

AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE SELEÇÃO RECORRENTE CNA11 QUANTO A TOXIDEZ POR FERRO

Gabriel Almeida Aguiar¹; Eduardo Anibeles Streck¹; Paulo Henrique Karling Facchinello¹; Janaina Vilella Gouveia²; Ariano Martins de Magalhães Jr.³; José Manoel Colombari Filho⁴; Oneides Antonio Avozani⁵, Roberto Luis Weiler⁵

Palavras-chave: melhoramento genético, arroz irrigado, estresse abiótico, toxidez.

INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) está presente em todas as regiões brasileiras, onde a Região Sul é principal produtora desse cereal, proeminentemente no estado do Rio Grande do Sul. O sistema de cultivo predominante e tradicionalmente praticado nessa Região, referente ao manejo da água, é a irrigação por inundação, na qual utiliza-se uma lâmina de água contínua após o início da irrigação da cultura.

Esse sistema de irrigação proporciona alterações bioquímicas no solo, que interferem na fertilidade do mesmo, determinando as formas estáveis dos elementos e sua disponibilidade para a planta (SCHMIDT et al., 2013). Através das condições anaeróbicas gerada pela inundação do solo, elevadas quantidades de ferro na forma reduzida (Fe^{2+}) são liberadas para a solução do solo e, conseqüentemente, aumentam a sua possibilidade de absorção pelas plantas, podendo, em casos de excesso, atingir níveis de toxidez prejudiciais à cultura do arroz irrigado.

A toxidez por ferro é a desordem nutricional de maior ocorrência nas áreas de cultivo de arroz irrigado em sistemas inundados (BECKER; ASCH, 2005). Sendo classificada de duas formas distintas: direta ou real, caracterizada pelo acúmulo de grandes níveis de ferro em tecidos vegetais (SILVEIRA et al., 2007), e indireta, causada pela deficiência generalizada na absorção de outros nutrientes, geralmente provocada por altos teores de Fe^{2+} (VAHL, 1991), devido a sua precipitação sobre as raízes de arroz.

O desenvolvimento de cultivares tolerantes a toxidez por ferro, pelos programas de melhoramento através da seleção recorrente, é uma alternativa eficiente para evitar as adversidades causada por esse estresse na cultura do arroz irrigado. Deste modo, a finalidade desse trabalho foi avaliar as progênies da população de seleção recorrente CNA11, sob o estresse ocasionado pelo excesso de ferro no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em dois locais, na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão, e na Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz, em Camaquã, na safra 2015/2016.

Foram avaliadas 100 progênies oriundas da população de seleção recorrente de arroz irrigado CNA11 e 5 testemunhas: BRS Querência e IRGA 424 (Tolerante), BRS 7 "Taim" e BRS Pampa (Médio Tolerante) e BR IRGA 409 (Suscetível). A avaliação da toxidez por ferro foram realizadas visualmente aos 40, 70 e 100 dias após a emergência das plântulas através dos sintomas de descoloração das folhas, com notas de 1,0 a 3,5 (Tolerante); 3,6 a 5,5 (Médio Tolerante); 5,6 a 7,5 (Médio Suscetível) e 7,6 a 9,0 (suscetível) segundo metodologia de Magalhães Jr. et al (2011). Em Goiânia, junto a Embrapa Arroz e Feijão,

¹ Estudante de Doutorado em Melhoramento Vegetal – UFPel - FAEM / Embrapa Clima Temperado. E-mail: gabrielalmeidaaguiar@yahoo.com.br

² Estudante de Agronomia - UFPel - FAEM.

³ Pesquisador, Embrapa Clima Temperado.

⁴ Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão.

⁵ Pesquisador, IRGA.

também foi avaliada a produtividade das progênies expressa em kg/ha.

A população-base de arroz irrigado CNA11 foi sintetizada pela Embrapa Arroz e Feijão em 1995/96, pela incorporação na população CNA1 de alelos provenientes de 12 genitores anteriormente caracterizados como fontes para elevado potencial produtivo, para resistência a bicheira da raiz, a brusone e a mancha parda, para tolerância ao frio e a toxidez por ferro, para precocidade e para qualidade de grãos (RANGEL et al., 2000). Essa população-base permite ser recombinada em campo, ou seja, sem a necessidade de cruzamentos manuais, por possuir o gene de macho-esterilidade proveniente da população CNA1, que também possuía alelos favoráveis para elevado potencial produtivo, precocidade, qualidade de grãos, resistência a brusone e tolerância a toxidez por ferro. A fonte de macho-esterilidade genética empregada na síntese da população CNA1 foi a linhagem IR 36, com genótipo *msms*, que induz a inviabilidade dos grãos de pólen (SING; IKEHASHI, 1981). As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que as progênies da população de seleção recorrente foram agrupadas em 7 e 5 grupos, nos municípios de Capão do Leão e Camaquã, respectivamente.

