

AVALIAÇÃO DAS CAPACIDADES GERAL E ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO EM SETE POPULAÇÕES DE MILHO DA AMÉRICA LATINA¹

ELTO EUGÊNIO GOMES E GAMA², PAULO EVARISTO DE O. GUIMARÃES³, RICARDO MAGNAVACA², SIDNEY NETO PARENTONI⁴ e CLESO ANTONIO PATTO PACHECO³

RESUMO - Foi realizado um estudo objetivando estimar os efeitos das capacidades geral (ECG) e específica de combinação (CEC), dos cruzamentos entre sete populações de milho (*Zea mays* L.) introduzidas de seis países da América Latina. A avaliação foi feita em Sete Lagoas, MG, num latossolo, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com 32 tratamentos e duas repetições. Foram tomados dados para os seguintes caracteres: dias para florescimento masculino (DFM), altura de planta (AP), e produção de espigas (PE). Houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os genótipos e, também quanto à CGC e CEC para os três caracteres. A CGC foi mais importante para DFM e PE do que para a AP. Com relação à CEC, os melhores cruzamentos foram: Camélia x Composto 1, Suwan x SRF e Suwan x Composto 1, para PE. Em relação à CGC, as populações Suwan e SRF apresentaram os maiores valores para PE e AP. Os resultados mostraram possibilidade da utilização de algumas populações no melhoramento.

Termos para indexação: variedades, heterose, grãos duros, Latossolo.

GENERAL AND SPECIFIC COMBINING ABILITY IN SEVEN LATIN AMERICA MAIZE POPULATIONS

ABSTRACT - A study was performed with the objective of estimating the effects of general (GCA) and specific combining ability (SCA) of seven maize (*Zea mays* L.) populations introduced from six Latin America countries. The evaluation was done at Sete Lagoas, MG, Brazil, in a Latosol (oxisol). The 32 treatments were evaluated in a randomized complete block design with two replications. Data were collected for the following characters: days to male flowering (DF), plant height (PH) and ear production (EP). High significance variation ($P < 0,01$) to genotypes and also for GCA and SCA for the three characters studied was shown. The additive genetic components (GCA) were more important for DF and EP than for PH. The best combinations measured were attained with the crosses between Camélia x Composto 1, Suwan x SRF and Suwan x Composto 1 for the character EP. In relation to GCA, the populations Suwan and SRF showed the highest values for PH and EP. The results obtained in this study are indicative of the potential of some of these populations to be used in a breeding program.

Index terms: varieties, heterosis, flint kernels, Latosol.

INTRODUÇÃO

A importância do uso de híbridos de milho, constatada através dos aumentos crescentes de produção e produtividade, tem norteado os tra-

balhos de melhoramento na seleção de materiais de alto valor heterótico. Assim, a formação de híbridos de linhagens com alto potencial de produção faz com que os melhoristas procurem utilizar novos materiais com alta frequência de genes desejáveis.

A escolha correta de uma metodologia para ser usada no melhoramento deve estar baseada no conhecimento da herança dos caracteres quantitativos de importância agrônômica. Um dos métodos genético-estatísticos utilizado para determinar os tipos de ação gênica que contro-

¹ Aceito para publicação em 3 de fevereiro de 1992.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

³ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS.

⁴ Eng.-Agr., EMBRAPA/CNPMS.

lam os caracteres quantitativos, é o uso dos cruzamentos dialélicos (Griffing 1956). A análise dialélica permite um melhor conhecimento das relações genéticas entre os parentais envolvidos em cruzamentos, podendo ser útil na identificação de cruzamentos promissores (Allard 1956). Em termos de capacidade combinatória, Sprague & Tatum (1942) propuseram os conceitos de capacidade geral e específica de combinação, com base nos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos, respectivamente.

Neste contexto, verifica-se uma demanda crescente de conhecimento quanto às características genéticas de novos materiais e concernente ao potencial de produção "per se" e de seus cruzamentos, para um programa de produção de híbridos.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a capacidade geral e específica de combinação entre sete populações de milho, originárias de diferentes países latino-americanos.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas sete populações de milho de grãos duros: 1. Camélia (Chile); 2. Composto Resistente à Seca - CRS; 3. Sintético Resistente à Ferrugem - SRF (Argentina); 4. Composto 1 (Paraguai); 5. Estamaprol (Uruguai); 6. Suwan (Bolívia); e 7. Composto Amarelo Duro - CAD (Brasil). Todos os 21 cruzamentos possíveis entre as sete populações foram efetuados na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) - em Sete Lagoas, MG -, utilizando-se duas fileiras de 10 m de comprimento e espaçamento de 1,0 x 0,20 m, com uma planta por cova. Foram efetuados 100 cruzamentos manuais e não se fez distinção para os cruzamentos recíprocos.

