

versão
ON LINE

Documentos

ISSN 1806-0163
Julho, 2009 **257**

**Arroz irrigado: resultados de pesquisa do
melhoramento genético para tolerância à
estresses abióticos, na Embrapa Clima
Temperado, 2007/2008**



Embrapa



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Julho, 2009

versão

ON LINE

Documentos 257

**Arroz irrigado:
resultados de pesquisa
do melhoramento
genético para tolerância
à estresses abióticos, na
Embrapa Clima
Temperado, 2007/2008**

Editor Técnico

Paulo Ricardo Reis Fagundes

Pelotas, RS
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8199
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Jr.
Secretária-Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia
Membros: José Carlos Leite Reis, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen,
Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane
Rodrigues Congro Bertoldi e Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Suplentes: Márcia Vizzotto e Beatriz Marti Emygdio

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica: Oscar Castro
Arte da capa: Oscar Castro

1ª edição

1ª impressão (2009): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Fagundes, Paulo Ricardo Reis.

Arroz irrigado: resultados de pesquisa do melhoramento genético para tolerância à estresses abióticos, na Embrapa Clima Temperado, 2007/2008 / Organizador Paulo Ricardo Reis Fagundes. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

57 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 257).

ISSN 1516-8840

Arroz - *Oryza sativa* - Hibridação controlada - Tolerância à frio - Toxidez por ferro - Salinidade. I. Título. II. Série.

CDD 633.18

Autor

Alcides Cristiano Morais Severo

Técnico Agrícola
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(severo@cpact.embrapa.br)

Algenor da Silva Gomes

Pesquisador, M.Sc.
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(algenor@cpact.embrapa.br)

André Andres

Pesquisador, M.Sc.
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(Andre@cpact.embrapa.br)

Ariano Martins de Magalhães Jr.

Pesquisador, Dr.
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(ariano@cpact.embrapa.br)

Daniel Fernandez Franco

Pesquisador, Dr.
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(daniel@cpact.embrapa.br)

Fernanda San Martin Sanes

Eng. Agron., Mestranda em Agronomia, UFPel
Departamento de Solos da UFPel
Universidade Federal de Pelotas
Campus Universitário, S/Nº Caixa Postal 342
96020-900 – Pelotas, RS

Ledemar Carlos Vahl

Departamento de Solos, Profº., Dr.
Universidade Federal de Pelotas
Campus Universitário, S/Nº Caixa Postal 342
96020-900

Paulo Ricardo Reis Fagundes

Pesquisador, Dr.
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(fagundes@cpact.embrapa.br)

Rosa Maria Vargas Castilhos

Departamento de Solos, Profº., Dr.
Universidade Federal de Pelotas
Campus Universitário, S/Nº Caixa Postal 342
96020-900 – Pelotas, RS

Silvio Steinmetz

Pesquisador, Ph. D
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS
(silvio@cpact.embrapa.br)

Walkyria Bueno Scivittaro

Pesquisador, Dr.

Embrapa Clima Temperado

Caixa Postal 403. 96001-970 – Pelotas, RS

(wbscivit@cpact.embrapa.br)

Apresentação

A produção de arroz do Rio Grande do Sul (RS) tem importância estratégica para o Brasil, pois nos últimos três anos agrícolas contribuiu com cerca de 60 % da produção total desse cereal. Nessas três safras, a área média cultivada no Estado foi de 1,0 milhão de hectares com uma produtividade média aproximada de 7,0 mil kg ha⁻¹ de arroz com casca. Entretanto, a produtividade apresenta-se instável principalmente em função das condições ambientais adversas em alguns anos. Dentre os elementos do clima, destacam-se a ocorrência de baixas temperaturas prejudiciais tanto na fase de estabelecimento da cultura como na fase reprodutiva. Entre os estresses relacionados com o solo e a água, a toxidez por ferro, tanto pelo efeito direto deste íon no interior da planta como pelo efeito indireto sobre a absorção de outros nutrientes essenciais, pode causar reduções de 10 a 80% na produtividade da cultura. Não menos importante, a salinização da água de irrigação, fenômeno que ocorre com certa frequência nos mananciais servidos pelas lagoas costeiras, principalmente quando a cultura do arroz encontra-se nos estádios reprodutivo ou de maturação, tem causado perdas significativas de produtividade ao arroz irrigado. A Embrapa Clima Temperado tem obtido progressos significativos na compreensão dos danos e processos relacionados a estes tipos de estresses. Para tanto, a Embrapa Clima Temperado e instituições parceiras têm dedicado esforços para identificação e caracterização de

fontes de tolerância aos estresses abióticos citados, bem como para o desenvolvimento de metodologias que permitam a seleção eficaz de plantas portadoras de alelos que condicionem a expressão dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos relacionados à tolerância. Espera-se que os resultados relatados neste Documento, contribuam para amenizar os problemas causados pelos principais estresses abióticos da lavoura orizícola do Rio Grande do Sul, bem como para mitigar possíveis impactos ambientais negativos da atividade.

Waldyr Stumpf Junior
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

I. Melhoramento Genético do Arroz Irrigado para Tolerância ao Frio. Safras 2006/07 e 2007/08: Bloco de Cruzamento, F1 e Gerações Segregantes	13
Introdução	13
Material e Métodos	14
Resultados e Discussão	17
Referências	23
II. Melhoramento Genético do Arroz Irrigado para Tolerância ao Frio: Caracterização de Genótipos nos Estádios de Desenvolvimento S0-V1 (germinação-emergência) e V2-V4 (vegetativo)	25
Introdução	25
Material e Métodos	27
Resultados e Discussão	29
Considerações Finais	33
Referências	34

III. Avaliação de Linhagens de Arroz Irrigado quanto à Toxidez por Ferro	35
Introdução	35
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão	38
Referências	42
IV. Influência do Manejo da Água na Ocorrência de Danos por Salinidade em Arroz Irrigado	43
Introdução	43
Material e Métodos	44
Resultados e Discussão	46
Considerações Finais	49
Referências	49

V. Tolerância à Salinidade de Genótipos de Arroz Irrigado	51
Introdução	51
Material e Métodos	52
Resultados e Discussão	53
Considerações Finais	56
Referências	56

I. Melhoramento Genético do Arroz Irrigado para Tolerância ao Frio. Safras 2006/07 e 2007/08: Bloco de Cruzamento, F1 e Gerações Segregantes

*Paulo Ricardo Reis Fagundes
Ariano Martins de Magalhães Jr.
Daniel Fernandez Franco
Alcides Cristiano Morais Severo*

Introdução

A produtividade do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) no Rio Grande do Sul, embora tenha atingido patamar elevado, comparável aos obtidos em Países com Estados Unidos, Austrália, Itália, e Japão, tem sofrido fortes oscilações ao longo dos anos, ocasionadas principalmente pela ocorrência de frio (Steinmetz et al. 1996). O frio prejudica o arroz tanto na fase de germinação-emergência, quanto na fase reprodutiva e de maturação das plantas. Temperaturas abaixo de 20°C podem ser prejudiciais à cultura do arroz, sendo muito comuns em áreas temperadas e subtropicais (NANDA e SESHU, 1979). As temperaturas críticas que causam esterilidade são estimadas entre 15 e 17°C, para os genótipos resistentes, e de 17 a 19°C, para os suscetíveis (NISHIYAMA et al., 1987).

Resistência ao frio é uma característica de difícil seleção a campo, uma vez que a ocorrência do estresse é imprevisível. Admite-se que a tolerância ao frio em diferentes estádios de

desenvolvimento da planta seja controlada por genes que atuam independentemente nos períodos de germinação, vegetativo e reprodutivo. Vários procedimentos de avaliação estão sendo utilizados para selecionar genótipos tolerantes ao frio em períodos específicos de desenvolvimento da planta, tais como seleção de linhagens segregantes em ambientes críticos ("hot spots") e simulação de estresses em ambientes controlados, tanto em fase de germinação (ROSSO et al., 2005) como na antese e florescimento (CRUZ et al., 2005b). Os sintomas observados no período de germinação são atraso e diminuição na porcentagem de emergência. No período vegetativo, o frio atrasa o desenvolvimento e a redução na estatura e provoca o amarelecimento das folhas. No período reprodutivo, os sintomas de dano pelo frio são má exserção da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas (SOUSA, 1990). A esterilidade de espiguetas pode ser devida à inviabilidade do pólen causada por frio durante a microsporogênese (YOSHIDA, 1981) ou devida a uma reduzida deiscência das anteras, causada por frio durante a antese (SOUSA, 1990). O frio causa ainda redução na razão fotossintética e na taxa de respiração de vários órgãos e, por conseqüência, na absorção de nutrientes (TERRES, 1991). As plantas apresentam menor perfilhamento e folhas pequenas, resultando na diminuição da produção de matéria seca.

Este artigo relata os resultados obtidos nas safras 2006/07 e 2007/08, no programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa Clima temperado, que visa desenvolver genótipos que apresentem um elevado grau de resistência ao frio nos estádios S0-V1 (germinação-emergência), V2-V4 (plântula) e/ou no estágio R0-R2 (microsporogênese).

Material e Métodos

Bloco de cruzamentos

Os cruzamentos foram realizados utilizando-se, como genótipos elites, cultivares comerciais e linhagens avançadas do programa de melhoramento e, como doadores de resistência, fontes confirmadas em estudos anteriores ou na literatura disponível.

