

Desenvolvimento radicular de plântulas de sorgo avaliadas em diferentes níveis de Alumínio

Lívia Wagner Paes¹, Flávio Dessaune Tardin², Lidianne Assis Silva³, Jurandir Vieira de Magalhães⁴ e Robert Eugene Schaffert⁵

Introdução

No Brasil, o sorgo é cultivado principalmente para a produção de grãos, embora também seja utilizada para produção de massa verde para pastoreio, feno e silagem, produção de álcool e açúcar e até mesmo para produção de vassoura [1]. A cultura do sorgo apresentou expressiva expansão nos últimos anos, atingindo em 2004/05, no país, uma área plantada com sorgo granífero estimada em torno de um milhão de hectares, com produção de 2,02 milhões de toneladas, com projeção de crescimento em torno de 15% para a safra 2005/06 [2].

O sorgo apresenta uma vantagem adaptativa distinta quando comparado a outros cereais, pois a sua notável resistência à seca e a outros fatores de estresse abióticos viabiliza a sua produção em ambientes problemáticos para outras culturas [1].

O território brasileiro possui 68% de sua área formada por solos que apresentam limitações de natureza química à produção agrícola, dentre estas, encontram-se a acidez elevada e a toxidez de alumínio (Al) [3]. A solução encontrada para a produção agrícola nesses solos é uma combinação de práticas de manejo, calagem associada à correção de deficiência de nutrientes e o uso de cultivares desenvolvidos para essas condições [4].

Muito já se avançou na caracterização de genótipos e na elucidação dos mecanismos de adaptação à toxidez de alumínio [5]. Entretanto, a demanda por germoplasma de sorgo tem aumentado significativamente em decorrência da expansão da cultura e da busca por cultivares eficientes, com base genética ampla e adaptados às condições de cultivo em diversas regiões do país [6].

A Embrapa Milho e Sorgo vem trabalhando no desenvolvimento de cultivares de sorgo adaptados a solos ácidos desde 1975. Um dos pontos fortes desse trabalho tem sido o reconhecimento de que plantas cultivadas nesses solos estão sujeitas a vários estresses simultâneos e que os mecanismos de tolerância aos mesmos apresentam componentes que se

sobrepõem.

Colocar em disponibilidade, genótipos produtivos e com características de tolerância a estresses múltiplos, tem sido um desafio para pesquisadores. Assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de linhagens de sorgo e alguns derivados utilizados no programa de melhoramento da Embrapa, cultivados em solução nutritiva com diferentes níveis de Al tóxico.

Material e métodos

Foram avaliados os comprimentos de raiz seminal de plântulas provenientes de 19 genótipos de sorgo cultivados, ao longo de seis dias (144 horas), em solução nutritiva contendo 5 diferentes níveis de Al tóxico.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com duas repetições, num esquema fatorial 19 x 5, ou seja, 19 genótipos e 5 níveis de Al tóxico (0, 11, 20, 27 e 39 μM) em solução nutritiva, pH 4,0. Cada parcela foi constituída de 7 plântulas de cada genótipo.

O experimento foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas – MG. Inicialmente as sementes dos genótipos foram escarificadas por cinco minutos com areia esterilizada, para quebra de dormência, sendo posteriormente esterilizadas com hipoclorito de sódio (0,525 %) por cinco minutos sob agitação constante, e enxaguadas oito vezes com água destilada. As sementes foram germinadas em rolos de papel de germinação umedecidos em água deionizada por um período de quatro dias em casa de vegetação.

Após este período, as plântulas foram então transferidas para copos plásticos perfurados, acomodados em placas de PVC, com capacidade para 49 copos, dentro de bandejas plásticas contendo 8,5 litros de solução nutritiva. A partir deste ponto as mesmas foram acondicionadas em câmara de crescimento com temperatura diurna média de $27 \pm 3^\circ\text{C}$, noturna $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas.

