

Correlação Genética entre Características de Linhagens Recombinantes de Sorgo em Três Níveis de Saturação de Alumínio

Fabricio Rodrigues¹, Lidianne A. Silva², Rocha, M.C.³, Antônio M. Coelho⁴, Flávio D. Tardin⁴, José A. S. Rodrigues⁴, Jurandir V. de Magalhães⁴ e Robert E. Schaffert⁴.

¹Bolsista da Fundação McKnight - Embrapa Milho e Sorgo. fabriciorods@yahoo.com.br

²Mestranda UFLA. ³Aluno de mestrado UFV ⁴Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo. schaffert@embrapa.com.br

Palavras-chave: sorgos graníferos, cerrado, fitoxidez e saturação de alumínio.

Estima-se que no Brasil a área plantada com sorgo cresceu de 704 mil hectares em 2006/2007, para 748 mil hectares na safra 2007/2008, com produção nacional de 1,7 milhões de toneladas. A produtividade média foi de 2.125 kg ha⁻¹ na safra passada e alcançando 2.315 kg ha⁻¹ na atual. O custo de produção do sorgo, cultura menos exigente, sobretudo em termos de água, é menor que o de várias outras culturas. Estima-se que o sorgo possa substituir, sem qualquer problema, até 20% do milho em grão, principalmente na formulação de rações (CONAB, 2008).

A obtenção de cultivares de sorgo tolerante à toxicidade do alumínio vem despertando o interesse de muitas áreas da pesquisa agrícola, particularmente quando se pretende explorar eficientemente solos com acidez subsuperficial e elevado nível de alumínio, de difícil correção com manejo químico (Granados et al., 1993; Lopes et al., 1987; Sawazaki & Furlani, 1987; Pandey et al., 1994). Níveis elevados de alumínio impedem o crescimento radicular das plantas e, aliados a períodos de deficiência hídrica (veranicos), reduzem drasticamente a produtividade do sorgo, inviabilizando, às vezes, seu cultivo em área de solos ácidos.

Dessa forma, a seleção eficiente de um caráter pode ser aumentada com a utilização de caracteres agrônômicos correlacionados (Paterniani & Campos, 1999). A correlação genética pode ser devido à pleiotropia ou à ligação entre genes que são responsáveis por duas características (Falconer, 1981). Alguns genes podem aumentar o valor fenotípico de duas características, causando uma correlação positiva, e outros genes aumentam uma e reduzem a outra, causando correlação negativa. De acordo com Hallauer & Miranda Filho (1988) a correlação estimada por meio do coeficiente de correlação tem importância no melhoramento de plantas, porque quantifica o grau de associação genético e não-genético entre dois ou mais caracteres. O conhecimento da magnitude da natureza das associações entre caracteres de interesse no melhoramento de sorgos graníferos é de fundamental importância na obtenção de linhagens tolerantes melhoradas.

Este trabalho teve por objetivo estudar a correlação genética entre características de linhagens tolerantes (TT) e sensíveis (tt) ao alumínio (Al³⁺), provenientes de pais contrastantes para o gene *Alt_{SB}* (Magalhães et al., 2007), em três níveis de saturação de alumínio.

Foram utilizadas 89 linhagens recombinantes, RILs, sendo 44 sensíveis (tt) e 45 tolerantes (TT) ao alumínio, obtidas por meio de sucessivas autofecundações apresentando alto grau de homozigose (F_{2:8}) e provenientes do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS. Foram utilizados três sítios de fenotipagem da Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS, na qual apresentam 0, 20 e 40% de saturação de alumínio na camada de 0-20, sendo o

solo classificado como um Latossolo vermelho escuro. O solo foi preparado de maneira convencional, com duas gradagens e as sementes tratadas e, posteriormente, 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.

Foram realizadas avaliações de stay-green, na qual a parcela recebia uma nota em porcentagem da quantidade de plantas verdes e com o colmo ou folhas verdes e, então, feita a medição da altura das plantas. 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, após as pesagens, os dados foram, então, submetidos à análise de variância e obtidos os quadrados médios e as correlações por ambiente entre as características dos tolerantes (presença de dois alelos), dos sensíveis (ausência de alelos) e a conjunta (tolerantes e sensíveis).

