



CAPACIDADES GERAL E ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO PARA O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CULTIVARES DE ALGODÃO

Luiz Paulo de Carvalho (Embrapa Algodão / carvalho@cnpa.embrapa.br), George Elton Lucena Silva (Universidade Estadual da Paraíba), Catarina Chagas de Andrade (Universidade Estadual da Paraíba), Marleide Magalhães de Andrade Lima (Embrapa Algodão), Rosa Maria Mendes Freire (Embrapa Algodão), Giovani Greigh de Brito (Embrapa Algodão), Leonardo Henrique Guedes de Moraes Lima (Bolsista CNPq)

RESUMO - A identificação de alternativas ao uso do petróleo como combustível de motores a diesel tem sido requisito de estudos demandados pelo aumento do aquecimento global. Entre essas alternativas, o algodão é considerado uma fonte para produção de biodiesel, inclusive por não afetar a produção de alimentos para o homem. Este trabalho tem por objetivo avaliar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares selecionadas quanto ao teor de óleo, de modo a selecionar progenitores para programa de melhoramento. Foram utilizados dois grupos de progenitores que participaram de dois cruzamentos dialélicos distintos. Utilizaram-se sementes de 10 híbridos e de 5 progenitores de cada dialélico, perfazendo um total de 15 tratamentos. Cada lote de semente, que corresponde a um tratamento, foi dividido em dois sub-lotes os quais constituíram as duas repetições de cada tratamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições. Houve significância estatística entre os tratamentos a nível de 1% de probabilidade, significando que existem médias dos tratamentos que diferem estatisticamente entre si quanto ao teor de óleo. Também foram significativos os efeitos da capacidade geral e específica de combinação, destacando-se os progenitores V3, STO-B-59 e Parrot.

Palavras-chave: fonte de biocombustível, óleo vegetal, heterose.

INTRODUÇÃO

O cenário atual, resultante do aumento do aquecimento global, tem despertado particular interesse em identificar fontes alternativas ao uso do petróleo como combustível de motores a diesel. Como alternativas potenciais para produção de combustível, estão disponíveis mais de 350 espécies de plantas produtoras de óleo identificadas, como girassol, soja, algodão, amendoim, coco, entre outras (WAN-CHAO, 2008).

Atualmente, a produção de caroço de algodão no Brasil está em torno de 720.000 toneladas. Caso toda essa produção fosse transformada em óleo, considerando um teor de óleo de 15% na semente, seriam produzidos 108.000.000 litros. O desenvolvimento de cultivares com 25% de óleo na semente – uma vez que o teor de óleo nas sementes pode chegar a 32% - poderia representar um aumento de 72.000.000 litros.

Os objetivos do melhoramento genético do algodoeiro realizado nas diversas partes do mundo sempre foram direcionados para a produção e qualidade da fibra; as características da semente tem sido, portanto, pouco focalizadas.

Alguns fatores afetam a composição química das sementes de algodão, como cultivares, locais, anos e suas interações, mostrando-se como fontes de variação altamente significativas associadas à composição das sementes (CHERRY; LEFLLER, 1984). De acordo com alguns autores, o melhoramento genético pode alterar as propriedades químicas e físicas das sementes (CHERRY et al., 1970; KOHEL; CHERRY, 1983; POPE; WARE, 1945). As sementes de algodão são ainda excelentes fontes de óleo e proteína devido à sua alta composição destes constituintes e a qualidade de seus ácidos graxos e aminoácidos (CHERRY et al., 1978; CHERRY; BERARDI, 1983). De acordo com Wan-Chao (2008), pesquisadores da Universidade do Texas nos EUA produziram dois mutantes com características desejáveis de alto teor de óleo na semente e potencial para produção de biodiesel. Estas identificações foram feitas a partir de populações quimicamente induzidas à mutação e foram identificadas seis linhas M8 com aumento do teor de óleo.

Este trabalho tem por objetivo analisar o teor de óleo em sementes de acessos do BAG pertencentes à Embrapa Algodão, bem como avaliar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares selecionadas quanto ao teor de óleo, de modo a selecionar progenitores a serem utilizados no programa de melhoramento.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção dos progenitores e obtenção dos híbridos

Foram utilizados dois grupos de progenitores que participaram dos dois cruzamentos dialélicos.

A escolha dos progenitores baseou-se em análise prévia do teor de óleo em 350 acessos do banco de germoplasma da Embrapa Algodão, onde se selecionaram os dez genótipos com maior teor de óleo para participar do estudo. Os dez genótipos foram então divididos em dois grupos (Tab. 1) e os cruzamentos realizados entre cultivares do mesmo grupo.

Tabela 1. Progenitores utilizados nos cruzamentos dialélicos.

