



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Tolerância de Genótipos de Arroz à Salinidade da Água de Irrigação na Fase Vegetativa

**Walkyria Bueno Scivittaro⁽¹⁾; Renata Silva da Silva⁽²⁾; Edenara de Marco⁽³⁾;
Elsa Kuhn Klumb⁽⁴⁾; Pricila Santos da Silva⁽⁵⁾**

⁽¹⁾ Pesquisadora; Embrapa Clima Temperado; Rod. BR 392 km 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-971, Pelotas-RS; walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br; ⁽²⁾ Estudante; Faculdade de Química - UFPel; Campus Universitário s/n, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Capão do Leão-RS; renata_ssilva89@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Estudante; Centro de Engenharias - UFPel; Rua Gomes Carneiro, 1, 3º andar, CEP 96010-610, Pelotas-RS; edenarademarco@gmail.com; ⁽⁴⁾ Estudante; Faculdade de Ciências Biológicas - UCPel; Campus I, Rua Gonçalves Chaves, 373, CEP 96015-560, Pelotas-RS; elsakk91@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾ Estudante; Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPel; Campus Universitário s/n, Caixa Postal 354, CEP 96010-900; Capão do Leão-RS; pricilassilva@hotmail.com.

RESUMO – A salinização da água dos mananciais que irrigam as lavouras de arroz da Planície Costeira do Rio Grande do Sul tem causado perdas em produtividade à cultura. A intensidade com que o estresse salino influencia o desempenho da cultura varia com o genótipo e estágio fenológico. Realizou-se um trabalho para avaliar a tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação na fase vegetativa. O estudo compreendeu cinco genótipos de arroz irrigado (linhagens AB 11047 e CNAi 9903 e cultivares BRS Bojuru, BRS Pampa e BRS Sinuelo CL) e cinco níveis de salinidade na água de irrigação (testemunha sem sal; e soluções 0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,0% de NaCl) aplicada na fase vegetativa. Avaliou-se o grau de tolerância dos genótipos de arroz à salinidade, por meio de escala visual, a estatura e a produção das plantas. A avaliação visual de sintomas de danos por excesso de sal indicou que, com exceção de BRS Bojuru, todos os genótipos são tolerantes ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl). No nível 0,50% de NaCl, apenas CNAi 9903 e BRS Sinuelo CL são moderadamente tolerantes à salinidade. Nenhum genótipo apresenta tolerância à salinidade nos níveis 0,75% e 1,00% de NaCl. O efeito do estresse salino sobre o crescimento e produção do arroz varia com sua intensidade e duração e entre genótipos. A estatura de planta e as produções de matéria fresca e seca da parte aérea dos genótipos diminuem proporcionalmente ao aumento do nível de sal na água de irrigação.

Palavras-chave: arroz irrigado, sal, estresse, sintoma, dano.

INTRODUÇÃO - No Rio Grande do Sul, as lavouras de arroz estão localizadas em seis regiões distintas quanto ao clima, solo e estrutura fundiária: Fronteira Oeste; Campanha; Depressão Central; Planície Costeira Interna; Planície Costeira Externa e Sul. Especificamente na região litorânea do Estado, abrangendo as lavouras de arroz da Planície Costeira, são comuns situações de

prejuízos, decorrentes da salinização da água dos mananciais. Isto ocorre no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, quando a precipitação pluviométrica é baixa, reduzindo o nível dos rios e lagoas que abastecem as lavouras e, em consequência, tais mananciais passam a receber direta ou indiretamente água salgada do oceano Atlântico. Na prática, isso se reflete em reduções severas na produtividade do arroz (Machado et al., 1999).

A salinidade é um dos critérios determinantes da qualidade da água de irrigação, sendo estabelecida pela presença de concentrações excessivas de sais solúveis (Gomes et al., 2004), que afetam o crescimento das plantas. O efeito depressivo proporcionado pela salinidade aumenta com a concentração de sais (Fageria, 1985), existindo um nível mínimo a partir do qual ocorre supressão no crescimento das plantas, o qual varia entre espécies e mesmo entre cultivares de uma mesma espécie. Para o arroz, por longo período, aceitou-se que a condutividade elétrica para esse limiar era próxima de 3 dS m⁻¹ (Mass e Hoffman, 1977). Estudos posteriores sustentaram, porém, a revisão desse valor para cultivares modernas, que foi reduzido a 1,9 dS m⁻¹ (Grattan et al., 2002).

