

ANÁLISE DE CRUZAMENTOS DIALÉLICOS PARCIAIS PARA TEOR DE TANINO EM SORGO¹

WALTER ALVARENGA RODRIGUES², PAULO CÉSAR MAGALHÃES³,
FREDOLINO GIACOMINI DOS SANTOS³ e GERALDO ANTONIO TOSELLO⁴

RESUMO - Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar componentes genéticos de médias para teor de tanino em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], utilizando-se cruzamentos dialélicos parciais (5 x 4). Definiu-se como parentais do grupo 1 as linhagens com ausência de tanino e parentais do grupo 2 aquelas com presença de tanino. Os resultados mostraram que o teor de fenóis variou entre 0,110% e 0,290% equivalente ácido tânico nas linhagens do grupo 1 e de 1,869% a 2,753% nas linhagens do grupo 2. Os híbridos apresentaram valores entre 0,897% e 2,067%. Evidenciou-se que o controle genético do teor de tanino no grão foi predominantemente aditivo. As estimativas das capacidades de combinações permitiram identificar linhagens a serem utilizadas em programas de melhoramento genético por hibridação que objetivassem selecionar sorgo com presença ou ausência de tanino no grão.

Termos para indexação: compostos fenólicos, capacidade de combinação, quantificação, *Sorghum bicolor*.

ANALYSIS OF PARTIAL DIALLEL CROSSES FOR TANNIN CONTENT IN SORGHUM

ABSTRACT - With the objective of estimating genetic compounds for averages in tannin content in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], an experiment of partial diallel crosses (5 x 4) was carried out. Inbreds with no tannin were identified as parents of group 1 and parents of group 2 the inbreds with tannin. The results showed that phenol content in the grain varied between 0.110% and 0.290% equivalent tannic acid for the inbreds of group 1 and 1.869% and 2.753% for the group 2. The hybrids showed values between 0.897% and 2.067%. It was shown that the genetic control of tannin content was mainly additive. The estimatives for combining ability allow to identify inbreds which can be used in plant breeding programs, intending to obtain sorghum with no tannin or with tannin in the grain.

Index terms: phenolic compounds, combining ability, quantity, *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

Os taninos compreendem um grupo de compostos fenólicos encontrados principalmente em frutos

verdes e plantas da família Graminae (Hahn et al., 1984). Do ponto de vista bioquímico, uma característica importante dos taninos é a capacidade de se ligar às proteínas por meio de pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas (Butler, 1989a).

No campo, esses compostos fenólicos conferem ao sorgo características de resistência a pássaros (Rodrigues et al., 1992), redução da germinação do grão na panicula (Harris & Burns, 1970), e maior resistência ao desenvolvimento de fungos causadores da podridão no grão antes da colheita (Harris & Burns, 1973). Ao contrário desses efeitos favoráveis, os polifenóis reduzem o valor nutritivo do grão de sorgo, quando utilizado em dietas, porque a pre-

¹ Aceito para publicação em 2 de dezembro de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., Prof. Adjunto, Dep. de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Univ. Fed. de Goiás, Caixa Postal 131, CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mail: walteralvarenga@yahoo.com

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Genética, ESALQ/USP, Caixa Postal 83, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

sença do tanino, além de reduzir a digestibilidade pela precipitação de proteínas, reduz a palatabilidade da ração devido à adstringência, conferindo, em consequência, um menor ganho de peso aos animais (Butler, 1989b). Desta forma, pesquisadores têm se empenhado em reduzir os efeitos indesejáveis causados pelos taninos.

A pigmentação do pericarpo e da testa no grão de sorgo se deve a compostos fenólicos. Em sorgo, a cor e provavelmente os fenóis são controlados por combinações dos genes R, Y, I, B₁, B₂, S e T_p (Hahn et al., 1984).

Os genes R e Y determinam a coloração do pericarpo, ou seja, branco, amarelo ou vermelho. O pericarpo é branco quando os alelos do gene Y são recessivos (rryy ou R_{yy}). Amarelo, quando um dos alelos do gene Y é dominante e os alelos do gene R são recessivos (rrY_{yy}). E vermelho, quando um ou ambos os alelos dos genes R e Y são dominantes (R_{YY}). Há ainda o gene I, que controla a intensidade de cor do pericarpo. Este efeito é mais pronunciado quando a cor do pericarpo é vermelha (Hahn et al., 1984).

