



Avaliação do Arroz de Terras Altas para Resistência ao Alumínio

Cleber Morais Guimarães¹
Péricles de C. Ferreira Neves¹
Luís Fernando Stone¹
Camilla Alves Pereira Rodrigues²

Introdução

A toxicidade de alumínio é um importante fator limitante ao crescimento das plantas em solos ácidos, cuja produtividade é aumentada com a redução da sua atividade (Fageria et al., 1988). A inibição do crescimento radicular devido à toxicidade de alumínio é o primeiro sintoma facilmente observado, que ocorre dentro de uma a duas horas após a exposição à concentração tóxica desse elemento (Kochian, 1995). O alumínio interfere na divisão celular que ocorre nos pontos de crescimento das raízes, torna a parede celular rígida pela deposição de pectina, reduz a duplicação do DNA, fixa o fósforo na superfície radicular, reduz a respiração radicular e interfere na atividade enzimática responsável pela fosforilação do açúcar e deposição de polissacarídeos na parede celular (Foy, 1992). Estudos de tolerância ao alumínio têm estabelecido que as plantas podem resistir aos efeitos tóxicos desse elemento. Esta resistência se dá pela tolerância interna e pelo escape externo. Entre os vários mecanismos de tolerância ao alumínio, cita-se a capacidade das plantas em manterem, nas suas raízes ou na parte aérea, níveis adequados de certos macro e micronutrientes, a complexação do alumínio pelos ácidos orgânicos

excretados pelas raízes e sua adsorção pelas cargas negativas da mucilagem radicular. O objetivo deste trabalho foi identificar indicadores de resistência de linhagens de arroz de terras altas à toxicidade de alumínio, assim como linhagens portadoras de resistência à toxicidade desse elemento e que apresentem adequado desenvolvimento do sistema radicular na ausência do alumínio.

Foram avaliadas 51 linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão. Elas foram colocadas para germinar em bandejas de plástico com areia esterilizada. Após oito dias, as plântulas, selecionadas quanto à uniformidade de sistema radicular e dossel, foram transplantadas para vasos de polietileno pretos, contendo oito litros de solução nutritiva arejada. Esses vasos foram providos com placas de acrílico que suportavam quatro discos, distribuídos equidistantemente, com quatro perfurações em cada um, nos quais foram acomodadas individualmente as plântulas com o auxílio de algodão. Usou-se a solução nutritiva de Furlani & Furlani (1988)

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.
cleber@cnapf.embrapa.br

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão. pericles@cnapf.embrapa.br
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão. stone@cnapf.embrapa.br

² Estagiária do CNPq, Estudante de Biologia da UCG, Av. Universitária, nº 1440, Área IV, Bloco L, Setor Universitário, 74605-010 Goiânia, GO.
millarodri@cnapf.embrapa.br

para arroz, modificada para conter as seguintes concentrações de Al, 0 e 40 mg dm⁻³ de Al, sob a forma de AlCl₃.6H₂O (Fageria & Zimmermann, 1979). Os valores de pH das soluções nutritivas, com 0 e 40 mg dm⁻³ de Al, foram inicialmente ajustados para 4,0, pela adição de HCl 0,1N ou NaOH 0,1 N, e não mais corrigidos durante a condução do experimento. Após 21 dias do transplante, as plantas foram colhidas e determinadas as massas da matéria seca das raízes e do dossel, após serem secas em estufa a 70°C, até massa constante. Determinou-se também o comprimento máximo das raízes e a altura das plantas e, finalmente, adaptou-se o índice de suscetibilidade S, de Fisher & Maurer (1978) para avaliar o efeito do alumínio tóxico sobre a parte aérea e radicular das plantas. Calculou-se o índice de suscetibilidade do crescimento radicular (S_{Rcm}) e do dossel (S_{Dcm}), assim como do acúmulo de massa seca das raízes (S_{Rg}) e do dossel (S_{Dg}). Elas são totalmente resistentes ao alumínio tóxico quando S=0 e tanto menos resistentes quanto maiores os valores de S. Para a finalidade de seleção, as linhagens foram distribuídas em quartis, delimitados pela média do comprimento das raízes (Raízes_{cm}), sem o estresse de toxicidade de alumínio, acrescida de 75% do seu desvio padrão, e a média do seu índice de suscetibilidade à toxicidade de alumínio (S_{Rcm}), diminuído de 25% do seu desvio padrão.

Resultados e Discussão

Verificou-se que todos os indicadores usados correlacionaram-se significativamente (Tabela 1). O crescimento e o acúmulo de matéria seca, tanto do sistema radicular como do dossel, assim como os seus índices de suscetibilidade, foram mais eficientes na discriminação das linhagens, por apresentarem as maiores correlações, podendo ser usados na seleção daquelas com maior resistência ao alumínio. Entretanto, considerando-se que o alumínio atua diretamente sobre o sistema radicular, no seu crescimento, através da ação sobre a divisão celular (Rout et al., 2001), sugere-se priorizar variáveis que quantifiquem o comportamento radicular das linhagens, quando submetidas ao estresse de toxicidade de alumínio. Entre os indicadores de suscetibilidade radicular à toxicidade de alumínio, o Raízes_{cm}, em condições de estresse de alumínio, e o S_{Rcm} apresentaram coeficiente de correlação, -0,8282. Considerando-se que no cálculo do S_{Rcm} é computado o crescimento radicular com e sem o estresse de alumínio e a pressão de estresse em que as linhagens foram avaliadas, este indicador constitui-se num importante parâmetro na seleção daquelas linhagens com maior resistência à toxicidade ao alumínio.

