2018. 107 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2018.

TERRES, A.L. Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul –Brasil. In: REUNIÓN SOBRE MEJORA-MENTO DE ARROZ EM EL CONO SUR 1991, **Trabajos[...]** Montevideo: IICA – PROCISUR, 1991, p.91-103.

TERRES, A.L.; RIBEIRO, A.S.; MACHADO, M.O. Progress in breeding for cold tolerance semi dwarf rice in Rio Grande do Sul, Brazil. In: TEMPERATURE RICE CONFERENCE. Yanco. **Proceedings[...]** Riverina: Charles Sturf University, 1994. p.43-50

TORRES TORO, E.A. **Avaliação de linhagens de arroz (Oryza sativa L.) suscetíveis e tolerantes a baixas temperaturas em cruzamentos dialélicos parciais**. 2009. 143 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: The International Rice Research Institute, 1981.

ZAFFARI, G.R.; SCHEUERMANN, K.K.; MARSCHALEK, R.; MEDEIROS, D.S.; ANDRADE, A. Protocolo para produção de plantas duplo-haplóides de genótipos de arroz da subespécie *Indica* pela cultura de anteras. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, Lavras. v.10, n.2, p.32-40, 2014. ■