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por vários fatores, destacando-se a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse, as condições edafoclimáticas, a cultivar e o estágio fenológico da cultura (Maas e Hoffman, 1977). Com relação a este último fator, de forma geral, as plantas de arroz são tolerantes durante a germinação e muito sensíveis na fase de plântula; após, o grau de tolerância aumenta progressivamente, até a diferenciação da panícula, voltando a decrescer na floração (Yoshida, 1981). Realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar a tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação na fase vegetativa.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi realizado sob condições semi-controladas, em casa de vegetação, na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, no período de novembro de 2011 a fevereiro de 2012. Utilizaram-se vasos com capacidade para 20 dm³, contendo 15 kg de terra proveniente da camada superficial (0 a 20 cm) de um Planossolo Háptico, com 19 mg dm⁻³ de sódio extraível.

Dois meses antes da instalação do experimento, procedeu-se à correção da acidez do solo para pH 5,5. Em pré-semeadura, procedeu-se à adubação do solo com ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, em doses correspondentes a 20 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O, respectivamente.

Os tratamentos compreenderam as combinações de cinco genótipos de arroz irrigado (linhagens AB 11047 e CNAi 9903 e cultivares BRS Bojuru e BRS Sinuelo CL, de ciclo médio, e cultivar BRS Pampa, de ciclo precoce) e de cinco níveis de salinidade na água de irrigação (testemunha sem sal; e soluções 0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,0% de NaCl) aplicada na fase vegetativa [período compreendido entre o estádio de quatro folhas (V4) e a diferenciação da panícula (estádio R1)]. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial, com três repetições.

Em cada vaso, foram semeadas quinze sementes de um genótipo de arroz, distribuídas em três covas. 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 cobertura, em dose correspondente a 50 kg ha⁻¹ de N, como ureia, foi realizada no estádio de quatro folhas (V4), um dia antes do início da irrigação por submersão do solo. O acompanhamento dos estádios de desenvolvimento do arroz foi realizado utilizando-se, como referência, a escala de Counce et al. (2000).

Semanalmente, a partir da aplicação dos tratamentos de sal na água de irrigação, determinou-se o grau de tolerância dos genótipos de arroz à salinidade, considerando-se o percentual de folhas descoloridas e/ou mortas, conforme escala proposta em IRRI (1975). Na diferenciação da panícula, realizou-se a colheita do arroz, determinando-se a estatura de planta e a produção de matéria fresca e de matéria seca da parte aérea. Estes dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias do fator genótipo de arroz, pelo teste de Tukey (P<0,05), e do fator nível de salinidade na água de irrigação, por análise de regressão polinomial (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Os sintomas de danos por salinidade nas plantas de arroz manifestaram-se, apenas, em avaliação realizada 19 dias após a aplicação dos tratamentos com sal. Nesta ocasião, para todos os genótipos, os sintomas foram de toxidez leve (nota≤3), ou seja, pontos esbranquiçados nas extremidades das folhas superiores, e restringiram-se aos tratamentos com concentração igual ou superior a 0,50% de NaCl (Tabela 1). A partir de então, a evolução dos sintomas foi contínua, com pequenas variações de intensidade entre os genótipos, de forma que aos 40 dias

após a aplicação dos tratamentos, as plantas submetidas aos dois níveis mais altos de salinidade receberam notas média a alta (5 a 7*). Já sob os níveis menores de NaCl, incluindo a concentração 0,50%, que é considerada elevada (Machado et al., 1999), as plantas mostraram-se tolerantes à salinidade (Tabela 1), fato que possivelmente está associado à tolerância crescente de genótipos de arroz à salinidade ao longo da fase vegetativa (Yoshida, 1981).

A avaliação final de sintomas de danos por salinidade foi realizada por ocasião da diferenciação da panícula, cuja época de ocorrência variou entre os genótipos, em função da duração do ciclo biológico e da suscetibilidade ao excesso de sal na água de irrigação, ocorrendo aos 69 dias após a emergência (DAE), para os genótipos CNAi 9903 e BRS Sinuelo CL; aos 76 DAE, para BRS Pampa e AB 11047; e aos 83 DAE, para BRS Bojuru. Neste estádio, que corresponde ao início da fase reprodutiva, as plantas de todos os genótipos mostraram-se bastante afetadas pelo excesso de sal na água de irrigação, nos tratamentos com níveis altos de salinidade (≥0,50% NaCl), exceção feita para os genótipos CNAi 9903 e BRS Sinuelo CL, que foram moderadamente tolerantes sob a concentração de 0,50% de NaCl. Sob nível médio de salinidade (0,25% NaCl), apenas a 'BRS Bojuru' não se mostrou reação de tolerância ao sal; os demais genótipos classificaram-se como tolerantes ou moderadamente tolerantes (Tabela 1). Quanto a este resultado, ressalta-se que a avaliação da 'BRS Bojuru' foi realizada sete ou 14 dias após os demais genótipos, que tiveram seu ciclo abreviado pelo estresse por excesso de sal, sendo esse efeito de maior magnitude para os genótipos de ciclo médio. Assim, é provável que os danos mais intensos verificados para a 'BRS Bojuru' estejam associados ao período maior de exposição ao estresse (Maas e Hoffman, 1977), visto tratar-se de uma cultivar referência com relação à tolerância à salinidade, particularmente na fase reprodutiva, em que a sensibilidade da espécie ao estresse salino é maior (Yoshida, 1981).

