

CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM CRUZAMENTOS INTERVARIETAIS DE MILHO AVALIADOS SOB AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL¹

**José Neuto Paini²
Cosme Damião Cruz³
Jânio Sebastião Delboni²
Carlos Alberto Scapim²**

1. INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, a maioria dos locais, tradicionalmente com maior área plantada de milho (*Zea mays* L.) , apresentou situação climática bastante particular: baixas temperaturas (abaixo da requerida pela cultura), nos meses de agosto e setembro, e possibilidade de veranico (*déficit* hídrico) nos meses de dezembro e janeiro. A época de plantio com maior potencial produtivo é o mês de outubro. Porém esta também é a época de maior risco, sujeita a estresse, atingindo a cultura em seu estado mais crítico, o florescimento. Os primeiros plantios "do cedo", realizados em agosto e setembro, podem levar até 20 dias para germinar, em função das baixas temperaturas. Adicionalmente, o estande da cultura pode ser reduzido em função da ação de patógenos de solo comuns nessa condição. O resultado disso, na maioria das vezes, é uma lavoura com baixo estande e menor potencial produtivo. A situação ideal seria o plantio "do cedo" de materiais com capacidade para germinação rápida, mesmo em baixas

¹ Aceito para publicação em 29.08.1995.

² Sementes Agrocere S/A - Vila Dionízio Bortolotti, Km 0,5, Cx. Postal 09, 13650-000 S.C. Palmeiras (SP).

³ Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa (MG).

temperaturas, e que venham florescer antes de possíveis veranicos. Como conseqüência, espera-se manter a capacidade produtiva típica de plantios de outubro, porém sem seus inerentes riscos de frustração de safra.

A partir dos conceitos de capacidade combinatória propostos por SPRAGUE e TATUM (12), os efeitos da herança dos caracteres quantitativos, envolvidos entre cruzamentos intervarietais, puderam ter melhor entendimento. Com base nesses conceitos, várias metodologias genético-estatísticas de análises de cruzamentos dialélicos foram desenvolvidas por YATES (14), HAYMAN (6, 7, 8, 9), GRIFFING (5) e GARDNER e EBERHART (3), dentre outros.

A finalidade do presente estudo foi identificar, por intermédio dos cruzamentos dialélicos, progenitores com potencial a serem utilizados em programas de melhoramento para as condições climáticas da região Sul do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas oito variedades melhoradas e desenvolvidas pela Sementes Agrocere S/A (AG-04, AG-05, AG-07, AG-13, AG-14, AG-16, AG-28 e AG-53) e seus 28 híbridos F1's. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições em dois locais: Pato Branco (PR) e Carazinho (RS). A parcela foi composta por duas fileiras de quatro metros de comprimento, espaçadas de 90 centímetros entre fileiras e 20 centímetros entre plantas. O plantio foi realizado no início de setembro, e utilizaram-se duas sementes/cova, permanecendo após o desbaste apenas uma planta/cova. Os caracteres avaliados foram: estande inicial (EI), apenas em Pato Branco; florescimento feminino (FF); altura de planta (AP); e produção (PROD). Para as variáveis FF e AP utilizaram-se apenas duas repetições.

Sobre as médias observadas de cada caráter aplicou-se a metodologia de GRIFFING (5), Método 2, Modelo I, estimando-se a capacidade geral e específica de combinação dos progenitores estudados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas a que os ensaios se submeteram no início do ciclo não provocaram o estresse esperado, de baixas temperaturas, assim os resultados apresentados devem ser tomados com cautela, principalmente para a característica EI. Para confirmação, recomenda-se a repetição dos testes.

No Quadro 1 são apresentadas as análises de variância, com seus respectivos coeficientes de variação, para todos os caracteres. Observa-se

que o efeito de genótipos e de seus desdobramentos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) foram significativos ($P \leq 0,05$) para todos os caracteres. Tal fato evidencia a variabilidade genética entre as variedades estudadas e a manifestação de ação gênica aditiva e não-aditiva entre os cruzamentos varietais, situação favorável ao melhoramento.

A significância do efeito de locais para FF e AP indica que para esses caracteres os efeitos de genótipos não foram consistentes com a variação ambiental.

A interação genótipos x locais somente foi significativa ($P \leq 0,05$) para o caráter FF e para o desdobramento de CGC x locais para FF e PROD. Isso evidencia que para esses caracteres as estimativas da capacidade combinatória não são consistentes com a variação ambiental e, por isso, devem ser estimadas com base nas médias de cada local, individualmente, enquanto para AP as estimativas podem ser obtidas a partir da média dos dois locais.

Resultados semelhantes da significância dos efeitos foram obtidos por GOMIDE (4), NASPOLINI FILHO *et alii* (11), LOPES *et alii* (10) e DELBONI (2).

Pela magnitude das estimativas da capacidade combinatória pode-se concluir que há predominância da ação gênica aditiva para AP e não-aditiva para EI e PROD. Esse último fato já era esperado, uma vez que se utilizaram variedades melhoradas que sofreram prévia seleção para produção, e, portanto, reduziram de sua variância gênica aditiva (12).