As plântulas foram mantidas por 24h em solução nutritiva completa sem Al como preconizado por Magnavaca [7]. Após este período, o comprimento da raiz seminal das plântulas foi medido (comprimento as 0 horas), sendo que, em seguida, a solução nutritiva foi substituída por outra com a mesma constituição anterior, porém com a

1. Graduanda Curso Licenciatura em Biologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 22500-000. E-mail: liviawp@hotmail.com.br

2. Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, CP:151 CEP: 35701-970. E-mail: tardin@cnpmc.embrapa.br

3. Mestranda Curso Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, CEP 37200-000. E-mail: lidisagro@yahoo.com.br

4. Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, CP:151 CEP: 35701-970. E-mail: schaffer@cnpmc.embrapa.br

5. Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, CP:151 CEP: 35701-970. E-mail: schaffer@cnpmc.embrapa.br

Apoio Financeiro: Embrapa e Foundation McKnigh

adição de $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, de forma a atingir os diferentes níveis de Al tóxico desejados, ou seja, 0, 11, 20, 27, 39 e $60\mu\text{M}$. A solução foi continuamente aerada durante todo o período experimental.

Além do comprimento da raiz inicial (CRI), obtido imediatamente antes da aplicação do estresse por Al, foi medido o comprimento da raiz seminal de cada plântula às 48, 96 e 144 horas após ocorrência do estresse, este considerado como comprimento de raiz final (CRF). Esses valores foram utilizados posteriormente para calcular o crescimento líquido diário de raiz e o crescimento relativo de raiz seminal. O crescimento líquido diário de raiz (CLDR) foi obtido para cada intervalo de leitura e calculado pela fórmula: $\text{CLDR} = \text{CRT}_i - \text{CRT}_{i-1}$, onde CRT_i é o comprimento de raiz no tempo i e CRT_{i-1} é o comprimento de raiz medido anteriormente ao tempo i . Já o crescimento relativo de raiz seminal (CRRS) foi obtido pela fórmula: $\text{CRRS} = (\text{CRF} - \text{CRI}) \cdot 100 \cdot \text{CRI}^{-1}$.

Para análise estatística dos dados, foi considerada a média aritmética dos comprimentos das sete plântulas de cada parcela experimental. O CRRS foi usado para determinar se o genótipo é ou não susceptível ao Al tóxico em solução nutritiva.

As características CRI, CRF, CLDR e CRRS, foram submetidas a uma análise de variância de acordo com o modelo genético estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + e_{ijk};$$

em que: Y_{ijk} é o valor observado para a característica obtida no k -ésimo bloco, avaliada dentro do j -ésimo ambiente no i -ésimo genótipo; μ é a média geral; G_i é o efeito do i -ésimo genótipo; A_j é o efeito do j -ésimo nível de Al; GA_{ij} é efeito da interação entre o i -ésimo genótipo e o j -ésimo nível de Al; B/A_{jk} é o efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente, considerado aleatório; e e_{ijk} é o efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk . Apenas os efeitos de genótipo e de nível de Al foram considerados como fixos.

Após análise de variância, as médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade. Para realização das análises estatísticas, foi utilizado os recursos computacionais do programa Genes [8].

Resultados e discussões

As análises de variância das características CRI, CRF, CLDR e CRRS demonstraram, com exceção de CRI, interações significativas entre genótipo e nível de Al tóxico. Assim, para estas características, foram realizados os desdobramentos de genótipo dentro de cada nível de Al. A não ocorrência de interação para CRI era esperada, uma vez que na obtenção desta variável ainda não havia sido aplicado o estresse.

Os resultados da análise de variância demonstraram existência de variabilidade genética significativa para todas as características avaliadas dentro de todos os níveis de Al.

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos genótipos para a característica, CRI e para a característica CRRS, nos diferentes níveis de alumínio utilizados. Quanto ao teste de Scott Knott ($P < 0,05$), ocorreram a formação de 3 grupos de genótipos para CRI. O primeiro grupo, com maiores comprimentos iniciais de raízes foi composto por oito genótipos, cujo valor médio foi de 150 mm. O segundo grupo, o maior deles, composto por 10 genótipos teve CRI médio de 134,9 mm e o terceiro grupo teve apenas um genótipo com CRI médio de 113,7 mm.

Já para CRRS, característica associada à tolerância ao Al tóxico, o nível que melhor diferenciou os genótipos, pelo teste de Scott-Knott, foi o $20\mu\text{M}$, formando quatro grupos. Porém, diferenças foram identificadas até no nível $39\mu\text{M}$ de Al tóxico (Tabela 1).

