

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA A ALUMÍNIO DE DOIS GENÓTIPOS DE SORGO

Valter Carvalho de ANDRADE JUNIOR

Faculdades Federais Integradas de Diamantina

José Hortêncio MOTA

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Nilmar Eduardo Arbex de CASTRO

Universidade Federal de Lavras

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar o crescimento da raiz seminal e acumulação de alumínio nos ápices radiculares como características para seleção de dois genótipos de sorgo (SC283X e BR007B) à tolerância a esse elemento. Os resultados indicaram que o genótipo SC283X foi mais tolerante ao alumínio.

Palavras-chave: solução nutritiva, tolerância ao alumínio.

ABSTRACT

The objective of this work was evaluate the growth of the seminal root and aluminum accumulation in the root apices as characteristic for selection of two sorghum genotypes (SC283X and BR007B) to the tolerance to this element. The results indicated that the genotype SC283X was more tolerant to the aluminum.

Keywords: nutrient solution, aluminum tolerance

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada e a produção brasileira de sorgo granífero cresceram substancialmente nos últimos 30 anos (COELHO et al., 2002), sendo que, em 2004, a área cultivada foi de 752.645 ha, com a produção de 2.103.450 t de grãos (FAO, 2005).

Além de ser alternativa de custo acessível para o abastecimento das indústrias de rações, o sorgo se adapta melhor do que a cultura do milho á regiões secas e áridas. Entretanto, não se considera o sorgo como concorrente do milho. É visto, principalmente, como complementação para a fabricação de rações ou como substituição na época de pouca oferta do milho. Sua importância é maior na região Centro-Oeste, sendo cultivado principalmente na safrinha, em sucessão à soja, ou mesmo ao milho. Seu preço, na média,

corresponde a 70% do preço do milho, e apresenta, ainda, destacada importância na produção de forragem.

O Brasil possui cerca de 200 milhões de hectares sob cerrado que caracterizam-se por apresentar elevada acidez, alta saturação de alumínio, baixa disponibilidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, boro e cobre e, em sua maioria, reduzida capacidade de retenção da água (SILVA e MALAVOLTA, 2000). O que torna necessário o desenvolvimento de materiais tolerantes a acidez, e pouco exigente na fertilidade do solo.

A toxidez causada pelo alumínio (Al^{+3}) é considerada um dos fatores mais importantes que limitam o crescimento e, ou, o desenvolvimento das plantas em solos ácidos, principalmente em pH abaixo de 5,0 (BENNET e BREEN, 1991). O alumínio trocável, além de ser um elemento nocivo ao crescimento do sistema radicular, interfere na absorção e movimentação de fósforo, cálcio e magnésio na planta, contribuindo, também, para a adsorção do fósforo no solo (ECHART e CAVALLI-MOLINA, 2001).

Plantas não adaptadas, que crescem em solos contendo alumínio trocável em níveis tóxicos, têm o crescimento do sistema radicular prejudicado, ou paralisado, uma vez que as raízes se tornam curtas e grossas. As anomalias e os danos causados ao sistema radicular ocasionam exploração de menor volume de solo pelas plantas, resultando em prejuízos na absorção de nutrientes e no aproveitamento da água do solo (MALAVOLTA et al., 1997). E quando o sistema radicular fica na camada superficial do solo e ficar mais exposto a déficits hídricos, ocorre maior estresse da planta, devido à camada superficial do solo sofrer maiores variações de temperatura, e quando as plantas atingem certo desenvolvimento as mesmas podem tombar devido a incidência de ventos fortes.

BERNAL e CLARK (1998) estudaram diferenças entre 25 genótipos de sorgo com ampla base genética crescidas sob 0, 200, 400, 600 e 800 μM Al em solução nutritiva a pH 4,0, concluindo que o crescimento médio líquido de ápices radiculares em 400 μM Al e o crescimento radicular total em 200 μM Al foram mais variáveis entre os genótipos que a matéria seca de raízes, permitindo a avaliação para toxicidade.

BERNAL e CLARK (1997) citam que plantas que crescem na presença de excesso de Al normalmente têm desequilíbrio mineral, quando comparadas com aquelas que crescem na ausência deste, conforme também verificado em BEUTLER et al. (2001).

BALIGAR et al. (1990) observaram diferenças significativas entre interações cultivar *versus* Al onde ocorreu um efeito estimulante dentre as cultivares a baixas concentrações de Al (acima de 0,15 mol de Al L^{-1}). Todavia, o parâmetro crescimento de plantas foi negativamente afetado pelo estresse ao Al. A performance das cultivares com relação ao Al em ambos os experimentos, solo e solução nutritiva, foi semelhante à observada em campo.

