

Avaliação da Produtividade de Linhagens Recombinantes Contrastantes para o Gene de Tolerância ao Al Tóxico em Sorgo - *Alt_{SB}*

Fabricio Rodrigues¹, Lidiane A. Silva², Michel C. da Rocha³, Antônio M. Coelho⁴, Jurandir V. de Magalhães⁴, José A. S. Rodrigues e Robert E. Schaffert⁴.

¹Bolsista da McKnight - Embrapa Milho e Sorgo. fabriciorods@yahoo.com.br ²Aluna de mestrado da UFLA ³Aluno de mestrado da UFV. ⁴Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo. schaffert@embrapa.com.br

Palavras-chave: Sorgo granífero, cerrado, sensibilidade ao alumínio e níveis de saturação.

O sorgo é visto, principalmente, como complementação para a fabricação de rações ou como substituição na época de pouca oferta do milho. O sorgo é uma alternativa de custo acessível para o abastecimento de grãos forrageiros para as indústrias de rações e se adapta melhor do que a cultura do milho a regiões secas e áridas. O Brasil possui cerca de 200 milhões de hectares de cerrado, com tais características, que apresentam 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 & Malavolta, 2000).

A toxidez causada pelo alumínio (Al^{3+}), em solos do cerrado, é considerado 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 & 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 & 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).

A área cultivada e a produção brasileira de sorgo granífero cresceram substancialmente nos últimos anos e 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.

Este trabalho teve por objetivo estudar o efeito do gene *Alt_{SB}* (Referencia) em linhagens recombinantes (RIL's) derivadas de um cruzamento entre duas linhagens de sorgo contrastantes, para a presença deste gene que é responsável pela tolerância ao alumínio (Al^{3+}) tóxico em sorgo.

Foram utilizadas 45 linhagens tolerantes e 44 linhagens sensíveis, totalizando 89 linhagens, obtidas por meio de sucessivas autofecundações (S_7) de plantas da geração F_2 e provenientes do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo. As RILs foram avaliados em um sítio de fenotipagem da Embrapa Milho e Sorgo com solo classificado como latossolo vermelho escuro, na qual apresentam 0, 20 e 40% de saturação de alumínio na camada de 0-20, em Sete Lagoas, MG. O solo foi preparado de maneira convencional, com duas gradagens. As sementes foram tratadas e plantadas, de forma manual em 12 de abril de 2007,

sendo o desbaste realizado manualmente quando as plantas apresentavam três a quatro folhas totalmente expandidas, deixando-se apenas sete plantas por metro. Cada parcela foi constituída de duas fileiras de 5 m e espaçadas 0,45 m. Quando necessário, realizaram-se capinas manuais com enxada e pulverizações com inseticidas, para o controle da lagarta do cartucho. A adubação foi realizada conforme os resultados das amostras de solo, extraídas de cada ambiente, e feita seguindo as recomendações dos pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo. A colheita foi realizada manualmente, após os grãos atingirem a maturação fisiológica, sendo a colheita feita para cada ambiente separadamente e pesada às panículas e posteriormente, os grãos.

O delineamento experimental utilizado foi o de látice 10 x 10, com três repetições em cada nível de saturação de alumínio. Os dados foram, então, submetidos à análise de variância e obtidos os quadrados médios por ambiente e da conjunta.

A produtividade média do Ambiente 1 (0% de saturação de Alumínio) entre as linhagens que possuem o gene Alt_{SB} foi de 3.24 t.ha^{-1} , com produtividade variando entre 0.82 (mínimo) a 6.07 t.ha^{-1} (máximo). Quatro RILs (38, 57, 28 e 21) com o gene Alt_{SB} apresentaram o melhor desempenho em produtividade para o ambiente sem alumínio tóxico (Tabela 1). Essa alta produtividade pode ser comparada a de híbridos comercializados como, o híbrido AG1018, que apresentou média de 6 t.ha^{-1} (Lopes et al., 2005).

