

# SELEÇÃO DE LINHAGENS E CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO QUANTO A TOLERÂNCIA À TOXIDEX POR FERRO

Fabiana Schmidt<sup>1</sup>; Ronaldir Knoblauch<sup>2</sup>; Moacir Schiocchet<sup>2</sup>; Rubens Marschalek<sup>2</sup>

Palavras-chave: toxidez indireta, excesso de ferro, melhoramento genético.

## INTRODUÇÃO

O ferro é um nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas, porém quando a sua disponibilidade no solo é muito alta pode causar toxidez. Em solos alagados, as condições anaeróbicas levam à solubilização e redução do  $Fe^{3+}$  e sua estabilização como  $Fe^{2+}$ , que é facilmente absorvido pelas plantas. A deposição de óxidos de ferro na superfície das raízes também pode impedir a absorção de outros nutrientes (LOPES et al., 2005). A toxidez por ferro é uma das limitações ao alto rendimento no arroz irrigado, tanto por efeito direto do ferro no interior da planta quanto pelo efeito indireto sobre a absorção de nutrientes essenciais.

A toxidez direta ocorre quando compostos de ferro que estão na solução do solo são absorvidos em excesso pelas plantas. A toxidez direta é, portanto, um excesso de absorção de ferro solúvel ( $Fe^{2+}$ ) e se manifesta através da formação de numerosas pontuações minúsculas nas folhas mais velhas, conferindo-lhes coloração marrom ou arroxeadada. Esta forma de toxidez é menos frequente em arroz irrigado e parece afetar muito pouco a produtividade.

A toxidez indireta é causada pelo acúmulo de ferro pouco solúvel sobre as raízes das plantas de arroz. O íon férrico ( $Fe^{3+}$ ) precipitado sobre as raízes forma uma capa de cor alaranjada, bloqueando a absorção de outros elementos pela planta como cálcio, magnésio, fósforo, potássio, nitrogênio e zinco. Os sintomas são identificados pela descoloração das folhas mais velhas, que se mostram amarelas ou alaranjadas. A toxidez indireta é comumente conhecida como "alaranjamento". Conforme a sua intensidade, essa forma de toxidez pode causar prejuízos elevados à produção de grãos.

Diversos mecanismos têm sido propostos para explicar a toxidez por ferro em arroz irrigado, bem como diferentes métodos têm sido recomendados para controlar este distúrbio nutricional. Dentre as alternativas tecnológicas apresentadas, a forma mais eficiente para combater a toxidez por ferro é a utilização de cultivares tolerantes nas lavouras com histórico de ocorrência do problema (MAGALHÃES Jr. et al., 2005). O programa de melhoramento de arroz da Epagri utiliza a avaliação da tolerância à toxidez por ferro, para selecionar linhagens e cultivares. Inúmeros genótipos têm sido identificados com características de tolerância ao ferro.

A seleção de linhagens tolerantes à toxidez por ferro pode ser realizada sob condições de campo ou de casa de vegetação, em solos com histórico de ocorrência de toxidez. O melhoramento genético de arroz irrigado visando tolerância à toxidez por ferro inicia-se pela identificação de fontes de resistência no germoplasma local ou introduzido, seguida de cruzamento e seleção de progênies em locais com alta incidência do problema. A prospecção de fontes de resistência à toxidez por ferro é uma etapa necessária ao programa de melhoramento de arroz irrigado.

O objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância dos genótipos do programa de melhoramento de arroz irrigado da Epagri à toxidez indireta por ferro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo, em área com histórico de toxidez por ferro localizada na Estação Experimental da Epagri de Itajaí, nos anos agrícolas 2011/12,

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Dr<sup>a</sup>, Epagri - Estação Experimental de Itajaí. Rodovia Antonio Heil, 6800 - Bairro Itaipava, Itajaí/SC, e mail: fabianaschmidt@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Epagri - Estação Experimental de Itajaí

2012/13, 2013/14 e 2014/15. O solo utilizado é classificado como um Cambissolo Háplico distrófico com as seguintes características químicas: pH em H<sub>2</sub>O = 4,9; M.O = 1,3%; P = 8,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 75 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mn = 37,0 mg dm<sup>-3</sup> e Fe = 275 mg dm<sup>-3</sup>.

