

PROGNÓSTICO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DE TOXIDEZ POR FERRO EM ARROZ IRRIGADO A PARTIR DA ANÁLISE DE SOLO PELO MÉTODO OXALATO DE AMÔNIO

SONCINI, Marcelo Machado¹; SOUSA, Rogério Oliveira de²; WOLTER, Roberto Carlos Doring³; BUSS, Gerson Lübke³; SEHN, Claudia Filomena Schneider¹

¹Universidade Federal de Pelotas, acadêmico de Agronomia; ²UFPeI/FAEM, Departamento de Solos. ³UFPeI/FAEM, Pós-Graduando do PPGMACSA. mmsoncini@terra.com.br

1 INTRODUÇÃO

A toxidez por ferro é um dos principais problemas nutricionais do arroz irrigado, sendo responsável por perdas significativas de produtividade. Diversas estratégias para minimizar os efeitos tóxicos do ferro vêm sendo desenvolvidas, e dentre elas destaca-se a possibilidade de previsão da ocorrência da toxidez por um método analítico. Porém há a dificuldade em avaliar o solo com a antecedência necessária, ainda em condições de sequeiro, de forma que se possam minimizar os efeitos da acumulação de Fe^{2+} durante o alagamento.

Vahl et al.(1999) propõem um método para prever a acumulação de Fe^{2+} durante o alagamento a partir dos teores de ferro extraído por oxalato de amônio a pH 6,0 de amostras em condições de sequeiro. Baseado nisso Sosbai (2010) propôs um método para diagnóstico de ocorrência de toxidez por ferro fundamentado na estimativa do Fe^{2+} acumulado e na interpretação da porcentagem de saturação da CTC por ferro.

Essa metodologia foi desenvolvida através de pressuposições teóricas e observações realizadas em casa de vegetação. A interpretação sugerida é baseada na absorção de ferro pela planta, pois no experimento em cujos resultados estão ancorados não houve sintomas de toxidez por ferro. Sendo assim, a validade do método necessita ser melhor avaliada, principalmente relacionada a manifestação dos sintomas.

Desse modo, o presente trabalho tem o objetivo de verificar se os critérios de interpretação para prognóstico do risco de ocorrência da toxidez por ferro em arroz irrigado por alagamento, a partir da análise de solo e extração do ferro por oxalato de amônio a pH 6,0, são válidos para um determinado grupo de solos de várzea.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e os tratamentos, foram compostos por 11 amostras de solos de várzea (Tab. 1), estruturados em um unifatorial. Os vasos foram dispostos em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 44 unidades experimentais. As unidades experimentais foram compostas por amostras de 6 kg de solo seco e 4 plantas de arroz da cultivar BRS Pelota, acondicionadas em vasos plásticos.

Primeiramente o solo foi destorroado e peneirado, colocado em baldes de 8 L, na quantidade de 6 kg de solo seco por balde. Após foram retiradas sub-amostras de cada vaso para posterior determinação de Fe extraível com oxalato de amônio 0,2 M pH 6,0 (Fe_o pH 6,0), conforme metodologia proposta por Vahl et al. (1999) e determinação da CTC do solo, segundo metodologia descrita em Tedesco

et al. (1995). Conforme descrito em Sosbai (2010), os valores de Fe_o pH 6,0 foram usados pra estimar as quantidades de ferro trocável durante o alagamento através da equação: Fe^{2+} ($cmol_c dm^{-3}$) = $0,322 + 17,92 Fe_o$ ($g 100cm^{-3}$). Através dos valores de Fe^{2+} trocável estimado e da CTC potencial do solo foi calculada a porcentagem de saturação da CTC por Fe^{2+} : $PSFe^{2+}$ (%) = $100 \times Fe^{2+}(cmol_c dm^{-3})/CTC_{pH7,0}$, e finalmente cada solo foi classificado quanto ao risco de ocorrência de toxidez por ferro segundo a escala de interpretação proposto em Sosbai (2010) do grau de $PSFe^{2+}$: baixo ($PSFe^{2+} < 20$), médio ($21 < PSFe^{2+} < 40$) e alto ($PSFe^{2+} > 40$).

A adubação de base foi realizada com a aplicação da quantidade equivalente a $360 kg ha^{-1}$ de P_2O_5 baseado em uma adubação pela capacidade máxima de adsorção de fósforo (Cardoso, 2007). A seguir foi realizado o ajuste da umidade gravimétrica para 18%, incubando-se o solo por um período de sete dias para que ocorressem as reações com o adubo.

