
Análise dialélica da capacidade combinatória em soja

Diallel analysis of combining ability on soybean

ZORZETTO, Máira Miranda 1

MOTTA, Fernanda da Costa 1

MORAIS, Lizz Kezzy de 2

KIIHL, Tammy Aparecida Manabe 2

SILVA, Ricardo Machado da 3

1 Estagiária, Instituto Agrônomo de Campinas

2 Pesquisadora, Instituto Agrônomo de Campinas

Centro de Grãos e Fibras

3 Professor, Universidade de Taubaté

Autor para correspondência: mazorzetto@hotmail.com

Recebido em 21 de outubro de 2008; aceito em 05 de março de 2009

RESUMO

O objetivo desse estudo foi identificar cultivares e híbridos F1 de soja promissores para programas de melhoramento, assim, três cultivares de soja e seus híbridos F1: A-7002 (1), CD-208 (2), IAC-24 (3), 1x2, 1x3, 2x3 foram avaliados quanto ao número médio de vagens chochas; número médio de vagens com uma semente; número médio de vagens com duas sementes; número médio de vagens com três sementes; número médio de sementes por planta; número médio de vagens por planta; peso médio de cem sementes. As médias dos F1 foram preditas, com base na média de dialelo parcial proposto por Griffing (1956). Com base nas estimativas da capacidade geral e da capacidade específica de combinação, a cultivar A-7002 foi indicada como a mais promissora e a combinação híbrida 1x2 apresentou potencial para formação de uma população segregante superior.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max, dialelo parcial, capacidade de combinação específica, capacidade de combinação geral.*

ABSTRACT

The aim of this study was to identify soybean cultivars and F1 hybrids promising for breeding programs, thus, three soybean cultivars and F1 hybrids: A-7002 (1), CD-208 (2), IAC-24 (3), 1x2, 1x3, 2x3 were evaluated on the average number of empty pods; average number of pods with one seed; average number of pods with two seeds; average number of pods with three seeds; average number of seeds per plant; average number of pods per plant; average weight of one hundred seeds. The F1 averages were predicted based on partial diallel average proposed by Griffing (1956). Based on estimates of general and specific combining ability, the A-7002 cultivar was the most promising and the hybrid combination 1x2 showed potential to constitute a higher segregating population.

KEY WORDS: *Glycine max, partial diallel, specific combining ability, general combining ability.*

I. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo devido aos elevados teores de óleo (20%) e proteína (45%) e também pelo alto rendimento de grãos. No Brasil, ela é cultivada numa grande diversidade de ambientes, englobando altas e baixas latitudes. Devido a essa ampla variação, torna-se fundamental a seleção de genótipos com elevada produtividade e adaptabilidade a vários ambientes (Lopes et al., 2002).

A maioria dos programas de melhoramento compreende três etapas: escolha de genitores e cruzamentos, seleção de indivíduos superiores em gerações iniciais de autofecundação e avanço de gerações, e, por fim, a avaliação em determinado número de ambientes (Morais, 2005). A etapa intermediária que corresponde ao avanço das gerações de endogamia tem sido feita de forma relativamente rotineira, com a finalidade principal de desenvolver genótipos homozigóticos, os quais estando livres de combinações alélicas heterozigóticas e tendo fixado as combinações epistáticas favoráveis aumentam a eficiência dos testes de desempenho agrônomo (Lopes et al., 2002). Além disso, as linhagens homozigóticas podem ser avaliadas com precisão experimental superior, pois dispõem de um maior número de sementes para locais, épocas de cultivo e anos agrícolas. Por outro lado, o avanço de gerações de endogamia tem como desvantagens o aumento do número de anos de cada ciclo do programa de melhoramento e a demanda adicional de recursos humanos e financeiros. Essas limitações poderiam ser contornadas pela eficiente e

eficaz escolha dos parentais promissores logo nas gerações iniciais, de maneira que somente estes genótipos selecionados sejam avançados até originarem linhagens superiores. Essa estratégia consegue eliminar ou reduzir, já nas gerações iniciais, problemas de incompatibilidade híbrida e diferenças na capacidade de combinação que levam à ocorrência de cruzamentos inferiores.

Existem poucas informações sobre o comportamento de soja nas gerações iniciais. Isso ocorre pela dificuldade de realização dos cruzamentos, limitada quantidade de sementes colhidas nas plantas F1 e que muitas vezes inviabiliza o estudo nas gerações iniciais, além do trabalho despendido com as avaliações.