Para a execução do experimento foram utilizadas as linhagens promissoras de F4, F5, F6 e ensaios regionais, cultivares da Epagri e duas cultivares testemunhas, uma resistente (Epagri 107) e uma suscetível (BR Irga 409) à toxidez por ferro. Os genótipos foram semeados manualmente em solo seco, em parcelas com duas linhas de 1,0 m de comprimento de cada genótipo, espaçadas 0,3 m entre si e na densidade de 4 g de sementes m<sup>-1</sup>. Perpendicularmente a estas linhas, foram semeadas as duas cultivares testemunhas. Após o estabelecimento das plântulas, cerca de 20 dias após a semeadura a área foi alagada e mantida assim durante todo o período de avaliação, com o objetivo de assegurar condições de redução do solo. A adubação foi realizada 2 dias após ao alagamento com a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 40 dias após ao alagamento foi aplicado 45 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Após 30 dias da irrigação permanente, e conseqüente redução dos compostos oxidados do solo, os tratamentos suscetíveis já apresentavam sintomas de toxidez indireta por ferro nas folhas. Os sintomas de toxidez indireta por ferro, ou seja, a descoloração das folhas por alaranjamento ou amarelecimento, foram avaliados aos 60 dias após o alagamento do solo quando as plantas estavam próximas ao estágio de diferenciação da panícula (estádio R0). Nesta fase os sintomas se intensificaram demonstrando quais os genótipos eram mais suscetíveis.

A escala de avaliação dos sintomas variou de 0 à 9, sendo considerado de 0 à 3 - tolerante; de 4 à 5 - médio-tolerante; de 6 à 7 - médio-suscetível e de 8 à 9 - suscetível. Foi realizada a contagem do número de genótipos tolerantes, médio-tolerantes, médio-suscetíveis e suscetíveis. Estes dados foram analisados em frequência relativa e apresentados em tabela de frequência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da tolerância à toxidez por ferro para os genótipos avaliados, nas 4 safras, foram satisfatórios no processo de avaliação do germoplasma do Programa de Melhoramento da Epagri. As cultivares da Epagri atualmente em cultivo, nos 4 anos avaliados mostraram-se 100% tolerantes ou médio-tolerantes à toxidez indireta por ferro (Tabela 1).

A partir da safra 2012/13, os genótipos avaliados em ensaios regionais também se mostraram 100% tolerantes ou médio-tolerantes à toxidez indireta por ferro. Dentre os genótipos das gerações F4, F5 e F6, também ocorreu o predomínio de materiais tolerantes e médio-tolerantes à toxidez por ferro (Tabela 1).

A capacidade de transportar oxigênio da parte aérea até às raízes, via aerênquima, e promover a oxidação da rizosfera, que ocasiona a precipitação de ferro sobre as raízes do arroz, tem sido considerada como um mecanismo de exclusão de ferro pelas plantas (GAVA & BOHNEN, 2002). Tal propriedade tem sido usada para explicar a ocorrência ou não da toxidez de Fe em plantas de arroz, sendo aceito que, quanto menor for o poder de exclusão do Fe<sup>2+</sup>, maior será o risco da toxidez pelo elemento. Este mecanismo foi descrito por Yoshida (1981) como a fração do Fe<sup>2+</sup> que atinge as raízes via fluxo de massa e, por permanecer oxidada na rizosfera, não é absorvida.

Entretanto, em condições de solo com alto teor de ferro na solução, a precipitação de ferro nas raízes não pode ser encarada como um mecanismo utilizado pelas plantas para exclusão de Fe, e sim como um agravante à ocorrência de distúrbios nutricionais, pois limita a absorção de outros nutrientes, ocasionando o aparecimento de sintomas de toxidez indireta.