O ensaio foi instalado em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola 1989/90. Foi utilizado o delineamento estatístico de blocos casualizados, com 32 tratamentos: 21 híbridos interpopulacionais, 7 populações parentais, 4 testemunhas (BR 107, BR 111, BR 201 e CMS 41), e duas repetições. Cada parcela foi constituída por duas fileiras de 5,0 m, e o espaçamento foi de 1,0 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, resultando uma população de 50.000 plantas/ha.

Foram tomados dados para os seguintes caracteres: dias para o florescimento masculino (DFM), altu-

ra da planta (AP), e produção de espigas despalhadas (PE) em t/ha.

Foram realizadas as análises da variância e genética, conforme metodologia proposta por Griffing (1956), com base no método 2, modelo 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as populações usadas para este estudo apresentam base genética ampla e possuem um carácter em comum e grãos com textura dura e de coloração alaranjada.

Na Tabela 1 são apresentados os quadrados médios, média dos tratamentos, média dos genótipos, média das testemunhas e coeficientes de variação experimental para os três caracteres. Foi detectada significância ($P < 0,01$) para tratamentos, genótipos e genótipos x testemunhas para dias para florescimento, altura da planta e produção de espigas. Foi verificada, também, diferença significativa ($P < 0,01$) entre testemunhas somente para produção. As testemunhas foram, na média, mais tardias, altas e produtivas que os genótipos estudados. De modo geral, os coeficientes de variação oscilaram entre 3,0 e 8,4%, mostrando boa precisão para o experimento de campo (Pimentel-Gomes 1976).

Na Tabela 2 observa-se que os quadrados médios referentes às capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação foram altamente significativos ($P < 0,01$), o que indica a presença de efeitos aditivos e não-aditivos na variância genotípica entre os cruzamentos (Allard 1971, Lima 1977, Sprague & Tatum 1942). Quanto a estas populações, que, de uma maneira geral, não foram muito trabalhadas, além de terem sido selecionadas em ambientes distintos, é esperado obter-se um valor maior para a variância da CGC em relação à CEC. Os resultados obtidos confirmam esta afirmação para os caracteres DFM e PE, pois os efeitos gênicos aditivos (CGC) corresponderam a 49,38% e 47,22% da variação total, e os efeitos gênicos não-aditivos, a 31,21% e 41,11%, respectivamente. Eleutério et al. (1988), Gomide (1980), Griffing & Lindstrom (1954) e Ranalli et al. (1989) encontraram resultados similares.

TABELA 1. Quadrados médios, média de tratamentos, genótipos e testemunhas e coeficiente de variação, obtidos da análise de variância, para as três características estudadas. Sete Lagoas, 1989/90.

Causas de variação	GL	QM		
		Florescimento (dias)	Altura da planta (cm)	Produção t/ha
Tratamentos	31	29,67**	557,86**	7,43**
Genótipos	27	26,51**	418,36**	4,95**
Testemunhas	3	4,12	136,96	5,63**
Genótipos x Testemunhas	1	191,73**	5572,36**	79,79**
Erro	31	2,80	135,28	0,42
Média Tratamentos		55,30	142,19	7,72
Média (Genótipos)		54,64	132,66	7,30
Média (Testemunhas)		59,88	166,88	10,70
Coeficiente de variação (%)		3,02	8,18	8,4

** Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 2. Quadrados médios das capacidades combinatórias referentes às características florescimento, altura da planta e produção de espigas. Sete Lagoas, 1989/90.

Causas de variação	GL	QM				
		Florescimento (dias)	Altura da planta (cm)	Produção t/ha		
CGC	6	33,44**	446,45**	7,83**		
CEC	21	3,65**	141,78*	0,95**		
Erro	31	1,40	67,64	0,21		
Média dos quadrados dos efeitos	Florescimento (dias)	Valor percentual	Altura da planta (cm)	Valor percentual	Produção (t/ha)	Valor percentual
$\frac{1}{6} \hat{G}_i^2$	3,56	(49,38)	42,09	(22,89)	0,85	(47,22)
$\frac{1}{21} \sum_{i < j} \hat{S}_{ij}^2$	2,25	(31,21)	74,14	(40,32)	0,74	(41,11)

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

As estimativas dos efeitos da CGC (\hat{G}_i) das populações progenitoras para os três caracteres e o desvio-padrão entre dois progenitores quaisquer, são apresentados na Tabela 3.

Altas estimativas de \hat{G}_i , em valores absolutos, ocorrem, em geral, para os genótipos cujas

frequências de alelos favoráveis são consistentemente maiores ou menores que a frequência média dos alelos favoráveis em todos os genótipos testados. Tais valores são indicativos da importância dos genes que são predominantemente aditivos em seus efeitos (Sprague & Tatum 1942).