Os testes das gerações iniciais (F1, F2, F3) podem ser feitos em ambientes diversos (locais, épocas de semeadura, anos agrícolas), possibilitando a estimação da capacidade específica e geral de combinação bem como os efeitos sobre a expressão fenotípica dos caracteres e sobre as estimativas de parâmetros genéticos importantes na seleção dos melhores genótipos, tais como herdabilidade, ganho esperado na seleção e correlação entre caracteres (Rocha e Vello, 1999).

Sprague e Tatum (1942) propuseram o uso dos cruzamentos dialélicos para estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC). A CGC refere-se à performance média de cultivar em combinações híbridas ao passo que a CEC é usada para designar aqueles casos em que certas combinações híbridas são melhores ou piores que o esperado, com base na performance média das cultivares envolvidas. A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além dos efeitos epistáticos aditivos x aditivos. Por sua vez, a CEC depende, basicamente, de genes com efeitos dominantes e de vários tipos de interações (Cruz et. al., 2004).

O objetivo desse trabalho foi o de estudar a capacidade de combinação, com o propósito final de identificar genitores e combinações promissoras para gerar populações segregantes que atendam a um programa de melhoramento genético de soja no Estado de São Paulo.

II. MÉTODOS

Foram utilizados três cultivares de soja (A-7002, CD-208 e IAC-24) e seus três híbridos F1 sem inclusão de recíprocos (Tabela 1). As cultivares foram escolhidas para iniciar o programa de melhoramento, pois são as que apresentam alto potencial produtivo, ampla adaptabilidade e resistência às principais pragas e doenças.

Para a realização dos cruzamentos foram efetuados dois blocos de semeaduras, em que o primeiro ocorreu entre o período de 2 de agosto de 2006 até 29 de setembro de 2006, e os cruzamentos foram realizados entre os meses de setembro e outubro de 2006, fechando assim o primeiro bloco de cruzamentos. O segundo bloco ocorreu entre o período de 5 de outubro de 2006 até 28 de dezembro de 2006 e os cruzamentos foram realizados entre os meses de novembro, dezembro e janeiro, fechando o segundo bloco. As semeaduras foram realizadas todas em vasos plásticos, em casa de vegetação, sendo o primeiro bloco semeado toda semana durante o período citado, e no segundo bloco, foram realizadas duas semeaduras semanais durante o período, para otimização dos resultados, devido ao baixo "pegamento" dos cruzamentos e o número de vagens necessárias para obter uma população representativa.

Os cruzamentos foram realizados por emasculação sendo as cultivares A-7002 e CD-208 usadas como doadores de pólen e a cultivar IAC-24 como receptor de pólen. Nos cruzamentos foram utilizados marcadores morfológicos, sendo este a cor da flor, para identificar se o híbrido formado era realmente produto daquele cruzamento, com exceção do cruzamento CD-208 x A-7002, em que os dois genitores apresentavam flor roxa.

Os caracteres avaliados foram: número médio de vagens chochas (NVC); número médio de vagens com uma semente (NV1S); número médio de vagens com duas sementes (NV2S); número médio de vagens com três sementes (NV3S); número médio de sementes por planta (NSP); número médio de vagens por planta (NVP); e peso médio de cem sementes (PCS). Na análise dialélica, empregou-se o Modelo de Griffing (1956) para dados balanceados, adaptado ao modelo de dialelo parcial avaliando F1 e genitores, sendo o modelo: $Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que, μ : efeito da média geral; G_i e G_j : e : efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) associados ao i e j-ésimo genitor; S_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação (C.E.C) entre os genitores i e j;

Neste modelo Y_{ij} e $\bar{\epsilon}_{ij}$ são, respectivamente, a média experimental e o erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem ij.

Genitores	A-7002 (1)	CD-208 (2)	IAC-24 (3)
A-7002 (1)	1.1	1.2	1.3
CD-208 (2)	-	2.2	2.3
IAC-24 (3)	-	-	3.3

Figura 1. Esquema de cruzamento dialélico parcial para três genitores.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a totalidade das características avaliadas com exceção de NVC e NVP foram registradas diferenças significativas a 5 e 1% de probabilidade, o que pressupõe a existência de diferenças genéticas entre as cultivares utilizadas nos cruzamentos dialélicos, o que é alento quanto à possibilidade de ganhos genéticos no desenvolvimento de futuros trabalhos de melhoramento genético com as populações híbridas (Tabela 2).

