

# ABSORÇÃO DE FÓSFORO E FERRO POR DOIS GENÓTIPOS DE ARROZ AFETADOS PELO MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM ÁREA COM HISTÓRICO DE TOXIDEX POR FERRO

Isadora Rodrigues Jaeger<sup>1</sup>; Felipe de Campos Carmona<sup>2</sup>; Fabrício Ivan Guse<sup>3</sup>; Célio Pescador Mezzari<sup>4</sup>

Palavras-chave: BR-IRGA 409, IRGA 425, Restinga Seca.

## INTRODUÇÃO

A toxidez por ferro em arroz irrigado é uma desordem nutricional que afeta a produção do cereal em diversas regiões produtoras no mundo. Sua manifestação ocorre especialmente em solos ácidos, ricos em sulfato, onde altas quantidades de ferro reduzido ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se tornam disponíveis e solúveis devido ao ambiente anóxico que se estabelece após o alagamento (Ponnamperuma, 1972). A presença de ácidos orgânicos tóxicos, a baixa fertilidade natural do solo, o aumento da força iônica da solução após o alagamento, o alto conteúdo de matéria orgânica e a interação entre nutrientes também constituem condições favoráveis ao aparecimento de sintomas de toxidez por ferro (Becker & Asch., 2005; Fageria et al., 2008). Devido a ampla gama de fatores envolvidos na manifestação da toxidez, o nível crítico de ferro na solução do solo pode variar de 10 a  $> 2.000 \text{ mg L}^{-1}$  (Becker & Asch., 2005). A baixa concentração ou deficiência de alguns nutrientes na solução do solo, especialmente potássio, fósforo, cálcio e magnésio, favorece a manifestação do problema.

O uso de variedades tolerantes a toxidez por ferro se constitui na estratégia mais usada em áreas afetadas (Becker & Asch, 2005). Algumas cultivares com qualidade de grãos diferenciada são suscetíveis à toxidez por ferro, especialmente a BR-IRGA 409, o que limita seu uso pelos produtores. Nesse sentido, a adoção de práticas culturais, relativas especialmente ao manejo da água de irrigação e nutrição, pode mitigar o problema. Apesar de não haver uma única prática universalmente aplicável, principalmente em função da diversidade das condições ambientais em que se cultiva o arroz irrigado (Becker & Asch, 2005), o manejo da água de irrigação pode ser uma alternativa no Rio Grande do Sul para a mitigação da toxidez por ferro.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos do manejo da água de irrigação sobre a absorção de fósforo e ferro de duas variedades de arroz contrastantes em tolerância a toxidez por ferro, em um solo com histórico de manifestação dessa desordem fisiológica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na safra 2011/12 em uma propriedade privada, no Município de Restinga Seca, em um Planossolo Háptico distrófico típico (Streck et al., 2008) com histórico de toxidez por ferro em variedades suscetíveis de arroz irrigado e cuja caracterização pode ser visualizada na Tabela 1. Foram utilizadas duas variedades contrastantes em tolerância a toxidez por ferro: a BR-IRGA 409, suscetível à toxidez, e a IRGA 425, tolerante a toxidez.

Foram utilizados três tratamentos com diferentes manejos da água da irrigação: Irrigação: T1 - irrigação contínua; T2 - irrigação contínua com uma supressão entre os estádios V6 e V8; e T3 - irrigação contínua com duas supressões entre os estádios V6 e V8, com o re-estabelecimento da lâmina e nova supressão entre os estádios V8 e V10. Todos os tratamentos tiveram a entrada da água no estádio V3. O delineamento do experimento foi

<sup>1</sup> Estudante, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 7712 CEP: 91540-000, Isadora Rodrigues Jaeger.

<sup>2</sup> Pesquisador, Instituto Riograndense do Arroz.

<sup>3</sup> Extensionista, Instituto Riograndense do Arroz.

<sup>4</sup> Graduando, Universidade Federal de Santa Catarina

de blocos ao acaso, dispostos em parcelas divididas, com três repetições. As parcelas principais foram divididas por tratamento e as cultivares colocadas em subparcelas.

Cada parcela foi isolada por taipas, a fim de proporcionar a irrigação individualmente, de acordo com o tratamento. As parcelas tiveram a dimensão de 128 m<sup>2</sup> (8 x 16m) sendo que as duas variedades estudadas foram semeadas lado a lado na parcela. A água utilizada para a irrigação foi aduzida por gravidade em tubos de PVC (100 mm), com derivações laterais para as unidades experimentais, de modo a irrigar uma parcela de cada vez, de acordo com os tratamentos propostos. A semeadura foi realizada em linha no dia 30/09/2011, na densidade de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e espaçamento entrelinhas de 17,5 cm. A adubação de base com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada concomitantemente a semeadura e considerou uma expectativa de resposta alta à adubação, adicionando-se 14, 61 e 97 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, pela aplicação de 360 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-17-27. Em todos os tratamentos, o início da entrada da água ocorreu no estádio V3, logo após a aplicação do herbicida e da primeira adubação nitrogenada de cobertura. O nitrogênio em cobertura foi fracionado em duas aplicações (70 kg de N ha<sup>-1</sup>, no estádio V3 e 45 kg ha<sup>-1</sup> de N no estádio V8), utilizando-se ureia como fonte.

