

CAPACIDADE COMBINATÓRIA E EFEITOS RECÍPROCOS DE ALGUNS CARACTERES EM SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)^{1/}

Cosme Damião Cruz^{2/}

Carlos Sigueyuki Sedyama^{3/}

Tuneo Sedyama^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da capacidade combinatória em gerações segregantes tem recebido considerável ênfase no melhoramento de várias espécies de plantas. Entretanto, poucos têm sido os trabalhos relativos à análise de cruzamentos dialélicos na cultura da soja, em consequência das dificuldades e laboriosidade do processo de cruzamento artificial nessa cultura.

Segundo LEFFEL e WEISS (5), o relacionamento entre linhagens, seus híbridos F₁'s e gerações subsequentes é digno de investigações, por predizer as potencialidades de gerações futuras e fornecer estimativas de parâmetros genéticos essenciais à formulação de métodos de melhoramento. A análise de cruzamentos dialélicos tem sido de grande utilidade para esses fins.

GRIFFING (3) desenvolveu quatro métodos experimentais de análise de cruzamentos dialélicos, nos quais são incluídos, ou não, os pais e os híbridos recíprocos.

Em análises dialélicas, as somas de quadrados de tratamentos são desdobradas em efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) e, dependendo do método utilizado, em efeitos recíprocos.

Embora a magnitude dos quadrados médios não seja indicativa da importância relativa dos componentes de variância genotípica, é possível, através de testes de significância, verificar a existência de variabilidade, com relação aos efeitos genéticos, aditivos e não-aditivos.

^{1/} Aceito para publicação em 21-04-1987.

^{2/} Departamento de Biologia Geral da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa, MG.

WEBER *et alii* (9) e PASCHAL II e WILCOX (7) têm relatado a significância e superioridade dos quadrados médios dos efeitos da CGC, em relação à CEC, para os caracteres produção de grãos, maturidade e altura da planta.

A importância relativa das variâncias da CGC e da CEC, relacionadas com os efeitos aditivos e efeitos devidos aos desvios da dominância, respectivamente, tem sido apontada por diversos pesquisadores. É na existência de tais variabilidades que residem a viabilidade e o sucesso do melhoramento.

Alguns autores têm apontado a significância, para produção de grãos, das variâncias dos efeitos da CGC (4, 5) e da CEC (5, 7). Em alguns casos, a variância da CEC foi superior (5, 7) e, em outros, inferior à CGC (4).

LESHCHENKO e MIKHAILOV (6) estudaram a CGC e a CEC de sete variedades e de uma forma semicultivada de soja. Os autores constataram diferenças entre recíprocos, havendo variedades com melhor comportamento como progenitor masculino que feminino, e vice-versa.

Este trabalho teve por finalidade avaliar a existência de efeitos recíprocos, bem como as capacidades combinatórias, geral e específica, de três cultivares de soja ('UFV-1', 'Paraná' e 'Doko') e de uma linhagem, 'UFV 80-SDK', pertencentes ao Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, por meio de cruzamentos dialélicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Viçosa, MG, e compreendeu as fases de montagem de blocos de cruzamentos (dez/80), em condições de campo, e avaliação de progenitores e geração F_1 (jul/81), em condições de casa de vegetação.

Três cultivares de soja ('UFV-1', 'Paraná' e 'Doko') e a linhagem 'UFV 80-SDK', pertencentes ao Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, foram cruzados, em todas as combinações possíveis, de tal forma que seis híbridos e respectivos recíprocos foram obtidos e, juntamente com os progenitores, analisados segundo o método 1, modelo I, do sistema de análise dialélica proposto por GRIFFING (3).

O cultivo foi realizado em casa de vegetação, em vasos com capacidade de 1.500 g de solo, tendo os tratamentos sido dispostos em delineamento inteiramente casualizado.

A unidade experimental constituiu-se de um vaso com duas plantas em desenvolvimento. Em razão da variação do número de sementes obtidas em cada cruzamento, optou-se pela realização de um experimento com número diferente de repetições, aproveitando-se o máximo de sementes disponíveis.

Foram avaliados os seguintes caracteres: a) período vegetativo: número de dias da emergência ao aparecimento da primeira flor, em qualquer nó (R_1); b) período reprodutivo: número de dias do aparecimento da primeira flor, em qualquer nó (R_1), até que a planta apresentasse pelo menos 95% de vagens maduras (R_0); c) altura da planta: distância (em cm) entre o nível do solo, no vaso, e a extremidade superior da haste principal, por ocasião da colheita; d) produção de sementes: resultado da pesagem, com precisão de décimos de grama, de todas as sementes produzidas pela planta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de avaliar a existência de variações entre tratamentos foi

realizada, preliminarmente, a análise de variância, para os quatro caracteres em estudo. O teste F, a 1% de probabilidade, apontou a existência de diferenças significativas entre tratamentos, com relação a todos os caracteres.