Para melhor visualização do comportamento dos genótipos dentro dos diferentes níveis de Al, as médias do CRRS dos mesmos foram utilizadas para confecção do Gráfico 1. Neste é observado que a maioria dos genótipos possuem uma queda no crescimento relativo a partir do nível $11\mu\text{M}$ de Al. Em oposição a esta tendência, destaca-se o genótipo 3 que apresentou CRRS praticamente constante até o nível $20\mu\text{M}$ de Al. Reforçando este destaque, é observado que o genótipo 3 não entrou no grupo de genótipos com maiores CRI, porém, ele foi o único genótipo a estar agrupado com os de maior CRRS em todos os níveis de Al tóxico.

Diante do exposto, o genótipo 3 aparece como um forte candidato a ser utilizado no melhoramento de sorgo adaptados à solos ácidos e com presença de Al tóxico.

Referências

- [1] SAWAZAKI, E. 1998. Sorgo forrageiro ou misto, sorgo granífero, sorgo vassoura – *Sorghum bicolor* L. Moench. In: Falh, J.L. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6 ed. Campinas, IAC, p.44-49.
- [2] AGRICULTURAL 2006. São Paulo: FNP consultoria e comércio LTDA, p.469-472.
- [3] COCHRANE, T. T. 1982. Avaliação dos ecossistemas de savana utilizados na América Tropical para produção de gado de corte. In: SÁNCHEZ, P.A. et al. (Eds.). Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília: CIAT/EMBRAPA. p. 17-28.
- [4] ALVES, M.C.A. 1984. Efeito do Alumínio sobre a cinética de absorção e translocação de fósforo e sobre o crescimento e composição mineral de dois cultivares de trigo. Tese de mestrado em Fitotecnia, UFV.
- [5] MAGALHÃES, J. V.; GARVIN, D. F.; WANG, Y.; SORRELLS, M. E.; KLEIN, P. E.; SCHAFFERT, R. E.; LI, L.; KOCHIAN, L. V. 2004 Comparative mapping of a major aluminum tolerance gene in sorghum and other species in the Poaceae. *Genetics*, Maryland, v.167, p.1905-1914.
- [6] SANTOS, F.G., CASELA, C.R., WAQUIL, J.M. 2005 Melhoramento de sorgo. In: Borém, A. ed. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, p.605-658.
- [7] MAGNAVACA, R.; GARDNER, C. O. E.; CLARK, R. B. 1987. Inheritance of aluminum tolerance in maize, In: Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, edited by Gabelman, H.

W. and B. C. Loughman. Martinus Nijhoff Publishers,
Dordrecht/Boston/Lancaster, p.201-212.

[8] CRUZ, C. D. 2001. Programa GENES - versão windows.
Editora UFV. Viçosa, MG. 642p.

Tabela 1. Comprimento de raiz inicial (CRI) de plântulas de sorgo e crescimento relativo de raiz seminal (CRRS), após seis dias de cultivo em solução nutritiva contendo Al tóxico nos níveis 0, 11, 20, 27 e 39 μM .

Genótipo	CRI (mm)	CRRS ^{1/} (μM)				
		Nível de Al tóxico				
		0	11	20	27	39
1	129.8 b	68.4 a	48.2 b	20.4 d	13.0 b	6.9 b
2	137.1 b	59.2 a	51.1 a	39.4 b	40.1 a	16.0 a
3	132.5 b	60.2 a	55.4 a	59.5 a	44.8 a	19.4 a
4	135.2 b	69.8 a	59.6 a	42.8 b	44.5 a	19.4 a
5	137.9 b	64.7 a	46.8 b	43.0 b	39.1 a	11.1 b
6	151.0 a	65.0 a	57.7 a	22.8 d	15.1 b	8.5 b
7	133.7 b	47.8 b	45.6 b	38.1 b	21.0 b	6.0 b
8	150.1 a	55.9 a	41.1 b	37.5 b	23.4 b	7.2 b
9	135.8 b	57.9 a	61.7 a	44.4 b	40.1 a	7.5 b
10	146.5 a	56.8 a	46.2 b	39.1 b	19.6 b	8.7 b
11	153.2 a	53.0 b	45.0 b	33.3 c	21.9 b	8.6 b
12	139.7 b	57.8 a	51.1 a	39.4 b	39.4 a	8.4 b
13	150.7 a	47.3 b	54.3 a	38.3 b	40.9 a	13.6 a
14	146.0 a	54.6 a	44.6 b	41.8 b	43.7 a	10.9 b
15	152.4 a	56.4 a	54.7 a	32.0 c	31.8 a	18.5 a
16	149.5 a	55.1 a	40.3 b	28.4 c	13.4 b	8.3 b
17	113.7 c	59.9 a	48.5 b	32.5 c	50.6 a	22.3 a
18	126.8 b	49.1 b	39.1 b	19.5 d	12.7 b	7.8 b
19	140.7 b	39.2 b	43.1 b	35.0 b	17.1 b	9.3 b

