

ANÁLISE DIALÉLICA DE POPULAÇÕES DE MILHO NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ, NA “SAFRINHA”¹

Marcus Vinícius Kvitschal²
Carlos Alberto Scapim²
Aelton Tonet²
Ronald José Barth Pinto²
Vanessa Silva Retuci²
Antônio Teixeira do Amaral Júnior³
Alessandro de Lucca e Braccini²

RESUMO

Seis populações de milho (Iguatemi, BR 106, Maringá, CMS 28, CMS 50 e CMS 30), suas combinações híbridas e quatro testemunhas comerciais foram avaliadas nos anos agrícolas de 1998/99 e 1999/00, na época de “safrinha”, na região de Maringá-PR, com o objetivo de indicar a melhor estratégia de melhoramento conjunto dos caracteres altura de plantas, altura de espigas e rendimento de grãos. Os resultados da análise conjunta revelaram significância da capacidade geral de combinação (CGC) para os três caracteres, indicando variabilidade originada de efeitos genéticos aditivos. Não ocorreram interações significativas em relação a populações x anos e CGC x anos, indicando que não houve resposta diferenciada das populações nos dois anos e que os efeitos foram constantes nos dois anos agrícolas. Os quadrados médios dos efeitos de populações e de heterose foram significativos em relação ao rendimento de grãos, indicando que as populações não constituem um grupo homogêneo e que há manifestação de heterose em seus híbridos. Foi observada amplitude de variação de 2.518 kg ha⁻¹ a 4.048 kg ha⁻¹ nas populações, e 2.393 kg ha⁻¹ a 4.622 kg ha⁻¹ nos cruzamentos intervarietais. As populações BR 106 e Maringá foram identificadas como as mais promissoras, podendo ser empregadas em programas de

¹ Aceito para publicação em 23.06.2003.

² Dep. de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900 Maringá, PR. E-mail: cascapim@uem.br

³ Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, Horto. 28015-620 Campos dos Goytacazes, RJ.

melhoramento intrapopulacional, formação de compostos ou no esquema de seleção recorrente recíproca na "safrinha".

Palavras-chave: *Zea mays*, capacidade geral de combinação, heterose.

ABSTRACT

DIALLEL ANALYSIS OF MAIZE POPULATIONS IN THE NORTHWESTERN REGION OF PARANÁ, BRAZIL, IN THE SECOND CROP

Six populations of maize (Iguatemi, BR 106, Maringá, CMS 28, CMS 50 and CMS 30), their hybrid combinations and four commercial controls were evaluated in 1998/99 and 1999/00 in Maringá, PR, during the second crop, to select the best strategy to improve simultaneously plant height, ear height and grain yield in the maize breeding program carried out by State University of Maringá. Interaction estimates of populations by years, GCA by years and SCA by years were not significant, indicating a consistent response of the tested genotypes and related genetic effects in both years. On the other hand, heterosis and genotype mean squares were significant for grain yield, allowing to conclude that populations did not constitute a homogeneous group and that their hybrids are superior to their parents. The amplitude of variation was similar in populations (2,518-4,048 kg ha⁻¹) and intervarietal crosses (2,393-4,622 kg ha⁻¹). The populations BR 106, Maringá and Iguatemi seemed to be the most promising ones, with a potential use in intrapopulational breeding, composite and reciprocal recurrent selection programs.

Key words: *Zea mays*, general combining ability, heterosis.

INTRODUÇÃO

Os melhoristas de milho têm feito e publicado vários trabalhos de cruzamentos de populações de milho. Ao longo do século XX alguns autores tentaram sumarizar esses resultados, quer seja em número de cruzamentos, quer por meio das estimativas de heterose média ou heterobeltiose (6, 16, 19, 23, 25).

A avaliação das populações em cruzamentos tem vários propósitos: elas podem ser empregadas nos cruzamentos de primeira geração para explorar o vigor híbrido do rendimento de grãos e podem servir nos esquemas de seleção recorrente recíproca, como fonte de linhagens para formação de híbridos, para o melhoramento intrapopulacional e para a síntese de compostos. A análise dialélica de cruzamentos entre populações tem sido amplamente divulgada (11, 18, 20, 22). Uma extensa revisão sobre esse assunto foi feita por Hallauer e Miranda Filho (19).