Para obtenção das combinações híbridas desejadas os blocos de cruzamentos constaram de 14 genótipos na safra 2006/07 e 16 genótipos na safra 2007/08. Para garantir a coincidência de floração, foram semeados dois baldes (8,0 kg de terra) com cinco sementes de cada genótipo, em seis diferentes épocas de semeadura. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, permanecendo três plantas por balde. Os cruzamentos foram realizados entre janeiro e março, com auxílio de uma bomba de sucção para emasculação das espiguetas da planta mãe. A polinização foi realizada manualmente, procedendo-se a chuva de pólen em torno do meio dia, para aproveitar o período de menor umidade relativa no interior da casa de vegetação.

Gerações F1 e F2

As Gerações F1, dos cruzamentos realizados nas safras 2005/06 e 2006/2007, foram conduzidas na casa de vegetação e no campo da Estação Experimental Terras Baixas - ETB, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Inicialmente, as sementes F1 foram semeadas em bandejas de plástico e após a emergência das plântulas, as mesmas foram mantidas na casa de vegetação até apresentarem em torno de 12 cm de estatura, quando foram transferidas para o campo experimental. As plantas originárias de cada cruzamento foram transplantadas para parcelas com linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas 0,40 m entre si, com cinco plantas por metro linear. Entre cada parcela dos cruzamentos foi semeada

uma linha de cada um dos pais. Durante o desenvolvimento das plantas foram avaliadas suas características fenotípicas e agronômicas. Na maturação foi realizada a eliminação das autofecundações utilizando-se para tal marcadores fenotípicos, tais com pilosidade e presença de antocianina na bainha.

As Populações F₂, dos cruzamentos realizados na safra 2004/05 e 2005/2006, foram conduzidas no campo experimental da ETB, Cada população foi constituída entre 12 e 40 famílias. As famílias foram semeadas em parcelas de nove linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,35 m entre si, com uma população de 20 plantas por metro linear. Entre as diferentes combinações ou após a décima parcela da mesma família foram semeados os pais, para servirem como parâmetro para seleção de plantas.

Ensaio de Observação de Famílias F_{2:3} e gerações segregantes

Na safra 2006/07, foram avaliadas, 127 famílias F_{2:3} oriundas de dezesseis cruzamentos. Na safra 2007/08 foram avaliadas 233 famílias F₃ e 62 Famílias F₄. O delineamento experimental foi o de Blocos Aumentados de Federer, com as parcelas formadas por quatro fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,3 metros entre si.

Seleção de linhagens precoces tolerantes ao frio a partir de famílias promissoras das populações CNA 11

Foram avaliadas três populações de seleção recorrente derivadas da CNA 11 com introgressão dos genes das cultivares BR-IRGA 413, BRS Atalanta e Dawn. Inicialmente, as semeadura ocorreu em bandejas, na casa de vegetação, onde as plantas foram mantidas até atingirem aproximadamente 12 cm. A seguir 4000 plantas de cada população foram transferidas para o campo experimental e transplantadas em quadros previamente preparados e inundados. Foi mantido o

espaçamento de 0,4 metros entre fileiras e 03 m entre plantas dentro das fileira para propiciar a perfeita avaliação individual de cada planta. O solo, de textura franco arenosa, (Unidade Pelotas) recebeu adubação básica de 180 kg ha⁻¹ da fórmula 5:18:20. Os demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações da técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil (SOCIEDADE, 2007).

Resultado e discussão

Em 2006/07 (**Tabela 1**), foram obtidas 1494 sementes F1 provenientes de 28 diferentes combinações, envolvendo como pais nove cultivares comerciais e cinco introduzidas como fontes de resistência ao frio no estágio de germinação-emergência. O índice médio geral de pega aparente foi de 42,3%, considerado bom para as condições de luminosidade, umidade e temperatura doar no ocorridas no interior da casa de vegetação.

Na safra 2007/08 (**Tabela 2**), foram obtidas 962 sementes F1 provinientes de 29 diferentes combinações envolvendo como pais 18 genótipos, sendo nove cultivares comerciais, cinco cultivares introduzidas para tolerância ao frio nos estádios S0-V1 (germinação-emergência), V2-V4 (plântula) e quatro linhagens selecionadas no programa de melhoramento para tolerância ao frio. O índice de pega foi mais baixo, o que pode ser atribuído às condições ambientais desfavoráveis na casa de vegetação, isto é, as temperaturas máximas muito elevadas e umidade relativa baixa, nos horários em que foram realizadas as polinizações.

As sementes F1 deram origem às gerações F1s nas safras seguintes, inicialmente semeadas em bandejas, na estufa, e posteriormente transferidas para o campo experimental, através de transplântio das mudas. Cada planta foi examinada individualmente e as autofecundações foram eliminadas.

Tabela 1. Relação de cruzamentos para resistência ao frio e sementes F1 obtidas na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Código	Cruzamento	Nº Pegas	Nº Estéreis	% pega
CTB0701	BRS Firmeza/Diamante	72	52	58,0
CTB0702	BRS Firmeza/Tiotaka	14	21	40,0
CTB0703	BRS Firmeza/BRS Agrisul	59	75	44,0
CTB0704	BRS Agrisul/Diamante	152	185	44,9
CTB0705	BRS Agrisul/Tiotaka	17	23	42,5
CTB0706	Diamante/BRS Firmeza	61	84	42,6
CTB0707	Tiotaka/BRS Firmeza	14	32	30,4
CTB0708	BRS Agrisul/BRS Firmeza	135	187	41,9
CTB0709	Diamante/BRS Agrisul	16	43	27,1
CTB0710	Tiotaka/BRS Agrisul	32	75	29,9
CTB0711	BRS Querência/Diamante	74	98	43,0
CTB0712	BRS Querência/Dawn	90	143	38,6
CTB0713	BRS 7 "Taim"/Diamante	90	127	41,5
CTB0714	BRS 7 "Taim"/Tiotaka	53	86	38,1
CTB0715	BRS 7 "Taim"/Lemont	41	76	35,0
CTB0716	BRS 7 "Taim"/Oro	24	43	35,8
CTB0717	BRS 6 "Chuí"/Diamante	73	93	43,9
CTB0718	BRS 6 "Chuí"/Tiotaka	31	54	36,5
CTB0719	BR IRGA 409/BRS 6 "Chuí"	36	51	41,4
CTB0720	BRS 6 "Chuí"/BRS Fronteira	33	65	33,7
CTB0721	BRS 7 "Taim"/BRS Fronteira	56	78	41,8
CTB0722	BRS 6 "Chuí"/BR IRGA 409	46	75	38,0
CTB0723	Lemont/BRS Pelota	16	34	66,7
CTB0724	Lemont/BRS Fronteira	69	39	63,8
CTB0725	Lemont/Oro	106	53	66,7
CTB0726	Lemont/Dawn	7	25	21,9
CTB0727	BRS Querência/BRS IRGA 413	46	44	0,51
CTB0728	BRS Fronteira/BRS IRGA 413	31	75	29,2
Total		1494	2036	
Média		53,4	72,7	42,3

Tabela 2. Relação de cruzamentos para resistência ao frio e sementes F1 obtidas na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Safra 2007/08.

Código	Cruzamento	Nº Pegas	Nº Estéreis	% pega
CTB0801	BRS Atalanta/Olim ar	30	137	17,9
CTB0802	BRS Atalanta/BRS Ligeirinho	65	50	56,5
CTB0803	BRS Atalanta/BRS Querência	27	15	64,3
CTB0804	BRS Atalanta/BRS Firmeza	14	115	10,9
CTB0805	BRS Atalanta/Amaroo	28	93	23,1
CTB0806	BRS Atalanta/Oro	20	58	25,6
CTB0807	BRS Atalanta/Brilhante	53	50	51,4
CTB0808	BRS Ligeirinho/BRS Atalanta	43	186	19,4
CTB0809	BRS Querência/BRS Atalanta	10	200	4,7
CTB0810	BRS Querência/BR-IRGA 409	17	78	17,9
CTB0811	BRS Querência/LTB 07041	16	15	51,6
CTB0812	BRS Querência/LTB 07048	17	10	62,9
CTB0813	BRS Querência/BRA 050151	23	65	26,1
CTB0714	BRS Querência/BRA 050055	28	98	22,2
CTB0717	BRS-6 Chui/LTB 07041	63	45	57,7
CTB0718	BRS-6 Chui/LTB 07048	38	21	64,4
CTB0719	BRS -6 Chui/BRA 0500151	48	58	45,3
CTB0720	BRS -6 Chui/BRA 050055	13	43	23,2
CTB0821	BRS-7 Taim/LTB 07041	39	30	56,5
CTB0822	BRS-7 Taim/LTB 07041	15	42	26,3
CTB0823	BRS-7 Taim/BRA 050055	103	55	65,2
CTB0824	LTB 07048/BRS Pelota	49	51	49,0
CTB0825	BRA 050055/BRS Pelota	24	50	32,0
CTB0826	BRA 050151/BR-IRGA 409	19	38	33,3
CTB0827	BRA 050055/BR-IRGA 409	26	31	45,6
CTB0830	BRS Firmeza/Amaroo	50	44	53,1
CTB0831	Amaroo/BRS Firmeza	32	37	46,4
CTB0832	LTB 07048/Lemont	25	39	39,0
CTB0833	BRA 050155/Lemont	27	22	55,1
Total		962	1776	
Média		33,2	57,8	34,6

Na safra 2006/07 foram semeadas 32 populações F2 (**Tabela 3**) em parcelas variando de 12 a 40 linhas de 5 m no campo experimental da ETB, em espaçamento de 35 cm, obtendo-se população final de 600 a 2000 plantas por cruzamento e cerca de 10 plantas por metro. Foram selecionadas e colhida individualmente, aproximadamente, de 10 plantas por cruzamento, com boas características agronômicas e grãos. Cabe ressaltar o pequeno número de plantas selecionadas nas Populações CTB 0509-1, CTB 05018-1, CTB 0520-1, CTB 0524-1 e CTB 0531-1. Por outro lado, nas Populações CTB 0504-1 e CTB 0505-1, foi selecionado um número de plantas bem maior do que o programado.