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por fatores associados à própria planta, ao solo e à água, às práticas de manejo e às condições ambientais (Maas e Hoffman, 1977). Levando-se em consideração a interação entre tais fatores, uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte, dependendo da intensidade do estresse salino (Cabraia, 2005; Fageria, 1991).

As variáveis estatura de planta, produção de matéria fresca e produção de matéria seca da parte aérea foram influenciadas pela interação entre os fatores cultivar e nível de sal na água de irrigação.

Quanto à estatura de planta, de forma geral, independentemente da concentração de sal na água de irrigação, o genótipo AB 11047 destacou-se em relação aos demais, pelo porte alto, bastante superior ao da 'BRS Pampa', CNAi 9903 e 'BRS Bojuru', com estatura intermediária, e ao da 'BRS Sinuelo CL', de porte mais baixo (Tabela 2). O efeito do nível de sal na água de irrigação sobre a estatura das plantas de arroz foi semelhante para todos os genótipos avaliados, com

redução dos valores em resposta ao incremento da concentração de sal em solução (dados não apresentados).

Na ausência de estresse e sob nível médio de sal (0,25%) na água de irrigação, a produção de matéria fresca dos genótipos de arroz refletiu suas características originais. Assim, maior produção de massa foi determinada para a linhagem AB 11047, seguida pelas cultivares BRS Pampa e BRS Bojuru, com produção intermediária, e, finalmente, pela 'BRS Sinuelo CL' e linhagem CNAi 9903, que apresentaram menor produção de matéria fresca. No nível de salinidade de 0,5%, não houve distinção entre os genótipos de arroz quanto à produção de matéria fresca da parte aérea. Mas, nos dois maiores níveis de salinidade, as cultivares BRS Sinuelo CL e BRS Bojuru e a linhagem CNAi 9903 apresentaram maior produção de massa fresca, embora o desempenho dos dois últimos genótipos não tenha diferido de AB 11047 e da 'BRS Pampa', com menor produção de massa fresca (Tabela 3). À semelhança do que se verificou para a variável estatura de planta, o incremento no nível de sal na água de irrigação promoveu diminuição proporcional na produção de matéria fresca da parte aérea dos genótipos de arroz (dados não apresentados).

Nos tratamentos testemunha e com concentrações 0,25% e 0,50% de NaCl, os genótipos BRS Pampa, BRS Bojuru e AB 11047 apresentaram maior produção de matéria seca que os demais. Mas sob os dois níveis mais elevados de sal, a maior tolerância ao estresse confirmouse, apenas, para a 'BRS Bojuru' e AB 11047 (Tabela 4).

Para todos os genótipos, determinou-se redução na produção de matéria seca da parte aérea a medida que se aumentou a concentração de sal na água de irrigação (dados não apresentados).

Com relação aos resultados obtidos, vale destacar que o genótipo AB 11047 distingue-se dos demais quanto ao porte e tipo de planta, bem como ao propósito de cultivo. Trata-se de uma linhagem de estatura elevada (cerca de 120 cm), produtividade alta (>12 Mg ha⁻¹) e de grãos grandes e extremamente farináceos, que não atendem aos atributos requeridos pela indústria nacional, destinando-se, pois, à alimentação animal e produção de etanol. Assim, é provável que, em parte, o desempenho diferenciado desse genótipo quanto à tolerância à salinidade esteja associado às características relatadas.

CONCLUSÕES - Com base em avaliação visual de intensidade de sintomas de danos por excesso de sal aplicado na água de irrigação na fase vegetativa, com exceção de BRS Bojuru, todos os genótipos de arroz são tolerantes ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl). No nível 0,50% de NaCl, apenas os genótipos CNAi 9903 e BRS Sinuelo CL são moderadamente tolerantes à

salinidade. Nenhum genótipo apresenta reação de tolerância à salinidade nos níveis 0,75% e 1,00% de NaCl.