No Brasil, são vários os relatos de análise dialélica em milho (2, 5, 9, 15, 21, 24, 27). No entanto, novas populações são formadas, e necessita-se conhecer o seu potencial ante às populações que estão sendo empregadas em diferentes programas de melhoramento de milho. A

Universidade Estadual de Maringá desenvolveu duas novas populações de milho para a região noroeste do Paraná, selecionando-as para a época de semeadura denominada “safrinha”.

O milho “safrinha” é a cultura de sequeiro realizada extemporaneamente (fora do período normal), de janeiro a abril, em sucessão a uma cultura de primavera-verão (12). Somente nos últimos quatro anos a área média semeada foi de 2,2 milhões de hectares, com produção de 5,0 milhões de toneladas (13). A época de “safrinha” está consagrada, não havendo mais espaço para a discussão do mérito ou de importância. Assim, todos os esforços podem ser direcionados para a maximização da eficiência produtiva (8).

A escolha de cultivares a serem utilizados para cada região e para cada época de semeadura na mesma região é fundamental para o bom desenvolvimento da cultura. Até o momento, a maioria dos cultivares utilizados não foi desenvolvida para o cultivo de milho “safrinha”, sendo, na realidade, desenvolvidos para a safra primavera-verão e apenas testados na “safrinha” (outono-inverno). Os programas de melhoramento têm que procurar selecionar materiais para as condições prevalecentes nesse período de cultivo (13).

Realizou-se este trabalho com os objetivos de avaliar a capacidade geral de combinação das populações de milho CMS 28, CMS 50, CMS 30, BR 106, Iguatemi (UEM) e Maringá (UEM) e os efeitos heteróticos manifestados nos híbridos, a fim de dar subsídios ao programa de melhoramento para a época de “safrinha” na região noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram feitos cruzamentos dialélicos entre seis populações de milho (Iguatemi, BR 106, Maringá, CMS 28, CMS 50 e CMS 30). Para a obtenção dos híbridos, as populações foram semeadas em quatro linhas de 10,0 m de comprimento pareadas em todas as combinações possíveis. Na época do florescimento, foram feitos todos os cruzamentos possíveis entre as populações, com aproximadamente 150 polinizações para cada cruzamento. Os pendões que forneceram pólen naquele dia foram cortados para não serem utilizados posteriormente. A multiplicação das populações foi feita em lote à parte, por meio de polinização manual com mistura de pólen.

A descrição das populações CMS 50, CMS 30, BR 106 e CMS 28 está apresentada no Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (7). A descrição resumida das populações Iguatemi e Maringá é a seguinte:

Iguatemi: originou-se após dois ciclos de seleção entre e dentro de progênes de meios-irmãos em Maringá, em material oriundo de pequenos produtores da região noroeste do Paraná. Possui grãos amarelos semidentados a dentados, florescimento masculino aos 60-62 dias, altura de planta e espiga de 210 e 110 cm, respectivamente, bom empalhamento e boa tolerância ao acamamento, sendo moderadamente susceptível a *Phaeosphaeria maydis*. A produtividade média é de 5.000 kg ha⁻¹ (safra normal).

Maringá: originou-se após três ciclos de seleção massal em Maringá, em material oriundo de pequenos produtores da região noroeste do Paraná. Possui grãos amarelos semidentados a dentados, florescimento masculino aos 68-73 dias e altura de planta e espiga de 200 e 100 cm, respectivamente, bom empalhamento e boa tolerância ao acamamento, sendo moderadamente susceptível a *Phaeosphaeria maydis*. A produtividade média é de 5.800 kg ha⁻¹ (safra normal).

Os dois ensaios foram conduzidos em campos experimentais da Universidade Estadual de Maringá, com semeaduras realizadas em 15 de janeiro, nos anos agrícolas de 1998/1999 e 1999/2000, época denominada "safrinha". O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e 25 tratamentos, constituídos por seis populações, 15 híbridos intervarietais e quatro testemunhas comerciais (AL-25/XIV, AL-25/XV, AG-9012 e OCEPAR-705).

OCEPAR-705 é um híbrido duplo, semiprecoce, tem textura semidura, cor dos grãos alaranjada, recomendado para época de semeadura de setembro/outubro e susceptível a *Phaeosphaeria maydis*. O híbrido simples AG-9012 é superprecoce, tem textura dura e cor de grãos avermelhada. As variedades AL-25/XIV e AL-25/XV foram desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, e os algarismos romanos representam o número de ciclos de seleção.

