

CAPACIDADE COMBINATÓRIA PARA FRUTIFICAÇÃO EM CULTIVARES DE NOGUEIRA MACADÂMIA¹

CÉLIO KERSUL DO SACRAMENTO², FERNANDO MENDES PEREIRA³,
DILERMANDO PERECIN³ e JOSÉ CARLOS SABINO⁴

RESUMO - Um experimento de cruzamentos dialélicos 5 x 5 foi conduzido na Estação Experimental de Tietê, SP, com o objetivo de avaliar a capacidade combinatória de noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), cultivares IAC Campinas A, IAC 2-23 A, IAC 4-12 B, IAC 4-20 e IAC 5-10. A avaliação de frutos fixados aos 14 dias após polinização manual revelou que todas as cultivares apresentaram auto-incompatibilidade. Houve diferenças significativas quanto a capacidades geral (CGC) e específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (ER) entre elas. A cultivar IAC Campinas A reduziu a frutificação inicial em todos os cruzamentos em que participou como progenitor feminino. Os melhores resultados de frutificação inicial foram apresentados pelos cruzamentos entre as cultivares: IAC 4-20 x IAC Campinas A, IAC 4-12 B x IAC 2-23 A, IAC 4-20 x IAC 4-12 B, IAC 5-10 x IAC 2-23 A, IAC 5-10 x IAC 4-20, IAC 4-20 x IAC 2-23 A e IAC 5-10 x IAC 4-12 B.

Termos para indexação: polinização, *Macadamia integrifolia*, produção.

COMBINING ABILITY FOR FRUIT SET IN MACADAMIA CULTIVARS

ABSTRACT - A 5 x 5 diallel experiment was conducted at Experimental Station of Tietê, SP, aiming to evaluate the combining ability amongst macadamia nut trees (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) cultivars IAC Campinas A, IAC 2-23 A, IAC 4-12 B, IAC 4-20 e IAC 5-10. The initial fruit set was evaluated 14 days after manual pollination and showed that every cultivar presented self incompatibility. There were significant general and specific combining ability amongst cultivars and reciprocal effects. The cultivar IAC Campinas A reduced the initial fruit set at all crossing in which was used as female progenitor. The best results for initial fruit set were showed by crossings between following cultivars: IAC 4-20 x IAC Campinas A, IAC 4-12 B x IAC 2-23 A, IAC 4-20 x IAC 4-12 B, IAC 5-10 x IAC 2-23 A, IAC 5-10 x IAC 4-20, IAC 4-20 x IAC 2-23 A e IAC 5-10 x IAC 4-12 B.

Index terms: pollination, *Macadamia integrifolia*, yield.

INTRODUÇÃO

A noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) é uma árvore da família Proteaceae originária das florestas tropicais da

Austrália, cuja noz é considerada a mais saborosa entre as nozes comercializadas no mundo.

As flores da noqueira macadâmia nascem em racemos pendentes de 10 a 30 cm, os quais contêm 200 a 300 flores. Entretanto, o índice de pegamento de frutos por racemo é em torno de 0,3%. Estudos efetuados por vários autores (Urata, 1954; Schroeder, 1959; Sedgley, 1983) têm demonstrado um parcial mecanismo de auto-incompatibilidade em flores de cultivares de macadâmia. Na autopolinização, os grãos de pólen germinam sobre o estigma, mas na maioria das vezes os tubos germinativos são inibidos na parte superior do estilete, e não alcançam o ovário para fertilizar o óvulo (Sedgley, 1983; Sedgley et al., 1985). Melhor performance no crescimento do tubo tem sido obtida com polinização cruzada, com

¹ Aceito para publicação em 14 janeiro de 1999.

² Eng. Agr., Dr., Prof. Assistente, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, CEP 45650-000 Ilhéus, BA. E-mail: kersul@nuxnet.com.br

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, UNESP-FCAVJ, Rod. Carlos Tonnan, km 5, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP.

⁴ Eng. Agr., Dr., Instituto Agronômico (IAC), Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13001-970 Campinas, SP.

pólen de diferentes cultivares, e aumentos de produção têm sido relatados em pomares contendo mais de uma cultivar (Ito & Hamilton, 1980; Sedgley et al., 1990).

No Brasil, de 1968 a 1979, foram lançadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas diversas seleções de nogueira macadâmia para o plantio comercial (Veiga et al., 1981). Tais matrizes foram selecionadas em experimentos de competição de cultivares, em que foram, provavelmente, favorecidas pela polinização cruzada, não existindo informações disponíveis quanto ao comportamento quando plantadas isoladamente ou intercaladas com determinadas cultivares.