As linhagens 38, 21 e 57, respectivamente, foram as que apresentaram melhor desempenho entre os RIL's e apenas a linhagem 57, no AMB2, não estava entre as linhagens de produtividade superior (grupo "a"). Portanto, essas linhagens podem ser consideradas como linhagens tolerantes (presença do gene Alt_{SB}) e estáveis entre os ambientes avaliados. Entre as linhagens sensíveis, somente a linhagem 26 apresentou estabilidade entre os ambientes avaliados e estando sempre no grupo das linhagens mais produtivas (Tabela 1).

A media das linhagens em AMB1 foi inferior das linhagens em AMB2 devido um estresse hídrica na fase fisiológico duas semanas antes de AMB2. O experimento em AMB1 foi replantado com atraso de duas semanas em comparação com AMB2 e AMB3. Consequentemente a estresse hídrica na final da safra afetou as RILs na AMB 1 numa fase fisiológico duas semanas antes as RILs em AMB2 e AMB3. No Ambiente 3 (AMB3) a média da produtividade foi de 2.60 t.ha^{-1} , com redução de 0.64 t.ha^{-1} do AMB1 e de 1.54 t.ha^{-1} do AMB2. O valor máximo alcançado no AMB3 foi de 4.03 t.ha^{-1} , sendo este inferior a média obtida no AMB2 e superior 0.79 t.ha^{-1} em relação à média do AMB1.

È necessário enfatizar que o sucesso de qualquer programa de melhoramento está na avaliação de linhagens e cultivares de interesse. No presente caso, a precisão foi avaliada pelo coeficiente de variação (CV%). Os resultados evidenciaram que houve boa precisão experimental, sendo os valores considerados baixos para a avaliação de sorgo em campo. O maior valor foi encontrado no AMB3, onde existe maior diferença entre as repetições devido a resposta diferenciada das linhagens ao alumínio tóxico.

Tabela 1. As dez linhagens mais produtivas entre os RILs tolerantes e sensíveis em três níveis de saturação de alumínio (0, 20 e 40%), Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, safra 2007/2008.

RILs Tolerantes						
Classificação	Linhagem	Ambiente 1	Linhagem	Ambiente 2	Linhagem	Ambiente 3
1 ^a	38	6.07 a	90	6.95 a	38	4.03 a
2 ^a	57	5.51 a	97	6.36 a	21	4.01 a
3 ^a	28	5.49 a	21	6.19 a	76	3.96 a
4 ^a	21	5.39 a	25	5.92 a	75	3.85 a
5 ^a	82	4.80 a	66	5.69 a	66	3.84 a
6 ^a	88	4.51 b	38	5.64 a	95	3.69 a
7 ^a	10	4.45 b	10	5.43 b	10	3.52 a
8 ^a	66	4.38 b	42	5.42 b	4	3.45 a
9 ^a	74	4.37 b	57	5.37 b	57	3.43 a
10 ^a	70	4.22 b	92	5.08 b	9	3.38 a

RILs Sensíveis						
Classificação	Linhagem	Ambiente 1	Linhagem	Ambiente 2	Linhagem	Ambiente 3
1 ^a	3	4.44 a	15	6.28 a	53	4.27 a
2 ^a	27	4.43 a	24	5.86 a	48	3.19 a
3 ^a	13	4.28 a	26	5.12 a	26	3.13 a
4 ^a	30	4.26 a	27	5.01 a	81	3.11 a
5 ^a	26	4.19 a	40	4.88 a	86	3.07 a
6 ^a	73	4.18 a	5	4.62 b	7	2.94 a
7 ^a	33	3.93 a	19	4.50 b	56	2.78 a
8 ^a	15	3.78 a	63	4.49 b	46	2.73 a
9 ^a	46	3.73 a	89	4.45 b	89	2.70 a
10 ^a	40	3.67 a	7	4.43 b	77	2.54 a

Tabela 2. Valores médios da produtividade máxima, mínima, média, variância e coeficiente de variação de 45 linhagens tolerantes, em três ambientes de saturação de alumínio, Ambiente 1 (0% saturação), Ambiente 2 (20% saturação) e Ambiente 3 (40% saturação) e a média dos ambientes (Conjunta), Sete Lagoas, MG, safra 2007/2008.