O efeito do estresse salino sobre o crescimento e produção do arroz varia com sua intensidade e duração, bem como entre genótipos.

A estatura de planta e a produção de matéria fresca e de matéria seca da parte aérea dos genótipos de arroz diminuem proporcionalmente ao aumento do nível de sal na água de irrigação aplicada na fase vegetativa.

REFERÊNCIAS

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife, UFRPE, v.1, p.95-105, 2005.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop sci.**, 40:436-443, 2000.

FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant soil**, 88: 237-243, 1985.

FAGERIA, N.K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesqui. agropecu. bras.**, 26(2):281- 288, 1991.

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

GRATTAN, S.R.; ZENG, L.; SHANNON, M.C.; ROBERTS, S.R. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **Calif. agric.**, 56:189-195, 2002.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **Standard evaluation system for rice**. Los Baños, IRRI, 1975. 384p.

MACHADO, M.O.; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R. Melhoramento genético do arroz irrigado na Embrapa Clima Temperado: 8. Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade - safras 1997/98 e 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., Pelotas, 1999. **Anais...** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 103-106.

MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - current assessment. **J. irrig. and drainage div.**, 103: 115-134, 1977.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños, IRRI, 1981. 269p.

Tabela 1 - Intensidade de sintomas de danos por salinidade em genótipos de arroz irrigado, de acordo com escala do IRR (1975)¹, em função da concentração salina da água de irrigação na fase vegetativa em três épocas de avaliação

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
<i>Época 1: 19 dias após a aplicação dos tratamentos de sal</i>					
CNAi 9903	1	1	1*	2	3
BRS Pampa	1	1	2	2*	3
BRS Sinuelo CL	1	1	2	2*	3
AB 11047	1	1	1	1*	2*
BRS Bojuru	1	1	1	1*	2
<i>Época 2: 40 dias após a aplicação dos tratamentos de sal</i>					
CNAi 9903	1	2	3	5	7
BRS Pampa	1	2*	3*	5	7
BRS Sinuelo CL	1	2	3	5	5*
AB 11047	1	1*	3	5	7
BRS Bojuru	1	2	3*	5*	7*
<i>Época 3: diferenciação da panícula (47 a 61 dias após a aplicação dos tratamentos de sal)</i>					
CNAi 9903	1	2*	5	7	9
BRS Pampa	1	5	7	9	9
BRS Sinuelo CL	1	3	5	7*	9
AB 11047	1	3	7*	9	9
BRS Bojuru	1	7	9	9	9

¹Escala visual de avaliação de tolerância à salinidade: nota 1- ausência de sintomas de danos por salinidade (planta tolerante - "T"); nota 3- 1% a 5% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta tolerante - "T"); nota 5- 5% a 25% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente tolerante - "MT"); nota 7- 25% a 50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente suscetível - "MS"); e nota 9- >50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta suscetível - "S"). n*- sintomatologia intermediária entre a nota n e n+2.

Tabela 2 - Estatura de planta (cm) de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	94,9b	92,3b	84,9b	74,0b	71,9bc
BRS Pampa	99,5b	90,3b	84,2b	75,7b	72,5bc
BRS Sinuelo CL	84,8c	80,3c	75,9c	72,4b	69,5c
AB 11047	125,6a	133,6a	121,0a	110,4a	101,0a
BRS Bojuru	92,1bc	88,7b	86,8b	80,1b	77,7b

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3 - Produção de matéria fresca (g) da parte aérea de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	176,3c	139,3c	110,0a	62,3ab	53,0ab
BRS Pampa	226,4b	165,0ab	129,4a	52,6b	36,8b
BRS Sinuelo CL	191,2c	142,3c	115,5a	77,3a	66,4a
AB 11047	248,4a	176,3a	116,5a	51,7b	37,6b
BRS Bojuru	242,6ab	153,5bc	109,0a	66,5ab	57,0ab

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4 - Produção de matéria seca (g) da parte aérea de genótipos de arroz em função do nível de sal na água de irrigação. Avaliação realizada na diferenciação da panícula

Genótipo	Concentração de NaCl na água de irrigação				
	Test.	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
CNAi 9903	30,1b	25,4b	17,7b	12,5b	3,7c
BRS Pampa	52,0a	42,0a	32,7a	16,1b	10,0bc
BRS Sinuelo	32,2b	23,9b	20,9b	16,2b	12,9b
AB 11047	47,0a	41,9a	31,8a	17,6ab	15,7ab
BRS Bojuru	51,7a	35,9a	28,1a	23,3a	20,8a

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).