Tabela 1. Coeficiente de correlação entre os indicadores de suscetibilidade do arroz de terras altas à toxicidade de alumínio, massa da matéria seca das raízes (Raízes_g) e do dossel (Plantas_g), comprimento das raízes (Raízes_{cm}) e do dossel (Plantas_{cm}) das linhagens de arroz de terras altas e seus índices de suscetibilidade ao alumínio.

Indicador	Raízes _g	Plantas _g	Raízes _{cm}	Plantas _{cm}	S_{Rcm}	S_{Dcm}	S_{Rg}
Plantas _g	0,6282 < 0,0001						
Raízes _{cm}	0,2284 0,0008	0,1417 0,0392					
Plantas _{cm}	0,2243 0,0010	0,2180 0,0014	0,4115 < 0,0001				
S_{Rcm}	-0,2255 0,0009	-0,1526 0,0262	-0,8282 < 0,0001	-0,3629 < 0,0001			
S_{Dcm}	-0,1670 0,0149	-0,1211 0,0785	-0,4340 < 0,0001	-0,8732 < 0,0001	0,4012 < 0,0001		
S_{Rg}	-0,8419 < 0,0001	-0,5538 < 0,0001	-0,0233 0,0006	-0,2558 0,0002	0,3535 < 0,0001	0,2347 < 0,0006	
S_{Dg}	-0,6215 < 0,0001	-0,7856 < 0,0001	-0,2086 0,0023	-0,2429 0,0004	0,3471 < 0,0001	0,2445 < 0,0003	0,7967 < 0,0001

S_{Rcm} , S_{Dcm} , S_{Rg} , S_{Dg} e S_{pH} - Índices de suscetibilidade do comprimento radicular (Raízes_{cm}), da altura do dossel (Plantas_{cm}), da matéria seca das raízes (Raízes_g) e do dossel (Plantas_g), em função da suscetibilidade das linhagens de arroz de terras altas à toxicidade do alumínio

Na seleção das linhagens, considerou-se o comprimento radicular sem a presença de alumínio, pois é desejável que apresentem resistência à toxicidade desse elemento, mas também sistema radicular bem desenvolvido na ausência de concentrações tóxicas do alumínio. Conforme a distribuição das linhagens em quartis, foram selecionados dois grupos. O primeiro foi composto pelas linhagens CNA4120 (CNA092-BM10-BM27p-3), CNA4164 (CNA511-2-B-2) e CNA1383 (IPEACO 162), caracterizados por apresentarem Raízes_{cm} acima de 47 cm (média do comprimento das raízes, sem o estresse de toxicidade de alumínio, acrescida de 75% do seu desvio padrão) e S_{rcm} inferior a 0,92 (média do seu índice de suscetibilidade à toxicidade de alumínio, diminuído de 25% do seu desvio padrão), ou seja, apresentam sistema bem desenvolvido tanto na ausência como na presença de alumínio. O outro grupo, pelas linhagens, CNA6430 (Dourado Precoce), CNA4108 (CNA108-B-28-8-2-B-2), CNA4166 (CNA095-BM30-BM9-25), CNA4181 (CNA425-BM46-1-B-1), CNA5164 (CNA095-BM30-BM27P-15-2), CNA5165 (CNA095-BM30-BM27P-17-1), CNA4105 (CNA511-16-B-6), CNA1168 (Fernandes), CNA4125 (CNA092-BM11-BM19p-4) e CNA4150 (CNA515-3-1), que apresentam Raízes_{cm} acima de 47 cm e S_{rcm} superior a 0,92, ou seja, apresentam sistema bem desenvolvido na ausência de toxicidade de alumínio, mas não suportam a presença tóxica do elemento. Os outros quartis, por enquadrarem as linhagens que apresentam comprimento radicular ineficiente na ausência de toxicidade de alumínio, não foram considerados.

Conclusões

O índice de suscetibilidade do crescimento radicular à toxicidade de alumínio mostrou-se eficiente na avaliação da resistência diferenciada das linhagens à toxicidade desse elemento. As linhagens CNA4120, CNA4164 e CNA1383 apresentam raízes bem desenvolvidas tanto na

ausência como na presença de alumínio, enquanto as linhagens CNA 6430, CNA4108, CNA4166, CNA4181, CNA5164, CNA5165, CNA4105, CNA1168, CNA4125 e CNA4150 apresentam raízes bem desenvolvidas na ausência de toxicidade de alumínio, porém não suportam a presença tóxica do elemento.

Referências Bibliográficas

- FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 141-147, abr. 1979.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J. Aluminum toxicity in crop plants. *Journal Plant Nutrition*, New York, v. 11, n. 3, p. 303-319, 1988.
- FISHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v. 29, n. 5, p. 897-912, Sept. 1978.
- FOY, C. D. Soil chemical factors limiting plant root growth. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). *Limitations to plant root growth*. New York: Springer, 1992. p. 97-149.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. *Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas*. Campinas: IAC, 1988. 34 p. (IAC. Boletim Técnico, 121).
- KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 46, p. 237-260, 1995.
- ROUT, G. R.; SAMANTARAY, S.; DAS, P. Aluminum toxicity in plants: a review. *Agronomie*, Paris, v. 21, n. 1, p. 3-21, 2001.

**Comunicado
Técnico, 109**

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2123
Fax: (62) 3533 2100
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2005): 1.000 exemplares

**Comitê de
publicações**

Presidente: *Carlos Agustín Rava*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto R. da Silva*
Beáta Emöke Madari
Pedro Luiz O. A. Machado

Expediente

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*
Revisão de texto: *Marina A. Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*