Na safra 2007/08 foram semeadas 35 populações F2 (**Tabela 4**) em parcelas de 40 linhas de 5 m no campo experimental da ETB, em espaçamento de 35 cm, obtendo-se população final 2000 plantas por cruzamento e cerca de 10 plantas por m. Foram selecionadas e colhida individualmente, aproximadamente, de 11 plantas por cruzamento, com boas características agronômicas e grãos. Cabe ressaltar o pequeno número de plantas selecionadas nas Populações CTB 0606-1, CTB 0609-1, CTB 0610-1, CTB 0611-1, CTB 0615-1, CTB 0621-1, CTB 0627-1, CTB 0629-1, CTB 0630-1 e CTB 0634. Por outro lado, na População CTB 0616-1, foi selecionado um número de plantas bem maior do que o programado.

Tabela 3. Relação das populações F2 para resistência ao frio e plantas selecionadas na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

População	Cruzamento	Famílias	Plantas Selecionadas
CTB0501-1	BRS Fronteira X BR -IRGA 409	40	21
CTB0503-1	BRS Fronteira X Cuaró	32	6
CTB0504-1	BRS Fronteira X BR -IRGA 413	40	18
CTB0505-1	BRS Atalanta X Cuaró	40	35
CTB0506-1	CNAi 8858 X IRGA 417	40	10
CTB0507-1	CNAi 8858 X Cypress	40	8
CTB0508-1	CNAi 8858 X BR0 -IRGA 413	40	7
CTB0509-1	BRA 1028 X Cypress	12	2
CBT0510-1	BRA 1028 X Cuaró	24	6
CTB0511-1	CL Sel. 447-B X Cuaró	40	10
CTB0512-1	CL Sel. 447-B X BR- IRGA 413	40	8
CTB0518-1	BRS 6 Chui X BRS Fronteira	16	2
CTB0519-1	BR 6 Chui X Cypress	40	8
CTB0520-1	BRS 6 Chui X Cuaró	32	2
CTB0521-1B	BRS Pelota X Cypress	24	8
CTB0522-1	BRS Pelota X Cuaró	40	13
CTB0523-1	BRS-7 Taim X 8858	40	16
CTB0524-1	BRS-7Taim X Cuaro	40	5
CTB0529-1	BRS Querência X BRS Pelota	40	10
CTB0530-1	BRS Querência X BRS Fronteira	40	10
CTB0531-1	BRS Querência X IRGA 417	28	3
CTB0532-1	BRS Querência X Cypress	16	8

Tabela 4. Relação das populações F2 para resistência ao frio e plantas selecionadas na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

População	Cruzamento	Linhas	Plantas Selecionadas
CTB0601 -1	BRS- 6 Chuí X BRS Fronteiral	40	9
CTB0603 -1	Brs-6 Chuí/Cypress	40	16
CTB0604 -1	Brs-6 Chuí/Oro	40	18
CTB0605 -1	BRS Pelota/Cypress	40	8
CTB0606 -1	BRS Pelota/Cuaró	40	2
CTB06007 -1	BRS-7 Taim /CNA 8858	40	6
CTB0609 -1	BRS-7 Taim/Diamante	40	4
CBT0610 -1	BRS Firmeza/BR -IRGA 409	40	6
CTB0611 -1	BRS Firmeza/CNAi 8858	40	5
CTB0612 -1	BRS Firmeza/Cypress	40	20
CTB0614 -1	BRS Querência/BRS Pelota	16	22
CTB0615 -1	BRS Querência/BRS Fronteira	40	4
CTB0616 -1	BRS Querência/IRGA 417	80	60
CTB0617 -1B	BRS Querência/Cypress	40	12
CTB0618 -1	BRS Querência/Cuaró	40	16
CTB0620 -1	BRS Fronteira/BR -IRGA 409	40	9
CTB0621 -1	BRS Fronteira/Cypress	40	5
CTB0622 -1	BRS Fronteira/Cuaró	40	13
CTB0623 -1	BRS Fronteira/BR -IRGA 413	40	8
CTB0624 -1	BRS Fronteira/Brilhante	40	8
CTB0625 -1	BRS Atalanta/CNAi 8858	40	12
CTB0626 -1	BRS Atalanta/Cuaró	40	11
CTB0627 -1	CNAi 8858/IRGA 417	40	2
CTB0628 -1	CNAi 8858/Cypress	40	11
CTB0629 -1	CNAi 8858/BR -IRGA 413	40	6
CTB0630 -1	BRA 01028/IRGA 417	40	5
CTB0631 -1	BRA 01028/Cypress	40	8
CTB0633 -1	CL Sel. 447 -B/IRGA 417	40	15
CTB0634 -1	CL Sel. 447 -B/Cypress	40	6

Na safra 2007/08, foram avaliadas, no Ensaio de Observação de Famílias $F_{2:3}$, 127 famílias $F_{2:3}$ oriundas de dezesseis cruzamentos. Destas, foram selecionadas serão avaliadas em parcelas de quatro linhas de 3 m e densidade de 50 sementes por metro. Foram avaliadas, ainda, 233 famílias F3 e 62 Famílias F4. Destas foram selecionadas, respectivamente, 145 e 52 famílias, as quais estão sendo avaliadas na safra 2008/09. Na seleção de linhagens precoces tolerantes ao frio a partir de famílias promissoras das populações CNA 11, com introgressão dos genes das cultivares BR-IRGA 413, BRS Atalanta e Dawn. Destas foram selecionadas, 34, 83 e 75 plantas, respectivamente, quanto a resistência a *O. oryzae*, ciclo, estatura de planta e tipo de grão.

Referências

NANDA, J. S.; SESHU, D. V. **Breeding strategy for cold-tolerant rice**. Los Baños: International Rice Research Institute. 1979. p. 91-99.

NISHIYAMA, I.; LEE, M. H.; YUN, Y. D. Varietal difference in stomatal aperture in rice seedlings in relation to the cool temperature susceptibility in tongil group varieties **Japanese Journal of Crop Science**, Tóquio, v. 56, n. 4, p. 482-490, 1987.

ROSSO, A. F.; CRUZ, R. P.; RICACHENEVSKY, F. K. Avaliação de genótipos de arroz para tolerância ao frio nos estádios de germinação e plântula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ, 4., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p. 41-43.

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.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; SOUZA, P. R. de; BUENO, A. C. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul: recomendação de épocas de semeadura por município**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1996. 30 p. (Embrapa-CPACT. Documentos, 19).

TERRES, A. L. Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul, Brasil. In: REUNIÓN SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR, 1989, Goiânia. **Mejoramiento de arroz**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1991. p. 91-103. (IICA-PROCISUR. Diálogo, 33).

II. Melhoramento Genético do Arroz Irrigado para Tolerância ao Frio: Caracterização de Genótipos nos Estádios de Desenvolvimento S0-V1 (germinação-emergência) e V2-V4 (vegetativo)

*Paulo Ricardo Reis Fagundes
Ariano Martins de Magalhães Jr.
Silvio Steinmetz
Daniel Fernandez Franco
Alcides Cristiano Morais Severo*

Introdução

A produtividade da lavoura orizícola gaúcha, apesar de razoável, tem sofrido fortes oscilações, principalmente em função das condições climáticas adversas predominantes em alguns anos. Dentre os elementos do clima, destacam-se a ocorrência de baixas temperaturas, inferiores a 18°C, prejudiciais na fase de estabelecimento da cultura e, principalmente, na fase reprodutiva. O problema abrange todo o RS, mas é particularmente importante nas regiões Litoral-Sul e da Campanha-Gaúcha, onde é maior a probabilidade de ocorrência de temperaturas baixas, inferiores à 15°C durante à noite. Entretanto, dependendo da cultivar, do vigor da semente,

do estado nutricional da cultura, do sistema de cultivo, da intensidade e da duração do período de frio, entre outros aspectos, temperaturas inferiores a 20°C já são consideradas prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. A literatura relata como críticas temperaturas estimadas entre 15 e 17 °C, para os genótipos resistentes ou tolerantes e de 17 a 19 °C, no caso dos suscetíveis (NISHIYAMA et al., 1969).