Os valores dos quadrados médios para capacidade geral de combinação foram significativos, pelo teste F, a 5% de significância, para as características NV3S e PCS, 1% de significância. Para a capacidade específica de combinação detectou-se significância a 1% de probabilidade para NV1S, NV2S, NSP (Tabela 2). As significâncias registradas indicam existência de variabilidade, resultando na ação de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos, denotando a possibilidade de obtenção de linhagens potenciais e de cultivares fixadas ou híbridos F1 de soja altamente promissores para um programa de melhoramento. É importante destacar que trabalhos com análise dialélica em soja são poucos (Krishnawat e Maloo, 2004; Lopes et al. 2002, Cho e Scott, 2000; Kaw e Menon, 1981; Paschal e Wilcox, 1975).

TABELA 2. Resumo das análises de variância do dialelo parcial e estimativas dos componentes quadráticos relativos aos efeitos da capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação (s_{ij}) para número médio de vagens chochas (NVC), número médio de vagens com uma semente (NV1S), número médio de vagens com duas sementes (NV2S), número médio de vagens com três sementes (NV3S), número médio de sementes por planta (NSP), número médio de vagens por planta (NVP), peso de cem sementes (PCS). Campinas, IAC, 2006/2007.

FV	GL	QM						
		NVC	NV1S	NV2S	NV3S	NSP	NVP	PCS
Tratamento	5	1,43 ^{NS1}	20,45 ^{**}	332,09 ^{**}	1336,85 ^{NS}	18595,01 ^{**}	2196,58 ^{NS}	22,89 ^{NS}
CGC	2	1,66 ^{NS}	18,15 ^{NS}	310,95 ^{NS}	2780,42 [*]	35596,68 ^{NS}	3987,28 ^{NS}	43,89 ^{**}
CEC	3	1,27 ^{NS}	21,98 ^{**}	346,18 ^{**}	374,47 ^{NS}	7260,56 ^{**}	1002,78 ^{NS}	8,89 ^{NS}
Resíduo		2,0	1,00	7,00	7555,0	31,00	7222,0	168,0
	10							
Média		2,83	6,38	30,44	30,94	159,44	70,27	9,67
Geral								

¹ NS - não significativo; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1%

Na tabela 3 encontram-se as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) de cada cultivar para todas às características avaliadas. Verifica-se que para as características NVC e NV1S somente a cultivar CD-208 acusou valor positivo de (\hat{g}_i). O que permite afirmar que, nos cruzamentos em que esse genitor participa, haverá contribuição para o aumento do NVC e NV1S, que seria um acréscimo de característica indesejável na cultura da soja, pois, comercialmente, valorizam-se cultivares com maior porcentagem de vagens com quatro grãos. Por outro lado, o genitor IAC-24 apresentou alto valor negativo de (\hat{g}_i), tende a contribuir indesejavelmente para aumentos em NSP, quando em combinações híbridas. Para as características altamente desejáveis em uma cultivar de soja como NV3S, NSP, NVP e PCS, obtiveram-se valores altos e positivos de (\hat{g}_i) para cultivar A-7002, o que permite a sua indicação em cruzamentos com o objetivo de obter populações segregantes e linhas puras que promovam aumento do número e peso de sementes, ao contrário, as cultivares CD-208 e IAC-24 revelaram valores negativos de NV3S, NSP, NVP e PCS. Peluzio et al (2005), estudando diferentes populações de soja e as combinações entre diferentes características, afirmam que a seleção de plantas com maior número de vagens possibilita o melhoramento indireto para o caráter produção de grãos, assim cruzamentos que contribuem positivamente para o aumento de grãos por vagem favorecem à obtenção de uma maior produtividade final, assim nesse estudo essas informações são úteis para identificação dos parentais com melhor capacidade geral de combinação visando a sua ampla utilização em cruzamentos em programas de melhoramento genético de soja. Segundo Morceli Junior et al (2008), caracteres como NV3S, NSP, NVP e PCS têm correlação positiva e alta, indicando que existe inter-relações entre caracteres, o que permite o direcionamento das seleções para caracteres secundários como número de vagens com três grãos.

TABELA 3. Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i), para sete características avaliadas em três cultivares de soja. Campinas, IAC, 2006/2007.

Genitores	Características Avaliadas ¹						
	NVC	NV1S	NV2S	NV3S	NSP	NVP	PCS
A-7002	-0,3333	-0,9111	5,1111	15,57	55,64	18,71	1,87
CD-208	0,3333	1,2222	-3,6222	-9,62	-34,95	-11,15	-1,46
IAC-24	0,0001	-0,3111	-1,4888	-5,95	-20,68	-7,55	-0,41

¹ NVC = número médio de vagens chochas; NV1S = número médio de vagens com uma semente; NV2S = número médio de vagens com duas sementes; NV3S = número médio de vagens com três sementes; NSP = número médio de sementes por planta; NVP = número médio de vagens por planta; PCS = peso médio de cem sementes.