O desdobramento das somas de quadrados de tratamento em capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e efeitos recíprocos (ER) e, ainda, as respectivas médias dos quadrados dos efeitos, para cada caráter avaliado, encontram-se no Quadro 1.

Os quadrados médios referentes à capacidade geral de combinação foram significativos, a 1% de probabilidade, pelo teste F, para todos os caracteres, ao passo que, para capacidade específica de combinação e efeitos recíprocos, houve exceções com relação ao período reprodutivo e altura da planta, respectivamente, que não apresentaram diferenças significativas.

A grande magnitude da média dos quadrados dos efeitos da capacidade geral de combinação, para os caracteres período vegetativo e altura da planta, indica a importância dos componentes aditivos da variância genotípica na determinação desses caracteres. Essas altas estimativas surgem em consequência de serem os cultivares envolvidos de hábito de crescimento determinado. O cultivar 'Paraná' é de ciclo curto e de porte baixo, garantindo a alta variabilidade aditiva, presente até nas gerações híbridas.

A superioridade da média dos quadrados dos efeitos específicos de combinação, em relação aos efeitos gerais e recíprocos, para produção de grãos, confirma a predominância dos efeitos não-aditivos e evidencia a manifestação do vigor híbrido nessas combinações híbridas de soja, tal como já apontado nos relatos de WENTZ e STEWART (10), VEATCH (8), WOODWORTH (11), WEBER *et alii* (9), CHAUDHARY e SING (2), KALTON (4) e CAMPOS (1), entre outros.

Verificou-se que apenas pequena proporção da variabilidade genotípica teve fonte nos efeitos recíprocos. Entretanto, é sempre necessário investigar, nas etapas iniciais de um programa de melhoramento, a ocorrência de fatores citoplasmáticos determinantes dessas variações.

Os efeitos da capacidade geral de combinação, estimados como desvios da média do progenitor, em uma série de combinações híbridas, em relação à média do experimento, são representados no Quadro 2.

As estimativas dos efeitos da CGC constituem indicação de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e têm sido de grande utilidade para indicar progenitores que deverão ser incluídos em programas de seleção. Pelo apresentado no Quadro 2, verifica-se comportamento diferencial dos progenitores utilizados. Os cultivares 'UFV-1' e 'Paraná' trazem, em combinações híbridas, contribuição favorável à precocidade e porte mais baixo das plantas. Entretanto, a contribuição desfavorável a maior período reprodutivo proporcionada pelo cultivar 'Paraná' pode ter sido a causa da sua baixa contribuição ao aumento da produção. O cultivar 'UFV-1' foi o que deu contribuição mais favorável ao aumento de produção de grãos por planta.

Os efeitos da capacidade específica de combinação, estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado, com base na capacidade geral de combinação, e os efeitos recíprocos, estimados pela variação entre os valores dos híbridos e seus recíprocos, são apresentados no Quadro 3.

Os efeitos da capacidade específica de combinação são medidas dos efeitos gênicos não-aditivos. Interessam ao melhorista as combinações híbridas, com estimativas da capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos progenitores que tenha apresentado o mais favorável efeito da capacidade geral de combinação. Entretanto, tais efeitos não especificam qual dos

QUADRO 1 - Quadros médios da capacidade combinatória geral e específica, dos efeitos recíprocos (Método 1, Modelo I de Griffing, (3)) e do erro e médias dos quadrados dos efeitos da capacidade geral e específica e dos efeitos recíprocos, para quatro caracteres de soja

Fontes de variação	GL	Período vegetativo (dias)	Período reprodutivo (dias)	Altura da planta (cm)	Produção de grãos/planta (%)
C.G.C.	3	418,96**	194,75**	1443,67**	18,13**
C.E.C.	6	12,34**	11,79	1048,48**	12,60**
Ef. recíproco	6	8,11**	22,50**	161,92	8,18**
Resíduo	143	2,21	7,11	135,50	2,12
Média dos quadrados dos efeitos					
$1/3 \sum_i \bar{G}_i^2$		52,09	23,45	163,52	2,00
$1/6 \sum_{i < j} \Sigma \Sigma \bar{S}_{ij}^2$		10,13	4,68	912,98	10,48
$1/6 \sum_{i < j} \Sigma R_{ij}^2$		2,95	7,69	13,21	3,03
$\bar{\sigma}^2$		2,21	7,11	135,50	2,12

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

QUADRO 2 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de quatro cultivares de soja, para quatro caracteres, e desvios-padrão (D.P.) dos efeitos de dois progenitores diferentes

Variedade	Período vegetativo (dias)	Período reprodutivo (dias)	Altura da planta (cm)	Produção de grãos/planta (g)
'UFV-1'	- 5,079	0,024	- 10,316	1,500
'Paraná'	- 6,987	- 0,007	- 11,827	- 1,726
'Doko'	8,236	6,080	16,068	- 0,765
'UFV 80-SDK'	3,830	- 0,097	6,074	0,991
D.P. (Gi - Gj)	0,743	1,333	5,820	0,728

progenitores deverá ser utilizado como fêmea ou macho no cruzamento eleito; para obter tal informação, utilizam-se os efeitos recíprocos.