A ocorrência de frio na fase de implantação da cultura ocasiona redução na temperatura do solo e, por conseqüência, dificulta a germinação, alonga o período de emergência, provoca clorose nas folhas jovens e a redução no desenvolvimento das plântulas, submetendo-as, por um período maior de tempo, à ação de fatores adversos do ambiente, como pragas (insetos e fungos), por exemplo.

A instabilidade relacionada à ocorrência de baixas temperaturas é agravada pela utilização, na maior parte da área orizícola do RS, de cultivares semi-anãs, pertencentes ao grupo *índica*, menos adaptadas às baixas temperaturas em relação às cultivares do grupo *japônica* de clima temperado ou mesmo *japônica* tropical. Vários acessos foram identificados no grupo japônica que possuem algum grau de tolerância ao frio (KIM et al., 2000).

O melhoramento para resistência ao frio vem sendo realizado ao longo das últimas três décadas no âmbito do programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado. Contudo, a complexidade da herança genética e a forte interação genótipo x ambiente presente na expressão do caráter e as dificuldades metodológicas para avaliação de genótipos, têm dificultado a obtenção de resultados mais expressivos.

Neste trabalho, são apresentados e discutidos os resultados obtidos em três anos de realização de experimentos para identificação e seleção de genótipos de arroz irrigado tolerantes ao frio no estádios S0-V1 (germinação emergência) e V2-V4 (vegetativo).

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2006, 2007 e 2008, em tanques localizados no telado, na Estação Experimental de Terras Baixas - ETB, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, em época de elevada probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas do ar e do solo (**Figura 1**).

Foi determinada a tolerância ao frio através do Índice de Velocidade de Emergência (IVE) proposto por Popiningis (1985) de: (a) linhagens oriundas do IRRI, e componentes do "International Rice Cold Tolerance Nursery"; (b) cultivares introduzidas dos programas de melhoramento de arroz do Chile, Uruguai e Argentina; (c) cultivares comerciais indicadas para o cultivo no RS; (d) cultivares introduzidas de outros Países; (e) famílias elites dos ensaios de Rendimento de Famílias (ERF), Preliminar (EP) e Regional (ERR) e Avançado (AV), do projeto de melhoramento genético.

Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento experimental de Blocos Aumentados de Federer, com genótipos em cada bloco, acrescidos de oito cultivares testemunhas, replicadas nos dez blocos, para comparação do nível de tolerância, a saber: BRS Firmeza, BRS Bojuru, BRS Querência, Lemont, Oro, Diamante e Brilhante.

As parcelas foram formadas por uma fileira de 100 sementes de cada genótipo. O monitoramento da temperatura do solo foi realizado através de sensores termopares (termômetros) localizados a três centímetros de profundidade. Os dados foram registrados em Data Log e transferidos para o computador.



Fotos: Alcides Severo

Figura 1. Aspecto do experimento de arroz irrigado para tolerância ao frio nos estádios S0-V1 e V2-V3: Semeadura (A); Vista geral (B); Data Log para monitoramento da temperatura do solo à 3 cm de profundidade (C).



Fotos: Alcides Severo

Figura 2. Aspecto do experimento de arroz irrigado para tolerância ao frio nos estádios S0-V1 e V2-V3: Densidade de semeadura (A); Estádio de desenvolvimento S3 (B); Estádio de desenvolvimento V1 (C).

Resultados e Discussão

No primeiro ano, o experimento foi instalado em 02/08/2006. Foram avaliados 244 genótipos, sendo 13 progênies F6, 69 progênies F7, 37 linhagens do Ensaio Preliminar (EP), 50 Linhagens do Ensaio Regional de Rendimento (ER), 27 linhagens do Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) e 48 cultivares e linhagens do International Rice Cold Tolerance Nursery e da Coleção de Germoplasma de arroz irrigado da Embrapa. O monitoramento da temperatura do solo, realizado através de sensores termopares (termômetros) localizados a três centímetros de profundidade, indicou que as mesmas variaram, como pode ser verificado na **Tabela 1**, de 11,3°C a 19,9°C, no período de 03/08/2006 a 23/08/2006. Os genótipos que apresentaram maior tolerância, com base no IVE (**Tabela 2**), nas condições em que foi realizado este trabalho, foram: Nourin Mochi (2,70), Tomoe Mochi (2,26), Oro (1,78), IRGA 417 (1,78), Brilhante (1,66), BRS Querência (1,60), Fronteira (1,56), TFETB64 (1,52), Japonês Grande (1,47) e BRS Firmeza (1,46). Com base nos resultados deste experimento, foram selecionados 130 genótipos.

Tabela 1. Temperaturas mínima, máximas e médias diárias, a três centímetros de profundidade no solo. Embrapa Clima Temperado – ETB, Capão do Leão, RS. 2006/2007/2008.

2006				2007				2008			
Data	Temperaturas (°C)			Data	Temperaturas (°C)			Data	Temperaturas (°C)		
	Mínima	Máxima	Média		Mínima	Máxima	Média		Mínima	Máxima	Média
03/08	11,8	17,2	13,7	28/08	11,6	19,0	15,3	05/08	10,6	17,8	13,5
04/08	11,6	19,7	14,9	29/08	11,3	17,6	14,4	06/08	11,8	18,4	13,9
05/08	14,8	25,1	18,4	30/08	12,1	15,9	14,1	07/08	12,6	23,2	18,0
06/08	14,9	20,9	16,6	31/08	14,8	17,5	15,8	08/08	12,9	20,5	15,5
07/08	15,3	24,7	18,8	01/09	15,5	17,9	16,7	09/08	14,5	20,4	16,5
08/08	15,4	20,4	17,4	02/09	16,9	19,9	18,3	10/08	14,4	20,4	16,4
09/08	14,8	18,4	17,1	03/09	16,7	20,2	18,1	11/08	14,5	19,7	16,8
10/08	11,7	22,5	15,5	04/09	18,1	23,1	20,8	12/08	12,7	20,5	15,8
11/08	10,2	16,9	13,8	05/09	18	22,5	20,3	13/08	11,2	18,9	15,3
12/08	16,9	21,6	18,5	06/09	18,5	22,7	20,2	14/08	11,9	20,6	16,3
13/08	17,1	20,5	18,2	07/09	18,3	24,5	21,3	15/08	11,1	19,5	15,2
14/08	17,8	21,2	19,0	08/09	18,8	25,5	21,8	16/08	13,2	19,2	15,0
15/08	12,1	20,2	15,6	09/09	19,4	25,8	22,4	17/08	12,8	18,3	15,4
16/08	11,5	18,6	13,5	10/09	19,4	25,8	22,4	18/08	12,5	18,2	15,5
17/08	8,9	23,4	14,1	11/09	19,4	25,8	22,4	19/08	13,9	21,4	16,1
18/08	9,4	17,7	12,9	12/09	20,1	26,4	23,0	20/08	12,9	21,7	17,1
19/08	7,0	20,2	12,1	13/09	19,4	25,2	21,9	21/08	14,2	22,8	18,2
20/08	7,7	15,0	10,1	14/09	18,5	22,9	20,7	22/08	14,0	22,5	18,5
21/08	4,6	16,9	9,0	15/09	18,7	24,1	21,3	23/08	14,8	23,6	18,9
22/08	4,4	20,8	10,8	16/09	19,3	24,8	21,6				
23/08	8,4	15,1	9,5	17/09	17,6	21,2	19,1				
Média	11,3	19,9	14,7	Média	15,6	20,9	17,0	Média	12,3	20,4	16,2

Tabela 2. Índice de Velocidade de Emergência – IVE, dos 10 genótipos mais tolerantes ao frio nos estádios S0-V1 (germinação-emergência) e V2-V4 (vegetativo). Embrapa Clima Temperado – ETB, Capão do Leão, RS, 2006.

Genótipo	Origem	IV E
Nourin Mochi	Japão	2,70
Tomoe Mochi	Japão	2,26
ORO	Chile	1,78
IRGA 417	Brasil	1,78
Brilhante	Chile	1,66
BRS Querência	Brasil	1,60
Fronteira	Brasil	1,56
TFETB64	Brasil	1,52
Japones Grande	Brasil	1,47
BRS Firmeza	Brasil	1,46

No segundo ano, o experimento foi instalado mais tardiamente em relação ao ano anterior, em 28/08/2007. Como pode ser observado na Tabela 1, as temperaturas mínimas, máximas e médias, ocorridas durante o período de realização do experimento em 2007, foram, em média, respectivamente, 4,3°C, 1,0°C e 3,3°C, mais elevadas em relação ao primeiro ano, variando de 15,6°C a 20,9°C, no período de 28/08 a 17/09. Como consequência, a velocidade de emergência foi maior do que em 2006.

Como pode ser observado na **Tabela 3**, a partir desse ano, os dados de IVE foram corrigidos pelo PG dando origem ao IVEPG, que configura a velocidade de emergência de cada genótipo ponderada pelo poder germinativo das sementes dos mesmos. Os dez genótipos que apresentaram maior tolerância, com base no IVE nas condições em que foi realizado este trabalho, foram: Nourin Mochi (4,74), Japonês Grande (4,12), Oro (4,08), BRA050151 (3,90), BRA 050166 (3,88), TFETB 070011 (3,84), BRA 050081 (3,73), Lemont (3,46), BRA 050058 (3,40) e TFETB 070017 (3,33).