Este trabalho teve como objetivo identificar as melhores combinações entre cinco cultivares de macadâmia selecionadas no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de cruzamentos dialélicos foi realizado na Estação Experimental do Tietê, localizada no município de Tietê a 538 m de altitude, latitude 23° 7' S e longitude 47° 43' W, utilizando-se as cultivares IAC Campinas A, IAC 2-23, IAC 4-12 B, IAC 4-20 e IAC 5-10.

As inflorescências, utilizadas como progenitor feminino e como progenitor masculino (fonte de pólen), foram ensacadas, quando a maioria das flores apresentavam máximo curvamento do estigma (um dia antes da antese), removendo-se, nesta ocasião, as flores que já estavam em antese. Na proteção das inflorescências, foram utilizados sacos de papel tipo kraft, de dimensões 37 cm de comprimento e 15 cm de largura.

No segundo dia após o ensacamento, os sacos foram abertos lateralmente e todas as flores fechadas foram eliminadas. As flores remanescentes foram polinizadas, utilizando-se um cotonete, com pólen das inflorescências do progenitor masculino. Em cada cruzamento, foram utilizadas quatro inflorescências, para polinizar cada uma das quatro inflorescências utilizadas como progenitor feminino. Após a polinização, os sacos foram novamente fechados.

A contagem de frutos fixados por racemo (frutificação inicial) foi feita 14 dias após a polinização manual, ocasião em que os frutos apresentavam aproximadamente 1,5 mm de diâmetro. As inflorescências que secaram após o ensacamento, devido à quebra da raque, não foram consideradas na contagem.

Os dados, de frutos fixados inicialmente por racemo, obtidos em cada uma das repetições, foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$ submetidos à análise de variância utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com diferentes números de repetições.

A análise dialélica foi realizada segundo a proposta por Griffing (1956), método 1, modelo fixo, adaptado por Martins Filho et al. (1992), para número desigual de repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância preliminar revelou diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste F ($P \leq 0,01$), para o quadrado médio de frutificação inicial (Tabela 1).

O desdobramento do quadrado médio dos tratamentos, em quadrados médios de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), efeito recíproco (ER), é apresentado na Tabela 2. São também mostrados os componentes quadráticos dos efeitos da CGC, CEC e ER, que são estimativas da variância encontradas dentro dos valores de quadrados médios, e a relação existente entre eles, segundo proposta de Baker (1978).

Observa-se que os valores dos quadrados médios referentes a CGC, CEC e ER foram altamente significativos. Tais resultados de CGC e CEC evidenciam a existência da variabilidade aditiva e não aditiva, respectivamente. Entretanto, a comparação dos componentes quadráticos dos efeitos de CEC em relação a CGC indica que a variabilidade observada pode ser explicada em 97%

TABELA 1. Quadrado médio de frutificação inicial em cruzamentos dialélicos (progenitores, híbridos e recíprocos) de cinco cultivares de macadâmia, obtido na análise preliminar, coeficiente de variação (CV) e número médio efetivo de repetições (r_e).

Fontes de variação	GL	QM	CV	r_e
Tratamentos	24	20,78**	25,1	3,3
Resíduo	63	1,38		

** Significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$).

pelos efeitos não-aditivos. No caso específico de ER, a significância evidencia a presença de efeitos maternos.

Na Tabela 3, são apresentadas as médias (originais e transformadas) de frutificação inicial e estimativas dos efeitos da CGC (\bar{g}_i), CEC (\bar{s}_{ij}) e ER (\bar{r}_{ij}).

Observa-se que as estimativas de CGC foram positivas para os progenitores 'IAC 2-23 A', 'IAC 4-12 B' e 'IAC 4-20', e negativas para 'IAC 5-10' e 'IAC Campinas A'. Porém, a magnitude dos valores mostra pequena contribuição dos progenitores 'IAC 2-23', 'IAC 4-12' e 'IAC 4-20', no sentido de aumentar a frutificação inicial, e 'IAC 5-10' usado como progenitor masculino.

O valor negativo de CGC apresentado por 'IAC Campinas A' indica que essa cultivar, quando utilizada como progenitor, principalmente feminino, contribui para a redução da média de frutificação inicial e da mesma forma 'IAC 5-10', quando usado como progenitor masculino.

As estimativas dos efeitos da CEC (\bar{s}_{ij}) apresentaram valores negativos, quando $i=j$ (autopolinizações) e positivas, quando $i \neq j$ (polinizações cruzadas).