Tabela 1. Estimativas do coeficiente de correlação genética (r_G) das linhagens tolerantes ao alumínio, entre altura de plantas, stay-green e produtividade de grãos em três ambientes de saturação de alumínio; 0% (Ambiente 1), 20% (Ambiente 2) e 40% (Ambiente 3) de saturação de alumínio, Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, safra 2007/2008.

| Correlação genética das linhagens tolerantes | | | |
|---|----------------------|---------------------|---------------------|
| Características | Ambiente 1 | Ambiente 2 | Ambiente 3 |
| Altura x Stay-green | 0.00 ^{n.s} | 0.35 ^{n.s} | 0.34 ^{n.s} |
| Altura x Produção | 0.68** | 0.75** | 0.47 ^{n.s} |
| Stay-green x Produção | -0.45 ^{n.s} | 0.23 ^{n.s} | 0.44* |

* e ** - significativo e altamente significativo ao teste t; ^{n.s} - não significativo

A obtenção da correlação entre características de interesse em sorgo granífero pode facilitar na seleção de linhagens e pode diminuir o trabalho do melhorista na seleção de linhagens que possam atender as exigências do produtor.

Nota-se que houve correlação positiva para Altura (ALT) com Produção (PROD), das linhagens tolerantes, para dois dos três ambientes avaliados e vale ressaltar que altura é uma característica de fácil obtenção e os valores do coeficiente de correlação podem ser considerados de grande magnitude e altamente significativos nos ambientes, exceto para o ambiente 3 (AMB3), que não foi significativo e apresentou o menor valor (Tabela 1).

Cruz & Regazzi (2001) ressaltam a importância das correlações afirmando que essas associações quantificam a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em caracteres correlacionados, e que caracteres de baixa herdabilidade, como produção, têm a seleção mais eficiente quando realizada sobre caracteres que lhe são correlacionados.

Observou-se correlação positiva e significativa, também, entre stay-green (STAY) e produção (PROD) no AMB3, isso indica que é possível obter linhagens tolerantes, com boa produção e que permanecem por um período mais prolongado, verdes no campo. Considerando a dificuldade para selecionar o fenótipo stay-green e, por outro lado, a suposição de que cultivares com stay-green devem ser favoráveis, pois, devem contribuir para que as plantas tenham porte mais ereto e melhor desempenho de produtividade. O valor obtido pelas linhagens tolerantes e sensíveis, indica que linhagens com maior stay-green realmente possuem maior produtividade de grãos, em acordo com a suposição de que eles propiciam um melhor enchimento de grãos, por alongar o período fotossintético da planta, em ambientes mais saturados em alumínio.

A sensibilidade do caráter stay-green, aos fatores ambientais, gera principalmente uma inversão na expressão dos fenótipos com e sem stay-green em diferentes ambientes, o que torna difícil o sucesso com a seleção e dificulta ainda mais o avanço do programa de melhoramento. Dessa forma, a seleção para stay-green deve ser feita no ambiente onde será cultivado.

Tabela 2. Estimativas do coeficiente de correlação genética (r_G) das linhagens sensíveis ao alumínio, entre altura de plantas, stay-green e produtividade de grãos em três ambientes de saturação de alumínio e entre características dos diferentes ambientes, com 0 (ambiente 1), 20 (ambiente 2) e 40% (ambiente 3) de saturação de alumínio, Sete Lagoas, safra 2007/2008.

| Correlação genética das linhagens sensíveis | | | |
|---|----------------------|---------------------|------------|
| Características | Ambiente 1 | Ambiente 2 | Ambiente 3 |
| Altura x Stay-Green | -0.24 ^{n.s} | 0.25 ^{n.s} | 0.95** |
| Altura x Produção | 0.37* | 0.48* | 0.94** |
| Stay-green x Produção | -0.10 ^{n.s} | 0.31 ^{n.s} | 0.80** |

* e ** - significativo e altamente significativo ao teste t; ^{n.s} - não significativo

Houve correlação de maior magnitude e altamente significativa, entre ALT com STAY e PROD no AMB3, indicando que as linhagens sensíveis (ausência dos alelos para o gene *Alt_{SB}*) com menor altura e menor resistência a seca no pós-florescimento, podem ser descartadas dos programas de melhoramento, visando a produção de híbridos com menor sensibilidade ao alumínio e, também, possibilita aos melhoristas melhor confiança na tomada de decisões sobre quais genótipos possuem maiores chances na formação de híbridos adaptados aos solos do cerrado. Os valores obtidos para a correlação entre ALT e PROD do AMB1 é menor que do AMB2, isso demonstra que a altura é um caráter mais eficiente na seleção de linhagens mais produtivas com o aumento da saturação ambiental (Tabela 2).

