

# Caracterização de Linhagens de Sorgo Granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para Tolerância ao Alumínio

Karine da Costa Bernardino<sup>1</sup>; Geraldo Afonso de Carvalho Júnior<sup>2</sup>; Cícero Beserra de Menezes<sup>3</sup>; Jurandir Vieira Magalhães<sup>3</sup>; Robert Eugene Schaffert<sup>3</sup>

## Resumo

Com o avanço do cultivo de sorgo no cerrado brasileiro observa-se a crescente necessidade do estudo e seleção de genótipos mais tolerantes às condições desta região, que se caracteriza por apresentar solos e subsolos com baixo pH e alumínio solúvel em níveis tóxicos. Para tanto, técnicas de melhoramento genético vêm sendo empregadas na tentativa de solucionar ou minimizar os efeitos dessas condições sobre o desenvolvimento das culturas. Este ensaio teve como finalidade caracterizar oito linhagens de sorgo granífero contrastantes para a tolerância ao alumínio tóxico, que foram desenvolvidas para servirem como ferramentas na avaliação de tolerância ao Al no campo. Estas linhagens possibilitarão a criação de híbridos isogênicos com zero, um ou dois alelos para a tolerância ao Al tóxico. A caracterização destas linhagens foi realizada em solução nutritiva na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas/MG e todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Genes.

## Introdução

Nos últimos anos tem se observado significativa expansão da cultura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] no Brasil, principalmente, para produção de grãos e forragem para alimentação animal. Tal crescimento ocorreu devido à grande capacidade da cultura em suportar condições adversas, como déficits hídricos e à sua alta produção de grãos e matéria seca (EMBRAPA 2009). No entanto, a presença de solos ácidos configura-se como um grande empecilho para o avanço do cultivo de sorgo no território brasileiro, principalmente no que se refere às regiões de cerrado. Uma vez que a existência de íons  $H^+$ , no solo, propicia a solubilização de outros compostos, como o íon alumínio ( $Al^{3+}$ ), o qual em níveis tóxicos prejudica o desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, a aquisição de nutrientes.

Buscando mitigar os efeitos do  $Al^{3+}$  sobre a cultura do sorgo, Silva (2008) apresentou como alternativa a correção do pH do solo, por meio da técnica de calagem, ou seja, adição de calcário agrícola ( $CaCO_3 + MgCO_3$ ) ao mesmo. No entanto, essa prática só é eficiente nas camadas superficiais do solo, já que a adição de calcário em níveis profundos eleva, de forma significativa, os custos de tal processo. Diante desse quadro, tem-se como alternativa promissora o melhoramento genético, o qual objetiva selecionar cultivares mais tolerantes aos efeitos indesejáveis do íon  $Al^{3+}$ , como também à situação de baixo pH encontrada nos solos do cerrado brasileiro.

Neste estudo avaliou-se o desempenho de oito linhagens de sorgo contrastantes para tolerância ao alumínio tóxico, por meio da medição do comprimento da raiz seminal durante sete dias em solução nutritiva. O objetivo foi caracterizar tais linhagens para tolerância ao alumínio de forma a usá-las, futuramente, para confecção de híbridos graníferos experimentais com zero, um ou dois alelos para tal tolerância.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com três repetições na Câmara de Crescimento da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas/MG. Foram avaliadas oito linhagens de sorgo em solução nutritiva de Furlani e Clark (1981), modificada por Magnavaca et al. (1987).

Testaram-se: ATF8B, ATF10B, ATF13B, ATF14B, BR012R, BR012(CMSXS225)<sub>2</sub>, BR012(SC566) e BR012(SC549). Sendo que os pares ATF8B/ATF10B, ATF13B/ATF14B e o grupo formado por BR012, BR012(CMSXS225)<sub>2</sub>, BR012(SC566) e BR012(SC549) configuram linhagens isogênicas entre si. Além disso, estas se diferem quanto a esterilidade, sendo as quatro primeiras linhagens macho-estéril em citoplasma A1 (fêmeas) e as quatro últimas restauradoras da macho esterilidade em citoplasma A1.

