

RESPOSTAS DE LINHAGENS DE ARROZ IRRIGADO DA EMBRAPA FRENTE À TOXIDEZ CAUSADA POR FERRO

Ariano M. de Magalhães Jr.¹, Paulo R.R. Fagundes¹, Daniel Fernandez Franco¹, Cley Donizete Nunes¹, Alcides C. M. Severo¹, Gabriela de Magalhães da Fonseca², Eduardo Anibeles Streck³, Felipe Perleberg Schumacher⁴

Palavras-chave: seleção de linhagens, melhoramento genético, estresse abiótico,

INTRODUÇÃO

A toxidez por ferro é um estresse abiótico ocasionado nas plantas sensíveis pelos elevados níveis de ferro que se encontram solúveis no solo. Plantas de arroz irrigado podem apresentar esse distúrbio em qualquer estágio de desenvolvimento, sendo notadamente mais acentuado no final do perfilhamento e início da floração. Em arroz, os sintomas de maneira geral são identificados sob duas formas. A primeira, a toxidez direta, esta relacionada com a absorção excessiva do elemento pela planta, danificando 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. Neste caso, as plantas apresentam menor perfilhamento, sistema radicular de coloração marrom-escuro, panículas pequenas e alta percentagem de espiguetas estéreis (SOUSA et al., 2004). A segunda, a toxidez indireta, é associada à deficiência nutricional generalizada, derivada do excesso de ferro na solução do solo o qual se precipita sobre as raízes do arroz, formando uma camada de óxido férrico que bloqueia os sítios de absorção de nutrientes nas raízes (VAHL, 1991; BARBOSA FILHO et al., 1994; SOUSA et al., 2004). Caracteriza-se pelo amarelhecimento das folhas, iniciando das pontas para a base, resultando uma coloração castanho-avermelhada, laranja ou amarela. Outros sintomas desse tipo de deficiência consistem em atrofia das plantas, redução do afilhamento e recobrimento das raízes por camadas avermelhadas de óxidos de ferro (SOUSA et al., 2004). A toxidez indireta é a forma predominante nas condições brasileiras e a mais importante (MAGALHÃES JR. et al., 2009).

A toxidez por ferro foi descrita pela primeira vez, há mais de 40 anos na Ásia. No Rio Grande do Sul, até o final da década de 70, raramente foi observado problemas com toxidez por ferro, entretanto com o advento das cultivares modernas, de porte baixo, com alto potencial produtivo, porém mais suscetíveis ao estresse, aumentou a frequência e a intensidade dos relatos de ocorrência desta doença no estado (GOMES et al., 1990).

Uma alternativa para contornar estes problemas é a utilização de cultivares resistentes, uma vez que existe variabilidade genética para este caráter (MAGALHÃES JR. et al., 2005). Visando evitar os efeitos da toxidez por ferro em lavouras de arroz irrigado tem-se selecionado genótipos que apresentam variabilidade para o caráter, sendo assim o programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa tem entre os objetivos avaliar a resposta de linhagens elite, frente ao estresse provocado pelo excesso de ferro no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o teste das linhagens elite da Embrapa, foi realizado experimento, no ano agrícola 2009/10, no campo experimental da Estação de Terras Baixas da Embrapa Clima

¹ Embrapa Clima Temperado, Cx. Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS. e-mail: ariano@cpcact.embrapa.br

² Estagiária Embrapa Clima Temperado – Doutoranda em Melhoramento Vegetal – UFPel-FAEM

³ Estagiário Embrapa Clima Temperado/estudante UFPel-FAEM

⁴ Estagiário Embrapa Clima Temperado/estudante CAVG

Temperado no Capão do Leão, RS. O solo utilizado foi caracterizado como planossolo hidromórfico eutrófico solódico (STRECK et al., 2008). A área do experimento foi previamente sistematizada e sofreu a decapitação da camada correspondente ao horizonte A, acentuando as condições que propiciam a ocorrência do distúrbio.