Após esse período foram transplantadas 12 sementes pré-germinadas de arroz da variedade BRS Pelota em cada vaso. O solo foi mantido saturado por cinco dias, aplicando-se a seguir uma lâmina de água de 5 cm, mantida constante até o final do experimento através de irrigações diárias com água destilada. Realizou-se um desbaste aos nove dias do transplante, deixando-se quatro plantas de arroz por vaso. As adubações de cobertura foram: aos 11 dias após transplante aplicando-se as doses de $60 kg ha^{-1}$ K_2O e uréia, aos 27 com as doses de $60 kg ha^{-1}$ de K_2O e $120 kg ha^{-1}$ de uréia, aos 41 a dose de $240 kg ha^{-1}$ de K_2O e aos 49 dias após transplante a dose de $120 kg$ de uréia por ha.

Tabela 1. Amostras de onze solos de várzea utilizados no experimento, município coletado e suas respectivas classificações brasileiras e CTC correspondente.

Solos	Município	Classificação Brasileira (Embrapa, 2006)	CTC _{pH7} ($cmol_c kg^{-1}$)
1	Rio Grande	Planossolo Háplico	8,9
2	Alegrete	Vertissolo Ebânico	32,5
3	Leopoldina(MG)	Neossolo Flúvico	3,4
4	Leopoldina(MG)	Neossolo Flúvico	3,8
5	Capão do Leão	Planossolo Háplico* ¹	9,1
6	Capão do Leão	Planossolo Háplico* ²	6,2
7	Capão do Leão	Planossolo Háplico* ³	6,8
8	Capão do Leão	Planossolo Háplico	6,6
9	Pelotas	Planossolo Háplico	6,7
10	Rio Grande	Chernossolo Argilúvico	24,8
11	Camaquã	Planossolo Háplico	5,1

*¹ Área de corte. *² Área original. *³ Área de aterro.

O arroz foi cultivado por um período de 58 dias até o início da fase reprodutiva, momento em que foi realizada a estimativa dos sintomas visuais de toxidez por ferro na parte aérea das plantas, através da avaliação da porcentagem de folhas com sintomas ($100 \times (n^\circ \text{ folhas com sintomas}/n^\circ \text{ total de folhas})$), e coletado a parte aérea das plantas com corte rente ao solo. O material coletado foi seco em estufa a $60^\circ C$ de temperatura, e posteriormente moído para as análises químicas, sendo determinados os teores de Fe conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Winstat (Machado & Conceição, 2001). Ainda foram realizadas análises de correlação linear simples de Pearson, considerando níveis de significância maiores que 95% ($\alpha=0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 2 são apresentados os resultados das determinações, indicando que os solos com maior quantidade de ferro extraído e conseqüentemente com maior acúmulo de Fe^{2+} trocável foram os 2, 3, 4, 6 e 10, enquanto as menores no solo 1. Como para calcular a $PSFe^{2+}$ é levado em consideração tanto o Fe trocável estimado quanto a CTC potencial de cada solo, nem sempre os solos com maiores quantidades de Fe^{2+} trocável apresentaram as maiores $PSFe^{2+}$. Desta forma a classificação dos solos quanto ao risco de toxidez por ferro indica alto risco de ocorrência nos solos 3, 4, 6 e 11 por possuírem $PSFe^{2+}$ maior que 40%, e embora os solos 2 e 10 apresentaram altas quantidades de ferro extraído, mas por possuírem alta CTC eles juntamente com o solo 1 apresentam baixo risco de toxidez por ferro, visto que a $PSFe^{2+}$ é menor que 20%, o restante dos solos apresentam médio risco de toxidez por ferro por apresentarem $PSFe^{2+}$ entre 20 e 40%.

A manifestação dos sintomas foi coerente com o risco de ocorrência de toxidez por ferro (Tab. 2), pois nos solos considerados de baixo risco (solos 1, 2 e 10) não foram observados sintomas e nos solos onde os riscos foram médio ou alto houve manifestação de sintomas de toxidez, em níveis variáveis. Todavia, as classes de riscos de ocorrência de toxidez não parecem estar relacionadas a intensidade dos sintomas, pois dos solos classificados como de alto risco, 2 deles apresentaram elevada porcentagem de folhas atacadas (acima de 40%), enquanto que em outro (solo 11) a intensidade de sintomas foi baixa (em torno de 10%). Os solos classificados como de médio risco apresentaram porcentagem de sintomas variando de valores relativamente baixos (13%) até valores altos (33%).

Tabela 2. Quantidade ferro extraído por oxalato a pH 6,0, de Fe^{2+} trocável estimado, porcentagem de saturação da CTC por Fe^{2+} , classificação quanto ao risco de ocorrência de toxidez por ferro e porcentagem de folhas com sintomas de toxidez por ferro aos 58 dias após o transplante em onze solos de várzea utilizados no experimento.