Como etapa inicial, as sementes foram agitadas por cinco minutos, em um agitador horizontal, em béqueres com solução de 50 ml de cloro ativo a 4,6% para cada 1000 ml de água destilada, para que ocorresse a esterilização. Após tal processo, as sementes foram lavadas com água destilada, colocadas em papel de

<sup>1</sup> Discente de graduação da UNIFEMM, CEP: 35701-242, Sete Lagoas, MG, (karinecosta23@gmail.com)

<sup>2</sup> Discente de mestrado da UFV, CEP: 36570-000, Viçosa, MG, (g.acjunior@gmail.com)

<sup>3</sup> Pesquisador do CNPMS, Caixa Postal 151, CEP: 35701-970, Sete Lagoas, MG, (cicero@cnpms.embrapa.br), (jurandir@cnpms.embrapa.br) e (schaffer@cnpms.embrapa.br)

germinação, umedecidos com água deionizada e levadas para câmara de crescimento, com temperatura controlada entre 21°C (noite) e 27°C (dia) e umidade por volta de 75%, por onde se mantiveram por três dias.

Após a germinação, as plântulas foram inseridas em recipientes plásticos com perfurações, sendo esses dispostos em placas de PVC dentro de bandejas plásticas. Cada placa continha 49 furos (sete fileiras com sete furos cada) e em cada bandeja foi adicionado 8 litros de solução nutritiva sem estresse de alumínio. As plântulas permaneceram nessa solução por 24 horas, e após tal período trocou-se o conteúdo das bandejas por uma solução contendo Al no nível 27 µM. Destaca-se que o Al foi acrescido na forma de AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, o pH da solução foi ajustado para quatro, pela adição de HCl 1M. As parcelas foram constituídas por sete plântulas de cada genótipo e, adicionalmente, cada bandeja conteve uma testemunha susceptível constituída por quatro plântulas e uma testemunha tolerante constituída por três plântulas.

O desenvolvimento da raiz seminal foi avaliado, ao longo de 168 horas de crescimento, em solução nutritiva com a concentração de Al igual a 27 µM. Além do comprimento da raiz inicial (CRI), obtido 24 horas antes da aplicação do estresse por Al, foi medido o comprimento da raiz seminal de cada plântula no dia da aplicação do estresse (CRI<sub>1</sub>), além dessas foram realizadas medições às 72, 120 e 168 horas após ocorrência do estresse, sendo o último 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 (CLD) foi obtido para cada intervalo de leitura e calculado pela forma:  $CLD = (CRT_i - CRT_{i-1})/n$  em milímetros, em que CRT<sub>i</sub> é o comprimento de raiz no tempo i, CRT<sub>i-1</sub> é o comprimento de raiz medido anteriormente no tempo i e n corresponde ao número de dias decorridos entre CRT<sub>i-1</sub> e CRT<sub>i</sub>. Já o crescimento relativo de raiz seminal (CRRS) foi obtido através da fórmula:  $CRRS = (CRF - CRI_1) * 100 * CRI_1^{-1}$  em porcentagem.

## Resultados e Discussão

Segundo a análise de variância representada pela Tabela 1, foi observada diferença significativa para todas as características avaliadas a 1% de probabilidade, indicando que pelo menos uma linhagem difere das demais quanto ao padrão de crescimento da raiz seminal em solução nutritiva sem e com o estresse de Al.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das características: crescimento líquido diário sem estresse de Al (CLD 0 – 1 d), crescimento líquido diário no intervalo do 1º ao 3º dia com estresse de Al (CLD 1 – 3 d), crescimento líquido diário no intervalo do 3º ao 5º dia com estresse de Al (CLD 3 – 5 d), crescimento líquido diário no intervalo do 5º ao 7º dia com estresse de Al (CLD 5 – 7 d) e crescimento relativo raiz seminal (CRRS), obtida na avaliação de oito linhagens de sorgo granífero em Sete Lagoas/MG, 2011.