A presença dos pigmentos na testa é controlada pelos genes complementares B₁ e B₂. Quando ambos são dominantes (B₁B₂) existirá pigmentação na testa. Se um ou ambos os genes possuem alelos recessivos (b₁b₁B₂, B₁b₂b₂ ou b₁b₁b₂b₂), a pigmentação na testa é ausente. O gene S controla a dispersão de pigmentos no pericarpo quando a testa está presente. A cor do pericarpo é marrom quando um dos alelos do gene S é dominante, e branco, amarelo ou vermelho quando ambos forem recessivos. A cor da testa é determinada pelo gene T_p; a cor púrpura ocorre quando ambos os alelos são recessivos (t_pt_p), e marrom quando é dominante (T_p), segundo Hahn et al. (1984).

Quanto à herança do teor de tanino em sorgo, estudos conduzidos por Woodruff et al. (1982) e Borges (1993) permitem concluir que este caráter apresenta alta herdabilidade, heterose significativa e efeito de dominância na presença de tanino no grão.

No Brasil, os programas de melhoramento para produzir sorgo com boas qualidades nutritivas e resistentes a pássaros são conduzidos sem a escolha dos parentais que possibilitam obter populações

segregantes promissoras. Assim, o objetivo deste estudo foi estimar componentes genéticos de médias de teor de tanino no grão, para orientar o melhorista na seleção de linhagens com boa capacidade de combinação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), em Sete Lagoas, MG. Os materiais genéticos utilizados como parentais nos cruzamentos dialélicos parciais (5 x 4) em sorgo pertencem ao banco de germoplasma do CNPMS (Tabela 1). Definiu-se como parentais do grupo 1 as linhagens com ausência de tanino no grão e parentais do grupo 2 as linhagens com presença de tanino no grão.

Os 20 híbridos F₁, incluindo os recíprocos, e as nove linhagens foram avaliados em um experimento no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, sendo as parcelas constituídas pelos materiais genéticos correspondentes a uma linha de cinco metros.

Para a extração e a determinação da presença de tanino nas amostras utilizou-se o método Azul da Prússia descrito por Price & Butler (1977). Para tanto, em tubos de ensaio contendo 500 mg do grão moído, foram adicionados 10 mL de HCl 1% em metanol. As amostras foram agitadas levemente por 20 minutos e a seguir centrifugadas por oito minutos a 1000 rpm, guardando o sobrenadante, que se constituiu no extrato.

Para a determinação do teor de tanino no grão foram adicionados 50 mL de água destilada e 0,2 mL do extrato em erlemeyer de 125 mL. O controle foi constituído de 0,2 da solução de HCl 1% em metanol.

TABELA 1. Materiais genéticos avaliados em esquema de cruzamentos dialélicos parciais. CNPMS, Sete Lagoas, MG. 1994.

Grupo 1: sem tanino	Grupo 2: com tanino
1.CMSXS 102 B	1'.CMSXS 210 B
2.CMSXS 116 R	2'.SC 103-12
3.CMSXS 180 R	3'.RED HULL
4.ARK 1097	4'.IS 10942 B
5.IS 3981	

A seguir, adicionou-se 3 mL de cloreto férrico (FeCl_3) 0,05 M em HCl 0,1 N. Após três minutos adicionou-se também 3 mL de ferrocianeto de potássio [$\text{FeK}_3(\text{CN})_6$] 0,008 M. A leitura de absorbância foi em espectrofotômetro a 720 nm. Para determinação da presença de tanino nas amostras, utilizou-se uma curva padrão obtida a partir de soluções contendo diferentes concentrações de ácido tânico.

A análise de variância considerou a média dos cruzamentos recíprocos de acordo com o método descrito por Geraldi & Miranda Filho (1988), desenvolvido a partir do método 2 do modelo de Griffing (1956), que permite verificar o efeito dos parentais e dos respectivos híbridos e estimar os componentes genéticos de médias, como a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) das linhagens, conforme o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = média do híbrido entre a linhagem i do grupo 1 (ausência de tanino) e a linhagem j do grupo 2 (presença de tanino),

m = média dos híbridos,

g_i e g_j = são os efeitos da capacidade geral de combinação da linhagem de ordem i e j, respectivamente,

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação do híbrido Y_{ij} .

e_{ij} = erro experimental associado ao híbrido Y_{ij} .