Tabela 3. Índice de Velocidade de Emergência – IVE, dos 10 genótipos mais tolerantes ao frio nos estádios S0-V1 (germinação-emergência) e V2-V4 (vegetativo). Embrapa Clima Temperado – ETB, Capão do Leão, RS, 2007.

Genótipo	Origem	IVE	PG %	IVEPG
Nourin Mochi	Japão	4,64	98	4,74
Japonês Grande	Japão	4,02	98	4,12
O RO	Chile	3,96	93	4,08
BRA 050151	Brasil	3,20	91	3,90
BRA 050166	Brasil	3,30	96	3,88
TFETB 070011	Brasil	3,27	85	3,84
BRA 050081	Brasil	3,39	85	3,73
Lemont	EUA	3,33	82	3,46
BRA 050058	Brasil	3,07	89	3,40
TFETB 070017	Brasil	3,07	92	3,33

No experimento foi instalado em 05/08/2008, terceiro ano, foram avaliados 160 genótipos, sendo 146 linhagens do programa de melhoramento e quatorze cultivares. Como pode ser observado na Tabela 1, as temperaturas mínimas, máximas e médias, ocorridas durante o período de realização do experimento em 2008, foram, em média, muito semelhantes às ocorridas no primeiro ano (2006), sendo a média das mínimas observadas, significativamente inferior à do segundo ano (-3,3°C). Como consequência, houve uma redução no IVE em relação a 2007. Os dez genótipos que apresentaram maior tolerância, com base no IVE (**Tabela 6**) nas condições em que foi realizado, foram: Diamante (3,57), Oro (2,35), BRA 05014 (2,20), LTB 07014 (2,16), CNAi 10754 (2,06), LTB 07013 (2,06), Brilhante (1,92), LTB 07016 (1,84), LTB 06011 (1,82) e Nourin Mochi (1,82).

Tabela 4. Índice de Velocidade de Emergência – IVE, dos 10 genótipos mais tolerantes ao frio nos estádios S0-V1 (germinação-emergência) e V2-V4 (vegetativo). Embrapa Clima Temperado – ETB, Capão do Leão, RS, 2007.

Genótipo	Origem	IVE	PG %	IVEPG
Diamante	Chile	2,98	83	3,57
BRA050104	Brasil	1,78	81	2,20
LTB07014	Brasil	1,73	80	2,16
CNAi 10754	Brasil	1,46	71	2,06
LTB07013	Brasil	1,48	72	2,06
Oro	Chile	1,51	78	1,94
LTB07016	Brasil	1,14	62	1,84
LTB 06011	Brasil	0,89	49	1,82
Nourin Mochi	Japão	1,20	66	1,82
LTB 07010	Brasil	1,45	81	1,79

Considerações Finais

Considerando-se os resultados dos três anos de experimento, verifica-se que as cultivares Nourin Mochi (japonesa) e Oro (Chile), ambas de origem japônica, confirmaram um ótimo nível de tolerância ao frio nos estádios de germinação e emergência. Entre as linhagens provenientes do programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa, destacaram-se BRA 05014 , BRA050151, BRA 050166, BRA 050081, BRA 050058, CNAi 10754, LTB 06011, LTB 07010, LTB 07011 (TFETB 070011), LTB 07013 (TFETB 070011), LTB 07014 (TFETB 070011), LTB 07016 (TFETB 070011) e LTB07017 (TFETB070017). Acrescenta-se a estes resultados, o comportamento de cultivares Tomoe Mochi, Brilhante, BRS Querência, Fronteira, Japonês Grande e BRS Firmeza, que, em pelo menos um dos experimentos, estiveram entre as dez mais resistentes à baixa temperatura nos estádios de desenvolvimento avaliados.

Referências

- KIM, KM, SOHN JK, CHUNG IK. Analysis of OPT8511 RAPD fragments closely linked with cold sensitivity at seedling stage in rice (*Oryza sativa* L.). **Molecules and Cells**, Korea, v.10, n.4, p. 382-385, 2000.
- NISHIYAMA, I.; LEE, M.H.; YUN, Y.D. Varietal difference in stomatal aperture in rice seedlings in relation to the cool temperature susceptibility in tongil group varieties **Japanese Journal of Crop Science**, Tóquio, v. 56, n. 4, p. 482-490, 1987.
- POPININGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

III. Avaliação de Linhagens de Arroz Irrigado quanto à Toxidez por Ferro

*Ariano Martins de Magalhães Júnior
Paulo Ricardo Reis Fagundes
Daniel Fernandez Franco
Alcides Cristiano Morais Severo*

Introdução

Em solos inundados, a provável presença de óxidos de ferro amorfos e o baixo potencial redox do meio promovem um aumento nas quantidades de ferro em solução disponível para as plantas. Nestas condições, as pequenas quantidades de Fe^{3+} presentes na solução do solo são reduzidas a Fe^{2+} . Os compostos de ferro ferroso são muito mais solúveis que os compostos férricos. A medida que o potencial redox diminui, a solubilidade do ferro tende a aumentar exponencialmente de modo que praticamente todo o ferro detectável na solução do solo encontra-se na forma reduzida (Fe^{2+}) (LINDSAY, 1979; BECANA et al., 1998).

A toxidez por ferro (**Figura 2**) foi constatada no Brasil na década de 70, a partir da introdução de cultivares de arroz do tipo moderno, algumas das quais têm se mostrado sensíveis ao excesso de ferro no solo (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2007). A

toxidez por ferro pode ser *direta* ou *indireta*. A toxidez direta está relacionada com a absorção excessiva do elemento pela planta, o que lhe danifica as células (VAHL, 1991). Um sintoma característico aparece inicialmente nas folhas mais jovens, onde o elemento se concentra em pequenas manchas de cor castanha (BIENFAIT, 1985). Em estágios mais avançados de toxidez, ocorrem necrose e morte das folhas. As folhas tornam-se cloróticas porque o ferro é necessário para a síntese de alguns dos complexos clorofila-proteína no cloroplasto. A baixa mobilidade do ferro deve-se, provavelmente, à sua precipitação nas folhas mais velhas na forma de óxidos ou fosfatos insolúveis ou à formação de complexos com a fitoferritina, uma proteína de ligação de ferro encontrada na folha e em outras partes da planta (OH et al., 1996). A toxidez indireta resulta da limitação à absorção pelas plantas de diversos nutrientes, como cálcio, magnésio, potássio, fósforo e do próprio ferro, devido à precipitação do ferro sobre a epiderme das raízes do arroz. A formação de uma camada de óxido férrico bloqueia os sítios de absorção de nutrientes nas raízes, resultando em deficiências nutricionais múltiplas. Os sintomas desse tipo de deficiência consistem em atrofiamento das plantas, redução do afilhamento, alaranjamento das folhas e recobrimento das raízes por camadas avermelhadas de óxidos de ferro. Devido à deposição de ferro nas raízes, estas apresentam elevadíssimos teores do elemento e, aparentemente, os sintomas de toxidez mantêm relação bastante estreita com esses teores (VAHL, 1991; BARBOSA FILHO, 1994). A toxidez indireta é a forma predominante nas condições brasileiras e a mais importante. Sua ocorrência em lavouras de arroz pode causar reduções de 10 a 80% na produtividade (BACHA, 1991).



Fotos: Alcides Severo

Figura 2. Aspecto geral da lavoura de arroz irrigado submetida à toxicidade por ferro (A). Sintomas de alaranjamento causado pelo excesso de ferro na solução do solo (B).

Uma alternativa eficiente para evitar os efeitos da toxicidade por ferro em lavouras de arroz irrigado é a utilização de cultivares tolerante (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2007).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de linhagens elite, do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa, frente ao estresse provocado pelo excesso de ferro, nas safras 2006/07 e 2007/08.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08, no campo experimental da Estação de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. O solo utilizado foi caracterizado como Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico. Parte da área do experimento, previamente sistematizada, sofreu a decapitação da camada correspondente ao horizonte A, acentuando as condições que propiciam a ocorrência do distúrbio.

O experimento foi composto por 28 linhagens elites (safra 2006/07) e trinta e cinco linhagens elite, oriundas do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa, e cinco cultivares comerciais de arroz (testemunhas), distribuídas no delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, sendo as parcelas compostas por quatro linhas de 3 m de comprimento, espaçadas 0,175 m entre si. Como testemunhas, foram utilizadas as cultivares BRS 6 "Chuí", Irga 417 e BRS Querência (precoces) e BR Irga 409 e BRS 7 "Taim" (ciclo médio). A densidade de semeadura foi de 120 kg ha⁻¹. A irrigação foi mantida permanente 10 dias após a emergência das plântulas, a fim de manter as condições de redução do solo.

A avaliação dos sintomas da toxicidade indireta foi realizada em três épocas, aos 40, 70 e 100 dias após a emergência das plantas (DAE), que corresponde a 30, 60 e 90 dias após a entrada da água, respectivamente. A escala de avaliação foi baseada nos sintomas de descoloração (amarelecimento ou alaranjamento das folhas) e variou de 0 a 9, sendo de 0 a 3, resistente; 4 e 5, médio resistente; 6 e 7, médio suscetível e 8 e 9, suscetível. Para leitura da produção de matéria seca da parte aérea (MS), foi coletado ½ metro linear de cada genótipo, com três repetições. Na safra 2007/08 esta variável não foi mensurada.