FV	GL	Quadrados Médios				
		CLD 0 - 1 d (mm)	CLD 1 - 3 d (mm)	CLD 3 - 5 d (mm)	CLD 5 - 7 d (mm)	CRRS (%)
Genótipos	7	12.67 **	23.55 **	96.50 **	102.01 **	4088.67 **
Resíduo	16	1.78	0.73	0.59	1.49	146.36
CV(%)		7.93	9.70	9.82	19.20	16.28

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F; <sup>ns</sup> não-significativo pelo teste F.

De acordo com a Tabela 2, observa-se a formação de dois grupos de médias para o crescimento diário sem estresse de Al (CLD 0 – 1 d), de forma que a linhagem BR012R e todas as suas derivadas isogênicas apresentaram crescimento diário superior às linhagens ATF. Isso indica que materiais derivados da linhagem BR012R possuem crescimento radicular inicial mais rápido sob condições normais de cultivo, possibilitando melhor desenvolvimento inicial das mesmas em condições de campo. Ao comparar as linhagens isogênicas, ou seja, ATF8B com ATF10B, ATF13B com ATF14B e BR012R com BR012(CMSXS225)<sub>2</sub>, BR012(SC566) e BR012(SC549) verifica-se que ATF8B, ATF13B e BR012R foram classificadas, segundo todas as características avaliadas sob estresse, como susceptíveis ao Al tóxico, uma vez que estas foram classificadas dentro dos grupos de menor média. Estes grupos representam os materiais que apresentaram menor crescimento líquido sobre o estresse, ou seja, aqueles materiais sensíveis aos efeitos do Al tóxico.

Ao analisar apenas a característica CLD 5 – 7 d, observa-se que o crescimento diário da raiz seminal destas linhagens foi insignificante, variando de 0,17 a 0,53 milímetros, enquanto as demais linhagens ATF10B,

ATF14B, BR012(CMSXS225)<sub>2</sub>, BR012(SC566) e BR012(SC549) apresentaram crescimento diário no mesmo período, 43 vezes superior, em média. Crescimento diário inferior a um milímetro no final do estresse, ou seja, no período entre o quinto e o sétimo dias, indica que o desenvolvimento da raiz seminal está muito comprometido e próximo ao ponto de ser paralisado.

Tabela 2 - Médias das características: crescimento líquido diário sem estresse de Al (CLD 0 – 1 d), crescimento líquido diário no intervalo do 1º ao 3º dia com estresse de Al (CLD 1 – 3 d), crescimento líquido diário no intervalo do 3º ao 5º dia com estresse de Al (CLD 3 – 5 d), crescimento líquido diário no intervalo do 5º ao 7º dia com estresse de Al (CLD 5 – 7 d) e crescimento relativo raiz seminal (CRRS) pelo teste Scott - Knott de oito linhagens de sorgo granífero avaliadas em Sete Lagoas/MG, 2011.

Genótipos	Características									
	CLD 0 - 1 d		CLD 1 - 3 d		CLD 3 - 5 d		CLD 5 - 7 d		CRRS	
	(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(%)	
	Média	Grupo	Média	Grupo	Média	Grupo	Média	Grupo	Média	Grupo
ATF8B	14.67	b	6.13	d	2.43	c	0.53	d	41.44	c
ATF10B	16.13	b	7.98	c	9.36	b	9.51	b	101.77	a
ATF13B	15.42	b	5.67	d	1.64	c	0.18	d	36.28	c
ATF14B	14.20	b	8.69	c	10.28	b	9.76	b	108.62	a
BR012R	20.09	a	6.52	d	0.47	d	0.17	d	23.00	c
BR012 (CMSXS225) <sub>2</sub>	17.71	a	12.28	a	14.66	a	13.74	a	109.29	a
BR012 (SC566)	18.19	a	10.19	b	8.86	b	3.80	c	65.92	b
BR012 (SC549)	18.33	a	13.05	a	14.71	a	13.07	a	108.30	a
<b>Média Geral</b>	<b>16.85</b>		<b>8.81</b>		<b>7.80</b>		<b>6.35</b>		<b>74.33</b>	