CAMBRAIA et al. (1991) verificaram que as diferenças máximas entre duas cultivares de sorgo quanto à tolerância ao alumínio foram observadas com as concentrações de 0,65 mM de Ca, 0,60 mM de Mg, 0,14 mM de P, 0,04 mM de Fe-EDTA, pH 3,8 e 2 ppm de Al, verificando que o comprimento da raiz mais longa foi o melhor parâmetro para discriminar a tolerância ao alumínio,

devido à facilidade de avaliação e à possibilidade de recuperar o material, efetuando transplântio no campo para trabalhos futuros.

Em razão da rápida expansão das fronteiras agrícolas brasileiras e da utilização cada vez mais intensa de solos do cerrado, a seleção de genótipos de sorgo com tolerância ao alumínio apresenta-se como alternativa para melhor exploração destas áreas.

Em sorgo, o método de melhoramento mais eficiente tem sido a seleção por “pedigree”, objetivando-se o desenvolvimento de variedades e híbridos mais produtivos. Não há dados que indiquem uma correlação negativa existente entre a tolerância a solos ácidos e o desempenho produtivo sob condições de solos férteis (ZEIGLER et al., 1995).

Este estudo teve como objetivo estudar o crescimento da raiz seminal e acumulação de alumínio nos ápices radiculares como características para seleção de genótipos de sorgo e à tolerância dessas cultivares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidos dois experimentos, um para estudar o efeito do alumínio no crescimento radicular e o outro a acumulação de alumínio em ápices radiculares de dois genótipos de sorgo. Os trabalhos foram desenvolvidos em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras.

Os genótipos estudados foram fornecidos pela EMBRAPA/CNPMS de Sete Lagoas-MG, sendo SC283X e BR007B, tidos, respectivamente, como tolerante e sensível ao alumínio.

No primeiro experimento, para estudar o efeito do alumínio no crescimento radicular, os dois genótipos foram submetidos a dois níveis de Al na solução nutritiva (ausência e presença). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelos níveis de Al (ausência e presença) e as subparcelas pelos dois genótipos, sendo utilizadas 12 plantas para cada subparcela.

As sementes foram previamente desinfestadas em hipoclorito de sódio a 5% por 5 minutos, efetuando-se, posteriormente, cinco lavagens sucessivas, sendo então colocadas para germinar em rolos de papel de germinação. Os rolos foram colocados em bandejas contendo água deionizada e estas cobertas com plástico transparente, simulando uma micro-estufa. O plástico foi retirado quando as sementes começaram a germinar.

Após sete dias, as plântulas com raiz seminal de aproximadamente 6-10 cm, foram transplantadas para solução nutritiva como descrito por MAGNAVACA (1982), pH 4,0, sem alumínio e com aeração constante, por 24 horas. Utilizaram-se bandejas contendo 8,0 L de solução. Foram transplantadas 24 plântulas por bandeja, sendo 12 de cada genótipo (sensível e tolerante), totalizando 6 bandejas. Após o período de adaptação (24 horas) e no momento da aplicação dos tratamentos com e sem alumínio (0 e 166,7 μ M), mediu-se o comprimento da raiz seminal de cada planta. O volume da solução nas bandejas foi completado diariamente, com água deionizada. Após 5 dias foram feitas medidas do comprimento final da raiz seminal.

O segundo experimento, realizado para avaliar a acumulação de alumínio em ápices radiculares dos dois genótipos, foi montado utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições, sendo 2 genótipos (sensível e tolerante) e quatro tempos de exposição ao Al (2, 8, 24 e 48 h). Quando as raízes apresentavam de 6 a 10 cm foram selecionadas quanto à homogeneidade de comprimento e transplantadas para solução nutritiva, sem alumínio com aeração constante, por 24 horas, em bandejas com capacidade de 13,5 L contendo 8,0 L de solução. Foram transplantadas 3 plântulas por orifício da placa (147 plântulas/bandeja), fixadas por um cubo de espuma e 4 bandejas por genótipo, totalizando 8 bandejas.