Linhagens tolerantes				
Produtividade	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Conjunta
Máximo (t.ha⁻¹)	6.07	6.95	4.03	5.24
Mínimo (t.ha⁻¹)	0.82	1.93	0.40	1.28
Média (t.ha⁻¹)	3.24	4.14	2.60	3.33
Variância	1.45	1.49	0.74	0.89
CV (%)	21.51	16.07	26.97	20.85

Tabela 3. Valores médios da produtividade máxima, mínima, média, variância e coeficiente de variação de 44 linhagens sensíveis, em três ambientes de saturação de alumínio, Ambiente 1 (0% saturação), Ambiente 2 (20% saturação) e Ambiente 3 (40% saturação) e a média dos ambientes (Conjunta), Sete Lagoas, MG, safra 2007/2008.

Linhagens Sensíveis				
Produtividade	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Conjunta
Maximo (t.ha⁻¹)	4.44	6.28	4.27	4.15
Mínimo (t.ha⁻¹)	0.86	1.08	0.85	1.10
Média (t.ha⁻¹)	2.92	3.78	1.98	2.89
Variância	0.81	0.90	0.58	0.41
CV (%)	24.14	19.42	36.13	25.00

As linhagens sensíveis apresentaram médias de 2.92 (AMB1), 3.78 (AMB2) e 1.98 t.ha⁻¹ (AMB3), a maior produtividade era esperada no ambiente onde não houve saturação de alumínio, no caso o AMB1, porém, o mesmo não ocorreu. As linhagens obtiveram um resultado acima do esperado em um ambiente com 20% de saturação. Isso pode ter ocorrido, devido à irrigação ter sido cortada ao mesmo tempo em todos os ambientes, porém, o AMB1 foi plantado com 2 semanas de atraso e o déficit hídrico interferido nos resultados de produtividade das linhagens.

A variância diminuiu em comparação com as linhagens tolerantes, onde no AMB3 era de 0.74 e das sensíveis, o valor foi de 0.58, sendo que o mesmo ocorreu para todos os ambientes quando comparados. Com relação ao CV %, houve aumento, na qual foi de 26.9 a 36.1% em comparação entre as linhagens que possuem o gene para tolerância e os com ausência (Tabela 2 e 3), demonstrando que há maior precisão na avaliação da produtividade das linhagens tolerantes.

O valor máximo obtido pelas linhagens sensíveis foi de 1.63 e 0.67 t.ha⁻¹ inferiores aos obtidos pelas linhagens tolerantes mais produtivas no AMB1 e no AMB2, respectivamente. Porém, houve uma linhagem sensível que obteve resultado acima de 4 t.ha⁻¹ no AMB3 e que obteve desempenho acima das tolerantes. Entre as tolerantes estão 35 linhagens que possuem valores acima de 3 t.ha⁻¹ no AMB3 e apenas cinco sensíveis acima deste valor. Com relação à média, a redução é drástica, onde as tolerantes foram 1.10, 1.09 e 1.37 vezes superior as médias obtidas pelas linhagens sensíveis. Fato também confirmado pela média da produtividade da análise conjunta, onde a média foi de 2.89 t.ha⁻¹ entre as sensíveis, e de 3.33 t.ha⁻¹ entre as que possuem o gene, indicando que linhagens que possuem o *Alt_{SB}* são mais tolerantes em ambientes com alta saturação por alumínio e, também, mais produtivas.

Referência Bibliográfica:

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.

ECHART, C. L., 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.

Lopes, J. S , Storck, L., Lúcio A. D., Lorentz, L. H., Lovato, C., Dias, V. O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.6, p.525-530, jun. 2005.

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

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