

Avaliação de Genitores de Soja Adaptados ao Estado de São Paulo em Cruzamentos Dialélicos

Fernando Hoshino Shirahige¹; Leandro Augusto Andrade Fumes²; Larissa Pereira de Castro³; Guilherme José Farias⁴; Rosa Maria Alvarez Parra⁵; José Manoel Colombari Filho⁶; Isaias Olívio Geraldi⁷

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros da capacidade geral e específica de combinação entre seis cultivares de soja adaptadas às condições de cultivo do Estado de São Paulo, identificando genitores e combinações promissoras. Os seis genitores e os 15 cruzamentos foram avaliados em um experimento em blocos casualizados com 20 repetições, utilizando parcelas lineares de 2 m espaçadas de 0,5 m, contendo 30 plantas após o desbaste. Foram avaliados os caracteres: dias para maturação (DM), altura das plantas na maturação (AM) e produção de grãos (PG). Os quadrados médios de tratamentos de todos os caracteres foram altamente significativos pelo teste F ($P < 0,01$), bem como os quadrados médios da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC). A CGC foi o efeito preponderante na composição das médias dos cruzamentos para os caracteres PG e AM, e dois genitores destacam-se quanto à concentração de alelos favoráveis: FT-10 e Embrapa-60. As melhores combinações híbridas envolveram pelo menos um dos genitores com alta CGC.

Introdução

O grande desafio dos melhoristas de soja consiste em identificar genótipos que superem a produtividade de grãos expressa pelas cultivares existentes no mercado (Leffel e Weiss, 1958). Porém, o primeiro desafio encontrado pelo melhorista é a identificação dos genitores que deverão ser utilizados nas hibridações artificiais. A escolha dos genitores com base em caracteres desejáveis é insuficiente para assegurar a obtenção de progênes promissoras. É necessário que os genótipos utilizados nos cruzamentos tenham capacidade combinatória em nível expressivo para produzirem, em alta frequência, recombinações favoráveis (Ferreira Filho, 1982). Desta forma, o sucesso de um programa de melhoramento genético é condicionado pela eficiência na escolha dos genitores, que produzam populações segregantes promissoras, possibilitando a seleção de genótipos superiores. Em vista disso, o cruzamento dialélico tem sido amplamente utilizado para a seleção de genitores.

O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros da capacidade geral e específica de combinação, identificando genitores e combinações promissoras para gerar populações segregantes que atendam a um programa de melhoramento genético de soja no Estado de São Paulo.

Material e Métodos

Foram efetuados cruzamentos dialélicos em casa de vegetação, no ano agrícola de 2007/08, entre seis genitores adaptados às condições de cultivo do Estado de São Paulo: as cultivares Embrapa-60, MG/BR-46 (Conquista), IAC-12, IAC-100, FT-10 (Princesa) e FT-14 (Piracema). No inverno de 2008 realizou-se o avanço da geração F₁ em ambiente com temperatura e fotoperíodo controlado para obtenção de sementes F₂ que posteriormente foram semeadas novamente, para a obtenção de sementes F₃.

O experimento de avaliação dos 15 cruzamentos e dos seis genitores foi realizado na Estação Experimental de Anhembi, localizada no bairro rural de Anhumas, no município de Piracicaba (SP), no ano agrícola de 2009/10. Empregou-se o delineamento em blocos casualizados com 20 repetições. Cada parcela foi definida por três linhas paralelas de 2 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m; porém como parcela útil foi considerada apenas a linha central. Na semeadura, foi adotada uma densidade de 30 plantas por metro linear, realizando-se desbaste para 15 plantas por metro linear. No momento do desbaste, também foi feita a contagem do estande inicial de cada parcela. Foram avaliados os caracteres: número de dias para maturação (DM); altura das plantas na maturação (AM), em cm; e produção de grãos (PG), em g.m⁻². As análises de variância do cruzamento

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP), CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. fhshirah@usp.br;

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP), CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. fumes@usp.br;

³ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP), CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. lpcastro@usp.br;

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP), CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. gjfarias@usp.br;

⁵ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas (ESALQ/USP), CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. rmaparra@usp.br;

⁶ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, e-mail: colombari@cnpaf.embrapa.br;

⁷ Professor Associado, Departamento de Genética da ESALQ/USP, CEP 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. iogerald@esalq.usp.br.

dialélico, bem como as estimativas dos componentes de médias (capacidade geral e específica de combinação) foram obtidas segundo o método 4, modelo I (fixo) de Griffing (1956).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de variância para todos os caracteres estão apresentados na Tabela 1. Os quadrados médios de tratamentos de todos os caracteres foram altamente significativos ($P < 0,01$), evidenciando diferenças entre os 15 cruzamentos e os seis genitores. Devido a isso, foi feito o desdobramento da soma de quadrados de cruzamentos em capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação.