Após 2, 8, 24 e 48 horas foram retiradas 36 plântulas por bandeja de cada genótipo, o equivalente a 12 orifícios escolhidos aleatoriamente por bandeja. As raízes das plantas coletadas foram lavadas com água destilada por cinco vezes e colocadas cerca de 30 minutos em bandeja com água e arejamento. Foram coletados os primeiros 5 mm do ápice da raiz de cada planta, fazendo uso de um gabarito para padronização do corte. Com auxílio de uma pinça, os ápices foram colocados em frascos Eppendorf, previamente pesados (3 casas decimais) e colocados para secar em estufa a 65°C. Após a secagem, os frascos foram novamente pesados (3 casas decimais) e, por diferença, obteve-se o peso da matéria seca. Foi feita uma diluição para 5 mL.

Em seguida fez-se a digestão nítrico-perclórica de massa seca e a análise de alumínio no espectrofotômetro de plasma (ICPQ 1014 - Shimadzu), sendo os dados expressos em $\mu\text{g Al g}^{-1}$.

No primeiro experimento, tomaram-se os dados relativos ao crescimento absoluto de raízes, resultante da subtração entre as duas medições, transformando-os para crescimento relativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao primeiro experimento, referente ao crescimento relativo de raízes, observaram-se diferenças entre as cultivares estudadas, SC283X (Al-tolerante) e BR007B (Al-sensível). Também, entre os tratamentos com e sem alumínio, as diferenças foram significativas.

No momento da transferência das plântulas para as caixas contendo solução nutritiva, o genótipo SC283X apresentou tamanho médio de 5,66 cm, e o BR007B 11,03 cm.

O genótipo BR007B apresentou, em média, crescimento relativo de raízes de 119,46% na ausência de alumínio, enquanto que, na presença desse elemento, apenas de 17,98%, resultando em uma inibição de 84,95% no crescimento radicular (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1. Avaliação do crescimento radicular de dois genótipos de sorgo.

Genótipos		Tamanho inicial (cm)	Tamanho final (cm)	Crescimento absoluto (cm)	Crescimento relativo (%)
Sem Al	BR007B	11,3	24,8	13,5	119,46
	SC283X	5,6	12,5	6,9	125,27
Com Al	BR007B	10,8	12,7	1,9	17,98
	SC283X	5,7	9,7	4,0	68,93

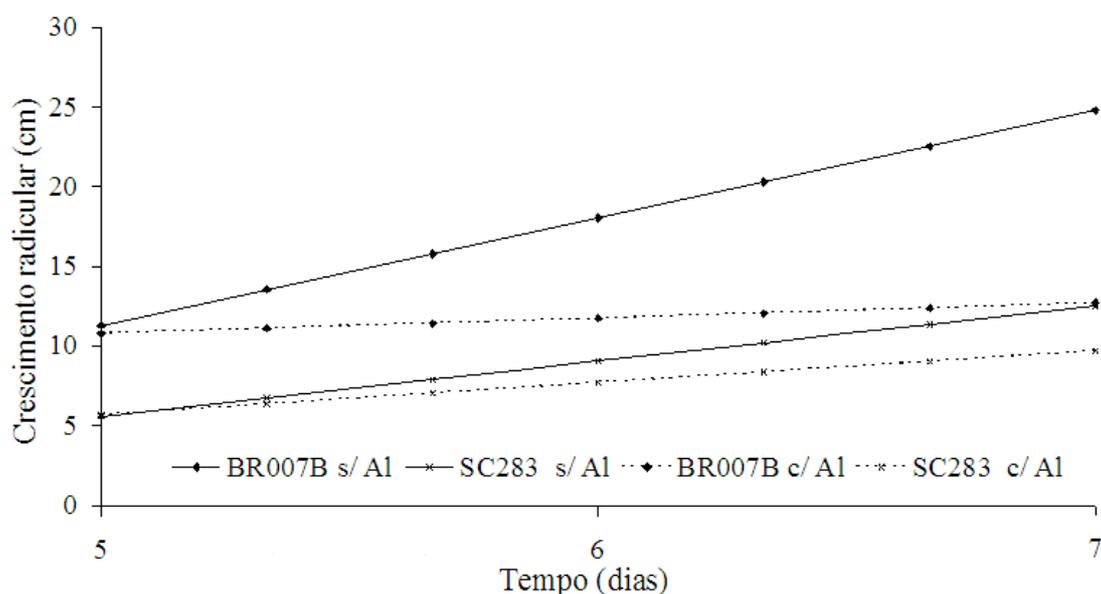


Figura 1. Crescimento radicular relativo de dois genótipos de sorgo em relação ao alumínio.