Resultados e Discussão

Na safra 2006/07, a maior sensibilidade a toxidez por ferro foi demonstrada pelas linhagens BRA 040079 e CNA 10754, cujas notas médias atribuídas foram 8 e 9, respectivamente, considerando as três avaliações, sendo superior ao apresentado pelas cultivares testemunhas IRGA 417 (médio suscetível) e BR IRGA 409, reconhecidamente, entre as cultivares indicadas para o cultivo no RS, a que apresenta maior suscetibilidade à níveis elevados de ferro no solo (**Tabela 1**). Por outro lado, as linhagens BRA 02103, BRA 02498 e BRA

051272 apresentaram a melhor reação ao estresse, indicando serem possuidoras de alelos que lhes conferem elevado nível de resistência. Reação de média resistência foi observada ainda, para dezenove genótipos do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa. As linhagens que apresentaram maior produção de MS foram BRA 02103 e BRA 051272, coincidentemente as menores notas de avaliação (notas 2), o que indica haver uma elevada correção entre os caracteres estudados.

Na safra 2007/08 os resultados podem ser observados na **Tabela 2**. A partir da primeira avaliação (40 DAE) surgiram sintomas indiretos de toxidez de ferro nas linhagens e testemunhas sensíveis as quais progrediram e confirmaram a reação na avaliação aos 70 DAE e aos 100 DAE, sendo a média final apresentada na Tabela 1. A maior sensibilidade a toxidez por ferro foi demonstrada pelas linhagens BRA 01455 e BRA 040127, cuja nota média atribuída foi 8, considerando as três avaliações, sendo superior ao apresentado pelas cultivares testemunhas IRGA 417 (médio suscetível) e BR IRGA 409, reconhecidamente, entre as cultivares indicadas para o cultivo no RS, a que apresenta maior suscetibilidade a níveis elevados de ferro no solo. Por outro lado, as linhagens BRA 050101, BRA 050104 e BRA 050106 apresentaram a melhor reação ao estresse, indicando serem possuidoras de alelos que lhes conferem elevado nível de resistência. Reação de média resistência foi observada ainda para 23 genótipos do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa, evidenciando um elevado índice de seleção positiva para este caráter. As linhagens BRA 050101, BRA 050104 e BRA 050106, poderão ser ótimas fontes de resistência à toxicidade por ferro, bem como, caso venham a ser lançadas como novas cultivares, poderão contribuir para a mitigação dos efeitos deste distúrbio sobre a atividade orizícola em áreas passíveis de ocorrência do problema.

Tabela 1. Reação de genótipos de arroz irrigado à toxicidade por ferro (0 a 9) e produção de matéria seca da parte aérea. Embrapa Clima Temperado. Safra 2006/07.

Genótipos	Notas *	Reação	Matéria seca (g m ⁻²)
BR IRGA 409	7	médio suscetível	522.48
BRA 01024	6	médio suscetível	1096.00
BRA 01059	4	médio resistente	651.43
BRA 01073	5	médio resistente	602.86
BRA 01079	5	médio resistente	857.14
BRA 01100	6	médio suscetível	759.24
BRA 01455	7	médio suscetível	453.71
BRA 01461	6	médio resistente	467.05
BRA 02099	5	médio resistente	1353.90
BRA 02103	2	resistente	1681.52
BRA 02498	3	resistente	1214.10
BRA 02665	4	médio resistente	1302.10
BRA 030008	5	médio resistente	1251.43
BRA 030040	6	médio suscetível	528.76
BRA 040055	5	médio resistente	1093.71
BRA 040056	7	médio suscetível	325.71
BRA 040075	5	médio resistente	686.86
BRA 040076	5	médio resistente	628.57
BRA 040079	8	suscetível	364.19
BRA 040082	5	médio resistente	1173.71
BRA 040127	5	médio resistente	1179.05
BRA 040291	4	médio resistente	712.38
BRA 041049	5	médio resistente	840.00
BRA 051272	2	resistente	1468.57
BRS 6 "Chuí"	5	médio resistente	819.62
BRS 7 "Taim"	5	médio resistente	392.57
BRS Fronteira	5	médio resistente	738.29
BRS Querência	5	médio resistente	703.62
CNA 10754	9	suscetível	302.10
CNA 10755	4	médio resistente	142.48
CNA 10756	6	médio suscetível	697.52
CNA 10757	6	médio suscetível	1073.14
CNA 10758	7	médio suscetível	563.05
CNA 10759	7	médio suscetível	1230.86
IRGA 417	7	médio suscetível	1020.76

* 0 a 3, resistente; 4 e 5, médio resistente; 6 e 7, médio suscetível e 8 e 9, suscetível

Tabela 2. Linhagens elite de arroz irrigado avaliadas quanto à toxicidade por ferro (0 a 9). Embrapa Clima Temperado. Safra 2007/08.

Genótipos	Nota Média	Reação	Genótipos	Nota Média	Reação
BR-IRGA 409	8	Suscetível	BRA 050104	3	Resistente
BRS 6 "CHUÍ"	5	Médio resistente	BRA 050106	3	Resistente
BRS 7 "TAIM"	5	Médio resistente	BRA 040286	6	Médio suscetível
BRS QUERÊNCIA	3	Resistente	BRA 050138	5	Médio resistente
IRGA 417	6	Médio suscetível	BRA 050141	5	Médio resistente
BRA 040075	5	Médio resistente	BRA 050145	5	Médio resistente
BRA 040076	6	Médio suscetível	BRA 01059	5	Médio resistente
BRA 040079	5	Médio resistente	BRA 02099	5	Médio resistente
BRA 040082	5	Médio resistente	BRA 01024	6	Médio suscetível
BRA 01455	8	Suscetível	BRA 01461	6	Médio suscetível
BRA 040291	6	Médio suscetível	BRA 01073	5	Médio resistente
BRA 030040	5	Médio resistente	BRA 01100	4	Médio resistente
BRA 030008	5	Médio resistente	BRA 040127	8	Suscetível
BRA 02665	6	Médio suscetível	BRA 01079	5	Médio resistente
BRA 050002	4	Médio resistente	BRA 02103	4	Médio resistente
BRA 040081	5	Médio resistente	BRA 02498	5	Médio resistente
BRA 050054	6	Médio suscetível	BRA 041049	5	Médio resistente
BRA 050055	5	Médio resistente	BRA 051272	5	Médio resistente
BRA 050099	4	Médio resistente	CNA 10754	6	Médio suscetível
BRA 050101	3	Resistente	CNA 10758	7	Médio suscetível

* 0 a 3, resistente; 4 e 5, médio resistente; 6 e 7, médio suscetível e 8 e 9, suscetível

Referências

BACHA, R. Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado para condições adversas de solo: toxidez por ferro. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camburiú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p.156-159.

BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; FAGERIA, N. K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p.71.

BECANA, M.; MORAN, J. F.; ITURBE-ORMAETXE, I. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection, **Plant and Soil**, The Hague, n. 201, p. 137-147, 1998.

BIENFAIT, H. F. Regulated redox process at the plasmalemma of plant root cells and their function on iron uptake. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, Baltimore, n. 17, p. 73-83, 1985.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibrium in soils**. New York: J. Wiley, 1979. 449 p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. M de; FAGUNDES, P. R. R; GOMES, A. S; FRANCO, D. F; SEVERO, A. Avaliação de linhagens de arroz irrigado à toxicidade por ferro do programa de melhoramento da Embrapa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 108-111.

OH, S-H.; CHO, S-W.; KWON, T-H.; YANG, M-S. Purification and characterization of phytoferritin. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, Baltimore, n. 29, p. 540-544. 1996.

VAHL, L. C. **Toxidez de Ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. 1991. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

IV. Influência do Manejo da Água na Ocorrência de Danos por Salinidade em Arroz Irrigado

*Walkyria Bueno Scivittaro
Algenor da Silva Gomes
Rosa Maria Vargas Castilhos*

Introdução

A salinização da água dos mananciais, rios e lagoas litorâneas que irrigam as lavouras de arroz da planície costeira da região Sul do Brasil, tem causado, cada vez com mais frequência, perdas elevadas em produtividade à cultura. Isto se verifica particularmente no verão, nos meses de janeiro e fevereiro, quando ocorre baixa precipitação pluviométrica e a cultura se encontra na fase reprodutiva. Com a deficiência hídrica, diminui o nível dos rios e lagoas, que servem às lavouras da região e, como consequência, esses mananciais passam a receber direta ou indiretamente água salgada do oceano Atlântico. Em determinados anos, a água que chega às lavouras apresenta teores de cloreto da ordem de 0,2% a 0,5% (MACHADO e TERRES, 1995).

Uma possível forma de superação/minimização dos danos decorrentes da utilização de água salina para a irrigação do arroz consiste na introdução de modificações no manejo da

água para a cultura, alicerçadas, fundamentalmente, na irrigação por inundação intermitente.

Nesse sentido, realizou-se um experimento para avaliar o efeito do teor de sal e do manejo da água de irrigação na fase reprodutiva sobre a ocorrência de danos por salinidade em arroz.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, no período de dezembro de 2007 a abril de 2008. Utilizaram-se vasos com capacidade para 20 dm³, contendo 15 kg de terra proveniente da camada arável (0-20cm) de um Planossolo Háptico com 9 mg dm⁻³ de sódio extraível (**Figura 1**).