Foram realizadas coletas de plantas inteiras (um metro linear) por ocasião do florescimento pleno. Essas amostras foram secas, pesadas e moídas, para posterior análise dos teores de ferro e fósforo (Tedesco et al., 1995), para estimativa da absorção desses nutrientes.

O delineamento do experimento foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os resultados dos atributos avaliados, na média das repetições, são ilustrados no plano cartesiano com barras indicando o desvio padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manifestação da toxidez por ferro em arroz, além de estar relacionado ao nível de tolerância, depende também de fatores como a forma e fonte de ferro na solução, a temperatura e a radiação solar (Bode et al., 1995; Marschner & Cakmak, 1989). Por esse motivo, o nível crítico de ferro na solução do solo é muito variável, podendo haver manifestação de sintomas em solos com níveis tão baixos quanto 10 mg L<sup>-1</sup> de Fe<sup>2+</sup> (Becker & Asch, 2005), teor este muito próximo ao verificado na solução do solo em Restinga Seca, no T1 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização do solo da área experimental. Restinga Seca, Brasil, safra 2011/12.

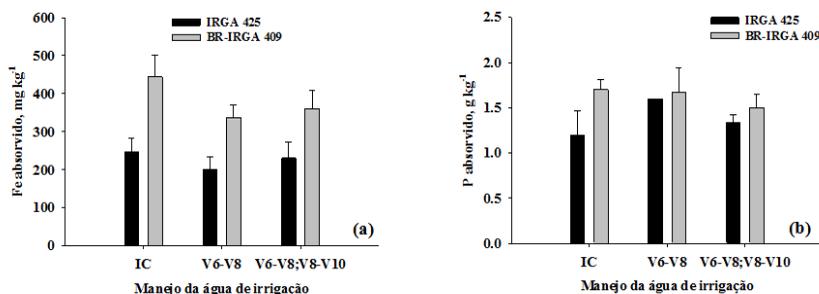
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	210
MO (g kg <sup>-1</sup> )	19
pH em água (1:1)	5,2
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2,9
K (mg dm <sup>-3</sup> )	60
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,9
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,4
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,1
Fe <sup>1</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	21,7
Fe <sup>2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	12,5
Fe <sup>3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	5,7

<sup>1</sup>Teor de ferro solúvel, no tratamento com irrigação contínua (T1); <sup>2</sup>teor de ferro solúvel, no tratamento com supressão da irrigação entre os estádios V6 e V8 (T2); <sup>3</sup>teor de ferro solúvel, no tratamento com supressão da irrigação entre os estádios V6 e V8 e V8 e V10 (T3).

Diversos autores já relacionaram o aparecimento de sintomas de toxidez por ferro à deficiência de nutrientes, como P, K, Ca, Mg e Zn (Fageria et al., 2008; Olaleye et al., 2009; Ottow et al., 1982; Prade et al., 1993). A potencialização do aparecimento de sintomas de toxidez pela nutrição deficiente das plantas pode ocorrer pelo colapso da capacidade oxidativa das raízes, em função do aumento da exsudação resultante do alto influxo de ferro (Benckiser et al., 1984). Nesse sentido, o adequado suprimento de elementos como P, K e Ca auxilia no aumento da capacidade de exclusão de ferro pelas raízes (Win & Lunt, 1967).

A absorção de ferro da cultivar tolerante pode estar relacionada a diferentes mecanismos de tolerância da cultivar IRGA 425, como, por exemplo a indução de evitação, o que permite à planta manter baixos níveis de Fe no tecido (Silveira et al., 2007). Por outro lado, a planta pode também imobilizar  $\text{Fe}^{2+}$  na bainha foliar (Audebert & Saharawat, 2000) evitando o ingresso desse íon em compartimentos mais ativos fisiologicamente, como o terço superior das folhas. Esta pode ser a habilidade de cultivares tolerantes, como a IRGA 420, que demonstrou absorver quantidades absolutas de ferro maiores do que a variedade suscetível BR-IRGA 409 (Stein et al., 2009). Sob esse aspecto, a resposta do arroz a esse estresse estaria no grau de tolerância ao excesso de ferro no tecido, e não a mecanismos de resistência a entrada de ferro nas raízes (Jayawardena et al., 1977).

Entretanto, esta hipótese não parece se aplicar a cultivar IRGA 425, já que a quantidade de ferro absorvido, além de não variar com os tratamentos, foi sempre inferior ao nível tido como crítico, de  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  (Figura 1a).



**Figura 1.** Absorção de Fe (a) e P (b) por duas variedades de arroz irrigado contrastantes quanto a tolerância a toxidez por ferro no estágio de florescimento cultivados sobre regimes de Irrigação contínua (IC), Irrigação intermitente com uma supressão entre os estádios V6-V8, e com duas supressões entre os estádios V6-V8 e V8-V10. Cada valor representa a média de três repetições  $\pm$  o desvio padrão. Restinga Seca, Brasil, Safra 2011/12.

