

COMPARAÇÃO ENTRE POPULAÇÕES, CRUZAMENTOS INTERPOPULACIONAIS E HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO

ELTON VACARO¹, JOSÉ F. BARBOSA NETO², CLAUDIO N. NUSS³, DIEGO G. PEGORARO⁴, LEO D. H. CONCEIÇÃO⁵

RESUMO - A heterose é a principal responsável pelos incrementos na produtividade de milho neste século. No entanto, as variedades exploram de maneira diferencial esse fenômeno. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo comparar o desempenho de populações de polinização aberta, seus cruzamentos e híbridos comerciais de milho em dois ambientes. Os resultados demonstraram que o ambiente tem importância fundamental na expressão do potencial genético. No ambiente favorável, os cruzamentos proporcionaram maior resposta do que as populações, sendo que os híbridos comerciais apresentaram uma resposta ainda superior. No ambiente desfavorável, todos os genótipos revelaram baixos rendimentos de grãos. Este fato demonstrou que em ambientes de menor potencial para o desenvolvimento das plantas, genótipos geneticamente superiores não conseguem expressar todo o seu potencial. Desta forma, a escolha da variedade comercial a ser adquirida pelos agricultores deve levar em consideração o ambiente de cultivo e o nível de manejo que será adotado na lavoura.

Palavras-chave: variedades, heterose, Zea mays.

COMPARISON AMONG POPULATIONS, THEIR CROSSES AND COMMERCIAL HYBRIDS OF MAIZE

ABSTRACT - Exploitation of heterosis has been the main point to increase maize productivity in this century. However, the varieties use this phenomenon in a different way. This work was designed to compare the performance of open pollinated populations, their crossings and commercial hybrids in two different locations. The results demonstrated that the environment is important for the expression of the genetic potential of the plants. In the favorable environment the crossings performed better than the populations and the commercial hybrids outperformed both. In the unfavorable environment all genotypes presented low grain yield. This fact demonstrated that superior genotypes could not express their genetic potential in environments with limitations for plant development. As a consequence, the choice of the commercial variety to be acquired by the farmers should take into account the environment and the management level that will be adopted in the crop.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie de fecundação cruzada que tem expressiva importância econômica no sistema de produção agrícola. Desde o surgimento dos primeiros híbridos, na década de 20, a exploração comercial da heterose, também chamada de vigor híbrido, é uma das principais razões do sucesso de empresas produtoras de sementes de milho (STUBER, 1994). Esse fenômeno tem sido o principal mecanismo genético para obtenção de altos rendimentos de grãos nessa cultura (HALLAUER & MIRANDA, 1988). A heterose

tem sido conceituada como a superioridade do híbrido em relação à média dos pais ou ao melhor pai (HALLAUER & MIRANDA, 1988; FALCONER, 1987), sendo que a mesma é dependente da heterozigiosidade e da frequência de alelos dominantes controlando o caráter (HALLAUER & MIRANDA, 1988). Tanto as populações melhoradas quanto os híbridos de linhagens exploram a heterose. No entanto, os híbridos exploram com maior eficiência pois apresentam maior frequência de indivíduos com alta heterozigiosidade, determinando uma intensa substituição das variedades de polinização aberta.

¹ Eng. Agr., Mestre, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Eng. Agr., Ph. D., Departamento de Plantas de Lavoura - Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 7712 - Caixa Postal 776 - Porto Alegre (RS) - Brasil - 91501-970 - Fax: (051) 337-7519 - E-mail: jfbn@vortex.ufrgs.br Bolsista CNPq. Autor para correspondência.

³ Eng. Agr., Mestre, Gerente de Pesquisa - Agroeste Sementes.

⁴ Eng. Agr., Mestrando em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Bolsista CNPq.

⁵ Estudante de Agronomia, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Bolsista PIBIC/CNPq.

Recebido para publicação em 18/05/1999.