Fotos: Walkyria Scivittaro

Figura 1. Aspecto do experimento de manejo da água sobre a produção de grãos da cv. BRS Querência, submetida a diferentes concentrações de sal na água de irrigação. Vista geral (A) Sintomas de causado no nível de concentração 0,25% (B).

Anteriormente à instalação do experimento, procedeu-se à correção da acidez do solo para pH 5,5 e à adubação com fósforo e potássio, em doses correspondentes a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O, como superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Em cada vaso, foram semeadas nove sementes de arroz irrigado, cultivar BRS Querência, de ciclo precoce (110 dias). Quando se visualizou o colar da primeira folha do colmo principal (estádio V1), realizou-se um desbaste, mantendo três plantas por vaso. A adubação nitrogenada, em dose correspondente a 120 kg ha⁻¹ de N, como Juréia, foi realizada em cobertura. Metade da dose prevista de nitrogênio foi aplicada no início do perfilhamento (estádio V4), imediatamente antes do início da irrigação dos vasos, e o restante, na diferenciação da panícula (estádio R1), sobre a lâmina de água

Durante o período de irrigação, manteve-se uma lâmina de água de 7cm nos vasos. No período compreendido entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula, a irrigação foi realizada com água natural. A partir de então, passou a ser feita com soluções em três níveis de salinidade: 1) água natural (testemunha sem adição de sal); 2) solução 0,125% de cloreto de sódio (NaCl) e 3) solução 0,25% de NaCl. Aos níveis de salinidade da água, foram associados quatro tratamentos de manejo de água: M1- irrigação por inundação contínua até a maturação dos grãos; M2- irrigação por inundação contínua até a floração; M3- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água salinizada no estágio de grão leitoso e M4- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água natural no estágio de grão leitoso. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial (3x4), com três repetições.

Na maturação, realizou-se a colheita das plantas, determinando-se a produção de matéria seca dos colmos e folhas e dos grãos, o número de espiguetas por panícula e a esterilidade de espiguetas. Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos fatores

nível de salinidade e manejo da água pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

A irrigação com água salinizada no nível de 0,125% de NaCl afetou a acumulação de matéria seca nos colmos e folhas das plantas de arroz, relativamente à testemunha sem sal, cujo efeito não diferiu daquele observado para o tratamento com maior concentração de sal em solução (**Tabela 1**). O comportamento verificado para a produção de grãos foi distinto (**Tabela 2**); quando a irrigação foi mantida durante toda a fase reprodutiva (M1), o uso de água salinizada, independentemente da concentração, reduziu a produção de grãos. De outra forma, quando se interrompeu a irrigação na floração e se retornou com essa prática no estágio de grão leitoso, utilizando água natural (M4), determinou-se maior massa de grãos para o tratamento com maior nível de sal na água (0,25%), cujo efeito foi superior ao do tratamento com 0,125% de sal na água. O desempenho da testemunha foi intermediário, não diferindo dos dois anteriores. Este resultado é um indicativo de que na indisponibilidade de água dessalinizada para a irrigação do arroz, a interrupção dessa prática por um curto intervalo de tempo, mesmo no período da floração, pode ser benéfica à cultura, desde que se retorne a irrigação da lavoura com brevidade utilizando-se água de boa qualidade (baixa concentração de sal), situação esta que simula a ocorrência de chuva, que introduz água isenta de sal na lavoura e promove a diluição da concentração destes nos mananciais que a abastecem. Para os demais manejos de água praticados, não houve efeito do nível de sal na água sobre a produção de grãos de arroz (**Tabela 2**), embora se evidencie tendência de redução na massa seca de grãos decorrente da salinidade.

O efeito do manejo da água sobre a produção de grãos de arroz manifestou-se apenas no tratamento com maior concentração salina (0,25%), para o qual se confirmou benefício da interrupção da irrigação com água salinizada no período

compreendido entre a floração (R4) e o estágio de grão leitoso (R6), seguida de irrigação com água natural (Tabela 2). Os resultados obtidos sugerem, ainda, relativa tolerância do cultivar de arroz irrigado BRS Querência à salinidade, visto que a irrigação com água com menor teor de cloreto de sódio (0,125%) na fase reprodutiva não afetou sua produtividade de grãos, a despeito deste ser um dos períodos de maior sensibilidade da cultura ao excesso de sais (IRRI, 2007).

Tabela 1. Produção de matéria seca dos colmos e folhas e número de espiguetas por panícula de arroz cv. BRS Querência, em função da concentração salina da água de irrigação na fase reprodutiva.

Teor de sal	Matéria seca g vaso ⁻¹	Espiguetas por panícula
Test. (sem sal)	25,84a	203a
NaCl 0,125%	20,90b	188a
NaCl 0,25%	25,11a	165b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 2. Produção de matéria seca dos grãos de plantas de arroz cv. BRS Querência, em função da concentração salina e do manejo da irrigação na fase reprodutiva.

Teor de sal	Manejo da irrigação ¹			
	M 1	M 2	M 3	M 4
	g vaso ⁻¹			
Test. (sem sal)	46,48Aa	35,27Aa	37,68Aa	36,51Aab
NaCl 0,125%	30,91Ab	27,18Aa	28,26Aa	28,08Ab
NaCl 0,25%	26,30Bb	25,43Ba	27,48Ba	44,47Aa

M1- irrigação até a maturação dos grãos; M2- irrigação até a floração; M3- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água salinizada no estágio de grão leitoso e M4- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água natural no estágio de grão leitoso.

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Apenas o fator salinidade influenciou o número de espiguetas por panícula. A irrigação com solução contendo 0,25% de NaCl reduziu o número de espiguetas, comparativamente aos tratamentos testemunha sem sal e solução 0,125% de NaCl (Tabela 1), fato que confirma relativa tolerância da cultivar BRS Querência à irrigação com água salinizada.

Tanto o teor de sal quanto o manejo da água exerceram efeito sobre a esterilidade de espiguetas de arroz. Com irrigação contínua até a maturação dos grãos, maior porcentual de esterilidade de espiguetas foi determinado quando do uso de solução com maior concentração de sal (0,25%), superando a dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. O aumento na esterilidade de espiguetas de arroz constitui-se em um dos efeitos mais marcantes da irrigação da cultura com água salina durante a fase reprodutiva, podendo se refletir em perdas significativas de produtividade (Machado & Terres, 1995; IRRRI, 2007). Contrariamente, quando a irrigação do arroz foi interrompida da floração até o estágio de grão leitoso, o uso de solução salina de menor concentração (0,125%) proporcionou menor esterilidade de espiguetas que a testemunha sem sal e que o tratamento com maior teor de NaCl. Para os demais manejos da irrigação, não se verificou efeito do nível de sal na água sobre a esterilidade de espiguetas de arroz. Com relação a tais resultados, há que se ressaltar, porém, que independentemente do tratamento, os índices de esterilidade determinados no experimento foram elevados, devido à ocorrência de temperaturas baixas nas fases de pré-floração (microsporogênese) e de floração. A temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, desenvolvimento e produtividade para o arroz, que não tolera temperaturas inferiores a 15-20°C na floração (STEINMETZ, 2004), condição que induz altos índices de esterilidade (SATAKE, 1976). Neste estudo, o efeito da temperatura deve ter suplantado aqueles decorrentes do teor de sal e do manejo da água de irrigação. Ademais, destaca-se que, na fase reprodutiva, particularmente na floração, a água é utilizada como termoregulador, reduzindo a ação danosa da ocorrência

de temperaturas baixas (GOMES et al., 2004).

Tabela 3. Esterilidade de espiguetas de arroz cv. BRS Querência, em função da concentração salina e do manejo da irrigação na fase reprodutiva.

Teor de sal	Manejo da irrigação			
	M 1	M 2	M 3	M 4
Test. (sem sal)	46,7 Ab	57,0 Aa	49,2 Aa	48,2 Aa
NaCl 0,125 %	42,3 Ab	39,2 Ab	49,1 Aa	46,1 Aa
NaCl 0,25 %	60,1 Aa	59,5 Aa	56,6 Aa	43,1 Ba

M1- irrigação até a maturação dos grãos; M2- irrigação até a floração; M3- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água salinizada no estágio de grão leitoso e M4- supressão da irrigação na floração com retorno da irrigação com água natural no estágio de grão leitoso. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Considerações Finais

A irrigação com água salinizada durante a fase reprodutiva afeta a produtividade do arroz. Este efeito pode ser minimizado pela interrupção da irrigação no período compreendido entre a floração e o estágio de grão leitoso, desde que no retorno desta prática se utilize água de boa qualidade.

Referências

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A.; FRANZ, A.F.H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR, A.M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 417-455.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH CENTER (IRRI). **Rice doctor**. Disponível em: <http://www.knowledgebank.irri.org/riceDoctor_MX/default.htm>. Acesso em: 27 maio 2008.

MACHADO, M.O.; TERRES, A.L. Melhoramento genético de arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: X- Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade - safra 1994/95. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre.

Anais... Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 50-54.

SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 281-300.

STEINMETS, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa climaTemperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 46-74.