De fato, o T2 proporcionou maior absorção de P pela variedade IRGA 425 na comparação com o controle (Figura 1b). Nesse sentido, a oxidação temporária do solo, nos tratamentos com supressão de irrigação, diminuiu o teor de  $\text{Fe}^{2+}$  na solução do solo (Tabela 1), o que pode ter contribuído para menor acúmulo de placa férrica ao redor das raízes desse genótipo, proporcionando maior absorção de P pelas plantas, em pelo menos um dos tratamentos com oxidação temporária do solo (Figura 1b).

A quantidade absoluta de ferro absorvido pelas plantas no florescimento foi maior na variedade suscetível a toxidez por ferro, o que já era esperado (Figura 1a), independentemente do tratamento. A absorção de ferro da variedade BR-IRGA 409 foi maior no T1 em relação apenas ao T2. Já a variedade IRGA 425 não apresentou diferença na absorção de ferro em função do manejo da água de irrigação. Quanto à absorção de fósforo, o T1 proporcionou uma menor absorção pela cultivar IRGA 425 (Figura 1b). Já a cultivar BR-IRGA 409 não apresentou resposta neste atributo ao manejo da água de irrigação. Na comparação entre as cultivares, a BR-IRGA 409 mostrou-se mais eficiente em absorver fósforo apenas no T1, não havendo diferenças nos demais tratamentos.

## CONCLUSÃO

O manejo da água com uma supressão foi favorável para ambas as cultivares. A cultivar tolerante, IRGA-425, aumentou os teores de P absorvido neste tratamento, e a cultivar suscetível, BR IRGA 409, apresentou menores teores de Fe absorvido quando comparado com o tratamento de irrigação contínua

As quantidades de Fe encontradas na solução do solo apresentaram diminuição significativa com o aumento da supressão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDEBERT, A. & SAHRAWAT, K. L. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. **J. Plant Nutr.** 23, 1877–1885, 2000.
- BECKER, M. & ASCH, F. Iron toxicity in rice—conditions and management concepts. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, 168:558–573, 2005.
- BENCKISER, G.; SANTIAGO, S.; NEUE, H.J.; WATANABE, I. & OTTOW, J.C.G. Effect of fertilization on exudation, dehydrogenase activity, iron-reducing populations and Fe(II) formation in the rizosphere of rice (*Oryza sativa* L.) in relation to iron toxicity. **Pl. Soil**, 79:305-316, 1984.
- BODE, K.O.; DORING, O.; LUTHJE, S. & BOTTGER, M. Induction of iron toxicity symptoms in rice (*Oryza sativa* L.) **Mitt. Inst. Allg. Bot.**, 25:35–43, 1995.
- CHEN, C. C.; DIXON, J. B. & TURNER, F. T. Iron coatings on rice roots: Mineralogy and quantity influencing factors. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 44:635–639, 1980.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; BARBOSA FILHO, M.P. & GUIMARÃES, C.M. Iron Toxicity in Lowland Rice. **J. Plant Nutr.**, 31:1676–1697, 2008.
- JAYAWARDENA, S. D. G.; WATABE, T. & TANAKA, K. Relation between root oxidizing power and resistance to iron toxicity in rice. **Crop Sci. Plant Breed. Soc. J.**, 22:38–47, 1977.
- MARSCHNER, H. & CAKMAK, I. High light intensity enhance chlorosis and necrosis in leaves of Zn, K, and Mg-deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **J. Plant Physiol.**, 134:308–315, 1989.
- OLALEYE, A.O.; OGUNKUNLE, A.O.; SINGH, B.N.; ODELEYE, F.O.; DADA, O.A. & SENJOBI, B.A. Elemental Composition of Two Rice Cultivars under Potentially Toxic on Aquept and Aquent. **Not. Sci. Biol.**, 1:46-49, 2009.
- OTTOW, J. C. G.; BENCKISER, G. & WATANABE, I. Iron toxicity of rice as a multiple nutritional soil stress, In. Proc. Int. Symp. on Distribution, Characteristics and Utilization of Problem Soils. **Trop. Agric. Res. Center**, p.167–179, 1982.
- PRADE, K.; OTTOW, J. C. G. & JACQ, V. A. Excessive iron uptake (iron toxicity) by wetland rice (*Oryza sativa* L.) on an acid sulphate soil in the Casamance/Senegal. **ILRI Public.** 44:150–162, 1993.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Adv. Agron.**, 24:29–96, 1972.
- SILVEIRA, V.C.; OLIVEIRA, A.P.; SPEROTTO, R.A.; ESPINDOLA, 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. **Braz. J. Plant Phys.**, 12:127–139, 2007.
- STEIN, R.J.; DUARTE, G.L.; SPOHR, M.G.; LOPES, S.I.G. & FETT, J.P. Distinct physiological responses of two rice cultivars subjected to iron toxicity under field conditions. **Ann. Appl. Biol.**, 154:269-277, 2009.
- STRECK, E.D.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; WOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- WYN, J., R. G. & LUNT, O.R. The function of calcium in plants. **Bot. Rev.** 33:407-426, 1967.