Tabela 1. Reação das progênies da população de seleção recorrente CNA11 sob o estresse por ferro.

Progênies	Capão do Leão	Camaquã	Progênies	Capão do Leão	Camaquã	Progênies	Capão do Leão	Camaquã
CNA11/5/1-18-1-B	3,2 a	3,4 a	CNA11/5/1-87-3-B	4,2 c	3,5 a	CNA11/5/1-51-4-B	4,8 d	3,6 a
BRS Querência	3,4 a	3,5 a	CNA11/5/1-90-5-B	4,2 c	4,6 b	CNA11/5/1-52-3-B	4,8 d	3,4 a
CNA11/5/1-51-2-B	3,6 a	3,2 a	CNA11/5/1-99-1-B	4,2 c	3,6 a	CNA11/5/1-80-2-B	4,8 d	4,9 b
CNA11/5/1-93-2-B	3,6 a	3,5 a	CNA11/5/1-11-6-B	4,3 c	3,6 a	CNA11/5/1-93-5-B	4,8 d	4,4 b
CNA11/5/1-18-4-B	3,7 a	3,2 a	CNA11/5/1-63-3-B	4,3 c	4,0 b	CNA11/5/1-98-3-B	4,8 d	4,7 b
CNA11/5/1-43-1-B	3,8 b	3,6 a	CNA11/5/1-67-4-B	4,3 c	4,6 b	CNA11/5/1-22-4-B	4,9 d	5,7 c
CNA11/5/1-63-4-B	3,8 b	3,5 a	CNA11/5/1-80-6-B	4,3 c	3,4 a	CNA11/5/1-32-6-B	4,9 d	4,4 b
CNA11/5/1-80-3-B	3,8 b	3,6 a	CNA11/5/1-90-4-B	4,3 c	4,8 b	CNA11/5/1-52-2-B	4,9 d	3,8 a
CNA11/5/1-98-2-B	3,8 b	3,7 a	CNA11/5/1-98-6-B	4,3 c	3,4 a	CNA11/5/1-54-5-B	4,9 d	3,6 a
CNA11/5/1-99-4-B	3,8 b	3,5 a	CNA11/5/1-51-3-B	4,4 c	5,5 c	CNA11/5/1-58-2-B	4,9 d	3,6 a
CNA11/5/1-18-3-B	3,9 b	3,3 a	CNA11/5/1-67-5-B	4,4 c	3,6 a	CNA11/5/1-75-2-B	4,9 d	3,7 a
CNA11/5/1-85-3-B	3,9 b	4,4 b	CNA11/5/1-85-2-B	4,4 c	3,7 a	CNA11/5/1-81-2-B	4,9 d	4,5 b
CNA11/5/1-99-2-B	3,9 b	3,5 a	CNA11/5/1-87-6-B	4,4 c	4,8 b	CNA11/5/1-104-3-B	4,9 d	4,3 b
CNA11/5/1-85-4-B	3,9 b	4,1 b	CNA11/5/1-97-6-B	4,4 c	3,5 a	CNA11/5/1-3-3-B	5,0 d	3,8 a
CNA11/5/1-18-2-B	4,0 b	3,6 a	CNA11/5/1-81-4-B	4,5 c	3,4 a	CNA11/5/1-54-3-B	5,0 d	3,6 a
CNA11/5/1-35-5-B	4,0 b	3,6 a	CNA11/5/1-98-1-B	4,5 c	3,4 a	CNA11/5/1-58-1-B	5,0 d	3,8 a
CNA11/5/1-43-5-B	4,0 b	4,0 b	CNA11/5/1-100-3-B	4,5 c	3,7 a	CNA11/5/1-90-6-B	5,0 d	4,7 b
CNA11/5/1-47-1-B	4,0 b	3,7 a	CNA11/5/1-100-4-B	4,5 c	4,4 b	CNA11/5/1-104-4-B	5,0 d	4,8 b
CNA11/5/1-63-1-B	4,0 b	3,4 a	CNA11/5/1-105-2-B	4,5 c	3,6 a	CNA11/5/1-32-3-B	5,1 d	3,8 a
CNA11/5/1-82-1-B	4,0 b	3,4 a	CNA11/5/1-105-5-B	4,5 c	3,6 a	CNA11/5/1-81-3-B	5,1 d	3,8 a
CNA11/5/1-82-2-B	4,0 b	3,5 a	CNA11/5/1-105-6-B	4,5 c	3,7 a	CNA11/5/1-97-4-B	5,1 d	4,8 b
CNA11/5/1-107-3-B	4,0 b	4,3 b	CNA11/5/1-35-2-B	4,6 c	3,4 a	CNA11/5/1-3-2-B	5,2 d	3,6 a
CNA11/5/1-11-4-B	4,1 b	3,4 a	CNA11/5/1-58-3-B	4,6 c	3,6 a	CNA11/5/1-53-5-B	5,2 d	3,7 a
CNA11/5/1-35-4-B	4,1 b	3,6 a	CNA11/5/1-58-5-B	4,6 c	3,5 a	CNA11/5/1-54-1-B	5,2 d	3,5 a
CNA11/5/1-52-4-B	4,1 b	3,2 a	CNA11/5/1-85-1-B	4,6 c	3,7 a	CNA11/5/1-97-5-B	5,2 d	3,6 a
CNA11/5/1-54-2-B	4,1 b	3,4 a	CNA11/5/1-87-5-B	4,6 c	3,6 a	CNA11/5/1-22-6-B	5,4 d	5,3 c
CNA11/5/1-80-4-B	4,1 b	3,7 a	CNA11/5/1-105-1-B	4,6 c	3,7 a	CNA11/5/1-3-1-B	5,5 e	3,8 a
CNA11/5/1-11-3-B	4,2 c	3,5 a	CNA11/5/1-107-2-B	4,6 c	4,8 b	CNA11/5/1-22-8-B	5,5 e	3,5 a
CNA11/5/1-47-6-B	4,2 c	3,6 a	BRS 7 "Taim"	4,7 d	----	CNA11/5/1-22-7-B	5,6 e	3,7 a
CNA11/5/1-51-6-B	4,2 c	3,6 a	CNA11/5/1-22-9-B	4,7 d	3,7 a	CNA11/5/1-81-1-B	5,6 e	3,8 a
CNA11/5/1-63-2-B	4,2 c	3,4 a	CNA11/5/1-82-5-B	4,7 d	4,2 b	CNA11/5/1-22-5-B	5,8 e	5,9 c
CNA11/5/1-67-6-B	4,2 c	3,3 a	CNA11/5/1-107-1-B	4,7 d	3,7 a	CNA11/5/1-104-6-B	5,8 e	4,9 b
CNA11/5/1-75-5-B	4,2 c	3,6 a	BRS Pampa	4,8 d	4,5 b	CNA11/5/1-53-2-B	6,3 f	4,8 b