^{1/} Médias seguidas por mesma letra, numa mesma coluna, constituem um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

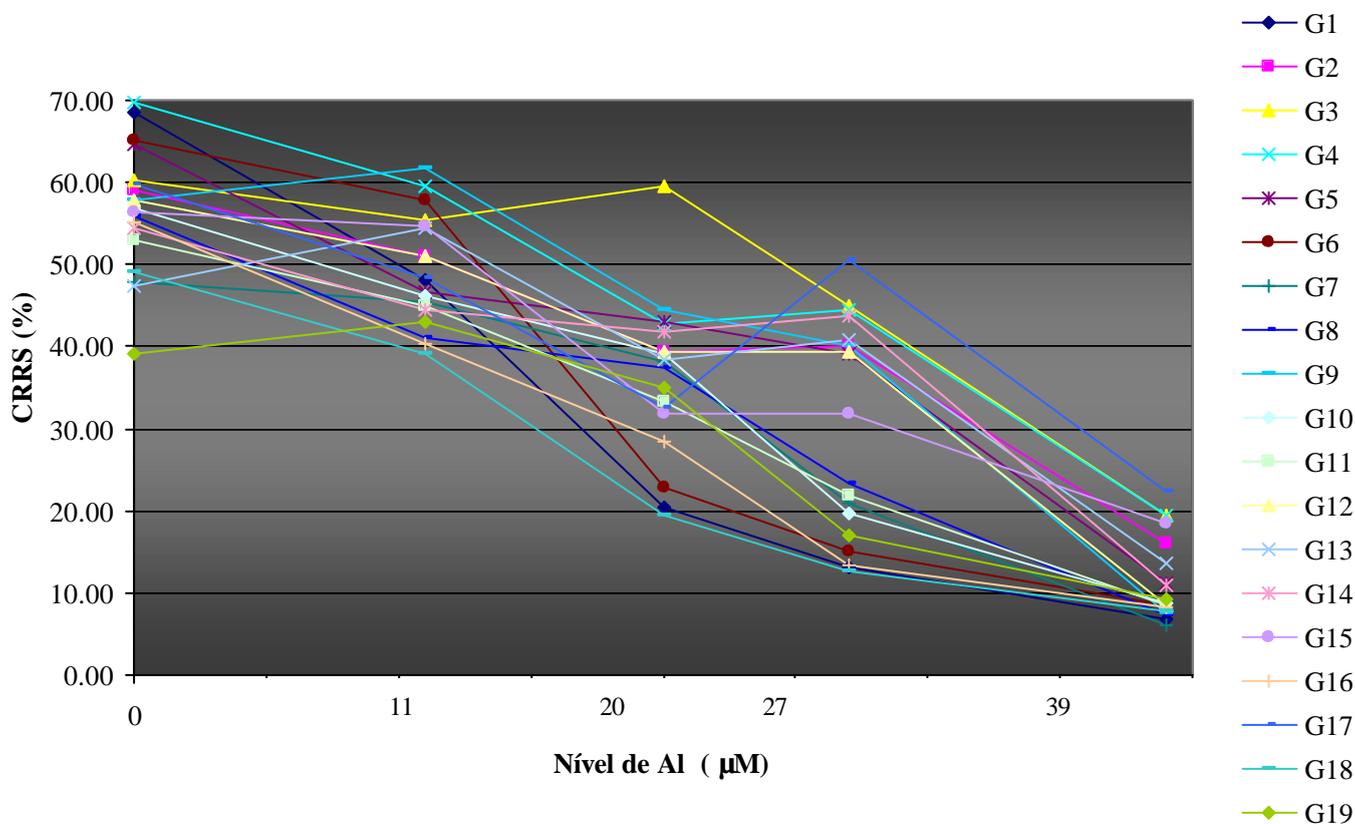


Gráfico 1. Crescimento Relativo de Raiz Seminal (CRRS) de plântulas de sorgo cultivadas, durante seis dias em solução nutritiva com diferentes níveis de Al tóxico