Os coeficientes de variação experimental para as características estudadas variaram de 4,5% a 19,6%, indicando boa precisão do experimento (Tabela 1). Esses coeficientes de variação estão de acordo com os observados por outros autores, para este tipo de parcela.

Na Tabela 1 está apresentada ainda a análise dialélica de variância, com os quadrados médios correspondentes à capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação. Foram detectadas diferenças significativas ($P < 0,01$) para a CGC para todos os caracteres, o que indica haver pelo menos um dos genitores que difere dos demais quanto à CGC. A capacidade específica de combinação (CEC) diferiu significativamente ($P < 0,01$) para produção de grãos (PG) e dias para maturação (DM), mas não para altura na maturação (AM) podendo-se inferir que as diferenças entre as médias dos cruzamentos para PG e DM não se devem somente ao comportamento individual dos genitores. Em todos os caracteres avaliados os quadrados médios da CGC foram superiores aos da CEC e, além disso, a soma de quadrados da CGC explicou de 52,2% (DM) a 88,8% (AM) da variação entre tratamentos, havendo, assim, predomínio da CGC e, portanto, dos efeitos aditivos na variação entre os cruzamentos para estes três caracteres.

Tabela 1. Quadrados médios (QM) obtidos na análise de variância para os caracteres produção de grãos (PG), em $g.m^{-2}$, dias para a maturação (DM), em dias, e altura de plantas na maturação (AM), em cm.

FV	GL	QM		
		PG	DM	AM
Tratamentos	20	34.302,1**	700,5**	383,4**
Genitores	5	21.842,0**	375,4**	470,6**
Cruzamentos	14	35.464,0**	499,3**	284,4**
CGC	5	72.327,6**	729,8**	704,2**
CEC	9	15.250,4**	371,4**	49,2 ^{ns}
Grupos	1	80.340,5**	5.141,6**	1.334,0**
Erro	380	2.411,9	36,0	30,8
CV%		19,6	4,5	11,2
$SQ_{CGC}(\%)^1$		72,5	52,2	88,8
$SQ_{CEC}(\%)^1$		27,5	47,8	11,2

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

¹Porcentagem das somas de quadrados de tratamentos explicadas pelas CGC e CEC.

As médias dos genitores e de seus cruzamentos estão apresentadas na Tabela 2. Observa-se a ocorrência de grande variação entre as médias para os vários caracteres. A média da PG variou de 307,8 $g.m^{-2}$ (Embrapa-60 x IAC-12) a 156,1 $g.m^{-2}$ (MG/BR-46 x FT-14). O mesmo ocorreu para as demais características, isto é, o intervalo de variação foi de 122,7 a 144,0 dias para DM; e 42,7 a 57,6 cm para AM. Estes resultados evidenciam a grande divergência existente entre as cultivares utilizadas, para todos os caracteres.

As estimativas dos efeitos de CGC (g_i e g_j) de cada genitor (Tabela 3) indicam que para PG, na maioria dos genitores os valores foram positivos, ou seja, a capacidade de provocar desvios positivos em relação a média ocorreu em quatro dos seis genitores (Embrapa-60, IAC-12, IAC-100 e FT-10). Estes resultados indicam a alta concentração de alelos favoráveis para PG nesses genitores (Vencovsky, 1987). O maior g_i foi observado no genitor FT-10 ($g_i = 29,37$), ou seja, 1,52 vezes superior ao segundo colocado (Embrapa-60; $g_i = 21,12$). Para as demais cultivares, as CGCs foram negativas, indicando que as mesmas têm menor concentração de alelos favoráveis.

Tabela 2. Média dos genitores e de seus cruzamentos, para produção de grãos (PG), altura das plantas na maturação (AM) e dias para maturação (DM).

Genótipos			PG (g.m ⁻²)	DM (dias)	AM (cm)
EMBRAPA-60			290,1	126,3	45,0
MG/BR-46 (Conquista)			248,8	131,6	56,1
IAC-12			264,1	123,3	42,7
IAC-100			306,1	122,7	44,9
FT-10 (Princesa)			307,6	125,6	44,1
FT-14 (Piracema)			224,4	133,1	46,9
EMBRAPA-60	X	MG/BR-46	202,3	136,9	54,2
EMBRAPA-60	X	IAC-12	307,8	129,2	46,6
EMBRAPA-60	X	IAC-100	268,5	132,3	45,3
EMBRAPA-60	X	FT-10	287,5	132,1	48,6
EMBRAPA-60	X	FT-14	228,7	131,9	45,4
MG/BR-46	X	IAC-12	215,3	139,9	57,6
MG/BR-46	X	IAC-100	220,1	138,8	56,1
MG/BR-46	X	FT-10	278,0	131,6	53,2
MG/BR-46	X	FT-14	156,1	144,0	53,8
IAC-12	X	IAC-100	292,3	126,5	49,9
IAC-12	X	FT-10	239,2	136,0	50,8
IAC-12	X	FT-14	203,3	135,3	48,4
IAC-100	X	FT-10	274,2	132,8	50,3
IAC-100	X	FT-14	208,8	143,4	50,5
FT-10	X	FT-14	248,9	132,2	47,7
Média			251,2	132,7	49,5