TABELA 2. Quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (ER) e seus componentes quadráticos para frutificação inicial e relação entre eles.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios
CGC	4	7,196**
CEC	10	41,517**
ER	10	8,966**
Resíduo	63	1,382
Componentes quadráticos		
CGC		0,14
CEC		10,03
ER		0,94
Relação entre componentes quadráticos		0,03
Erro padrão ($g_i - g_j$)		0,26

** Significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$).

Conforme Cruz & Vencovsky (1989), os valores de \bar{s}_{ij} têm grande significado genético, tanto no seu sinal quanto na sua magnitude relativa. Os autores demonstraram que, nos modelos aditivo-dominante, o estimador \bar{s}_{ij} é uma medida da divergência genética do parental (i) com relação à média dos outros progenitores considerados no dialelo. Quando \bar{s}_{ij} for negativo, a heterose (em relação à média dos pais) manifestada nos híbridos do parental (i) será, em média, positiva. Isto é, quando \bar{s}_{ii} for negativo, o parental (i) contribui para o valor positivo da heterose. Quando \bar{s}_{ij} for positivo, ocorre o oposto; quando \bar{s}_{ii} for zero ou próximo de zero, a divergência genética do parental (i) em relação aos outros progenitores é pequena ou nula, e a heterose nos híbridos do parental (i) também será pequena ou nula.

Observa-se, pois, no caso das autopolinizações efetuadas no presente trabalho, que o valor negativo ocorreu em função de índices nulos ou muito baixo de frutificação inicial, quando comparado com os valores apresentados pelas polinizações cruzadas.

As estimativas de \bar{s}_{ij} ($i \neq j$), para as polinizações cruzadas, foram todas positivas, variando apenas em magnitude, e as maiores estimativas foram apresentadas em cruzamentos entre os progenitores IAC 2-23 A, IAC 4-12 B, IAC 4-20 e IAC 5-10.

Segundo Cruz et al. (1987), as melhores combinações híbridas são aquelas com estimativas mais favoráveis para os efeitos da CEC e que apresentam pelo menos um dos progenitores com o mais favorável efeito da CGC, para a característica em questão.

Por outro lado, como houve efeito recíproco, na escolha das melhores combinações para aumento de frutificação inicial, deve-se levar em consideração as magnitudes e os sinais dos valores de \bar{r}_{ij} .

Desse modo, destacam-se os seguintes cruzamentos com maior capacidade combinatória e efeito recíproco para frutificação inicial: IAC 4-20 x IAC Campinas A, IAC 4-12 B x IAC 2-23 A, IAC 4-20 x IAC 4-12 B, IAC 5-10 x IAC 2-23 A, IAC 5-10 x IAC 4-20, IAC 4-20 x IAC 2-23 A e IAC 5-10 x IAC 4-12 B.

Sedgley et al. (1990) também encontraram diferenças significativas para CGC, CEC e ER, quando efetuaram cruzamentos entre cultivares havaianas, e verificaram que as autopolinizações

também apresentaram baixos valores de frutificação inicial. Os mesmos autores sugerem que, pelo efeito recíproco ter sido significativo, seria recomendável a intercalação de três ou mais cultivares no pomar para evitar a ocorrência de baixas produções em combinações que apresentem efeitos recíprocos.

No caso em questão, não seria recomendável a utilização da cultivar Campinas A em plantios comerciais, interplantada com as cultivares usadas no presente experimento, uma vez que aquela apresentou efeito recíproco negativo em todos os casos em que utilizada como progenitor feminino.

Os valores médios de frutificação inicial, apresentados pelos melhores cruzamentos entre

cultivares de macadâmia, nas condições de Tietê, foram bem superiores aos encontrados em cruzamentos de cultivares havaianas por Sedgley et al. (1990).

A frutificação inicial, como medida de capacidade combinatória entre cultivares, vem sendo utilizada (Urata, 1954; Sedgley et al., 1990), com um consenso de que uma boa frutificação inicial poderá se refletir na frutificação final, recomendando-se, portanto, na implantação dos pomares a intercalação de cultivares compatíveis entre si. Os autores ressaltam também a polinização cruzada na melhoria da qualidade das nozes.

TABELA 3. Médias (originais e transformadas) e estimativa dos efeitos da CGC (\bar{g}_i), CEC (\bar{s}_{ij}) e ER (\bar{r}_{ij}) de frutificação inicial, em cruzamentos dialélicos, entre cinco cultivares de macadâmia.