O experimento foi composto por 45 linhagens elite, oriundas do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa, e quatro cultivares comerciais de arroz (testemunhas), distribuídas no delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, sendo as parcelas compostas por quatro linhas de três metros de comprimento, espaçadas 17,5 cm entre si. Como testemunhas foram utilizadas as cultivares BRS Querência e BRS 7 "Taim", de ciclo precoce e médio, respectivamente, como parâmetro de tolerância ao estresse e, as cultivares Irga 417 e BR Irga 409, ciclo precoce e médio, respectivamente, como parâmetro de suscetibilidade. A densidade de semeadura foi de 100 kg ha⁻¹. A irrigação foi mantida permanentemente após dez dias da emergência das plântulas para 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 alarjamento das folhas) e variou de 0 a 9, sendo de 0 a 3,5, tolerante; 3,6 a 5,5, médio tolerante; 5,6 a 7,5, médio suscetível e 7,6 a 9, suscetível. Para leitura da produção de matéria seca da parte aérea (MS) foi coletado ½ metro linear de cada genótipo, com três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da primeira avaliação (40 DAE) foi possível observar sintomas de toxidez por ferro, principalmente, nas linhagens e nas testemunhas médio suscetível e suscetível, os quais progrediram e confirmaram a reação na avaliação aos 70 DAE e aos 100 DAE, sendo a média final apresentada na Tabela 1. Devido os sintomas de toxicidade por ferro apresentarem-se de forma mais acentuada no final do perfilhamento e início da floração, optou-se por calcular a média considerando pesos diferenciados entre as épocas de avaliação. Dessa maneira atribuiu-se peso dois para a avaliação realizada aos 40 DAE, peso seis para a avaliação realizada aos 70 DAE, que corresponde ao período de início da floração e peso dois para a avaliação realizada aos 100 DAE.

O coeficiente de variação (23,63%) da análise conjunta indica que o experimento teve considerável precisão. A análise de variância para as médias das avaliações dos sintomas foi significativa entre genótipos. A maior suscetibilidade à toxidez por ferro foi apresentada pelas cultivares BR IRGA 409 e IRGA 417, reconhecidamente cultivares suscetíveis entre as recomendadas para o cultivo no RS, cuja nota média ponderada foi 8,2 e 7,5 respectivamente, enquadrando-se a primeira como suscetível e a segunda como médio suscetível. Nenhuma das linhagens testadas foi classificada como suscetível, sendo que 15 genótipos (30,6%) foram classificados como médio suscetível e 28 genótipos (57,1%) como médio resistente.

Cinco genótipos foram classificados como resistentes à toxicidade por ferro, indicando serem possuidores de alelos que conferem elevado nível de resistência. A linhagem AB07182 apresentou a melhor reação ao estresse obtendo uma nota média ponderada de 2,2, seguida da cultivar BRS Querência com nota média ponderada de 2,7, como pode ser observado na Tabela 1. Comprovando que a cultivar BRS Querência é fonte de tolerância à toxidez por ferro (MAGALHÃES JR. et al., 2005; MAGALHÃES JR. et al., 2007; MAGALHÃES JR. et al., 2010).

A produção de matéria seca (MS) não apresentou correlação significativa estimada em -0,37 entre a reação de toxidez ao ferro, entretanto a cultivar BR IRGA 409, único genótipo classificado como suscetível, teve a segunda menor produção de matéria seca.

Tabela 1. Reação de genótipos de arroz irrigado à toxicidade por ferro (0 a 9) aos 40 DAE, 70 DAE e 100 DAE e produção de matéria seca da parte aérea (MS). Embrapa Clima Temperado. Safra 2009/10.