As estimativas da capacidade geral de combinação (g) e capacidade específica de combinação (s_{ij}) foram obtidas pelas seguintes expressões:

$$g_i = Y_i - Y_H$$

$$g_j = Y_j - Y_H$$

$$s_{ij} = Y_{ij} - Y_i - Y_j + Y_H$$

onde:

$Y_i - Y_j$ = média dos cruzamentos em que participa cada um dos parentais de ordem i e j, respectivamente,

Y_H = média dos ij cruzamentos entre os dois grupos de parentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de tanino no grão variou entre 0,110% e 0,290% equivalente ácido tânico nas linhagens do grupo 1, e de 1,869% a 2,753% nas linhagens do grupo 2. Os híbridos apresentaram valores entre 0,897% e 2,067%, conforme observa-se na Tabela 2. Cabe ressaltar que a partir de 0,8% equivalente ácido tânico considera-se que há a presença de tanino no grão, abaixo deste valor apenas outros polifenóis que não o tanino condensado. Tais valores, Tabela 2, mostram uma ampla variabilidade do teor de tanino no grão.

Observa-se na Tabela 3 que houve diferenças significativas entre as populações, o que pode ser atribuído às distinções verificadas entre as linhagens do grupo 1 e grupo 2. Também, que os parentais do grupo 1 mostraram-se homogêneos, ao contrário das linhagens do grupo 2. E que houve diferenças entre os parentais e os híbridos e também entre as populações constituídas pelos híbridos, sendo tais diferenças possivelmente explicadas pelos efeitos significativos da capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens do grupo 1 e grupo 2 e pela capacidade específica de combinação (CEC). O efeito significativo da CGC revela que os parentais contribuíram diferentemente para a média do teor de tanino

TABELA 2. Teor de tanino (%) equivalente ácido tânico das linhagens e dos híbridos. Média de três repetições. Sete Lagoas, MG. 1994.

Linhagens cruzadas	Grupo 2: com tanino				Linhagens (1)	
	1'	2'	3'	4'		
Grupo 1:	1	1,044	1,028	1,979	1,419	0,245
sem	2	1,909	1,054	1,582	1,912	0,110
tanino	3	1,417	0,897	1,982	1,703	0,290
	4	1,215	1,050	2,067	1,848	0,252
	5	1,066	0,958	1,301	0,999	0,182
Linhagens (2)		2,143	1,869	2,753	2,619	

nos híbridos. Nota-se que apesar de não ter sido observado diferenças significativas entre as linhagens do grupo 1, elas contribuíram diferentemente para a média dos híbridos.

O efeito significativo da CEC mostra que os híbridos avaliados neste estudo apresentaram em geral desempenho diferente em relação ao esperado, com base no comportamento médio dos parentais envolvidos. Observa-se também que o quadrado médio (QM) da CGC foi maior que o QM da CEC, evidenciando uma maior contribuição dos efeitos

TABELA 3. Análise de variância da tabela dialética em teor de tanino no grão. Sete Lagoas, MG. 1994.

Fonte de variação	GL	QM
Populações	28	0,5092**
Linhagens (1)	4	0,0049
Linhagens (2)	3	0,1693**
Linh.(1) vs Linh. (2)	1	10,0830**
Linh. vs Híbridos	1	0,4162**
Híbridos	19	0,1698**
CGC (1)	4	0,1772**
CGC (2)	3	0,5703**
CEC	12	0,0673**
Erro	56	0,0050

** Significativo a 1% de probabilidade.

aditivos no controle do teor de tanino no grão (Tabela 3).

As estimativas da capacidade geral de combinação (g_i e g_j) e capacidade específica de combinação (s_{ij}) são apresentadas na Tabela 4. Observa-se que as linhagens CMSXS 116 R (2) e RED HULL (3') apresentaram os maiores valores de CGC, 0,1927 e 0,3607 respectivamente, revelando a possibilidade de serem utilizadas como parentais em programas de melhoramento se o objetivo for a presença de tanino no grão. Por sua vez, as linhagens IS 3981 (5) e SC 103-12 (2') apresentaram os menores valores de CGC, -0,3405 e -0,4241 respectivamente, portanto, podem ser utilizadas em programas de melhoramento se o objetivo for a ausência de tanino no grão.