Vale ressaltar que a correlação para as três características, simultaneamente, no AMB3 apresenta alta significância e que a seleção com base em caracteres correlacionados nesse caso, somente é possível em solos com alta saturação de alumínio. A correlação positiva e significativa entre ALT com PROD e STAY é confirmada mais uma vez, como um critério eficiente na seleção de genótipos produtivos e com maior grau de stay-green, conforme a análise conjunta

(Tabela 3). Molina et al. 2000, observou o mesmo resultado em híbridos de sorgo, onde os híbridos de maior produtividade foram os de maior altura. O mesmo ocorreu com a correlação de STAY e PROD no ambiente com maior saturação (AMB3), onde houve significância para estas correlações, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas do coeficiente de correlação genética (r_G) das linhagens sensíveis e tolerantes ao alumínio, entre altura de plantas, stay-green e produtividade de grãos em três ambientes de saturação de alumínio e entre características dos diferentes ambientes, com 0 (Ambiente 1), 20 (Ambiente 2) e 40% (Ambiente 3) de saturação de alumínio, Sete Lagoas, safra 2007/2008.

| Características | Correlação genética por ambiente | | |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------|------------|
| | Ambiente 1 | Ambiente 2 | Ambiente 3 |
| Altura x Stay-green | -0.04 ^{n.s} | 0.28 ^{n.s} | 0.53* |
| Altura x Produção | 0.63** | 0.68** | 0.72** |
| Stay-green x Produção | -0.26 ^{n.s} | 0.28 ^{n.s} | 0.63** |

* e ** - significativo e altamente significativo ao teste t; ^{n.s} - não significativo

Referência bibliográfica:

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, **Título do Documento disponível em:** <http://www.conab.gov.br> Acesso em 28 de maio 2008.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

DELHAIZE, E.; RYAN P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, v.107, n.2, p.315-321, 1995.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics.** London: Longman, 1981. p. 340.

GRANADOS, G.; PANDEY, S.; CEBALLOS, H. Response to selection for tolerance to acid soils in a tropical maize population. **Crop Science**, Madison, v.33, p.936-940, 1993.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding.** 2nd ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1988. 468 p.

LOPES, M.A.; MAGNAVACA, R.; BAHIA-FILHO, A.F.C.; GAMA, E.E.G. Avaliação de populações de milho e seus cruzamentos para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, p.257-263, 1987.

MAGALHÃES, J.V.; LIU, J.; GUIMARÃES, C.T.; LANA, U.G P.; ALVES, V.M.C.; WANG, Y.; SCHAFFERT, R.E.; HOEKENGA, O A.; PIÑEROS, M.A.; SCHAFF, J.E.; KLEIN, P.E.;

CARNEIRO, N.P.; COELHO, C.M.; TRICK, H.N.; KOCHIAN, L. V. A gene in the multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in sorghum. **Nature Genetics**, Inglaterra, v.39, p. 1156-1161, 2007.

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

MOLINA, L.R., GONCALVES, L.C., RODRIGUEZ, N.M. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Aug. 2000, vol.52, no.4, p.385-390.

PANDEY, S.; CEBALLOS, H.; MAGNAVACA, R.; BAHIAFILHO, A.F.C.; DUQUE-VARGAS, J.; VINASCO, L.E. Genetics of tolerance to soil acidity in tropical maize. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1511-1514, 1994.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In BORÉM, A. (Organizador). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa. Editora UFV, 1999. p. 429-485.

SAWAZAKI, E.; FURLANI, P.R. Genética da tolerância ao alumínio em linhagens de milho cateto. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p.269-278, 1987.