Com relação à discriminação dos híbridos, Cruz et al. (2004) preconizam que as melhores combinações devem ser aquelas com maior s_{ij} , cujos genitores apresentem alto CGC. Para as características NV3S, NSP, NVP e PCS as combinações que se destacaram foram respectivamente 1x2 (A-7002 x CD-208), 1x3 (A-7002 x IAC-24), conforme a Tabela 4, o que demonstra que a cultivar A-7002 se destaca por valores positivos de (Tabela 3).

Valores positivos de (\hat{g}_i) podem gerar indivíduos superiores para o número médio de vagens de três grãos e peso de cem sementes, assim, pelo menos, uma das cultivares participa das combinações identificadas como superiores. Entretanto, a combinação (1x2) e (1x3) entre as cultivares estudadas revelou valor reduzido de s_{ij} para NVC e NV1S, (Tabela 4), isso se aplica como uma grande vantagem agrônômica, o que ao contrário acontece para a combinação 2x3 com alto valor s_{ij} de NV1S, sendo isto uma característica desvantajosa no melhoramento genético de soja.

Considerando os efeitos da capacidade geral de combinação para número de vagens por planta, número de vagens de três grãos e peso de cem sementes, os genitores mais indicados para serem incluídos no programa de melhoramento genético da soja são: A-7002 para ser usada como genitor masculino por apresentar flor roxa, e CD-208 como genitor feminino.

Analisando as características avaliadas em conjunto, conclui-se que a cultivar A-7002 é um genitor que tende a proporcionar híbridos superiores de soja, ou seja, híbridos F1 que darão populações segregantes superiores. A melhor combinação híbrida está entre A-7002 x CD-208 por apresentar maior magnitude de valor para a capacidade específica de combinação das características número total de sementes e peso de cem sementes.

TABELA 4. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (sij) para cinco características avaliadas em soja. Campinas, IAC, 2006/2007.

Efeitos (sij e sij) ¹	Características Avaliadas ²						
	NVC	NV1S	NV2S	NV3S	NSP	NV	PCS
1x1	0,1667	-0,2334	-8,3333	-7,7666	-38,0666	-14,3666	-1,395
1x2	0,50	-2,0334	9,7334	14,4334	54,2	17,8334	1,563
1x3	-0,8333	2,5	6,9333	1,1001	21,9333	10,9	1,227
2x2	-0,1667	-0,1667	0,7999	-2,6999	-3,5333	0,3667	0,075
2x3	-0,1666	2,3666	-11,3333	-9,0333	-47,1333	-18,5666	-1,714
3x3	0,5	-2,4334	2,2	3,9666	12,6	3,8333	0,243

¹ (1) A-7002; (2) CD-208; (3) IAC-24; ² NVC = número médio de vagens chochas; NV1S = número médio de vagens com uma semente; NV2S = número médio de vagens com duas sementes; NV3S = número médio de vagens com três sementes; NSP = número médio de sementes por planta; NVP = número médio de vagens por planta; PCS = peso médio de cem sementes.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHO, Y.; SCOTT, R. A. Combining ability of seed vigor and seed yield in soybean. *Euphytica*, v.112, p. 145-150, 2000.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV, 2004, v.1. 480 p.

_____; VENCOVS KY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.12, n. 2, p. 425-438, 1989.

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

KOW, R. N.; MENON, M.. Combining ability for developmental traits in soy bean. *Indian J. Genet. & Plant Breeding*, v.41, n.3, p. 303-315, 1981.

KRISHNAWAT, B. R. S.; MALOO, S. R. Combining ability and heterosis on some stress tolerance haits of soybean [Glycine max (L.) Merrill]. *Indian J. Genet.*, v.64, n.2, p. 157-158, 2004.

Lopes, A. C. de A. et. al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. *Scientia Agrícola*, v.59, n.2, p. 341-348, 2002.

MORAIS, L. K. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. 2005. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

PASCHAL, E. H; WILCOX, J. R. Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. *Crop Science*, v.15, p. 344-349, 1975.

MORCELI Junior, A.A. et. al.. Análise genética em cruzamentos de soja com fonte de resistência ao nematóide de cisto. *Revista Ceres*, v.55, p.153-159, 2008.

PELUZIO, J. M.et. al. Correlações entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins. *Revista Ceres*, v.52, p.779-786, 2005.

ROCHA, M. M.; VELLO, N. A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. *Bragantia*, v.58, p. 69-81, 1999.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs Specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Washington, v.34, p. 923-932, 1942.