TABELA 3. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) para florescimento masculino, altura da planta e produção de espigas. Sete Lagoas, 1989/90.

Progenitores	\hat{G}_i		
	Florescimento (dias)	Altura da planta (cm)	Produção (t/ha)
1. Camélia	-3,25	-7,70	-1,15
2. C.R.S.	-1,14	-2,98	-0,34
3. S.R.F.	0,14	3,70	0,61
4. Composto 1	-0,48	-7,70	-0,49
5. Estamaprol	0,25	0,08	-0,46
6. C.A. Duro	2,18	2,30	0,11
7. Suwan	2,30	12,30	1,72
D.P. ($\hat{G}_i - \hat{G}_j$)	0,56	3,88	0,22

Observa-se que para florescimento masculino os maiores efeitos positivos de \hat{G}_i foram constatados nas populações C.A. Duro e Suwan. As populações Camélia, CRS e Composto 1 se destacam entre as outras, porque podem transmitir precocidade a seus cruzamentos (efeitos negativos de \hat{G}_i). A amplitude de variação entre as populações Suwan e Camélia foi de 9,91 vezes o desvio-padrão para este carácter.

Para o carácter altura da planta, a amplitude de variação foi 5,15 vezes o desvio-padrão, e o maior efeito positivo foi detectado para Suwan. Assim, esta população mostra uma contribuição genética positiva em todos os cruzamentos em que participa, produzindo um aumento médio de 12,30 cm na altura da planta. Deste mesmo modo, as populações Composto 1 e Camélia contribuirão com genes de ação aditiva, reduzindo, em média, 7,70 cm as alturas das plantas nos cruzamentos em que participam.

Quanto ao carácter peso de espigas, as populações de maiores efeitos positivos foram: Suwan, SRF e C.A. Duro, cujos efeitos diferiram

entre si; e as de maiores efeitos negativos, que não diferiram entre si, foram: Composto 1, Estamaprol e CRS. Entretanto, o maior efeito negativo foi para a população Camélia. A amplitude de variação foi de 13 vezes o desvio-padrão

Na Tabela 4 são apresentadas as estimativas dos efeitos de capacidade específica de combinação \hat{S}_{ij} e os desvios-padrão entre efeitos, para os três caracteres estudados. Quanto ao florescimento, o híbrido de maior efeito positivo de \hat{S}_{ij} foi Suwan x Composto 1, e o Suwan x SRF mostrou o maior efeito negativo. O híbrido de maior efeito positivo de \hat{S}_{ij} para altura de planta foi SRF x C.A. Duro; já o C.A. Duro x Camélia apresentou o maior efeito negativo.

Para peso de espigas, as combinações híbridas que apresentaram maiores efeitos positivos de \hat{S}_{ij} foram: Camélia x Composto 1, Suwan x Composto 1 e Suwan x C.A. Duro. Os de maior efeito negativo foram: Camélia x SRF e SRF x Estamaprol. Os valores destes efeitos são, em sua maioria, devidos aos efeitos de dominância (interação gênica) através da participação das populações envolvidas produzindo acréscimos ou decréscimos na produção em relação ao esperado, baseado na CGC dos progenitores. Assim, o híbrido Camélia x Composto 1, formado por progenitores de maior valor negativo para \hat{G}_i , produz um acréscimo médio na produção de 2,43 ton/ha em relação aos pais, enquanto que o híbrido Camélia x SRF produz um decréscimo de 1,03 ton/ha de espigas em relação aos pais. O híbrido interpopulacional Camélia x Estamaprol apresentou a menor média de produção, e o híbrido Suwan x SRF mostrou a maior média de produção de espigas. A população SRF apresentou a maior média para PE, seguida das Suwan e Estamaprol.

Comparando-se os efeitos de \hat{G}_i e os de \hat{S}_{ij} (Tabelas 3 e 4), para o carácter produção de espigas, nota-se que os efeitos aditivos foram superiores aos não-aditivos para a combinação SRF x Suwan, a mais produtiva. Este resultado está em concordância com o observado por Lonquist & Gardner (1961).

TABELA 4. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinações, S_{ij} (acima da diagonal), e valores médios das populações progenitoras (diagonal) e dos cruzamentos (abaixo da diagonal), para as três características estudadas. Sete Lagoas, MG, 1989/90.