Cada parcela foi representada por duas fileiras de 5,0 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m. Nas parcelas, a semeadura foi feita em covas espaçadas de 0,2 m, com duas sementes por cova, deixando-se, após o desbaste feito aos 20-25 dias após a emergência, uma planta por cova, de forma que cada parcela ficasse com 50 plantas. Os tratamentos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura.

As características avaliadas foram: a) altura da planta, avaliada, em metros, após o pendoamento, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em seis plantas competitivas por parcela; b) altura da espiga, avaliada, em metros, após o pendoamento, do nível do solo até a inserção da espiga superior no colmo, nas mesmas seis plantas por parcela; c) umidade dos grãos, avaliada, em porcentagem, em uma amostra de grãos de cada parcela; e d) rendimento de grãos, obtido pela pesagem dos grãos da parcela e transformado em kg ha⁻¹ corrigido para umidade de 15,5%.

Inicialmente, foi feita a análise de variância de cada ano. A homogeneidade das variâncias residuais dos anos foi testada por meio do teste F máximo, a 5% de probabilidade. Os efeitos de tratamentos e de anos foram considerados fixos. As análises de variância foram feitas usando-se o programa SAEG (14). Grupos de médias foram estabelecidos segundo o teste de Scott e Knott (30), a 5% de probabilidade. A aplicação do teste foi feita por meio do programa SAEG (14).

Com base nos resultados das análises de variância, as somas de quadrados de tratamentos foram decompostas em capacidade geral de combinação. Na decomposição, foi utilizado o método 4, modelo 1, de Griffing (17), em que o sistema dialélico consta de híbridos F1's (32). Posteriormente, para avaliação da heterose, empregou-se a metodologia de Gardner e Eberhart (10), análise II (32). A análise dialélica foi feita usando-se o programa GENES (3).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, procederam-se as análises de variância de cada ano. Uma vez que o teste F máximo não revelou, a 5% de probabilidade, heterogeneidade entre os quadrados médios do resíduo das análises individuais, em todos os caracteres, foi possível a realização das análises de variância conjunta, considerando-se os dois anos.

No Quadro 1 são apresentados os coeficientes de variação de todos os caracteres. De acordo com a classificação elaborada por Scapim et al. (29), esses coeficientes são considerados médios.

O teste F indicou diferenças significativas entre os tratamentos, a 5% de probabilidade, nos três caracteres. O desdobramento das somas de quadrados de tratamentos revelou diferenças significativas entre as populações e híbridos a 5% de probabilidade, em todos os caracteres. Os quadrados médios de populações versus F₁'s foram significativos, a 5% de probabilidade, nos três caracteres, indicando que o comportamento médio dos híbridos diferiu do comportamento médio das populações.

Os quadrados médios de anos foram significativos, a 5% de probabilidade, em todos os caracteres, indicando diferenças entre as médias dos anos, nesses caracteres. Não houve significância, a 5% de probabilidade, da interação tratamentos x anos, em todas as características, indicando que não houve resposta diferenciada de tratamentos nesses dois anos. Esse resultado pode ser explicado em virtude de os dois experimentos terem sido feitos no mesmo local, com condições climáticas parecidas.

QUADRO 1 – Médias estimadas das características AP – altura de plantas (m), AE – altura de espigas (m) e RG – rendimento de grãos (kg ha⁻¹) dos progenitores, dos híbridos intervarietais e das testemunhas comerciais em Maringá, nos anos agrícolas de 1998/1999 e 1999/2000