O genótipo SC283X teve, em média, 125,27% de crescimento relativo de raízes na ausência de alumínio, ao passo que, na presença do elemento, essa média caiu para 68,93%, o que confere uma inibição de crescimento de 44,97%, queda de crescimento substancialmente menor que no genótipo BR007B (Figura 1).

A inibição do crescimento de raízes é tida como a principal causa da fitotoxidez do alumínio, resultando em menor volume de solo explorado pela planta, reduzindo conseqüentemente, a nutrição mineral e a absorção de água. Essa redução de crescimento radicular ocorre, basicamente, em função de sua ação danosa ao se ligar a componentes das membranas celulares, reduzindo sua permeabilidade, à redução da atividade de replicação e transcrição, devido à ligação do alumínio ao grupo fosfato do ácido desoxiribonucleico (FAQUIN, 1997; MALAVOLTA, 1997).

No segundo experimento, não se observaram diferenças significativas entre as duas cultivares quanto ao acúmulo de alumínio nos ápices radiculares (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de alumínio em ápices radiculares, em $\mu\text{g Al.g}^{-1}$ matéria seca de raiz, de dois genótipos de sorgo.

Genótipos	Tempo de exposição (horas)			
	2	8	24	48
BR007B	369,73	734,54	821,62	1151,24
SC283X	304,32	641,47	946,87	1031,93

O comportamento da acumulação de alumínio nos ápices radiculares em relação ao tempo de exposição ao alumínio descreveu uma curva característica de segundo grau, não se atingindo no ensaio o ponto de máxima (Figura 2).

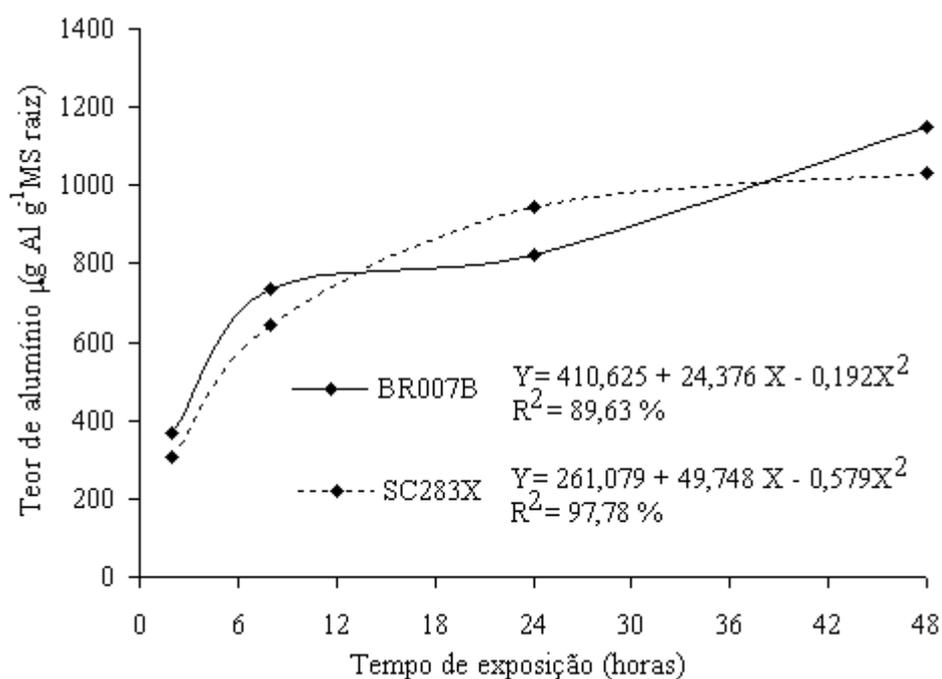


Figura 2. Acúmulo de Alumínio em ápices radiculares de dois genótipos de sorgo.

RINCON e GONZALES (1992) verificaram que o comportamento diferencial de genótipos pode ser avaliado pela análise de alumínio nos tecidos meristemáticos dos ápices radiculares. Porém, neste trabalho não foram capazes de discriminar a sensibilidade ou tolerância ao alumínio.

Não se pode desconsiderar a possibilidade da tolerância ao alumínio ser proporcionado por mecanismos de tolerância interna e não de exclusão, o que explicaria os resultados obtidos, teores semelhantes de alumínio nos ápices radiculares para genótipos reconhecidamente distintos quanto à tolerância a esse elemento.