Progenitores	
Dialelo 1	Dialelo 2
1 - STO 2B-59	A - Coker 310
2 - 149 FURRS	B - Parrot 427
3 - V3	C - Auburn 2
4 - Acala-13-3-1	D - T-16
5 - Aroeira	F - 2109 NTH-20

Cada cultivar foi plantada em fileira de 5m de comprimento, no campo, e, na floração, foram realizados os cruzamentos de todas entre si, sem os recíprocos, de acordo com o esquema dialélico, obtendo-se $p(p-1)/2$, ou, 10 híbridos, dentro de cada grupo, sendo $p= 5$, ou seja, igual ao número de progenitores dentro de cada grupo.

Análise do teor de óleo no RMN

As análises do teor de óleo das cultivares selecionadas e seus híbridos foram feitas no aparelho de ressonância magnética RMN, no laboratório da Embrapa Algodão, em Campina Grande-PB. As sementes de cada cultivar ou híbrido foram deslintadas e posteriormente secas, sendo eliminadas sementes chochas e com furos. Amostras de 50 sementes foram introduzidas no RMN para realização das análises do teor de óleo.

Análise dialélica

Utilizaram-se sementes de 10 híbridos e de 5 progenitores de cada dialélico, perfazendo um total de 15 tratamentos. Cada lote de semente, que corresponde a um tratamento, foi dividido em dois sub-lotes os quais constituíram as duas repetições de cada tratamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições. Utilizou-se o método 2 de Griffing (1956) na análise dos dialelos. Neste método, a soma de quadrados de tratamentos é desdobrada em soma de quadrados da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), utilizando-se o modelo: $Y_{ij} = m + \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij} + \epsilon_{ij}$. As heteroses foram calculadas pela fórmula: $\hat{h} = F_1 - (P_1 + P_2)/2$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dialelos encontra-se na Tabela 2. Verificou-se diferença entre os tratamentos quanto ao teor de óleo a nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2. Análise de variância do teor de óleo em cultivares e híbridos nos dialelos 1 e 2.

FV	GL	QM ₁	QM ₂	F1	F2
Tratamento	14	2.81	1.39	7.42 **	11.41**
CGC	4	6.29	1.64	16.58 **	13.54**
CEC	10	1.42	1.28	3.76 **	10.56**
Resíduo	15	0.38	0.12		
Média	22,90	23.55			
CV (%)	2.69	1.48			
Cvg (%)	4.63	3.38			
1 – Modelo fixo	$\Phi_g = 0.85$	$\Phi_g = 0.21$			
** P <0.01	$\Phi_s = 1.04$	$\Phi_s = 1.16$			

Também foram significativos os efeitos de capacidade geral e específica de combinação. Os valores de F, significativos para as CGC e CEC, mostram a existência de variabilidade causada pela ação aditiva e não aditiva, respectivamente, dos genes que governam o teor de óleo nas sementes de algodoeiro. Isto pode ser verificado também pelas médias dos progenitores nos dois dialelos (Tab. 3). No dialelo 1, o progenitor V₃ mostrou diferença estatística de pelo menos dois outros genitores quanto ao teor de óleo. O genitor 149 FURRS foi o que apresentou o menor teor de óleo. Com relação às médias dos híbridos, destacou-se o cruzamento 3x4, ou seja, entre V₃ e Acala 1-13-3-1, que se mostrou significativamente diferente dos híbridos 4x5, 2x5 e 2x3. No dialelo 2, o genótipo T-16 diferenciou-se significativamente do Parrot 42 e o híbrido entre eles foi o de maior teor de óleo, significativamente diferente da maioria dos híbridos.

Apesar dos quadrados médios da CGC e CEC terem sido ambos significativos, uma avaliação da importância dos efeitos aditivos e não aditivos dos genes que controlam o teor de óleo nas sementes pode ser visualizada nas estimativas dos componentes quadráticos associados às CGC e CEC. No caso do dialelo 1, o componente quadrático associado à CEC foi 1.04 e à CGC, de 0.85. No dialelo 2, foi de 1.16 e 0.21, evidenciando maior importância dos efeitos não aditivos dos genes, o que não retira, contudo, a importância também dos efeitos aditivos na expressão do teor de óleo.

Tabela 4. Capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para teor de óleo em cultivares de algodão *Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch em dois dialelos.

Progenitor	\hat{g}_i	Progenitor	\hat{g}_i
STO-2B-59 (1)	0.52	Coker 310 (A)	0.13
149 FURRS (2)	-0.88	Parrot 427 (B)	-0.15
V3 (3)	0.74	Auburn 2 (C)	-0.38
Acala1-13-3-1 (4)	-0.43	T-16 (D)	0.51
Aroeira (5)	0.04	2109 NTH (F)	-0.11

Efeitos da capacidade específica de combinação

No dialelo 1, os cruzamentos 1x2 e 3x4 obtiveram as maiores estimativas de s_{ij} (Tab.5). Vale salientar que dois dos envolvidos nos cruzamentos, STO-2B-59 e o V₃, por apresentarem altas estimativas da CGC, devem ser preferidos para programas de seleção intrapopulacional, caso a seleção seja direcionada para aumento do teor de óleo. Na tabela 6, o cruzamento BxD do dialelo 2 apresentou o maior efeito da CEC. Como o progenitor B obteve alto efeito da CGC, este progenitor também é indicado para seleção intrapopulacional.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação para teor de óleo envolvendo 5 progenitores e seus híbridos em algodão *Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch - dialelo 1.