População	Características		
	AP	AE	RG
CMS 30	1,93 A	1,15 A	2518 C
CMS 28	1,70 B	0,93 B	2669 C
BR 106	1,90 A	1,07 A	3742 B
Maringá	1,94 A	1,12 A	4048 B
CMS 50	1,86 A	0,96 B	3780 B
Iguatemi	1,76 B	1,00 B	2899 C
Médias das populações	1,85	1,04	3276
Híbridos intervarietais			
CMS 30 x CMS 28	1,65 B	0,88 C	2723 C
CMS 30 x BR 106	1,94 A	1,11 A	3532 B
CMS 30 x Maringá	1,88 A	1,07 A	3140 C
CMS 30 x CMS 50	1,90 A	1,10 A	3385 B
CMS 30 x Iguatemi	1,89 A	1,12 A	3850 B
CMS 28 x BR 106	1,82 A	1,06 A	4501 A
CMS 28 x Maringá	1,70 B	0,97 B	4081 B
CMS 28 x CMS 50	1,78 B	0,98 B	2393 C
CMS 28 x Iguatemi	1,73 B	0,96 B	3686 B
BR 106 x Maringá	1,88 A	1,10 A	4533 A
BR 106 x CMS 50	1,94 A	1,10 A	3453 B
BR 106 x Iguatemi	1,92 A	1,13 A	4516 A
Maringá x CMS 50	1,89 A	1,05 A	3320 C
Maringá x Iguatemi	1,82 A	1,08 A	4622 A
CMS 50 x Iguatemi	1,88 A	1,08 A	3939 B
Médias dos híbridos intervarietais	1,84	1,05	3711
Testemunhas comerciais			
AL-25 / XIV	1,82 A	1,00 B	2415 C
AL-25 / XV	1,81 A	1,01 B	3091 C
AG-9012	1,51 C	0,76 D	3729 B
OCEPAR-705	1,79 A	1,00 B	2268 C
Médias das testemunhas	1,73	0,94	2875
CV(%)	5,81	7,47	22,8

Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo de grupo, de acordo com a metodologia de Scott-Knott (30).

As médias dos caracteres agronômicos dos tratamentos são apresentadas no Quadro 1, juntamente com seus agrupamentos, pelo teste de Scott e Knott (30), a 5% de probabilidade.

Quanto à altura de plantas e altura de espigas, observou-se a formação de três e quatro grupos, respectivamente (Quadro 1). Os tratamentos que apresentaram maiores alturas de planta e da espiga (1,94 e 1,14 m) não são grandes o bastante para trazerem preocupações em relação a problemas de colheitas, que ocorrem quando são semeadas populações de plantas altas.

Quanto ao rendimento de grãos, visualizou-se a formação de três grupos (Quadro 1). Os tratamentos que apresentaram os maiores rendimentos de grãos foram CMS 28 x BR 106, Maringá x BR 106, Iguatemi x BR 106 e Maringá x Iguatemi. As produtividades médias das populações e dos híbridos intervarietais não são resultados surpreendentes, pois foram obtidos na “safrinha” (época de semeadura tardia), em que, normalmente, a cultura enfrenta condições ambientes desfavoráveis ao desenvolvimento normal, representadas por significativa alteração no metabolismo, com conseqüente redução no potencial de produção, quando comparados com a safra normal.

As médias de rendimento de grãos dos híbridos intervarietais foram bem superiores às das testemunhas comerciais, inclusive dos híbridos de linhagens OCEPAR 705 e AG-9012. O híbrido OCEPAR 705 é susceptível a *Phaeosphaeria maydis*. Nos dois anos agrícolas houve incidência da doença, reduzindo a produtividade. A mancha foliar causada por *Phaeosphaeria*, ou pinta-branca, tem sido constatada em praticamente todas as regiões de cultivo do milho “safrinha” (1). Em relação à baixa produtividade do híbrido AG-9012, acredita-se que esteja relacionada com as altas temperaturas durante o desenvolvimento vegetativo, o que conduz as plantas a um exagerado acúmulo de unidades calóricas e, como conseqüência, à redução do ciclo e do potencial produtivo (13). Como se trata de híbrido superprecoce, o potencial produtivo foi mais afetado que os demais tratamentos. No que diz respeito às baixas produtividades das variedades AL-25/XIV e AL-25/XV, a explicação mais plausível é a baixa adaptabilidade à região de Maringá.

Os quadrados médios referentes à capacidade geral (CGC) foram significativos ($P < 0,05$) para todos os caracteres (Quadro 2), evidenciando a variabilidade genética entre as populações avaliadas e a manifestação de ação gênica aditiva, situação favorável ao melhoramento.

As estimativas dos efeitos da CGC (\hat{g}_i) das populações encontram-se no Quadro 3. Baixo valor de \hat{g}_i indica que a média dos híbridos em que a população i participa não difere muito da média geral do dialelo. Alto valor, positivo ou negativo, indica que a população i é muito melhor ou

pior que as demais populações incluídas no dialelo, com relação à média de seus híbridos. Apresentará maior \hat{g}_i a população que possuir maiores frequências de alelos favoráveis (4). Uma vez que não houve interação da CGC com anos para nenhum dos caracteres, os efeitos de capacidade geral de combinação das populações genitoras foram estimados na média dos dois anos (Quadro 2). Nesse aspecto, as populações BR 106, Iguatemi e Maringá apresentaram \hat{g}_i positivos na média dos dois anos, em relação ao rendimento de grãos. Assim, pode-se dizer que pelo menos uma das populações de milho difere das demais, no que concerne à concentração de genes favoráveis ao rendimento de grãos, qualquer que seja o tipo de dominância entre os alelos desses genes (32).