O ambiente tem uma importância fundamental na manifestação da heterose. De maneira geral, o comportamento do fenótipo de uma planta é dependente de sua constituição genética, do ambiente e da interação genótipo X ambiente (FALCONER, 1987). As variedades híbridas são, normalmente, recomendadas em ambientes com potencial para o desenvolvimento das plantas, onde é esperado um rendimento de grãos superior. Assim sendo, os híbridos podem ser considerados como a melhor opção em cultivos onde o agricultor planeja empregar um bom nível de manejo para a lavoura, especialmente adubação e controle de plantas daninhas. Por outro lado, alguns agricultores utilizam pouca ou até nenhuma adubação. Deste modo, não proporcionam as condições necessárias para o híbrido expressar o seu potencial. Nesses casos, a escolha de populações melhoradas para o cultivo pode ser uma alternativa. No entanto, não é qualquer híbrido que é superior às variedades de polinização aberta ou aos cruzamentos interpopulacionais. A capacidade combinatória das populações disponíveis no programa é o mecanismo empregado para maximizar a heterose (GRIFFING, 1956), sendo a sua avaliação fundamental para o desenvolvimento de novas populações melhoradas e híbridos. Assim sendo, a seleção da variedade a ser cultivada deve levar em consideração a qualidade de cada genótipo, o potencial produtivo e o ambiente onde será cultivada, entre outros fatores. O objetivo desse trabalho foi comparar o desempenho de rendimento de grãos e caracteres agrônômicos de 12 populações de polinização aberta, seus 66 cruzamentos interpopulacionais e três híbridos comerciais de milho em dois ambientes distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados nesse estudo, 12 populações de milho com origem diversificada (Cone Sur, Caribe-México, Sintético 34, Composto Amarelo Dentado, Población 26, Población 62, Pool 25, Pool 26, Amarillo del Bajío, Tuxpeño Amarelo, Nitroflint e Sintético Elite) e seus 66 cruzamentos interpopulacionais, juntamente com três híbridos triplos comerciais (AS 3466, AS 3477 e AS 3601).

Os experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola de 1997/98 na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Eldorado do Sul - RS e na Estação Experimental da Empresa Agropecuária Oeste Ltda.

(Agroeste Sementes), em Xanxerê - SC. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela experimental foi formada por duas fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,80 m, totalizando uma área útil de 8 m².

Em Xanxerê, a semeadura foi realizada no dia 18 de outubro de 1997 com uma densidade de 50.000 plantas/ha. A adubação realizada por ocasião da semeadura correspondeu a 20 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de fósforo (P O) e 80 kg/ha de potássio (K O). A adubação de cobertura com nitrogênio² foi efetuada no estágio de desenvolvimento V6 (RITCHIE *et al.*, 1998) na forma de uréia, em dose equivalente a 70 kg/ha de nitrogênio. Em Eldorado do Sul, a semeadura foi no dia 30 de outubro de 1997 com uma densidade de 60.000 plantas/ha. A adubação de base correspondeu a 12,5 kg/ha de nitrogênio (N), 50 kg/ha de fósforo (P O) e 50 kg/ha de potássio (K O). A adubação de cobertura também foi realizada de maneira similar. Entretanto, a dose empregada equívaleu a 50 kg/ha de nitrogênio. A colheita foi realizada manualmente no dia 02/03/98 em Xanxerê e em 03/04/98 em Eldorado do Sul. Foram avaliados os seguintes caracteres: estatura da planta, altura de inserção da espiga superior, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, percentagem de plantas acamadas, percentagem de plantas quebradas e rendimento de grãos.

Os dados foram inicialmente submetidos à análise de variância segundo o modelo

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

X_{ijk} = valor médio do genótipo i no ambiente j e

bloco k ; μ = média geral, α_i = efeito do i -ésimo

genótipo ($i = 1, 2, g$); β_j = efeito do j -ésimo ambiente

($j = 1, 2$); $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i -ésimo

genótipo com o j -ésimo ambiente, $\rho_{k(j)}$ = efeito do k -

ésimo bloco ($k = 1, 2, r$) no j -ésimo ambiente e ε_{ijk} =

erro experimental [$\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$]. A estimativa da heterose foi realizada a partir das médias obtidas para as populações paternas e seus cruzamentos conforme FEHR (1987).