Quanto à capacidade específica de combinação, o híbrido CMSXS 116 R (2) X RED HULL (3') apresentou a menor estimativa (-0,3929). Tal resultado mostra que esses materiais genéticos, quando em cruzamentos para a formação de híbridos, contribuem com maior número de alelos para ausência do teor de tanino no grão. Os híbridos CMSXS 116 R (2) X CMSXS 210 B (1') e IS 3981 (5) X SC 103-12 (2') apresentaram as maiores estimativas de CEC, 0,3861 e 0,3011 respectivamente, mostrando que eles se complementam com alelos favoráveis para presença de tanino no grão (Tabela 4).

TABELA 4. Estimativas da capacidade geral de combinação (g_i e g_j) e capacidade específica de combinação (s_{ij}). Sete Lagoas, MG. 1994.

s_{ij}		Grupo 2: com tanino				g_i
		1'	2'	3'	4'	
Grupo 1: sem tanino	1	-0,2322	0,0846	0,2508	-0,1032	-0,0540
	2	0,3861	-0,1361	-0,3929	0,1431	0,1927
	3	0,0086	-0,1786	0,1216	0,0486	0,0782
	4	-0,2387	-0,0709	0,1613	0,1483	0,1235
	5	0,0763	0,3011	-0,1407	-0,2367	-0,3405
g_j		-0,0913	-0,4241	0,3607	0,1547	

Nota-se que apesar de as linhagens CMSXS 116 R (2) e RED HULL (3') apresentarem as maiores estimativas de CGC, o híbrido entre elas apresentou a menor estimativa de CEC (Tabela 4). De forma semelhante, as linhagens IS 3981 (5) e SC 103-12 (2') apresentaram as menores estimativas de CGC, no entanto, o híbrido entre elas apresentou estimativa relativamente alta de CEC. Provavelmente, tais valores resultam da epistasia duplo-recessiva que envolve os genes B₁ e B₂, controladores da pigmentação da testa.

CONCLUSÕES

1. Os materiais genéticos apresentam ampla variabilidade para o teor de tanino no grão.

2. As linhagens diferem quanto à capacidade de combinação para aumentar ou reduzir o teor de tanino no grão.

3. O teor de tanino é uma característica controlada por genes com predominância de efeitos aditivos.

REFERÊNCIAS

- BORGES, J.F.M. Avaliação do teor de tanino em linhagens de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus cruzamentos. Piracicaba: USP-ESALQ, 1993. 91p. Tese de Mestrado.
- BUTLER, L.G. New perspective on the antinutritional effects of tannins. In: KINSELLA, J.E.; SOUCIE, B. (Eds.). *Foods products*. Champaign: American Oil Chemistry Society, 1989a. ch.22, p.402-409.
- BUTLER, L.G. Sorghum polyphenols. In: CHEEKE, P.R. (Ed). *Toxicants of plant origin*, Boca Raton: CRC Press, 1989b. v.4, ch. 5, p.95-123.
- GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.11, n.2, p.419-430, 1988.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v.9, n.4, p.463-493, 1956.
- HAHN, D.H.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*, St. Paul, v.29, n.12, p.776-779, Dec. 1984.
- HARRIS, H.B.; BURNS, R.E. Influence of tannin content on preharvest seed germination in sorghum. *Agronomy Journal*, Madison, v.62, p.835-836, Nov./Dec. 1970.
- HARRIS, H.B.; BURNS, R.E. Relationship between tannin content of sorghum grain and preharvest seed molding. *Agronomy Journal*, Madison, v.65, p.957-959, Nov./Dec. 1973.
- PRICE, M.L.; BUTLER, L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, v.25, n.6, p.1268-1273, 1977.
- RODRIGUES, W.A.; PAIVA, E.; SANTOS, F.G.; RODRIGUES, J.A.S. Variabilidade para teor de tanino em sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e sua associação com a resistência a pássaros. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.1, p.74-77, jan./mar. 1992.
- WOODRUFF, B.J.; CANTRELL, R.P.; AXTEL, J.D.; BUTLER, L.G. Inheritance of tannin quantity of sorghum. *Journal of Heredity*, Baltimore, v.73, n.3, p.214-218, May/June 1982.