Os quadrados médios dos efeitos de populações e de heteroses foram significativos, a 5% de probabilidade, para todos os caracteres, com exceção da heterose em relação à altura da planta, indicando que as populações não constituem grupo homogêneo (diferem quanto à CGC) e que há manifestação de heterose em seus híbridos, ou seja, a heterose interfere na CGC de cada um.

Em relação à decomposição da soma de quadrados de tratamentos na análise de variância, em relação à variável rendimento de grãos, pode-se observar que o efeito de populações representou 47% e, conseqüentemente, 53% referem-se ao efeito de heterose. Esse resultado é similar ao encontrado na literatura (2, 9, 11). Por sua vez, Santos et al. (27) e San Vicente et al. (26) encontraram efeito maior de heterose. Diante do resultado de 47% para efeito de populações e 53% para o efeito de heterose, conclui-se, portanto, que, quanto à variável rendimento de grãos, as populações não são tão contrastantes.

Quanto à altura de planta e espiga, a partição da soma de quadrados de tratamentos revelou efeito maior de populações (75% e 65%, respectivamente), em relação ao efeito de heterose, indicando efeito menor de dominância sobre esses caracteres, quando comparado ao rendimento de grãos. A baixa heterose observada nessas características é indicativo de que a predição de médias é um bom critério para escolha de genitores a serem usados em cruzamentos. Resultados similares foram encontrados por outros autores (2, 9, 22).

Ao desdobrar a soma de quadrados de heterose e as interações entre heteroses (média, varietal e específica) e os anos, apenas os quadrados médios das heteroses varietais, das três características, e o quadrado médio da heterose média, do rendimento de grãos, apresentaram significância, a 5% de probabilidade (Quadro 2). A não-significância da heterose específica e heterose específica x anos ($P > 0,05$), do rendimento de grãos, também foram reportadas nos trabalhos de Miranda Filho e Vencovsky (22) e Araújo e Miranda Filho (2).

QUADRO 2 - Análise de variância conjunta das características altura de plantas (AP), altura de espigas (AE) e rendimento de grãos (RG), em seis populações e seus híbridos intervarietais F₁'s de milho, segundo análise dialélica proposta por Gardner e Eberhart (10), associada à de Griffing (17)

Fontes de variação	GL	QM		
		AP	AE	RG
Blocos/anos	4	-	-	-
Anos	1	0,05407*	0,85018*	5819181,0*
Tratamentos	(20)	0,02398*	0,01699*	1377618,2*
Populações	5	0,07252*	0,04398*	2615388,0*
Heterose	15	0,00780 ^{NS}	0,00799*	965028,3*
Heterose média	1	0,00063 ^{NS}	0,00264 ^{NS}	2513738,3*
Heterose varietal	5	0,01644*	0,01582*	1403408,4*
Heterose específica	9	0,00380 ^{NS}	0,00424 ^{NS}	549404,9 ^{NS}
Tratamentos x anos	20	0,00805 ^{NS}	0,00583 ^{NS}	750080,8 ^{NS}
Populações x anos	5	0,00122 ^{NS}	0,00166 ^{NS}	338291,6 ^{NS}
Heteroses x anos	15	0,00871 ^{NS}	0,00722 ^{NS}	887343,9 ^{NS}
Heterose média x anos	1	0,00523 ^{NS}	0,01873 ^{NS}	72276,4 ^{NS}
Heterose varietal x anos	5	0,00897 ^{NS}	0,01385 ^{NS}	1023064,7 ^{NS}
Heterose específica x anos	9	0,00895 ^{NS}	0,00225 ^{NS}	902506,4 ^{NS}
CGC	5	0,11905*	0,07142*	5455445,25*
CGC x anos	5	0,0081 ^{NS}	0,00725 ^{NS}	661783,14 ^{NS}
Erro combinado	96	0,01145	0,00615	633011,5

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.
^{NS} Não-significativo.