Analisando o Quadro 3, verifica-se que a combinação híbrida de maior capacidade específica de combinação, para o caráter produção de grãos/planta, foi a que envolveu os progenitores cultivar 'UFV-1' e linhagem 'UFV 80-SDK'. Tais progenitores apresentaram as mais altas e positivas estimativas de efeito da capacidade geral de combinação, sendo, portanto, de grande interesse. Uma informação adicional é que o efeito recíproco da combinação 'UFV 80-SDK x UFV-1' foi positivo (0,785), apontando, conseqüentemente, a melhor utilização da linhagem 'UFV 80-SDK' como progenitor feminino e do cultivar 'UFV-1' como progenitor masculino. Tal fato pode ser comprovado pelo teste de média apresentado no Quadro 4. Análises semelhantes podem ser feitas com relação aos demais caracteres estudados.

4. RESUMO

Três cultivares de soja ('UFV-1', 'Paraná' e 'Doko'), a linhagem 'UFV 80-SDK', pertencentes ao Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, e doze híbridos, incluindo recíprocos, resultantes do inter cruzamento desses quatro progenitores, foram estudados em casa de vegetação. Os caracteres avaliados (período vegetativo, período reprodutivo, altura da planta e produção de grãos/planta) foram analisados por meio de um sistema de análise dialélica, no qual os efeitos, geral, específico e recíproco, da capacidade combinatória foram considerados fixos. Observou-se que os efeitos gênicos envolvidos na determinação dos caracteres período vegetativo e período reprodutivo foram predominantemente de natureza aditiva. Para os caracteres produção de grãos/planta e altura da planta, foi evidenciada considerável porção de variância devida aos desvios da dominância. Verificou-se, ainda, que pequena proporção da variabilidade genotípica teve fonte nos efeitos recíprocos. O progenitor de maior capacidade geral de combinação, para o caráter produção de grãos/planta, foi o cultivar 'UFV-1', que quando utilizado como progenitor masculino em combinação híbrida com a linhagem 'UFV 80-SDK', forneceu o híbrido de melhor desempenho, com relação a esse

QUADRO 3 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (Sij), dos efeitos recíprocos (Rij) e dos desvios-padrão (D.P.) dos efeitos de duas combinações dialélicas.

Combinações	Período vegetativo	Período reprodutivo	Altura da planta	Produção de grãos/planta
Híbridos				
A	- 0,804	2,346	- 13,612	- 4,186
A x B	- 2,010	- 0,947	- 17,131	- 1,015
A x C	1,541	- 1,666	8,044	1,099
A x D	1,274	0,267	22,698	4,103
B	1,525	2,858	13,441	0,346
B x C	2,817	- 0,237	29,166	0,240
B x D	- 2,331	- 1,673	- 25,475	0,429
C	- 5,175	- 2,114	- 24,039	- 1,056
C x D	0,817	4,017	- 13,170	- 2,282
D	0,240	- 2,611	15,948	- 4,249
Recíprocos				
B x A	1,011	1,614	- 4,900	- 0,725
C x A	- 2,464	- 1,768	- 2,080	- 1,300
C x B	- 1,737	- 4,362	- 13,950	- 4,660
D x A	- 2,262	- 6,452	- 8,260	0,785
D x B	- 2,650	0,933	13,935	0,070
D x C	1,444	0,489	0,635	- 0,080
D.P. (Sii-Sjj)=	1,486	2,667	11,640	1,456
D.P. (Sii-Sij)=	1,661	2,982	13,014	1,629
D.P. (Sii-Sjk)=	1,287	2,310	10,080	1,261
D.P. (Sij-Sik)=	1,287	2,310	10,080	1,261
D.P. (Sij-Skl)=	1,051	1,886	8,231	1,030
D.P. (Rij-Rkl)=	1,486	2,667	11,640	1,456

1/ A = 'UFV-1'; B = 'Paraná', C = 'Doko' e D = 'UFV 80-SDK'.