CNA11/5/1-82-4-B 4.2 c 4.7 b CNA11/5/1-32-5-B 4.8 d 3.5 a BR IRGA 409 7.2 g 7.0 d
 CNA11/5/1-87-2-B 4.2 c 3.7 a CNA11/5/1-47-4-B 4.8 d 3.7 a IRGA 424 --- 5.0 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott à 5% de probabilidade.

O agrupamento que representa maior tolerância ao estresse por ferro foi constituído por 4 progênies no município de Capão do Leão, onde as notas variaram de 3.2 a 3.7, e por 72 progênies em Camaquã, onde as notas variaram de 3.2 a 3.8. As progênies CNA11/5/1-18-1-B, CNA11/5/1-51-2-B, CNA11/5/1-93-2-B e CNA11/5/1-18-4-B foram classificadas como tolerantes a toxidez por ferro em ambos locais do experimento. Os dados do ano agrícola 2015/2016 demonstraram uma baixa severidade do estresse, podendo ser decorrente da menor disponibilidade de ferro no solo, por questões climáticas ou por fatores relacionados ao solo, sendo que o ambiente de Camaquã apresentou pouca severidade.

A produtividade média das progênies variaram de 3.308 kg ha⁻¹ a 6.686 kg ha⁻¹ entre os 6 agrupamentos constituídos, sendo que os 3 grupos de melhor desempenho produtivo ficaram acima da média geral de 5.025 kg ha⁻¹ (Tabela 2). O grupo que apresentou maior produtividade foi composto por 9 progênies, variando de 6.224 kg ha⁻¹ a 6.686 kg ha⁻¹, progênie CNA11/5/1-105-2-B e CNA11/5/1-80-3-B, respectivamente.