Os estimadores dos efeitos da CGC (G_i) fornecem informações sobre a concentração de genes favoráveis com ação predominantemente aditiva. Dessa forma, progenitores com altas estimativas de g_i (positivas ou negativas) mostram-se bastante diferentes (melhores ou piores) em relação à média dos progenitores do dialelo (12). A estimativa de g_i tem sido de grande valia para a seleção de progenitores em melhoramento, pois altas estimativas de g_i geralmente ocorrem em genótipos com a maior frequência de alelos favoráveis (13).

Os estimadores dos efeitos da CEC (S_{ij}) são interpretados como desvios de comportamento de uma combinação híbrida, em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus progenitores. Altas estimativas referem-se àqueles cruzamentos melhores ou piores ao esperado (12). Em geral, é de interesse do melhoramento combinações híbridas com altas estimativas de s_{ij} e que envolvam pelo menos um progenitor com a maior g_i .

O parâmetro s_{ij} refere-se ao efeito da capacidade de combinação de um progenitor com ele próprio e é de fundamental importância para indicar a direção dos desvios de dominância do caráter. A estimativa será

QUADRO 1 - Análises de variância para os caracteres Estande Inicial (EI), Florescimento Feminino (FF), Altura de Planta (AP) e Produção (PROD) na cultura do milho com os desdobramentos da soma de quadrados de genótipos em capacidade combinatória e suas interações com os locais

F.V.	QM				Quadrados médios (QM)				QM	
	G.L.	EI	G.L.	FF	AP	G.L.	FF	AP	G.L.	PROD
Blocos/local	3	5,6458	2	1,8333	126,6660	6			6	86911664
Genótipos(GEN)	35	34,1196 **	35	12,8321 **	552,5571 **	35			35	2770417 **
C.G.C.	7	44,5982 **	7	42,6214 **	1675,0215 **	7			7	5630689 **
C.E.C.	28	31,5000 **	28	5,3853 **	271,9341 *	28			28	2055354 **
Locais	-	-	1	367,2917 **	17600,8340 **	1			1	20238564
GEN x locais	-	-	35	1,8917 *	166,8905	35			35	390957
C.G.C. x locais	-	-	7	3,0786 *	228,5714	7			7	915686 *
C.E.C. x locais	-	-	28	1,5925	151,4842	28			28	259737
Resíduo	105	10,1601	70	1,0905	135,9524	210			210	358527
C.V. (%)		4,94		1,35	5,23					9,99

*, **/ Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

negativa quando os desvios forem predominantemente positivos e positiva em caso contrário. Quando os valores forem positivos e negativos tem-se a evidência do caso de dominância bidirecional (1, 2).

Nos Quadros 2 a 7 são apresentadas as médias observadas e as estimativas de g_i , s_{ij} e s_{jj} , com os respectivos desvios-padrão, para os caracteres EI, FF, AP e PROD nos dois locais.

A correta orientação do melhoramento, para as condições a que o trabalho se propõe, é de aumentar o estande inicial e a produção e diminuir o ciclo de florescimento e a altura da planta.

Os progenitores com maior potencial para o melhoramento intrapopulacional, por caráter, são: AG-16 e AG-28 para EI; AG-05 e AG-16 para FF e AP; e, finalmente, AG-28 e AG-13 para PROD.

Ficou constatada a herança unidirecional no sentido de aumentar o caráter para EI, AP e PROD e bidirecional para FF. A variedade "AG-05" foi a única que apresentou, consistentemente para os dois locais, s_{ij} positivo, o que indica aptidão para diminuir o ciclo de florescimento de suas combinações híbridas.

Para melhoramento interpopulacional destacam-se, por caráter, os seguintes cruzamentos específicos: AG-16 com AG-07 e AG-28 com AG-53, para EI; AG-16 com AG-07 e AG-05 com AG-28 ou AG-53, para FF; AG-16 com AG-07 e AG-05 com AG-28 ou AG-53 ou AG-14, para AP; e, finalmente, para PROD, AG-28 com todos igualmente (exceção de AG-07 e AG-05) e AG-13 com AG-07 ou AG-28 ou AG-53 ou AG-14, em Pato Branco (PR), e AG-28 com AG-53 ou AG-13, e AG-53 com AG-13 ou AG-14, e AG-13 com AG-14, em Carazinho (RS).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Efetou-se o estudo de oito variedades melhoradas e suas combinações híbridas, avaliadas nas condições de "plantio do cedo" na região Sul do Brasil. Utilizou-se a metodologia de Griffing, Método 2, Modelo 1, determinando-se os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) para os caracteres estande inicial (EI), florescimento feminino (FF), altura da planta (AP) e produção (PROD), com o objetivo de indicar a melhor estratégia de melhoramento conjunto para todos os caracteres, para os quais caracteres houve significância ($P \leq 0,05$) dos efeitos de CGC e CEC. A interação da CGC x locais somente foi significativa ($P \leq 0,05$) para florescimento feminino e produção. Os progenitores com maior potencial para o melhoramento intrapopulacional, por caráter, são: AG-16 e AG-28 para EI; AG-05 e AG-16 para FF e AP; e, finalmente, AG-28 e AG-13 para PROD. Os resultados indicam que a melhor estratégia de melhoramento é a formação

QUADRO 4 - Médias observadas para o caráter Florescimento Feminino (FF) (na diagonal e acima dela) e as estimativas dos efeitos de Capacidade Geral e Específica de Combinação (abaixo da diagonal) e seus desvios-padrão, segundo a metodologia de GRIFING (5), avaliadas em oito progenitores de milho e seus híbridos F1's, em Carazinho (RS)

Progenitores	Média (dias do plantio)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 - AG-07	96	98	96	92	93	95	95	95
2 - AG-04	0,71	96	94	93	94	96	97	96
3 - AG-05	2,31	-0,25	93	92	91	89	92	92
4 - AG-16	-1,60	-0,64	1,46	88	93	94	94	92
5 - AG-28	-1,35	-0,89	-0,80	1,81	93	91	95	93
6 - AG-53	0,16	0,61	-3,30	2,31	-1,94	94	95	93
7 - AG-13	-0,50	0,96	-1,44	1,66	1,41	0,91	93	94
8 - AG-14	0,76	2,21	-1,69	-1,10	0,66	0,16	0,51	92
gi	1,40	1,95	-1,15	-1,75	-0,50	0,00	0,65	-0,60
sii	-0,24	-1,34	1,86	-1,94	0,56	0,56	-1,74	-0,74
DP (gi)	0,26							
DP (gi - gj)	0,39							
DP (sii)	0,69							
DP (sij)	0,79							
DP (sii - sij)	0,96							
DP (sij - sik)	1,17							
DP (sij - skl)	1,10							
Estimativas								
C.G.C.	1,52							
C.E.C.	1,74							

de dois compostos (AG-05 com AG-13 e AG-16 com AG-28) para serem utilizados em programas de seleção recorrente .

5. SUMMARY

(COMBINATORY CAPACITY AND HETEROSIS IN MAIZE INTERVARIETY CROSSES EVALUATED UNDER CLIMATIC CONDITIONS OF SOUTHERN BRAZIL)

A study of eight improved varieties of corn (*Zea mays*) and their hybrid combinations was carried out, with evaluation under "early planting" conditions, in Southern Brazil. Griffing Methodology, Method 2, Model 1, was used to determine the general capacity of combination (GCC) and specific capacity of combination (SCC) effects for the initial stand (IS), female flowering (FF), plant height (PH) and yield in order to indicate the best strategies for joint improvement of all characters. For all characters there were significant ($P \leq 0.05$) effects on GCC and SCC. The interaction of CGC and location was significant ($P \leq 0.05$) only for female flowering and yield. The progenitors with greatest potential for intrapopulation improvement, per character, are: AG-16 and AG-28 for IS; AG-05 and AG-16 for FF and PH; and finally, AG-28 and AG-13 for yield. The results show that the best improvement strategy is the manufacture of two composts (AG-05 with AG-13 and AG-16 with AG-28) to be used in a recurrent selection program.

6. LITERATURA CITADA

1. CRUZ, C. D. & VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Rev. Brasil. Genet.* 12: 425-438, 1989.
2. DELBONI, J. S. *Análise de cruzamentos dialélicos entre variedades de milho braquítico-2*. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1987. 99 p. (Tese M.S.).
3. GARDNER, C. O. & EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, 22: 439-452, 1966.
4. GOMIDE, B. G. *Cruzamentos dialélicos entre variedades de milho (Zea mays, L.)*. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1980. 71p. (Tese M.S.).
5. GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. Jour. Biol. Sciences*, 9: 462-493, 1956.
6. HAYMAN, B. I. The analysis of variance of diallel. *Biometrics*, 10:235-244, 1954.
7. HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39: 789-809, 1954.
8. HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel II. *Genetics*, 43:63-85, 1958.
9. HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel III. *Genetics*, 45:155-172, 1960.
10. LOPES, M. A.; GAMA, E .E .G.; VIANNA, R. T.; & SOUZA, I .R. P. de. Heterose e capacidade combinatória para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis variedades de milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20: 349-354, 1985.

11. NASPOLINI FILHO, V.; GAMA, E .E .G.; VIANNA, R. T. & MORO, J. R. General and specific combining ability for yield in a diallel cross among 18 maize populations (*Zea mays*, L.). *Rev. Brasil. Genet.*, 4: 571-577, 1981.
12. SPRAGUE, G. F. & TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Am. Soc. Agron.*, 34: 923-932, 1942.
13. VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Paterniani, E. (Ed.). *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba, Fundação Cargill, 1987. p.135- 214.
14. YATES, F. Analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines. *Heredity*, 1: 287-301, 1947.