Os resultados obtidos demonstram a importância das avaliações de tolerância varietal e das seleções realizadas em anos anteriores no mesmo local. A utilização da avaliação

de tolerância varietal se mostrou um método eficiente na seleção de linhagens tolerantes à toxidez por ferro e tem permitido ao melhoramento genético obter cultivares de elevado potencial genético e produtivo.

Tabela 1- Avaliação da toxidez por ferro em diferentes grupos de genótipos do Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri.

Grupo de genótipos	Nº de genótipos	Escala de avaliação			
		Tolerante (%)	Médio tolerante (%)	Médio suscetível (%)	Suscetível (%)
<b>Safra 2011/2012</b>					
Geração F4	144	72,2	27,1	0,7	0
Geração F5	125	48,0	49,6	2,4	0
Geração F6	22	45,5	50,0	4,5	0
Ensaio regional	19	21,0	47,4	31,6	0
Cultivares Epagri	5	100	0	0	0
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>58,1</b>	<b>38,4</b>	<b>3,5</b>	<b>0</b>
<b>Safra 2012/2013</b>					
Geração F4	114	57,0	40,0	3,0	0
Geração F5	83	34,0	47,0	14,0	5,0
Geração F6	31	16,0	71,0	3,0	10,0
Ensaio regional	18	33,0	67,0	0	0
Cultivares Epagri	6	66,7	33,3	0	0
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>42,8</b>	<b>48,0</b>	<b>6,3</b>	<b>2,9</b>
<b>Safra 2013/2014</b>					
Geração F4	163	79,7	17,2	3,1	0
Geração F5	72	69,4	29,2	1,4	0
Geração F6	40	60,0	30	10	0
Ensaio regional	18	100	0	0	0
Cultivares Epagri	11	90,9	9,1	0	0
<b>Total</b>	<b>304</b>	<b>76,3</b>	<b>20,4</b>	<b>3,3</b>	<b>0</b>
<b>Safra 2014/2015</b>					
Geração F4	92	43,5	55,4	1,1	0
Geração F5	95	63,2	34,7	2,1	0
Geração F6	59	55,9	40,7	3,4	0
Ensaio regional	28	50,0	50	0	0
Cultivares Epagri	12	33,3	66,7	0	0
<b>Total</b>	<b>286</b>	<b>52,8</b>	<b>45,4</b>	<b>1,8</b>	<b>0</b>

As hipóteses sugeridas para o bom desempenho dos genótipos da Epagri podem estar relacionadas, a capacidade destes em emitir novas raízes ao longo do ciclo de crescimento, as quais conseguem absorver os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, possibilitando sua permanência no campo apesar da condição de estresse existente ou a alguma capacidade oxidativa diferenciada de suas raízes.

## CONCLUSÃO

A grande maioria dos genótipos de arroz irrigado avaliados se mostraram tolerantes e médio-tolerantes à toxidez por ferro.

O método de avaliação utilizado nos experimentos se mostrou eficiente, visto que as cultivares lançadas pela Epagri estão todas enquadradas como tolerantes e médio-tolerantes à toxidez por ferro

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapesc (Processo 6946/2011-9) e CNPq (Processo 562451/2010-2) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GAVA, G.; BOHNEN, H. Oxidação de ferro em raízes de dois cultivares de arroz em solução de solo inundado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.325-332, 2002.

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.C.B.; CARMONA, P.S.; ROSSO, A.F.; CRUZ, R.P. Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao excesso de ferro no solo. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; Reunião da cultura do arroz irrigado, 26, 2005, Santa Maria, **Anais...** 2005. Santa Maria: UFSM, 2005. p.189-191.

MAGALHÃES JR, A.M.; 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 toxidade por ferro. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; Reunião da cultura do arroz irrigado, 26, 2005, Santa Maria, **Anais...** 2005. Santa Maria: UFSM, 2005. p.204-206.

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