Progenitores	1	2	3	4	5
1	-0.18	0.63	-0.32	-0.03	0.10
2		-0.60	-0.59	1.12	0.04
3			-0.28	1.61	-0.12
4				-0.87	-0.95
5					0.46

Os valores de \hat{s}_{ii} têm grande significado genético considerando-se o seu sinal e magnitude. No dialelo 1, a maioria dos sinais de \hat{s}_{ii} foram negativos evidenciando desvio da dominância unidirecionais e, conseqüentemente, heterose positiva em híbridos entre progenitores divergentes. A magnitude de \hat{s}_{ii} indica divergência genética do progenitor i em relação à média apresentada pelos outros progenitores do dialelo. Maior valor de \hat{s}_{ii} resulta em maior heterose no híbrido deste progenitor com os demais. Verifica-se na Tabela 5 que o maior valor \hat{s}_{ii} encontrado no dialelo 1 foi para a cultivar 4 e houve heterose considerável em alguns híbridos; característica também evidenciada na Tabela 7 quando o

progenitor 4 está presente em três dos cruzamentos (1x2, 1x4, 2x4 e 3x4). É importante ressaltar que a cultivar 4 é Acala1-13-3-1, esperadamente mais divergente dos demais devido à sua constituição genética. No dialelo 2, alguns valores de \hat{s}_{ii} foram negativos e dois híbridos em que participava o progenitor B obtiveram heterose considerável. A escolha dos genitores baseada na heterose seria preferível num programa de produção de híbridos, mas não no caso da seleção intrapopulacional, pois a heterose não reflete a superioridade de frequências alélicas, mas apenas a divergência entre genitores.

Tabela 6. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação para teor de óleo envolvendo 5 progenitores e seus híbridos em algodão *Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch.

Progenitores	A	B	C	D	E
A	0.48	-0.22	0.18	-0.81	-0.10
B		-0.33	-0.89	1.73	0.05
C			0.75	-0.89	0.10
D				-0.15	0.28
E					-0.17

Tabela 7. Heterose (%) para teor de óleo na semente em híbridos entre cultivares de algodão.

Híbridos	Heterose (%)*	Híbridos	Heterose (%)*
(1x2)	4.64	(AxB)	-1.25
(1x3)	-0.37	(AxC)	-1.81
(1x4)	2.22	(AxD)	-4.01
(1x5)	-0.16	(AxF)	-1.1
(2x3)	-0.67	(BxC)	-4.76
(2x4)	8.9	(BxD)	8.36
(2x5)	0.49	(BxF)	1.34
(3x4)	9.6	(CxD)	-4.97
(3x5)	-0.92	(CxF)	-0.80
(4x5)	-3.35	(DxF)	1.89

* % em relação à média dos pais.

CONCLUSÃO

Há grande variabilidade entre os progenitores quanto ao teor de óleo nas sementes;

A ação aditiva e não aditiva dos genes são significativas na determinação do teor de óleo nas sementes;

V3, STO-B-59, e Parrot destacaram-se como bons combinadores, podendo ser recomendados para programas de melhoramento com seleção intrapopulacional para aumento de teor de óleo;

Evidenciou-se heterose positiva para aumento do teor de óleo em alguns híbridos.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

O estudo possibilitou a seleção de progenitores a serem utilizados em programa de melhoramento direcionado ao aumento do teor de óleo em sementes de algodoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHERRY, L.; LEFFLER, H. R. Seed. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 511-569.

CHERRY, W. R.; BERARDI, L. C. Cottonseed. In: WOLF, I. A. (Ed.). **CRC handbook of processing and utilization in agricultural**. Boca Raton: CRC Press, 1983. v. 2, p. 187-256.

CHERRY, W. R.; GRAY, M. S. Methylene chloride extraction of gossypol from cottonseed products. **J. Food Science**, v. 46, p. 1726-1733, 1978.

CHERRY, W. R.; KATERMAN, F. R. K.; ENDRIZZI, J. E. Comparative studies of seed proteins of species of *Gossypium* by gel electrophoresis. **Evolution**, v. 24, p. 4231-4247, 1970.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Austr. J. Biol. Sci.**, v. 9, p. 463-493, 1956.

KOHEL, R. J. CHERRY, J. P. Variation of cottonseed quality with stratified harvests. **Crop Science**, v. 23, p. 1119-1124, 1983.

POPE, O. A.; WARE, J. O. **Effect of variety, location and season on oil, protein, and fuzz of cottonseed and on fiber problems of lint**. Washington: USDA, 1945.

WAN-CHAO, N.; YU-WEN, Y.; BAO-LONG, Z.; XINLIAN, S. Cottonseed oil as promising biodiesel in future. **Cotton Science**, v. 20, p. 62, 2008.