		1	2	3	4	5	6	7
		Camélia	C.R.S.	S.R.F.	Composto 1	Estamaprol	C.A. Duro	Suwan
1. Camélia	DFM	48,00	2,11	0,33	0,44	0,72	-2,22	-1,83
	AP	130,00	-8,00	10,30	4,24	3,96	-13,26	-10,76
	PE	5,35	0,14	-1,03	2,43	-0,21	-0,03	-0,02
2. C.R.S.	DFM	52,00	52,00	0,72	-0,67	0,11	0,67	-2,94
	AP	120,00	125,00	15,62	4,51	5,76	2,01	7,01
	PE	5,94	5,89	0,83	-0,51	0,59	0,48	-0,07
3. S.R.F.	DFM	51,50	54,00	55,50	-0,34	0,83	0,39	-3,22
	AP	145,00	155,00	135,00	-4,65	-12,43	20,35	2,83
	PE	6,73	8,40	8,68	-0,65	-0,77	-0,09	1,39
4. Composto 1	DFM	51,00	52,00	53,00	54,50	-1,56	-2,50	2,89
	AP	127,50	132,50	130,00	117,50	11,46	1,74	-5,76
	PE	6,08	5,96	6,77	5,59	0,11	0,40	1,68
5. Estamaprol	DFM	52,00	53,50	55,80	52,50	55,50	0,78	-2,33
	AP	135,00	130,00	120,00	142,50	135,00	13,96	6,46
	PE	5,47	7,09	6,68	6,46	6,15	0,82	-0,09
6. C.A. Duro	DFM	51,00	56,00	57,00	53,50	57,80	60,00	0,02
	AP	120,00	140,00	165,00	135,00	155,00	125,00	11,74
	PE	6,22	7,54	7,93	7,31	7,76	5,99	1,46
7. Suwan	DFM	51,50	52,50	53,50	59,00	54,50	59,00	62,50
	AP	132,50	155,00	157,50	137,50	157,50	165,00	157,50
	PE	7,84	8,60	11,01	10,20	8,46	10,60	8,55
		DFM				AP	PE	
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$)		1,58				10,97	0,61	
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$)		1,48				10,25	0,57	
DMS A 1% (Tukey)		8,08				56,17	3,13	
DMS A 5% (Tukey)		6,98				48,47	2,70	

DFM = Dias para florescimento masculino; AP = Altura de planta; PE = Produção de espigas.

CONCLUSÕES

1. O cruzamento entre as populações SRF e Suwan foi o mais produtivo e exibiu efeitos gênicos aditivos superiores aos efeitos gênicos não-aditivos.

2. Em programas de melhoramento interpopulacional, cujo objetivo for aumento de produção, dever-se-á efetuar seleção a partir das populações Suwan e SRF.

3. A população Camélia pode ser usada co-

mo fonte em cruzamentos para indução de precocidade.

4. Seleção visando a redução do porte da planta pode ser eficiente a partir das populações Camélia e Composto 1.

5. As populações Camélia e Composto 1 podem ser usadas num programa de melhoramento para obtenção de híbrido, pois apresentam um alto efeito específico de combinação.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores, A. Damilano, O. Parotiri, R. Ortiz, V. Machado, N. Chebataroff, que gentilmente forneceram as sementes das cultivares de milho usadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. The analysis of genetic-environmental interactions by means of diallel crosses. *Genetics*, Wisconsin, v.41, p.305-318, 1956.
- ALLARD, R.W. **Princípios de Melhoramento Genético das Plantas**. São Paulo: Ed. Edgar Blucher Ltda, 1971. 381p.
- ELEUTÉRIO, A.; GAMA, E.E.G. e.; MORAIS, A.R. Capacidade de combinação e heterose em híbridos intervarietais de milho adaptadas às condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.3, p.247-253, mar. 1988.
- GOMIDE, F.B. **Cruzamentos dialélicos entre variedades de milho (*Zea mays* L.)**. Viçosa: UFV, 1980. 71p. Tese de Mestrado.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Sciences*, v.9, p.463-493, 1956.
- GRIFFING, B.R.; LINDSTROM, E.W. A study of the combining abilities of corn inbred having varying proportions of cornbelt germplasm. *Agronomy Journal*, n.46, p.545-552, 1954.
- LIMA, T.S.O. **Avaliação da capacidade geral e específica de combinação e correlação entre caracteres em oito populações de milho (*Zea mays* L.) Opaco-2**. Viçosa: UFV, 1977. 71p. Tese de Mestrado.
- LONNQUIST, J.H.; GARDNER, C.O. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. *Crop Science*, v.1, p.179-183, 1961.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: USP-ESALQ, Livraria Nobel, 1976. 430p.
- RANALLI, P.; FANTINO, M.G.; BURCHI, G.; RUARO, G. Selection for seed yield, earliness and technological properties in a nine-parent diallel cross in peas. *Journal of Genetics & Breeding*, v.43, p.185-190, 1989.
- SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, v.34, p.923-932, 1942.