2/ Nas combinações híbridas, a primeira letra refere-se ao progenitor feminino.

caráter, cuja média foi significativamente superior à média de todas as outras combinações híbridas ou de qualquer progenitor usado no estudo. Tal fato pode ser comprovado pelo teste de média apresentado no Quadro 4. Análises semelhantes podem ser feitas com relação aos demais caracteres estudados.

5. SUMMARY

(COMBINING ABILITY AND RECIPROCAL EFFECTS OF SOME CHARACTERS IN SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill))

Three soybean cultivars ('UFV-1', 'Paraná' and 'Doko') and 'UFV 80 SDK', a soybean line belonging to the Viçosa Federal University germplasm bank, and twelve hybrids, including reciprocals from the crossing of the four parents, were grown in a greenhouse. Vegetative and reproductive periods, plant height, and

QUADRO 4 - Valores das médias dos quatro caracteres de soja estudados, referentes a quatro progenitores e suas combinações híbridas

Tratamento	Período vegetativo (dias)	Período reprodutivo (dias)	Altura da planta (cm)	Produção de grãos/planta (g)
A x B	86,37 e	82,06 a	189,75 a	12,63 b
A x C	84,27 e	76,45 ab	179,82 a	11,84 b
A x D	99,57 bc	69,14 abcd	235,71 a	14,34 b
A x B	95,62 cd	66,25 bcd	228,50 a	15,74 b
B x C	84,89 e	72,00 abc	213,78 a	10,70 b
B x D	99,14 bc	60,28 cd	249,14 a	12,34 b
C x A	89,20 de	70,00 abcd	200,70 a	13,57 b
C x B	108,63 a	67,45 bcd	238,09 a	11,22 b
C x D	111,67 a	64,87 bcd	233,60 a	13,67 b
D	105,23 ab	58,00 d	252,09 a	11,54 b
B x A	82,25 e	75,25 abc	189,63 a	13,29 b
C x A	104,50 ab	67,75 bcd	239,87 a	16,94 b
C x B	103,67 abc	68,67 abcd	265,67 a	10,77 b
D x A	99,10 bc	71,50 abc	256,40 a	25,06 a
D x B	94,50 cd	62,83 bcd	178,83 a	13,43 b
D x C	108,78 a	66,78 bcd	232,33 a	13,83 b

1/ A = 'UFV-1', B = 'Paraná', C = 'Doko', D = 'UFV 80-SDK'.

2/ As médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3/ Nas combinações híbridas, a primeira letra refere-se ao progenitor feminino.

grain yield were analysed by a system of diallel analysis where the general, the specific, and the reciprocal effects of the combining ability were considered fixed. It was observed that the gene effects involved in the determination of vegetative and reproductive periods were predominantly of additive nature. For yield and plant height, a considerable portion of dominance variance was evidenced. It was also verified that a small proportion of genotypic variability had its source in reciprocal effects. 'UFV-1' was the parent of greatest general combining ability for grain yield, and when crossed with 'UFV 80-SDK' as the male, produced the best performing hybrid in relation to this trait, whose average was significantly superior to the average of all other hybrid combinations or parents used in this study.

6. LITERATURA CITADA

1. CAMPOS, L.A.C. *Estudo da Heterose, da Herdabilidade e de Correlações de Algumas Características Agronômicas em Cruzamentos de Soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Viçosa, U.F.V., 1979, 76 p. (Tese M.S.).
2. CHAUDHARY, D.N. & SING, B.B. Heterosis in Soybean. *Indiana J. Gen. Plant. Breed.*, 34:69-74, 1974.
3. GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.*, 9:463-493, 1956.
4. KALTON, R.R. *Breeding behavior in successive generations following hybridization in soybeans*. Ames, Iowa Agric. Exp. Station, 1948. p. 669-732. (Res. Bull., 358).
5. LEFFEL, R.C. & WEISS, M.G. Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybeans. *Agron. J.*, 50: 528-534, 1958.
6. LESHCHENKO, A.K. & MIKHAILOV, V.G. The combining ability of soya bean. *Plant Breeding Abstracts*, 43(1):254, 1975. (Abst. 3225).
7. PASCHAL II., E.H. & WILCOX, J.R. Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. *Crop Sci.*, 15:344-349, 1975.
8. VEATCH, C. Vigor in soybean as affected by hybridity. *J. Amer. Soc. Agron.*, 22:289-310, 1930.
9. WEBER, C.R.; EMPIG, L.T. & THORNE, J.C. Heterotic performance and combining ability of two-way F₁ soybean hybrids. *Crop Sci.*, 10:159-160, 1970.
10. WENTZ, J.B. & STEWART, R.T. Hybrid vigor in soybeans. *J. Amer. Soc. Agron.*, 16:534-540, 1924.
11. WOODWORTH, C.M. Genetics of the soybean. *J. Amer. Soc. Agron.*, 25:36-51, 1933.