Em relação aos demais caracteres, destacam-se quanto à CGC, os seguintes genitores: Embrapa-60 e FT-10 para DM (mais precoces) e Embrapa-60 e FT-14 para AM (porte mais baixo). A avaliação conjunta da CGC revela, portanto, que os alelos favoráveis para os três caracteres estão dispersos entre as cultivares. Entretanto, a cultivar Embrapa-60 reúne alelos favoráveis para todos os caracteres avaliados (Tabela 3), podendo ser indicada em cruzamentos visando aumentar a PG e redução de DM e AM, já que estes são os caracteres de importância para a cultura da soja.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i ou g_j) para os caracteres produção de grãos (PG), dias para maturação (DM) e altura de plantas na maturação (AM) para os seis cultivares de soja e estimativas das médias (\hat{m}).

Caracteres	g_i ou g_j						\hat{m}
	EMBRAPA-60	MG/BR-46	IAC-12	IAC-100	FT-10	FT-14	
PG	21,12	-34,63	11,89	13,39	29,37	-41,13	242,07
DM	-2,96	4,23	-1,84	-0,14	-2,41	3,13	134,86
AM	-3,17	5,53	0,13	-0,17	-0,55	-1,75	50,56

Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas dos efeitos das CEC (s_{ij}) dos 15 cruzamentos, somente para PG e DM, visto que para AM a capacidade específica de combinação (CEC) não foi significativa na análise de variância. Observa-se que os cruzamentos que tiveram boa complementação para os dois caracteres estudados foram, MG/BR-46 x FT-10, Embrapa-60 x IAC-12 e IAC-12 x IAC-100 para PG (mais produtivos) e IAC-12 x IAC-100 e MG/BR-46 x FT-10 para DM (mais precoces).

Analisando-se as médias dos cruzamentos para PG (Tabela 2), observa-se que o primeiro, o terceiro e o quarto classificados reúnem os benefícios dos genitores com maior CGC (Embrapa-60 e FT-10), enquanto o segundo classificado tem ambos os genitores com CGC intermediário (IAC-12 e IAC-100). Desses quatro cruzamentos, três se destacam ainda pela capacidade específica de combinação (Tabela 4), mostrando a importância dos dois efeitos (CGC e CEC) na composição das médias. Observa-se ainda (Tabela 2) que os mesmos cruzamentos se destacam quanto à DM (mais precoces), onde ambos os efeitos (CGC e CEC) contribuem para a composição das médias.

Tabela 4. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}) entre os cultivares para os caracteres produção de grãos (PG) e dias para maturação (DM) para os 15 cruzamentos de soja.

Cruzamentos			s_{ij}	
			PG	DM
EMBRAPA-60	X	MG/BR-46	-26,25	0,81
EMBRAPA-60	X	IAC-12	32,72	-0,82
EMBRAPA-60	X	IAC-100	-8,07	0,53
EMBRAPA-60	X	FT-10	-5,05	2,60
EMBRAPA-60	X	FT-14	6,65	-3,13
MG/BR-46	X	IAC-12	-4,02	2,64
MG/BR-46	X	IAC-100	-0,72	-0,15
MG/BR-46	X	FT-10	41,20	-5,08
MG/BR-46	X	FT-14	-10,20	1,78
IAC-12	X	IAC-100	24,95	-6,39
IAC-12	X	FT-10	-44,12	5,38
IAC-12	X	FT-14	-9,52	-0,80
IAC-100	X	FT-10	-10,62	0,48
IAC-100	X	FT-14	-5,52	5,54
FT-10	X	FT-14	18,60	-3,38

Portanto, a CGC foi o efeito preponderante na composição das médias dos cruzamentos para os caracteres PG e AM, e dois genitores destacam-se quanto à concentração de alelos favoráveis: FT-10 e Embrapa-60. As melhores combinações híbridas envolveram pelo menos um dos genitores com alta CGC, além de cruzamentos com alta CEC. Os mesmos genitores foram superiores quanto à CGC para o caráter DM.

Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado de Leandro Augusto Andrade Fumes. Ao CNPq pelas bolsas de estudos de doutorado de Fernando Hoshino Shirahige, Guilherme José Farias e Larissa Pereira de Castro. Aos funcionários do laboratório Fernandes de Araújo e Gustavo Alexandre Perina pelo auxílio no preparo e condução dos experimentos e na avaliação dos dados experimentais.

Referências

Ferreira Filho AWP (1982) **Mecanismos de seleção e seus efeitos em populações de trigo com diferentes níveis de segregação**. Dissertação de mestrado - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 135p.

Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, 1(9): 462-493.

Leffel RC and Weiss MG (1958) Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybeans. **Agronomy Journal**, 50: 528-534.

Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani E (ed.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Fundação Cargill, Piracicaba, p.135-214.