A significância do quadrado médio da heterose média, em relação ao rendimento de grãos, indica que há suficiente diversidade genética entre as populações, resultando numa situação favorável à aplicação do melhoramento genético. Essa variabilidade ainda foi suficiente para provocar diferenças na resposta heterótico-varietal dessa característica, indicando que as populações diferem nas suas respectivas frequências médias ou quanto ao grau de dispersão destas frequências. A não-significância da heterose específica sugere a inexistência de diferenças entre os graus de complementação, umas com as outras, em relação às frequências dos alelos, nos locos com alguma dominância (Quadro 2).

Em relação à decomposição da heterose do rendimento de grãos, verifica-se contribuição maior da heterose varietal, em relação à heterose média. Desse resultado, pode-se concluir que não existe expressiva superioridade da média dos híbridos intervarietais, em relação à média das populações.

A despeito da reduzida variabilidade entre as populações, quanto à altura das plantas e de espigas, atestada pela ausência de significância de heterose média, ainda assim houve variabilidade suficiente para provocar efeito diferencial sobre a heterose varietal (Quadro 2). Esse fato atesta que pelo menos algumas populações diferem suficientemente entre si, quanto às frequências gênicas médias ou quanto ao grau de dispersão dessas frequências (31).

Nas três características, a heterose específica e a heterose específica x anos não foram significativas ($P > 0,05$), indicando que não houve efeito suficiente para expressar diferenças entre cruzamentos específicos, não apresentando apreciável grau de complementação (Quadro 2). Uma vez que não houve interação de populações e heteroses com anos, os efeitos de variedades, heterose média, varietal e específica foram estimados na média dos dois anos.

As estimativas dos efeitos de população (\hat{V}_i), heterose média (\bar{h}), heterose varietal (\hat{h}_i) e heteroses específicas (\hat{s}_{ij}) estão apresentadas nos Quadros 3 e 4. Quanto à altura da planta e da espiga, as populações que apresentaram os maiores \hat{V}_i foram Maringá, CMS 30 e BR 106 (Quadro 3). CMS 28, por outro lado, apresentou a menor estimativa. Quanto ao rendimento de grãos, as populações BR 106, Maringá e CMS 50 apresentaram \hat{V}_i positivos, enquanto as populações CMS 30, CMS 28 e Iguatemi apresentaram \hat{V}_i negativos (Quadro 3). Valores positivos de \hat{V}_i indicam populações de maior potencial *per se*, ou seja, para programas de melhoramento intrapopulacionais, devido ao efeito aditivo dos genes.

QUADRO 3 - Estimativas dos efeitos de populações (\hat{V}_i), heterose varietal (\hat{h}_i) e heterose média (\bar{h}), segundo Gardner e Eberhart (10), e de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i), de Griffing (17), das características altura de plantas (AP), altura de espigas (AE) e rendimento de grãos (RG), avaliadas em seis populações e seus híbridos intervarietais F_1 's

População	AP (m)			AE (m)			RG (kg ha ⁻¹)		
	\hat{V}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i	\hat{V}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i	\hat{V}_i	\hat{h}_i	\hat{g}_i
CMS 30	0,082	-0,028	0,013	0,112	-0,052	0,004	-757,95	-86,37	-465,35
CMS 28	-0,148	0,058	-0,132	-0,108	-0,050	-0,104	-606,61	26,42	-276,89
BR 106	0,052	0,048	0,074	0,032	0,043	0,059	466,22	252,96	486,07
Maringá	0,092	-0,055	-0,009	0,082	-0,040	0,001	771,72	109,80	276,07
CMS 50	0,012	0,040	0,046	-0,078	0,051	0,020	504,06	777,10	-525,05
Iguatemi	-0,088	0,052	0,008	-0,038	0,046	0,027	-377,44	593,87	505,15
Heterose média (\bar{h})		-0,01			0,01			435,6	

A inter-relação entre os parâmetros estimados pelas duas metodologias utilizadas é relatada na literatura (4, 28, 31). Sabe-se que os efeitos da CGC de duas populações estimadas pela metodologia de Griffing (17) têm uma parte devida ao contraste entre os efeitos de populações e outra ao contraste entre os efeitos de heterose varietal, estimados pela metodologia de Gardner e Eberhart (10).