Tabela 2. Produtividade média de grãos (kg ha⁻¹) das progênies da população de seleção recorrente de arroz irrigado CNA11 avaliadas em Goiânia.

Progênies	Prod.	Progênies	Prod.	Progênies	Prod.
CNA11/5/1-80-3-B	6.686 a	CNA11/5/1-80-4-B	5.299 c	CNA11/5/1-52-4-B	4.706 d
CNA11/5/1-22-4-B	6.678 a	CNA11/5/1-58-2-B	5.284 c	CNA11/5/1-67-4-B	4.678 d
CNA11/5/1-58-1-B	6.536 a	CNA11/5/1-53-2-B	5.276 c	CNA11/5/1-54-2-B	4.678 d
CNA11/5/1-93-2-B	6.470 a	CNA11/5/1-98-6-B	5.263 c	CNA11/5/1-63-4-B	4.674 d
CNA11/5/1-3-3-B	6.347 a	BRS Pampa	5.224 c	CNA11/5/1-18-2-B	4.642 d
CNA11/5/1-11-6-B	6.292 a	CNA11/5/1-104-4-B	5.208 c	CNA11/5/1-75-5-B	4.626 d
CNA11/5/1-93-5-B	6.242 a	CNA11/5/1-63-1-B	5.191 c	CNA11/5/1-99-2-B	4.593 d
CNA11/5/1-85-3-B	6.239 a	CNA11/5/1-43-1-B	5.182 c	CNA11/5/1-75-2-B	4.576 d
CNA11/5/1-105-2-B	6.224 a	CNA11/5/1-51-3-B	5.173 c	CNA11/5/1-35-4-B	4.564 d
CNA11/5/1-105-6-B	6.142 b	CNA11/5/1-3-2-B	5.163 c	CNA11/5/1-22-7-B	4.555 d
CNA11/5/1-100-4-B	6.003 b	CNA11/5/1-11-3-B	5.129 c	CNA11/5/1-85-2-B	4.469 d
CNA11/5/1-35-2-B	5.938 b	CNA11/5/1-98-2-B	5.032 d	CNA11/5/1-63-2-B	4.462 d
CNA11/5/1-54-5-B	5.907 b	CNA11/5/1-104-3-B	5.026 d	CNA11/5/1-52-2-B	4.452 d
CNA11/5/1-32-5-B	5.872 b	CNA11/5/1-82-4-B	5.025 d	CNA11/5/1-22-8-B	4.452 d
CNA11/5/1-85-4-B	5.857 b	CNA11/5/1-47-6-B	5.022 d	CNA11/5/1-98-1-B	4.385 d
CNA11/5/1-90-6-B	5.839 b	CNA11/5/1-22-5-B	5.016 d	CNA11/5/1-81-4-B	4.370 d
CNA11/5/1-97-5-B	5.824 b	CNA11/5/1-100-3-B	4.965 d	BRS Querência	4.356 d
CNA11/5/1-104-6-B	5.803 b	CNA11/5/1-107-1-B	4.963 d	CNA11/5/1-85-1-B	4.300 e
CNA11/5/1-63-3-B	5.765 c	CNA11/5/1-18-1-B	4.951 d	CNA11/5/1-99-4-B	4.282 e
CNA11/5/1-47-4-B	5.747 c	CNA11/5/1-80-2-B	4.948 d	CNA11/5/1-58-5-B	4.231 e
CNA11/5/1-107-2-B	5.650 c	BR IRGA 409	4.919 d	CNA11/5/1-97-4-B	4.209 e
CNA11/5/1-81-3-B	5.629 c	CNA11/5/1-22-9-B	4.896 d	CNA11/5/1-43-5-B	4.164 e
CNA11/5/1-82-2-B	5.609 c	CNA11/5/1-51-4-B	4.893 d	CNA11/5/1-97-6-B	4.157 e
CNA11/5/1-87-2-B	5.600 c	CNA11/5/1-54-3-B	4.887 d	CNA11/5/1-80-6-B	4.154 e
CNA11/5/1-18-3-B	5.555 c	CNA11/5/1-53-5-B	4.876 d	CNA11/5/1-90-4-B	4.151 e
CNA11/5/1-32-3-B	5.545 c	CNA11/5/1-51-6-B	4.876 d	CNA11/5/1-11-4-B	4.150 e
CNA11/5/1-35-5-B	5.475 c	CNA11/5/1-47-1-B	4.858 d	CNA11/5/1-98-3-B	3.873 e
CNA11/5/1-99-1-B	5.407 c	CNA11/5/1-105-5-B	4.850 d	CNA11/5/1-52-3-B	3.689 f
CNA11/5/1-3-1-B	5.401 c	CNA11/5/1-81-1-B	4.840 d	CNA11/5/1-107-3-B	3.677 f
CNA11/5/1-22-6-B	5.388 c	CNA11/5/1-67-5-B	4.798 d	CNA11/5/1-90-5-B	3.499 f
CNA11/5/1-82-5-B	5.366 c	IRGA 424	4.780 d	CNA11/5/1-67-6-B	3.478 f
CNA11/5/1-18-4-B	5.364 c	CNA11/5/1-105-1-B	4.749 d	CNA11/5/1-81-2-B	3.477 f
CNA11/5/1-58-3-B	5.332 c	CNA11/5/1-87-5-B	4.734 d	CNA11/5/1-82-1-B	3.464 f
CNA11/5/1-87-3-B	5.331 c	CNA11/5/1-51-2-B	4.718 d	CNA11/5/1-32-6-B	3.308 f
CNA11/5/1-54-1-B	5.310 c	CNA11/5/1-87-6-B	4.708 d		