V. Tolerância à Salinidade de Genótipos de Arroz Irrigado

*Fernanda San Martin Sanes
Rosa Maria Vargas Castilhos
Walkyria Bueno Scivittaro
Ledemar Carlos Vahl*

Introdução

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos no Brasil, destacando-se pela sua produção e área de cultivo. No Estado do Rio Grande do Sul, responsável por mais de 50% da produção nacional, na região litorânea, o efeito adverso da salinidade pode se manifestar causando diminuição no crescimento da planta e na absorção de nutrientes. Isto ocorre, em decorrência da salinização da água de irrigação, proveniente de mananciais que são servidos por lagoas costeiras, como é o caso da Lagoa dos Patos, onde, em épocas de estiagem, com a redução do nível das lagoas, estas passam a receber água salgada proveniente do oceano. Este problema de qualidade da água manifesta-se quase que anualmente, durante a estação de crescimento do arroz (janeiro e fevereiro), onde a cultura está em fase de reprodução ou maturação, afetando a sua produtividade.

O crescimento adequado das plantas em solos afetados por sais depende de alguns fatores, incluindo a constituição fisiológica da planta, seu estágio de desenvolvimento e hábito de crescimento do sistema radicular. Também devem ser consideradas as propriedades dos solos, incluindo natureza dos vários sais, suas quantidades relativas, a concentração total e a distribuição no solo, além da estrutura, drenagem e aeração (VIÉGAS et al., 2001).

Alguns estudos foram realizados pela Embrapa Clima Temperado, com a finalidade de identificar genótipos de arroz tolerantes à salinização da água de irrigação. Nestes foi constatado que a tolerância dos materiais testados não ultrapassava $2,5 \text{ g L}^{-1}$ de cloreto de sódio na água (Machado et al., 1993; 1997; Machado & Terres, 1995). Porém, a ocorrência de problemas de salinidade em arroz ainda permanece na região, tendo inclusive aumentado em frequência nas últimas safras, em razão das intensas estiagens ocorridas durante o verão, evidenciando a necessidade de retomada das pesquisas relativas à identificação dos genótipos com tolerância ao excesso de sais na água de irrigação, especialmente nos materiais novos e naqueles atualmente recomendados para cultivo. Assim, este trabalho objetivou avaliar em 12 genótipos de arroz o grau de tolerância ao excesso de sais na água de irrigação aplicada na fase reprodutiva.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, em condições de ambiente natural, em tanques de alvenaria medindo 2,10m de comprimento por 1,35m de largura e 0,40m de profundidade, contendo uma camada de solo de aproximadamente 24 cm de profundidade. O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0–20cm) de um Planossolo Háplico não cultivado.

Os tratamentos aplicados foram irrigação com: água potável (testemunha); água com 0,25% de NaCl e água com 0,5% de NaCl. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com três repetições por tratamento. Em cada tratamento foram avaliados 12 genótipos: os híbridos 'Avaxi' e 'Inov', da RiceTec Sementes LTDA., as cultivares BRS Querência, BRS Atalanta, BRS Bojuru e BRS Fronteira e as linhagens CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024, BRA 1073, da Embrapa. Mudanças dos diferentes genótipos com três semanas de idade foram transplantadas para os tanques em uma linha de 1,35m de comprimento, espaçadas de 17,5 cm, entre si.

Antes do transplante das mudas de arroz, todos os tanques receberam adubação fosfatada na dose correspondente a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e adubação potássica correspondente a 120 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada foi feita em cobertura, aplicando-se 60 kg ha⁻¹ de N, no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula (estádio R1, segundo a escala de Counce et al., 2000). Até este estágio, que corresponde ao início da fase reprodutiva, a irrigação foi realizada com água potável. A partir de então até a maturação dos grãos, cada genótipo passou a receber água com os níveis de salinidade, de acordo com os tratamentos, mantendo-se uma lâmina de 10 cm de espessura. Ao término do ciclo de cada cultivar, o grau de tolerância à salinidade foi avaliado através da percentagem de folhas descoloridas e/ou mortas, segundo a escala do IRRRI (1977).

Resultados e Discussão

Os resultados da avaliação das plantas por ocasião do término do seu ciclo são apresentados na **Tabela 1**, onde se observa que a intensidade dos sintomas de danos foi maior no tratamento com 0,5% de NaCl na água de irrigação, considerado um nível elevado de salinidade, do que no tratamento com 0,25% de NaCl, considerado um nível médio. Neste, todos os genótipos mostraram-se tolerantes à salinidade

recebendo as notas 1 e 3, conforme escala de avaliação do IRRI. As plantas que receberam nota 1 foram consideradas normais, sem apresentar sintomas de danos devido à salinidade da água de irrigação, onde se destacaram 'BRS Bojuru' e o genótipo CNA 10756. Os demais genótipos receberam nota 3, por apresentarem de 1 a 5% de folhas com sintoma de danos causados pela salinidade. O comportamento apresentado pela cultivar BRS Bojuru está de acordo com o observado por Machado et Al. (1997) e mostra o seu bom grau de tolerância a essa condição de salinidade.

Tabela 1. Avaliação de 12 genótipos de arroz para tolerância à salinidade da água de irrigação, por ocasião do término do seu ciclo. Média de três repetições.

Genótipo	Níveis de NaCl na Água de Irrigação (%)			
	0,25		0,5	
	Nota	Classificação ¹	Nota	Classificação ¹
BRS Querência	3	T	7	MS
BRS Atalanta	3	T	5	MT
BRS Bojuru	1	T	5	MT
BRS Fronteira	3	T	5	MT
BRA 1024	3	T	5	MT
BRA 1073	3	T	7	MS
BRA 1455	3	T	7	MS
CNA 10754	3	T	7	MS
CNA 10756	1	T	5	MT
CNA 10757	3	T	7	MS
Avaxi	3	T	5	MT
Inov	3	T	5	MT

¹Escala do IRRI: T=tolerante (nota 1 e 3), MT=moderadamente tolerante (nota 5) MS=moderadamente suscetível (nota 7), S=suscetível (nota 9).

No nível de salinidade considerado elevado (0,5% de NaCl), os genótipos apresentaram comportamento diferenciado quanto à tolerância à salinidade e receberam notas variando de 5 a 7, significando, respectivamente, tolerância moderada e suscetibilidade moderada. A nota 5 é atribuída quando de 5 a 25% de folhas apresentam-se com sintomas e a nota 7, quando de 25 a 50% das folhas mostram-se com sintomas. O grau mais avançado da escala do IRRI, a nota 9 (susceptível), que é atribuída quando mais de 50% das folhas apresentam sintomas de danos devido a salinidade não foi determinada neste estudo.

No tratamento com água de irrigação com 0,5% de NaCl, a maior parte dos genótipos que apresentaram resistência moderada ao efeito do sal é comercial, com exceção da 'BRS Querência', que apresentou uma suscetibilidade moderada. Dentre os genótipos que ainda estão em fase de estudos, somente o CNA 10756 e o BRA 1024 demonstraram reações de tolerância moderada à salinidade. Os demais genótipos apresentaram moderada suscetibilidade.



Fotos: Walkyria Scivittaro

Figura 1. Aspecto do experimento de tolerância de genótipos de arroz irrigado à salinidade da água de irrigação. Vista geral (A) Sintomas de causado no nível de concentração 0,5% de NaCl (B).

Os resultados obtidos ainda são preliminares e merecem ser reavaliados por se referirem ao primeiro ano de avaliação. Ademais, podem ter sido influenciados por fatores como a época tardia de transplante das mudas, incidência de pragas e doenças e ocorrência de temperaturas baixas na fase reprodutiva. Além disso, os resultados poderão ser melhor interpretados e discutidos a partir de sua associação com os dados de produtividade de cada genótipo, os quais ainda se encontram em fase de avaliação.

Considerações Finais

Os genótipos de arroz avaliados são tolerantes ao nível médio de salinidade da água de irrigação (2,5 g L⁻¹), aplicada na fase reprodutiva. As cultivares BRS Atalanta, BRS Fronteira e BRS Bojuru e os híbridos 'Avaxi' e 'Inov' apresentam moderada tolerância ao nível alto de salinidade da água de irrigação (5 g L⁻¹). Os genótipos CNA 10756 e BRA 1024 mostram-se promissores quanto à tolerância ao nível alto de salinidade na água.

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, p. 436-443, 2000.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH CENTER. **Annual reporter for 1976.** Los Baños: IRRI, 1977. 418 p.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. da S.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento do arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade – safras 1995/96 e 1996/97. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO,

22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri, 1997, p. 66-69.

MACHADO, M.O.; TERRES, A.L. da S.; DIAS, A.S.; GONÇALVES, A.R. Avaliação de genótipos de arroz irrigado para tolerância a salinidade da água de irrigação da diferenciação da panícula à maturidade - 1986/87 a 1992/93. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993, p. 91-93.

MACHADO, M.O.; TERRES, L.A. da S. Melhoramento genético do arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: X. Tolerância de genótipos à salinidade de água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade – safras 1993/94 e 1994/95. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 50-54.

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G.; LIMA JÚNIOR, A.R.; QUEIRÓZ, J.E. & FAUSTO, M.J.M. Effects of NaCl – salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Belo Horizonte, v. 5, p. 216-222, 2001.

Embrapa
Clima Temperado