As populações que apresentaram os maiores efeitos da CGC no rendimento de grãos foram Iguatemi, BR 106 e Maringá. Maringá e BR 106 apresentaram \hat{V}_i superiores à da Iguatemi (\hat{V}_i negativo), sendo o \hat{h}_i de Iguatemi superior ao das populações Maringá e BR 106. Assim, as populações Maringá e BR 106 são superiores à Iguatemi, quanto ao comportamento *per se*, enquanto Iguatemi determina maior valor heterótico nos híbridos em que participa.

Uma estratégia para obter populações de milho de alta produtividade seria a síntese de compostos para programas de melhoramento intrapopulacional. A escolha das populações para a formação desses compostos deve basear-se em \hat{g}_i e \hat{V}_i , que dependem de efeitos aditivos. Assim, recomendam-se compostos formados entre as populações mais promissoras do programa, BR 106 e Maringá, pois apresentaram estimativas altas de \hat{g}_i e \hat{V}_i . Também podem ser empregadas no melhoramento intrapopulacional e/ou direcionadas para um programa de seleção recorrente recíproca na Universidade Estadual de Maringá.

Quanto à altura de plantas e de espigas, o interesse é para populações com estimativas baixas de \hat{g}_i e \hat{V}_i , determinado pelos objetivos do programa de melhoramento, ou seja, identificar populações com menor arquitetura. Nesse aspecto, a população CMS 28 apresentou as menores estimativas.

Quanto ao rendimento de grãos, a heterose média foi significativa, a 5% de probabilidade, com estimativa (\bar{h}) de 435,6 kg ha⁻¹, o que corresponde a 11% de superioridade da média dos híbridos, em relação à média das populações (Quadro 3). Essa estimativa é baixa, quando comparada com a heterose média de 19,5% em grupo de 1.394 cruzamentos, incluindo antigas raças de milho, reportada por Hallauer e Miranda Filho (19).

Em relação ao rendimento de grãos, as heteroses média e varietal explicaram toda a heterose observada. Na altura de plantas e espigas, a heterose média não foi significativa ($P > 0,05$), conseqüentemente, a heterose varietal explicou toda a heterose observada (Quadro 2). Esse resultado demonstra que nessas variáveis (AP e AE), no conjunto, essas populações não são favoráveis para explorar o efeito de heterose em híbridos.

Ainda quanto ao rendimento de grãos, a população Iguatemi apresentou \hat{h}_i elevado, diferenciando-se das demais, mostrando ser a mais divergente dentro do grupo de populações testadas, enquanto CMS 50 mostrou-se menos divergente (Quadro 3). Com relação às heteroses específicas (\hat{s}_{ij}), destacaram-se os híbridos CMS 30 x CMS 50, CMS 28 x BR 106, CMS 28 x Maringá e CMS 50 x Iguatemi (Quadro 4).

QUADRO 4 - Estimativas da heterose específica (\hat{s}_{ij}), segundo Gardner e Eberhart (10), em relação à altura de plantas (AP), altura de espigas (AE) e rendimento de grãos (RG), nos híbridos intervarietais F_1 's.

Heterose específica (\hat{s}_{ij})	Características		
	AP	AE	RG
CMS 30 x CMS 28	-0,116	-0,120	-153,04
CMS 30 x BR 106	0,019	-0,010	-206,83
CMS 30 x Maringá	-0,008	-0,029	-389,33
CMS 30 x CMS 50	-0,000	0,037	657,62
CMS 30 x Iguatemi	0,039	0,039	91,588
CMS 28 x BR 106	0,029	0,054	573,71
CMS 28 x Maringá	-0,057	-0,025	363,37
CMS 28 x CMS 50	0,011	0,022	-523,16
CMS 28 x Iguatemi	0,005	-0,011	-260,87
BR 106 x Maringá	-0,032	-0,005	52,75
BR 106 x CMS 50	0,021	0,026	-225,79
BR 106 x Iguatemi	0,045	0,038	-193,83
Maringá x CMS 50	0,004	-0,008	-149,29
Maringá x Iguatemi	-0,021	0,004	122,50
CMS 50 x Iguatemi	0,031	0,045	240,62

CONCLUSÃO

As populações Maringá e BR 106 são indicadas para o melhoramento intrapopulacional, formação de compostos ou seleção recorrente recíproca, visando ao cultivo da "safrinha".