Cruzamentos	Frutificação inicial		Progenitor feminino	Estimativas		
	Original	$\sqrt{x+0,5}$		\bar{s}_{ij}	\bar{g}_i	\bar{r}_{ij}
IAC Campinas A x IAC Campinas A	0,0	0,71		-2,60	-0,73	
IAC Campinas A x IAC 2-23 A	14,5	3,47	ns	0,34		-1,16
IAC Campinas A x IAC 4-12 B	21,0	4,35	**	0,64		-0,59
IAC Campinas A x IAC 4-20	15,5	3,86	ns	1,35		-1,79
IAC Campinas A x IAC 5-10	6,0	2,55	ns	0,27		-1,76
IAC 2-23 A x IAC 2-23 A	0,0	0,71		-4,56	0,24	
IAC 2-23 A x IAC Campinas A	33,5	5,79	**	0,34		1,16
IAC 2-23 A x IAC 4-12 B	43,7	6,59	**	1,73		-0,41
IAC 2-23 A x IAC 4-20	38,0	6,16	**	1,21		-0,32
IAC 2-23 A x IAC 5-10	32,0	5,62	**	1,28		-0,67
IAC 4-12 B x IAC 4-12 B	0,0	0,71		-4,57	0,25	
IAC 4-12 B x IAC Campinas A	31,2	5,54	**	0,64		0,59
IAC 4-12 B x IAC 2-23 A	57,7	7,43	**	1,73		0,41
IAC 4-12 B x IAC 4-20	31,7	5,34	**	1,07		-1,00
IAC 4-12 B x IAC 5-10	24,5	5,70	**	1,13		-0,44
IAC 4-20 x IAC 4-20	0,2	0,83		-4,44	0,25	
IAC 4-20 x IAC Campinas A	55,7	7,45	**	1,35		1,79
IAC 4-20 x IAC 2-23 A	46,0	6,81	**	1,21		0,32
IAC 4-20 x IAC 4-12 B	55,0	7,36	**	1,07		1,00
IAC 4-20 x IAC 5-10	18,7	4,70	**	0,81		-1,12
IAC 5-10 x IAC 5-10	2,7	1,26		-3,49	-0,02	
IAC 5-10 x IAC Campinas A	37,3	6,07	**	0,27		1,76
IAC 5-10 x IAC 2-23 A	48,0	6,96	**	1,28		0,67
IAC 5-10 x IAC 4-12 B	30,0	6,59	**	1,13		0,44
IAC 5-10 x IAC 4-20	48,0	6,94	**	0,81		1,12

** Significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$).

CONCLUSÕES

1. Todas as cultivares de macadâmia utilizadas neste experimento apresentam auto-incompatibilidade.

2. As cultivares revelam diferentes níveis de capacidade combinatória nos cruzamentos.

3. A cultivar IAC Campinas A mostra baixa frutificação inicial em todos os cruzamentos em que participa como progenitor feminino.

4. As melhores combinações para frutificação inicial são indicadas pelos seguintes cruzamentos: IAC 4-20 x IAC Campinas A, IAC 4-12 B x IAC 2-23 A, IAC 4-20 x IAC 4-12 B, IAC 5-10 x IAC 2-23 A, IAC 5-10 x IAC 4-20, IAC 4-20 x IAC 2-23 A e IAC 5-10 x IAC 4-12 B.

REFERÊNCIAS

- BAKER, R.J. Issues in diallel analysis. **Crop Science**, Madison, v.18, n.4, p.533-536, 1978.
- CRUZ, C.D.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T. Capacidade combinatória e efeitos recíprocos de alguns caracteres em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.34, n.192, p.432-439, 1987.
- CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, 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 diallel-crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v.9, p.463-493, 1956.
- ITO, P.J.; HAMILTON, R.A. Quality and yield of 'Keauhou' macadamia nuts from mixed and pure block plantings. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.3, p.307-310, 1980.
- MARTINS FILHO, S.; CRUZ, C.D.; SEDYAMA, C.S. Analysis of unbalanced diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.15, n.4, p.853-869, 1992.
- SCHROEDER, C.A. Some observations on the pollination of macadamia in California. **California Macadamia Society. Yearbook**, Vista, v.5, p.49-53, 1959.
- SEDGLEY, M. Pollen tube growth in macadamia. **Science Horticulture**, Amsterdam, v.18, p.133-341, 1983.
- SEDGLEY, M.; BLESING, M.A.; VITHANAGE, M.V. A developmental study of the structure and pollen receptivity of the macadamia pistil in relation to protandry and self-incompatibility. **Botanical Gazette**, Chicago, v.146, p.6-14, 1985.
- SEDGLEY, M.; BELL, F.D.H.; BELL, D.; WINKS, C.W.; PATTISON, S.J.; HANCOCK, T.W. Self- and cross-compatibility of macadamia cultivars. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.65, n.2 p.205-213, 1990.
- URATA, U. **Pollination requirements of macadamia**. Honolulu: University of Hawaii, 1954. 40p. (Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin, 22).
- VEIGA, A.A.; OJIMA, M.; RIGITANO, O. Novas seleções IAC de noqueira-macadâmia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais**. Recife: SBF, 1981. p.908-914.