\*médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As linhagens SC566, SC549 e CMSXS225 se caracterizam por apresentarem grande tolerância ao Al tóxico em solução nutritiva e, continuamente, são utilizadas no programa de melhoramento de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo como fonte de tolerância ao Al. Ao verificar o desempenho das diferentes linhagens isogênicas com BR012R sob condições de estresse em solução nutritiva, pode-se observar que há diferença entre os padrões de tolerância ao Al das mesmas, segundo os valores de CLD 5 – 7 d e CRRS. Possivelmente, este fato pode ser explicado pela diferença de ciclos de retrocruzamento que as linhagens possuem, sendo que a linhagem BR012(SC566) é proveniente de três ciclos de retrocruzamento e as duas outras [BR012(CMSXS225)<sub>2</sub> e BR012(SC549)] provenientes de seis ciclos de retrocruzamento. Isso sugere que os três ciclos de retrocruzamento podem não terem sido suficientes para introgridir na linhagem BR012R, todos os fatores responsáveis pela tolerância ao Al tóxico.

Assim, de acordo com o verificado observou-se que existe variabilidade genética para tolerância ao Al tóxico em solução nutritiva para este grupo de linhagens, confirmando a possibilidade de uso das mesmas na confecção de híbridos isogênicos contrastantes para esta característica. Além disso, tal caracterização permitiu a identificação de três diferentes padrões de tolerância ao Al tóxico segundo o CRRS e os crescimentos líquidos, podendo distinguir dentre as oito linhagens, materiais muito tolerantes, moderadamente tolerantes e susceptíveis.

Tal fato é de grande interesse para o programa de melhoramento de sorgo da Embrapa, uma vez que a confecção de novos híbridos contrastantes para a tolerância ao Al possibilitará novas avaliações destes materiais em solução nutritiva com estresse, a fim de validar por meio de técnicas moleculares, a presença de diferentes doses dos alelos que conferem tal tolerância ao sorgo e confirmar a tolerância dos diferentes materiais em experimentos de campo.

## Agradecimentos

À Embrapa Milho e Sorgo, Generation Challenge Program (G4008.10: Assessment of the breeding value of superior haplotypes for *AltSB*, a major Al tolerance gene in sorghum: linking upstream genomics to acid soil breeding in Niger and Mali (ALTFIELD) e à FAPEMIG por permitirem a realização e divulgação deste trabalho.

## Referências

Cruz CD (2006) **Programa Genes - estatística experimental e matrizes**. Editora UFV, Viçosa, 285p.

Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção: Cultivo de sorgo. 5. Ed. 2009. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 06 jun. 2010.

Furlani PR and Clark RB (1981) Screening sorghum for aluminium tolerance in nutrient solution. **Agronomy Journal**73: 587-594.

Magnavaca R, Gardner COE and Clark RB (1987) Inheritance of aluminum tolerance in maize. In: Gabelman HW, Loughman BC (ed.) **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht, Martinus Nijhoff, p. 201-212.

Schaffert RE, Fonseca Júnior SC, Silva LA, Santos PHA and Bernardino KC (2010) Validação de Método de Seleção Individual para Tolerância ao Alumínio Tóxico em Plântulas de Sorgo Avaliadas em Solução Nutritiva. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia, p. 3105-3112.

Silva LA (2008) **Validação do efeito do gene  $Alt_{SB}$  que controla a tolerância a alumínio em sorgo**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 1–49.