CV (%): 8,01

Média: 5.025

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Entre as 4 progênies classificadas como tolerantes ao estresse por ferro, em ambos locais do experimento, apenas a progênie CNA11/5/1-93-2-B que obteve uma produtividade

média de grãos de 6.470 kg ha⁻¹, ficou no grupo das mais produtivas. As outras progênes, CNA11/5/1-18-1-B, CNA11/5/1-51-2-B, e CNA11/5/1-18-4-B ficaram no agrupamento "d", "d" e "c" apresentando um produtividade média de grãos de 4.951 kg ha⁻¹, 4.718 kg ha⁻¹ e 5.364 kg ha⁻¹, respectivamente.

A CNA11/5/1-22-5-B, foi a única progênie classificada como mediamente suscetível a toxidez por ferro nos dois locais de avaliação, apresentando uma média de 5.8 e 5.9 nos municípios do Capão do Leão e Camaquã, respectivamente.

A BRS Pampa considerada mediamente tolerante a toxidez por ferro, foi a testemunha que apresentou maior produtividade média de grãos frente a esse estresse. Evidenciando assim, o seu alto potencial genético para o rendimento de grãos e conseqüentemente a sua adoção nesse tipo de experimento como referência para esse caráter. Diante disso, pode-se destacar a potencialidade genética das progênes de seleção recorrente da população CNA11, principalmente as situadas no grupo das mais produtivas (CNA11/5/1-80-3-B, CNA11/5/1-22-4-B, CNA11/5/1-58-1-B, CNA11/5/1-93-2-B, CNA11/5/1-3-3-B, CNA11/5/1-11-6-B, CNA11/5/1-93-5-B, CNA11/5/1-85-3-B e CNA11/5/1-105-2-B).

CONCLUSÃO

Em decorrência dos resultados obtidos nesse experimento, pode-se concluir através das variáveis analisadas que é possível selecionar progênes provenientes da população de seleção recorrente CNA11 com boa produtividade de grãos e com tolerância quanto ao excesso de ferro solo, principalmente a progênie CNA11/5/1-93-2-B.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, M.; ASCH, F. Iron toxicity - Conditions and management concepts. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, p. 558-573, 2005.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, p. 271-276, 2013.

MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; FRANCO, D. F.; NUNES, C.D.; SEVERO, A.; FONSECA, G. de M. da; STRECK, E.A.; SCHUMACHER, F.P. Respostas de linhagens de arroz irrigado da Embrapa frente à toxidez causada por ferro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7.: 2011, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SOSBAI, 2011. p.160-163.

RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J .P.; FAGUNDES, P. R .R. Mejoramiento poblacional del arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.) **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 65-85, 2000.

SCHMIDT, F.; FORTES, M. DE A.; WESZ, J.; BUSS, G. L.; DE SOUSA, R. O. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 37, p. 1226-1235, 2013.

SILVEIRA, V. C.; OLIVEIRA, A. P.; SPEROTTO R. A.; ESPINTOLA L. S.; AMARAL, L.; DIAS, J. F., CUNHA J. B.; FETT, J. P. Influence of iron on mineral status of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 12, p. 127-139, 2007.

SINGH, R. J.; IKEHASHI, H. I. Monogenic male-sterility in rice: introduction, identification and inheritance. **Crop Science**, Madinson, v. 21, n. 1, p. 286-289, 1981.

VAHL, L. C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. 167p. (Tese de Doutorado).