Comparando as duas características avaliadas, o crescimento relativo de raízes foi mais eficiente, em relação ao acúmulo de alumínio em ápices radiculares, na discriminação das diferenças entre as duas cultivares. A eficiência da característica crescimento relativo de raízes verificada neste

experimento concorda com trabalhos anteriores (CAMBRAIA et al., 1991; VICENTE et al., 1998).

A análise dos teores de alumínio acumulado nos ápices radiculares apresentou valores bastante heterogêneos, conseqüentemente, reduzindo a precisão experimental. Sugere-se que, para essa operação, apenas um operador efetue os cortes ou, no caso de inviabilidade prática, que, pelo menos, cada bloco seja trabalhado sempre pelo mesmo operador, visando a padronizar os cortes.

Cabe lembrar que a heterogeneidade das plântulas no momento da transferência, certamente, interferiu nos resultados, aumentando o erro experimental, pois a resposta varia com a fase de desenvolvimento da plântula. Para minimizar essa interferência, sugere-se o semeio de uma quantidade maior de sementes, bastante superior à necessária, de modo a que se tenha uma eficiente padronização do tamanho das raízes. Adicionalmente, um ensaio de germinação e, se preciso, no caso de diferenças quanto à precocidade de germinação entre as cultivares, o semeio em datas distintas pode ser útil para essa padronização.

Recomenda-se, a complementação dos testes laboratoriais com ensaios de campo para confirmar se há correlação entre a metodologia utilizada e a tolerância ou a sensibilidade dos materiais ao alumínio e, indiretamente, a solos ácidos, visto que o objetivo maior deste é a determinação de metodologia para a identificação de genótipos promissores para a obtenção de bons níveis produtivos em condições de solos ácidos.

4. CONCLUSÕES

- O genótipo SC283X apresentou maior tolerância ao alumínio, em relação ao BR007B, em função da reduzida inibição do crescimento radicular.

- A avaliação do crescimento relativo de raízes é característica eficiente na discriminação das diferenças quanto à tolerância ao alumínio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIGAR, V.C.; ANGHINONI, I.; PITTA, G.V.E.; SANTOS, H.L.; CUNHA FILHO, E; SCHAFFERT, R.E. Efeito de diferentes níveis de alumínio na solução nutritiva sobre a composição da fração nitrogenada em sorgo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, n.2, p.47-52. 1990.

BENNET, R. J., BREEN, C. M. The aluminium signal: new dimensions to mechanisms of aluminium tolerance. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 134, p. 153-166, 1991.

BERNAL, J. H.; CLARK. R. B. Mineral acquisition of aluminum-tolerant and -sensitive sorghum genotypes grown with varied aluminum. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 28, p. 49-62, 1997.

BERNAL, J. H.; CLARK, R. B. Growth traits among sorghum genotypes in response to aluminum. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 297-305, 1998.

BEUTLER, A. N.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.923-928, 2001.

CAMBRAIA, J.; SILVA, M. A. da; CANO, M. A. O.; SANT'ANNA, R. Método simples para avaliação de cultivares de sorgo quanto a tolerância a alumínio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, n.2, p.87-95. 1991.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.100, dezembro, 2002. (Arquivo do Agrônomo, 14)

ECHART, C. L. e CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.531-541, 2001

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO statistical databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.PrimaryeDomain=Productioneservlet=1ehasbulk=0everision=extelanguage=ES>>. Acesso em: 15 janeiro 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 227 p.

MAGNAVACA, R. **Genetic variability and the inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.)**. Lincoln, Nebraska, 1982. (Tese Phd)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

RINCON, M.; GONZALES, R.A. Aluminum partitioning in intact roots of aluminum-tolerant and aluminum-sensitive in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Plant Physiology**, v.99, n.3, p.1021-1028. 1992.

SILVA, A. R.; MALAVOLTA, E. A conquista do cerrado. In: PATERNIANI, E. (Org.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília, 2000, v. , p. 31-44.

VICENTE, F. M. P.; ROSSIELO, R. O. P.; PEREIRA, M. B. Características indicativas de sensibilidade ao alumínio em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.1, p.9-15. 1998.

ZEIGLER, R. S.; PANDEY, S.; MILES, J.; GOURLEY, L. M.; SARKARUNG, S., DATE, R. A.; GRUNDON, N. J.; RAYMENT, G. E.; PROBERT, M. E. Advances

in the selection and breeding of acid-tolerant plants: rice, maize, sorghum and tropical forages. **Development in Plant and Soil Sciences**, v.64, p.391-406. 1995.