Genótipo	40 DAE	70 DAE	100 DAE	Média POND.*	MS (g)	Reação
AB07182	1,0 **	2,3	3,3	2,2 a	159,8	Resistente
BRS Querência	1,7	2,3	3,0	2,3 a	118,7	Resistente
AB08127	2,0	3,0	5,0	3,2 ab	204,9	Resistente
AB08008	1,7	3,7	3,7	3,2 ab	107,1	Resistente
AB08134	4,0	3,0	4,7	3,5 abc	148,1	Resistente
AB08009	2,3	4,0	4,0	3,6 abc	143,5	Médio Resistente
AB08057	2,3	4,0	6,0	4,0 abc	131,6	Médio Resistente
BRA 050069	2,3	5,0	3,0	4,0 abc	135,5	Médio Resistente
BRA 051279	1,7	4,3	6,0	4,1 abc	164,6	Médio Resistente
AB08108	3,3	4,3	5,7	4,4 abc	148,1	Médio Resistente
BRS 7 "Taim"	1,7	5,0	5,7	4,4 abc	123,5	Médio Resistente
AB07005	3,3	4,7	5,0	4,4 abc	110,5	Médio Resistente
AB06048	1,7	5,0	5,7	4,4 abc	138,9	Médio Resistente
AB08055	3,3	4,7	5,7	4,6 abc	136,9	Médio Resistente
AB08077	3,0	5,0	5,3	4,6 abc	111,6	Médio Resistente
AB08024	2,0	5,0	6,3	4,6 abc	140,2	Médio Resistente
AB08020	2,3	5,0	6,3	4,7 abcd	134,4	Médio Resistente
AB07004	2,0	5,0	7,0	4,8 abcd	111,4	Médio Resistente
AB08148	4,3	4,7	5,7	4,8 abcd	120,9	Médio Resistente
AB07010	3,0	5,0	6,3	4,8 abcd	154,4	Médio Resistente
BRA 051267	1,3	6,0	5,7	5,0 abcd	112,9	Médio Resistente
AB06077	3,3	5,7	5,0	5,0 abcd	136,2	Médio Resistente
BRA040081	5,0	5,0	5,3	5,0 abcd	144,3	Médio Resistente
AB08153	5,0	4,7	6,7	5,1 abcd	143,5	Médio Resistente
AB08076	3,3	5,3	6,3	5,1 abcd	125,8	Médio Resistente
BRA050159	1,0	6,0	7,0	5,2 abcd	122,9	Médio Resistente
AB08066	4,0	5,7	5,0	5,2 abcd	137,1	Médio Resistente
AB08123	2,0	5,7	7,0	5,2 abcd	161,2	Médio Resistente
AB08147	2,7	5,3	7,3	5,2 abcd	112,4	Médio Resistente
AB07070	1,7	6,7	5,3	5,4 abcd	127,4	Médio Resistente
AB06046	4,3	5,7	6,0	5,4 abcd	102,8	Médio Resistente
AB08140	4,3	5,7	6,0	5,4 abcd	170,0	Médio Resistente
AB08011	3,7	6,0	6,0	5,5 abcd	107,5	Médio Resistente
AB08072	4,3	6,0	5,7	5,6 abcd	137,8	Médio Suscetível
BRA 050142	3,0	6,0	7,7	5,7 abcd	142,8	Médio Suscetível
AB08141	2,3	7,0	5,3	5,7 abcd	167,1	Médio Suscetível
AB06039	3,0	6,7	6,0	5,8 abcd	90,4	Médio Suscetível
AB09001	3,0	6,7	6,3	5,8 abcd	132,1	Médio Suscetível
AB06075	4,0	6,7	5,7	5,9 abcd	123,0	Médio Suscetível
AB07142	2,7	7,0	6,0	5,9 abcd	126,1	Médio Suscetível
AB06088	3,0	7,0	6,0	6,0 abcd	147,0	Médio Suscetível
AB07137	3,0	7,0	6,0	6,0 abcd	111,8	Médio Suscetível
AB08053	1,7	7,7	6,0	6,1 abcd	131,6	Médio Suscetível
AB08058	3,7	7,0	8,0	6,5 bcd	103,6	Médio Suscetível
AB08063	3,3	7,3	8,0	6,6 bcd	118,8	Médio Suscetível
AB08101	5,3	7,0	7,0	6,6 bcd	118,4	Médio Suscetível
AB08099	4,7	7,3	7,3	6,8 bcd	107,4	Médio Suscetível
IRGA 417	4,3	8,3	8,3	7,5 cd	130,4	Médio Suscetível
BR IRGA 409	8,3	9,0	8,7	8,8 d	98,8	Suscetível
Médias	3,1	5,6	5,9	5,1	131,3	
CV%	23,63					

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** 0 a 3,5, tolerante; 3,6 a 5,5, médio tolerante; 5,6 a 7,5, médio suscetível e 7,6 a 9, suscetível.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste experimento indicam haver variabilidade genética entre os genótipos testados para o caráter tolerância a toxicidade por ferro. As linhagens AB07182, AB08127, AB08008, AB08134 apresentam-se como ótimas fontes de resistência à toxicidade por ferro no programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa. A cultivar BRS Querência pode ser explorada visando contribuir para a mitigação dos efeitos desse estresse sobre a atividade rizícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O.; DIAS, A. D.; MACHADO, M. O.; PAULETTO, E. A. A problemática da toxicidade do Fe em arroz irrigado no RS. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., **Anais...** Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1990. p.116

MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; GOMES, A. S.; PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SEVERO, A.; SOARES, R. C.; BENDER, R. Seleção de linhagens de arroz irrigado do programa de melhoramento da Embrapa à toxicidade por ferro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4 ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26, 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005. p.204-206.

MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; GOMES, A. S.; PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SEVERO, A. Comportamento de linhagens de arroz 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.

MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; FRANCO, D. F.; SEVERO, A.; FONSECA, G. de M. da. Comportamento de linhagens de arroz irrigado da Embrapa à toxidez de ferro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.: 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Palotti, 2009. p.56-59.

SOUSA, R. O. de; GOMES, A. da S.; VAHL, L. C. Toxidez por ferro em arroz irrigado. In: Gomes e Magalhães Jr (eds.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 305-334.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLANT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. – 2.ed. – Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 20008. 222p.

VAHL, L. C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. 1991. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas.