

ANÁLISE DA CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE MILHO, QUANTO À PRODUÇÃO E ÂNGULO DE INSERÇÃO DA FOLHA NO COLMO, EM UM SISTEMA DIALÉLICO INCOMPLETO^{1/}

Romário Gava Ferrão^{2/}
José Carlos Silva^{3/}
Cosme Damião Cruz^{3/}

1. INTRODUÇÃO

Com a maior compreensão da fisiologia vegetal, nos últimos anos, surgiram novas idéias com respeito ao melhor tipo de arquitetura da planta de milho para a obtenção de maior produtividade. Vários pesquisadores (5, 7, 8, 9, 10) têm argumentado a favor do cultivo de plantas que apresentam folhas eretas, caso em que haveria maior e melhor distribuição da luz em todo o dossel da planta e seria possível fazer uso de maior densidade de plantio, aumentando-se, conseqüentemente, a produção por área.

A diminuição do ângulo de inserção das folhas no colmo, tornando-as eretas, pode ser controlada qualitativamente por um, dois ou três genes denominados «liguleless» (= sem lígula), representados por lg_1 , lg_2 e lg_3 (6). Adicionalmente, ocorre variação no ângulo de inserção das folhas, controlada por poligenes.

No estudo da herança controlada por poligenes, do ângulo de inserção da folha e de outros caracteres de importância agrônômica e, ou, evolutiva, tem sido recomendado o uso de cruzamentos dialélicos.

A análise de cruzamentos dialélicos tem sido usualmente feita segundo o mé-

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do Curso de Genética e Melhoramento para a obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Aceito para publicação em 21-04-1987.

^{2/} EMCAPA/EEL — Caixa Postal 62 CEP 29.900 Linhares, ES.

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

tudo proposto por GRIFFING (3). Entretanto, quando o número de combinações híbridas desejado não é obtido por algum motivo imprevisto, como insuficiência de sementes em determinados cruzamentos, perda de parcela etc., originando o sistema dialélico incompleto, esse método torna-se inapropriado. Para contornar essa situação, KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) desenvolveram um método que, por não fazer uso do sistema de equações normais ($X'X\hat{\beta}=X'Y$), mas utilizar subespaços deste, é mais adequado nesse caso.

Este trabalho tem a finalidade de apresentar algumas considerações a respeito do método descrito por KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), bem como apresentar os resultados da análise da capacidade combinatória de oito linhagens de milho, com relação à produção de grãos/parcela e ângulo de inserção de folha no colmo, acima e abaixo da espiga superior. Adicionalmente, são apresentados os coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente entre ângulo de inserção e produção de grãos/parcela.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Material

Oito linhagens de milho (L - 25, L - 405, L - 494, L - 810, L - 840, L - 955, L - 958 e L-960), obtidas, através de sucessivas autofecundações, na Universidade Federal de Viçosa, foram submetidas a cruzamentos dialélicos, visando à obtenção de F_1 's, no ano agrícola 1979/80. As linhagens foram selecionadas pela sua diversidade quanto ao ângulo de inserção da folha no colmo.

Em razão da produção insuficiente de sementes dos cruzamentos entre as linhagens L-405 e L-494, L-405 e L-840, L-494 e L-810, L-494 e L-840 e L-810 e L-960, apenas 23 F_1 's foram testados no ano agrícola 1980/81.

2.2. Método

2.2.1. Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em Viçosa, MG, em blocos casualizados, usando-se três repetições. A parcela era constituída por uma fileira de 6,0 metros, em que foram distribuídas três sementes/cova, com espaçamento de 1,0 metro entre fileiras e 0,5 metro entre covas. Foi feito o desbaste, aproximadamente aos 40-45 dias, deixando-se duas plantas/cova.

Foram avaliados o peso, em quilos, do total de grãos por parcela, o «stand» final, a porcentagem de umidade dos grãos e o ângulo de inserção da folha no colmo, abaixo e acima da espiga superior. Os dados de peso dos grãos/parcela, após terem sido corrigidos para umidade constante de 15,5%, foram ajustados para o «stand» ideal de 24 plantas/parcela, através da fórmula proposta por ZUBER (11).

2.2.2. Análise estatística

Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de variância, a fim de se verificar a ocorrência de diferenças significativas entre efeitos de tratamentos (híbridos). Posteriormente, foram feitas as análises da capacidade combinatória.

Para a avaliação da capacidade combinatória das linhagens envolvidas no dialelo, a soma de quadrados referente a tratamentos foi decomposta em capacidade geral de combinação (C.G.C.) e capacidade específica de combinação (C.E.C.). O método empregado nessa decomposição foi o proposto por KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), que é aplicável a sistemas dialélicos balanceados e desbalanceados. Em dialelos balanceados, o método proposto por esses autores torna-se uma expansão do proposto por GRIFFING (3), que utiliza um sistema de equações normais na estimação de parâmetros.

Adotou-se neste trabalho o modelo fixo, no qual o material experimental não é considerado como uma amostra ao acaso da população, sendo ele mesmo a população de interesse.

O modelo estatístico para as análises da capacidade geral e específica de combinação foi o seguinte:

$$Y_{ij} = u + g_i^* + g_j^* + S_{ij}^* + \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r E_{ijk}$$

em que:

- Y_{ij} = média do híbrido resultante do cruzamento entre as linhagens i e j ;
 u = média geral;
 g_i^* e g_j^* = efeitos da capacidade geral de combinação dos progenitores i e j , respectivamente;
 S_{ij}^* = efeito da capacidade específica de combinação para o cruzamento entre o i -ésimo e o j -ésimo progenitor, sendo $S_{ij}^* = S_{ji}^*$;
 $\frac{1}{r} \sum_{k=1}^r E_{ijk}$ = média dos erros experimentais do tratamento ij , em relação às r repetições: $E_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Na utilização do sistema de equações normais, a expressão $X'X\beta = X'Y$ fornece as estimativas dos efeitos da média, da capacidade geral de combinação e da capacidade específica de combinação. Obtêm-se por meio de $\hat{\beta}X'Y$ as estimativas das respectivas somas de quadrados. No dialelo desbalanceado, as estimativas obtidas pela resolução desses sistemas apresentam-se com grande erro numérico, dada a ordem elevada das matrizes envolvidas nas operações. No dialelo balanceado, esse problema não surge, devido à possibilidade de estimação dos parâmetros através de fórmulas expressas por somatórios.

O método descrito por KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) não faz uso das matrizes $X'X\hat{\beta} = X'Y$ em toda sua dimensão, utilizando subespaços dessas matrizes.

Para melhor acompanhamento do método, serão definidas as seguintes matrizes, cujos elementos são apresentados no Quadro 1:

Y = vetor de dados;

X = matriz de dimensão 23×32 , de quantidades fixas, expressas em termos de 0 e 1, de acordo com a representação matricial do modelo, e de característica 23. No método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), essa matriz é dividida nos subespaços:

N = subespaço da média — dimensão 23×1 , com vetor básico u ;

A = subespaço dos efeitos da C.G.C. — dimensão 23×8 , com vetores básicos g ;

QUADRO 1 - Subdivisão da matriz X nos subespaços N, A e B com seus vetores básicos*

Subespaços Dimensão		Y 23x1	N 23x1	A 23 x 8								B 23 x 23						
				u	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₆₈ S ₇₈		
Cruzamentos				i	j													
1	2	Y ₁₂	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0	0
1	3	Y ₁₃	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0
1	4	Y ₁₄	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	0
1	5	Y ₁₅	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	.	.	.	0
1	6	Y ₁₆	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	.	.	.	0
1	7	Y ₁₇	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	.	.	.	.	0
1	8	Y ₁₈	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	4	Y ₂₄	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	Y ₂₆	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7	Y ₂₇	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	8	Y ₂₈	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	6	Y ₃₆	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	7	Y ₃₇	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	8	Y ₃₈	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	5	Y ₄₅	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	Y ₄₆	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7	Y ₄₇	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	6	Y ₅₆	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	7	Y ₅₇	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	Y ₅₈	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	.	.	.	.	0
6	7	Y ₆₇	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	.	.	.	0
6	8	Y ₆₈	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
7	8	Y ₇₈	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1

* No sistema apresentado estão ausentes cinco híbridos, referentes aos cruzamentos representados por Y₂₃, Y₂₅, Y₃₄, Y₃₅ e Y₄₈.

B = subespaço dos efeitos da C.E.C. — dimensão 23 x 23, com vetores básicos \hat{S}_{ij} .

Como a sua característica é inferior ao número de parâmetros a serem estimados, a matriz $X'X$ torna-se uma matriz singular, e a estimação dos parâmetros, no método usual, só é possível por meio de restrições, tais como as apresentadas a seguir:

$$(1) \sum_j a_j \hat{g}_j^* = 0, \text{ ou seja:}$$

$$7\hat{g}_1^* + 5\hat{g}_2^* + 4\hat{g}_3^* + 5\hat{g}_4^* + 5\hat{g}_5^* + 7\hat{g}_6^* + 7\hat{g}_7^* + 6\hat{g}_8^* = 0$$

$$(2) \sum_j b_j \hat{S}_{ij}^* = 0, \text{ para cada } i, \text{ ou seja:}$$

$$\hat{S}_{12}^* + \hat{S}_{13}^* + \hat{S}_{14}^* + \hat{S}_{15}^* + \hat{S}_{16}^* + \hat{S}_{17}^* + \hat{S}_{18}^* = 0$$

$$\hat{S}_{12}^* + \hat{S}_{24}^* + \hat{S}_{26}^* + \hat{S}_{27}^* + \hat{S}_{28}^* = 0$$

$$\hat{S}_{13}^* + \hat{S}_{36}^* + \hat{S}_{37}^* + \hat{S}_{38}^* = 0$$

$$\hat{S}_{14}^* + \hat{S}_{24}^* + \hat{S}_{45}^* + \hat{S}_{46}^* + \hat{S}_{47}^* = 0$$

$$\hat{S}_{15}^* + \hat{S}_{45}^* + \hat{S}_{56}^* + \hat{S}_{57}^* + \hat{S}_{58}^* = 0$$

$$\hat{S}_{16}^* + \hat{S}_{26}^* + \hat{S}_{36}^* + \hat{S}_{46}^* + \hat{S}_{56}^* + \hat{S}_{67}^* + \hat{S}_{68}^* = 0$$

$$\hat{S}_{17}^* + \hat{S}_{27}^* + \hat{S}_{37}^* + \hat{S}_{47}^* + \hat{S}_{57}^* + \hat{S}_{67}^* + \hat{S}_{78}^* = 0$$

$$\hat{S}_{18}^* + \hat{S}_{28}^* + \hat{S}_{38}^* + \hat{S}_{58}^* + \hat{S}_{68}^* + \hat{S}_{78}^* = 0$$

Com essas restrições é possível obter o vetor $\hat{\beta}$, cujos elementos estimam os efeitos da média (u^*) e da capacidade geral (\hat{g}_1^*) e específica de combinação (\hat{S}_{ij}^*). No método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), esse vetor é dividido nos subespaços:

\hat{u} : escalar do estimador da média;

\hat{g}_1 : vetor dos estimadores não corrigidos dos efeitos da C.G.C.;

\hat{S}_{ij} : vetor dos estimadores não corrigidos dos efeitos da C.E.C.

Deve-se ainda ressaltar o fato de que o vetor $X'Y$, que, no sistema de equações normais, é constituído dos elementos $Y_{i..}$, $Y_{i.}$ para $i = 1, 2, \dots, 8$ e Y_{ij} para $i < j$, no método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) é subdividido em:

$N'Y$: escalar que expressa o valor observado $Y_{i..}$;

$A'Y$: vetor que contém os valores observados $Y_{i.}$, para todo i ;

$B'Y$: vetor que contém os valores observados Y_{ij} , para $i < j$.

Para estimar os parâmetros com o emprego do método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), utilizam-se equações análogas às equações normais, como segue:

— estimador da média (\hat{u})

$$N'N \hat{u} = N'Y \quad (3).$$

Como $N'N$ quantifica o número de híbridos envolvidos no dialelo e $N'Y$ corresponde ao escalar $Y_{..}$, $\hat{u} = \hat{u}^*$, sendo \hat{u} e \hat{u}^* os estimadores da média geral obtidos com o uso do método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) e do método de GRIFFING (3), respectivamente.

— estimador do efeito da C.G.C. (\hat{g}_i)

$$A'A \hat{g}_i = A'Y \quad (4).$$

Uma vez que esse método faz uso de subespaços, os parâmetros \hat{g}_i assim estimados não são de máxima verossimilhança, nem atendem às restrições de ter somatório igual a zero ($\sum a_i \hat{g}_i \neq 0$). Uma transformação apropriada torna-se, conseqüentemente, necessária.

Nos dialelos balanceados, a expressão 4 se resume em

$$(p-2) \hat{g}_i + \sum_j \hat{g}_j = Y_i.$$

Assim, com base nas restrições (1) e (2), é verificado que

$$(p-2) \hat{g}_i + \sum_j \hat{g}_j = (p-1) \hat{u}^* + (p-2) \hat{g}_i^*.$$

Donde se conclui que

$$\begin{aligned} \sum_j \hat{g}_j &= \frac{p}{2} \hat{u}^* \\ \hat{g}_i &= \hat{g}_i^* + \frac{1}{2} \hat{u} \end{aligned} \quad (5)$$

Tem-se que \hat{g}_i e \hat{g}_i^* são os estimadores da capacidade geral de combinação, obtidos por meio do método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) e do método de GRIFFING (3), respectivamente. A expressão (5), apesar de ser estimada para dialelos balanceados, pode ser utilizada em dialelos desbalanceados com aproximação satisfatória:

— estimador do efeito da C.E.C. (\hat{S}_{ij})

$$B' B \hat{S}_{ij} = B'Y \quad (6)$$

Nos dialelos balanceados, a expressão (6) resume-se em $\hat{S}_{ij} = Y_{ij}$. Assim sendo, ter-se-á:

$$\hat{S}_{ij} = \hat{S}_{ij}^* + \hat{g}_i + \hat{g}_j \quad (7)$$

Tem-se que \hat{S}_{ij} e \hat{S}_{ij}^* são os estimadores de capacidade específica de combinação, obtidos com o emprego do método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2) e do método de GRIFFING (3), respectivamente.

Por analogia com o sistema de equações normais, podem-se estimar as somas

de quadrados dos efeitos, conforme o método de KEULS e GARRETSEN (4) e GARRETSEN e KEULS (2), pelas expressões:

— soma de quadrado da média: $Y_N^2 = \hat{u}' N' Y$;

— soma de quadrado não corrigida da C.G.C.: $Y_A^2 = \hat{g}_1' A' Y$;

— soma de quadrado não corrigida da C.E.C.: $Y_B^2 = \hat{S}_{ij}' A' Y$.

— soma de quadrado não corrigida da C.E.C.: $Y_B^2 = \hat{S}_{ij}' A' Y$.

Nos dialelos balanceados, as expressões para as somas de quadrados da média, da C.G.C. e da C.E.C. se resumem em $\hat{u}Y...$, $\sum_i \hat{g}_1 Y_i$ e $\sum_{i < j} \sum_j \hat{S}_{ij} Y_{ij}$, respectivamente. As somas de quadrados corrigidas podem ser obtidas mediante a substituição dos estimadores \hat{u} , \hat{g}_1 e \hat{S}_{ij} pelas expressões dadas anteriormente.

O esquema da análise de variância está apresentado no Quadro 2, conforme exposto por KEULS e GARRETSEN (4). A significância da diferença dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação pode ser avaliada por meio do teste F. O valor de F pode ser calculado mediante a divisão do quadrado médio da fonte de variação que está sendo testada pelo quadrado médio do resíduo, pois no modelo estudado os efeitos foram considerados como fixos.

Outras considerações a respeito do método proposto por KEULS e GARRETSEN (2) e GARRETSEN e KEULS (4) podem ser encontradas no apêndice explicativo do trabalho apresentado por FERRÃO (1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância, com a decomposição da soma de quadrado de tratamento em soma de quadrado da capacidade, geral e específica, de combinação, para ângulo acima e abaixo da espiga superior e produção de grãos/parcela, encontra-se no Quadro 3. A significância encontrada, pelo teste F, para os quadrados médios da C.G.C. e da C.E.C. evidencia a variabilidade genética existente, tanto para os efeitos gênicos aditivos quanto para os não-aditivos, entre os caracteres estudados.

No Quadro 4 são apresentadas as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de cada linhagem (\hat{g}_1^*). Os \hat{g}_1^* dão uma indicação da importância dos genes de ação aditiva.

Para um programa de melhoramento com o objetivo de obter plantas produtivas e de folhas eretas, de menor ângulo de inserção, recomendar-se-iam as linhas L-840, L-494 e L-960. Essas linhagens apresentaram efeito positivo da CGC para produção de grãos/parcela e efeito negativo para ângulo de inserção, acima e abaixo da espiga superior, o que demonstra que o valor médio do ângulo de inserção e da produção de grãos/parcela, das combinações híbridas (F_1) de cada um desses progenitores com as outras linhagens, é menor e maior, respectivamente, que a média geral desses caracteres, para todos os F_1 's do dialelo.

No Quadro 5 são apresentadas as estimativas dos efeitos da CEC (\hat{S}_{ij}^*), a qual depende dos efeitos da dominância dos genes, para as combinações das oito linhagens progenitoras e as respectivas médias dos caracteres avaliados.

Altas estimativas de \hat{S}_{ij}^* (positivas ou negativas) indicam que o híbrido em questão é muito melhor ou muito pior do que seria esperado com base na capacidade geral de combinação de seus progenitores. Na exploração comercial de híbri-

QUADRO 2 - Esquema da análise de variância, com o desdobramento da soma de quadrado de tratamento nos componentes relativos à capacidade, geral e específica, de combinação

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	$r - 1$		Mb	
Tratamentos	$r - 1$		Mt	Mt/Me
C.G.C.	$p - 1$	$Y_A^{*2} = Y_A^2 - Y_N^2$	Mg	Mg/Me
C.E.C.	$t - p$	$Y_B^{*2} = Y_B^2 - Y_A$	Ms	Ms/Me
Resíduos	$(r-1)(t-1)$		Me	

r = número de repetições = 3.

t = número de combinações híbridas = 23.

p = número de progenitores envolvidos = 8.

Y_N^2 = soma de quadrado da média.

Y_A^2 = soma de quadrado da C.G.C. não corrigida.

Y_A^{*2} = soma de quadrado da C.G.C. corrigida.

Y_B^2 = soma de quadrado da C.E.C. não corrigida.

Y_B^{*2} = soma de quadrado da C.E.C. corrigida.

dos devem ser recomendados aqueles com estimativa favorável da CEC, cujos pais foram indicados com base na CGC. Assim, os híbridos da linhagem 840 serão os mais desejáveis, sobretudo o L-840 x L-25 e o L-840 x L-958, bem como o híbrido L-840 x L-960.

Deve-se ressaltar que o híbrido de maior média de produção de grãos/parcela, o de menor ângulo de inserção das folhas acima da espiga superior e o de menor ângulo de inserção das folhas abaixo da espiga superior foram o L-840 x L-960, o L-840 x L-25 e o L-960 x L-25, respectivamente.

Adicionalmente, estimaram-se as correlações entre o ângulo de inserção das folhas no colmo, acima e abaixo da espiga superior, e a produção de grãos/parcela. Os coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) foram negativos e significativos ($P < 0,01$), tanto na correlação de produção de grãos/parcela com o ângulo de inserção acima da espiga superior ($r_F = -0,560$, $r_G = -0,806$ e $r_E = -0,469$) quanto na correlação com o ângulo de inserção abaixo da espiga superior ($r_F = -0,490$, $r_G = -0,838$ e $r_E = -0,154$). Isso sugere que os híbridos com folhas mais eretas apresentam maior capacidade de produção, possivelmente em decorrência da maior e melhor distribuição da luz em toda a planta.

4. RESUMO

Vinte e três híbridos simples, provenientes do cruzamento entre oito linhagens de milho, selecionadas com base na diversidade do ângulo de inserção da folha no

QUADRO 3 - Análise de variância, com o desdobramento da soma de quadrado de tratamento em efeitos da capacidade, geral e específica, de combinação

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Ângulo acima da espiga superior	Ângulo abaixo da espiga superior	Produção de grãos/parcela (kg)
Blocos	2	84,409 **	133,606 **	0,186 **
Tratamentos	22	656,612 **	315,741 **	0,678 **
C.G.C.	7	1668,890 **	548,381 **	0,877 **
C.E.C.	15	184,215 **	207,175 **	0,575 *
Resíduo	44	17,400	31,230	0,245

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 4 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\bar{g}_i^*) das oito linhagens progenitoras, para três caracteres de milho

Linhagens	Ângulo acima da espiga superior	Ângulo abaixo da espiga superior	Produção de grãos/parcela (kg)
L - 25	- 3,366	- 4,464	0,035
L - 405	- 6,334	- 3,149	- 0,032
L - 494	-11,498	- 5,831	0,272
L - 810	2,000	6,300	- 0,255
L - 840	-23,457	- 7,923	0,531
L - 955	22,239	9,252	- 0,458
L - 958	10,806	8,457	- 0,050
L - 960	- 3,800	- 7,605	0,167

coimo, foram avaliados na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no ano agrícola 1980/81, com relação aos caracteres produção de grãos/parcela e ângulo de inserção da folha, acima e abaixo da espiga superior.

A capacidade combinatória das linhagens foi avaliada, em diallelo incompleto, através do método proposto por KEULS e GARRETSEN. Foram feitas algumas considerações gerais a respeito desse método.

Os resultados obtidos permitiram apontar as linhagens L-840, L-494 e L-960 e os híbridos L-840 x L-25, L-840 x L-958 e L-840 x L-960 como os mais promissores para serem incluídos em programas de melhoramento e, ou, indicados para exploração comercial.

As correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre ângulo de inserção das folhas, acima e abaixo da espiga superior, e produção de grãos/parcela foram negativas, o que indica que os híbridos com folhas mais eretas apresentam maior produção.

5. SUMMARY

(ANALYSIS OF COMBINING ABILITY OF MAIZE LINES WITH RESPECT TO YIELD AND LEAF ANGLE IN AN UNBALANCED DIALLEL SYSTEM)

Twenty-three single-cross hybrids, originat from crosses among eight inbred lines of corn selected on the basis of leaf angle diversity, were evaluated in the Federal University of Viçosa, in 1980-81, with respect to grain yield and leaf angle above and below the first ear.

The combining abilities of the lines were measured, in a incomplete diallel, through use of the methodology proposed by Keuls and Garretsen. Some general considerations were made concerning this methodology.

The results obtained indicated the lines L-840, L-494, and L-960 and the hybrids L-840 x L-25, L-840 x L-958, and L-840 x L-960 as the best ones to be included

QUADRO 5 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (S_{ij}^*), para ângulo acima da espiga superior (AA) e ângulo abaixo da espiga superior (AB), produção de grãos/parcela (PG), acima da diagonal, e respectivas médias, abaixo da diagonal

Linhas progenitoras	Caracteres	L - 25	L - 405	L - 494	L - 810	L - 840	L - 955	L - 958	L - 960
L - 25	AA		-1,76	4,80	-8,94	5,94	2,41	1,38	-3,83
	AB		2,24	4,53	-4,59	2,61	0,36	-5,09	-0,05
	PG		-0,37	-0,35	-0,21	0,08	0,22	0,65	-0,03
L - 405	AA	39,25			3,09		-0,40	-2,27	1,34
	AB	32,66			-4,95		-0,77	0,41	3,07
	PG	2,97			-0,08		0,34	-0,08	0,19
L - 494	AA	40,65					-5,98	-1,57	2,75
	AB	32,27					-6,17	-2,02	3,65
	PG	3,29					-0,04	0,30	0,09
L - 810	AA	40,41	49,47			7,02	-0,70	-0,47	
	AB	36,30	36,25			-2,32	5,54	6,32	
	PG	2,90	2,96			-0,06	0,43	-0,08	
L - 840	AA	29,83			36,28		3,97	6,19	6,87
	AB	28,25			34,11		-1,60	3,97	3,97
	PG	3,97			3,54		-0,03	0,02	-0,01
L - 955	AA	72,00	66,22	55,47	74,25	53,47		2,29	-1,59
	AB	43,17	43,36	35,28	59,14	37,76		8,17	-5,51
	PG	3,13	3,18	3,11	3,05	3,38		-0,75	-0,18
L - 958	AA	59,53	52,92	48,45	63,05	44,25	86,05		-5,55
	AB	36,93	43,75	38,64	59,13	35,91	63,91		-5,13
	PG	3,96	3,17	3,85	2,95	3,84	2,07		-0,06
L - 960	AA	39,72	41,92	38,17		30,33	67,56	52,17	
	AB	25,91	30,35	28,25		26,47	34,17	33,75	
	PG	3,50	3,66	3,86		4,02	2,86	3,39	

in a breeding program and/or to be used commercially.

The phenotypic, genotypic, and environmental correlations between leaf angles (above and below the first ear) and yield were negative, an indication that hybrids with more erect leaves have higher yields.

6. LITERATURA CITADA

1. FERRÃO, R.G. *Cruzamentos Dialélicos Incompletos entre Oito Linhagens de Milho (Zea mays L.) com Diferentes Ângulos de Inserção da Folha no Colmo*. Viçosa, MG, U.F.V., 1984. 92 p. (Tese Mestrado).
2. GARRETSEN, F. & KEULS, M.A. General method for the analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II (NC II) designs. Part II: Procedures and general formulas for the fixed model. *Euphytica*, 27:49-68. 1978.
3. GRIFFING, B. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10:31-50. 1986.
4. KEULS, M. & GARRETSEN, F. A general method for the analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II designs. Part I. Procedures and general formulas for the random model. *Euphytica*, 26:537-551. 1977.
5. LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A.; DUNCAN, W.G.; DOVRAT, A. & MUNEZ, A. Community architecture and productivity of terrestrial plant communities. *Crop Science*, 8:352-355. 1978.
6. PATERNIANI, E. *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ, Fundação Cargill, 1978. 650 p.
7. PEARCE, R.B.; BROWN, B.H. & BLASER, R.E. Photosynthesis in plant communities as influenced by leaf angle. *Crop Science*, 14:559-561. 1974.
8. PENDLETON, J.W.; SMITH, G.E.; WINTER, S.R. & JOHNSTON, T.J. Field investigations of relationship of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agron. Jour.*, 60:422-424. 1968.
9. PEPPER, G.E.; PEARCE, B.R. & MOCK, J.J. Leaf orientation and yield of maize. *Crop Science*, 17:883-886. 1977.
10. WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S.; DUNCAN, W.G.; DOVRAT, A. & MUNEZ, F.A. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Science*, 8:303-308. 1968.
11. ZUBER, M.S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. *J. Am. Soc. Agron.*, 34:30-47. 1942.