REFERÊNCIAS

1. AGROCERES. Guia de sanidade. 2nd ed. São Paulo, 1996. 72p.
2. ARAÚJO, P.M. & MIRANDA FILHO, J.B. Analysis of diallel crosses for the evaluation of maize populations across environments. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 1:255-62, 2001.

3. CRUZ, C.D. Programa Genes: aplicativo computacional em Genética e Estatística. Viçosa, UFV, 1997. 390p.
4. CRUZ, C.D. & VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, 12:425-38, 1989.
5. DELBONI, J.S. Análise de cruzamentos dialélicos entre variedades de milho braquítico-2. Viçosa, UFV, 1987. 99p. (Tese de M.S.).
6. EBERHART, S.A.; HARRISON, M.N. & OGADA, F. A comprehensive breeding system. *Der Zuchter*, 37: 169-74, 1967.
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 1988-1991. 247p.
8. FANCELLI, A.L. A cultura do milho safrinha. Fisiologia das plantas de milho em condições de safrinha. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 6º, Londrina, 2001. Anais, IAPAR, 2001, p.11-31.
9. GAMA, E.E.G.; HALLAUER, A .R.; LOPES, M.A.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X. & GUIMARÃES, P.E. Combining ability among fifteen early cycle maize populations in Brazil. *Brazilian Journal Genetics*, 18:569-77, 1995.
10. GARDNER, C.O. & EBERHART, S.A . Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, 22:429-52, 1966.
11. GARDNER, C.O. & PATERNIANI, E. A genetic model used to evaluate the breeding potential of open-pollinated varieties of corn. *Ciência e Cultura*, 19:95-101, 1967.
12. GERAGE, A.C. & BIANCO, R.A. A produção de milho na "safrinha". *Informe Agropecuário*, 14 (164):39-44, 1990.
13. GERAGE, A.C.; ARAÚJO, P.M. & SHIOGA, P.M. A cultura do milho safrinha. Cultivares. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 6º, Londrina, 2001. Anais, IAPAR, 2001, p.32-44.
14. GOMES, J.M.& BRAGA, J.M.F. SAEG. Viçosa, UFV, 1992. 100p.
15. GOMIDE, B.G. Cruzamentos dialélicos entre variedades de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, UFV, 1980. 71p. (Tese de M.S.).
16. GOODMAN, M.M. Estimates of genetic variances in adapted and exotic populations of maize. *Crop Science*, 5:87-90, 1965.
17. GRIFFING, B.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science*, 9:463-93, 1956.
18. HALLAUER, A.R. & EBERHART, S.A. Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Science*, 6:423-7, 1966.
19. HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, Iowa State University Press, 1988. 469p.
20. LAMKEY, S. & HALLAUER, A.R. Comparison of maize populations improved by recurrent selection. *Maydica*, 29:357-74, 1984.
21. LOPES, M. A.; GAMA, E.E.G.; VIANA, R. T. & SOUZA, T.R.P. Heterose e capacidade de combinação para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis variedades de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20:349-54, 1985.
22. MIRANDA FILHO, J.B. & VENCOVSKY, R. Analysis of diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, 24:217-34, 1984.
23. MOLL, R.H.; SALHUANA, W.S. & ROBINSON, H.F. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science*, 2: 197-8, 1962.
24. 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.). *Revista Brasileira de Genética*, 4:571-7, 1981.
25. RICHEY, F.D. The experimental basis for the present status of corn breeding. *Journal of American Society of Agronomy*, 14:1-17, 1922.

26. SAN VICENTE, F.M.; BEJARANO, A .; MARIN, C. & CROSSA, J. Analysis of diallel crosses among improved tropical white endosperm maize populations. *Maydica*, 43:147-53, 1998.
27. SANTOS, M.X.; PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; GAMA, E.E.G.; SILVA, A .E. & OLIVEIRA, A .C. Diallel among twenty eight varieties of maize. *Brazilian Journal of Genetics*, 17:277-82, 1994.
28. SINGH, M. & SINGH, R.K. A comparison of different methods of half-diallel analysis. *Theoretical Applied Genetics*, 67:323-6, 1984.
29. SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P. & CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30:683-6, 1995.
30. SCOTT, A.J. & KNOTT, M. A cluster analysis of variance. *Biometrics*, 30:507-12, 1974.
31. VENCOVSKY, R. Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades. Piracicaba, ESALQ, 1970. 59p. (Tese de livre-docente).
32. VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.