Solos	Fe_0 , pH 6,0	Fe^{2+} trocável estimado	$PSFe^{2+}$	Risco de toxidez por ferro	Sintomas de toxidez por ferro
	mmol kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	---- % ----		--- % ---
1	9,0d	1,22d	13,75d	Baixo	0,33e
2	35,9a	3,91a	12,05d	Baixo	1,94e
3	37,4a	4,07a	119,72a	Alto	40,62a
4	36,7a	3,99a	106,24a	Alto	47,80a
5	22,0c	2,52c	27,69cd	Médio	33,45b
6	30,4ab	3,36ab	54,09b	Alto	19,71c
7	23,5bc	2,68bc	39,69bc	Médio	21,10c
8	22,3c	2,55c	38,71bc	Médio	19,76c
9	22,2c	2,55c	38,26bc	Médio	13,33cd
10	31,1a	3,44a	13,86d	Baixo	0,00e
11	19,0c	2,23c	43,84bc	Alto	10,71d

*Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

Os sintomas se correlacionaram com a $PSFe^{2+}$ com $r=0,75$ (Fig. 1a). Assim, como a $PSFe^{2+}$ é calculada com base na análise de solo seco, é possível obter-se uma boa estimativa da ocorrência de sintomas. A $PSFe^{2+}$ apresentou correlação positiva com o teor de Fe no tecido (Fig. 1b), indicando que quanto maior a quantidade de Fe em relação aos cátions divalentes, maior é a absorção desse elemento pelas plantas de arroz. O uso da $PSFe^{2+}$ para prever a probabilidade de ocorrência de toxidez por ferro é vantajoso, pois possibilita ao agricultor realizar

antecipadamente práticas de manejo que evitem a ocorrência da toxidez por ferro. Além do que a CTC potencial do solo já é expedida no laudo de análise do solo, bastando realizar adicionalmente apenas a extração de ferro por oxalato a pH 6,0.

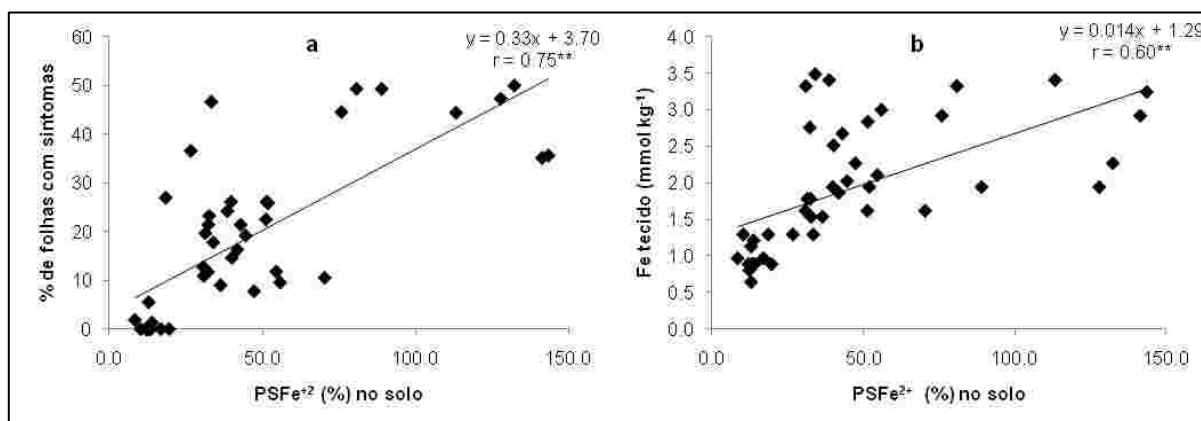


Figura 1. Correlação entre a porcentagem de saturação da CTC por Fe²⁺ com a porcentagem de folhas com sintomas (a), ferro no tecido das plantas de arroz (b). **Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

A extração de ferro por oxalato de amônio a pH 6,0 é um bom indicador para se estimar o ferro acumulado durante o alagamento do solo.

A interpretação para prognóstico do risco de ocorrência da toxidez por ferro em arroz irrigado proposto por Sosbai (2010) baseada na PSFe²⁺ é eficiente para previsão da ocorrência do problema para o grupo de solos do estudo.

5 REFERÊNCIAS

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat – Sistema de Análises Estatísticas para Windows**, versão 2.0, NIA – Núcleo de Informática Aplicada, UFPel, CD-ROOM, 2003.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 28. Bento Gonçalves, RS. – Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

TEDESCO, M.J. GIANELLO, C.; BISSANI, C.A ; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n.5)

VAHL, L.C.; GUIDOTTI, R.M.M.; FABRES, R.T. Análise química de solo para a estimativa da acumulação de Fe²⁺ e Mn²⁺ durante o alagamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1 E REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23**. Pelotas. Anais... Pelotas, 1999. p. 369-371.