Em cada ambiente foi também estimado o

híbrido superior (híbrido comercial de maior ou menor média de expressão do caráter) e o híbrido médio (média do comportamento dos três híbridos comerciais testados). As médias obtidas nas populações paternas e nos cruzamentos foram comparadas com o híbrido superior e o híbrido médio através de teste de t. Todas as análises foram realizadas com o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1988). Os dados de percentagem de plantas acamadas e quebradas foram transformados em arco-seno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos realizados possibilitaram a identificação de grande variabilidade genética nos 81 genótipos de milho para todos os caracteres avaliados. A análise de variância detectou diferenças significativas entre os genótipos para todas as características (Tabela 1). Da mesma forma, a interação G X E foi significativa para todos os caracteres, exceto para o número de grãos por espiga que foi avaliado em apenas um ambiente, indicando que o ambiente teve grande influência no fenótipo das plantas avaliadas. No entanto, apesar da interação GXE detectada, houve pouca alteração em relação à ordem de classificação dos genótipos,

quebradas.

havendo uma menor separação das medidas em Eldorado do Sul. Os dois locais proporcionaram condições diferenciadas para o desenvolvimento dos genótipos, sendo que Xanxerê foi o ambiente superior. Os coeficientes de variação (CV%) variaram de 5,5% para estatura de planta a 14,5% para rendimento de grãos, exceto para percentagem de plantas acamadas e quebradas (24,2% e 44,9%, respectivamente), indicando um bom nível de uniformidade na condução dos experimentos (Tabela 1).

No experimento conduzido em Xanxerê as condições de ambiente proporcionaram melhor desenvolvimento das plantas, quando comparado com Eldorado do Sul, o que resultou em maiores rendimentos de grãos, número de espigas por planta, estatura de planta e altura de inserção de espiga (Tabela 2). O menor rendimento de grãos observado em Xanxerê foi 14%, maior do que a média geral em Eldorado do Sul (Tabela 2), caracterizando esse local como o ambiente de maior potencial para o desenvolvimento dos genótipos testados. A maior adubação empregada nesse local foi um fator de contribuição para essa superioridade. Por outro lado, devido à maior quantidade de ventos em Xanxerê, esse local também proporcionou as maiores percentagens de plantas acamadas e

TABELA 1 - Análise de variância e coeficiente de variação (CV%) para rendimento de grãos (RGR), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), estatura de planta (EP), inserção de espiga (IE), percentagem de plantas acamadas (AC) e quebradas (QB) avaliados em 12 populações, 66 híbridos intervarietais e três híbridos comerciais de milho, em dois locais (Eldorado do Sul - RS e Xanxerê - SC, 1997/98).

Causas da Variação	Quadrado Médio									
	GL	RGR	NEP	NGE ¹	EP	IE	AC	QB		
Bloco/Amb.	4	1.912.907	** 0,138	** 56.455	** 3.023	** 1.177	** 0,594	** 0,207	**	**
Ambiente (A)	1	1.233.542.748	** 7,268	** -	64.320	** 42.429	** 22,428	** 6,908	**	**
Genótipo (G)	80	2.844.135	** 0,020	** 9.978	* 814	** 672	** 0,036	** 0,029	**	**
G X A	80	1.000.568	** 0,015	** -	186	* 164	** 0,029	** 0,025	**	**
Erro	322	444.792	0,009	7180	137	98	0,000	0,002		
CV%		14,5	11,3	13,8	5,5	8,4	24,2	44,9		

¹ Caráter avaliada apenas em Xanxerê.

* Significativo por teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro.

** Significativo por teste de F em nível de 1% de probabilidade de erro

A magnitude da heterose também variou de acordo com o ambiente, indicando a presença da interação GXE. Em Xanxerê, os caracteres percentagem de plantas acamadas, percentagem de plantas quebradas e número de espigas por

planta apresentaram heterose desfavorável para a maioria dos cruzamentos (Tabela 2). No entanto, os problemas de germinação, observados em alguns genitores, pode ter determinado uma menor densidade de plantas para esses genótipos,

resultando em menores percentagens de plantas acamadas e quebradas e maior número de espigas por planta, inflacionando o valor da heterose para estas combinações. Diversos autores têm relatado o aumento do número de espigas por planta e a redução da percentagem de plantas acamadas e quebradas em genótipos de milho cultivados com menor plantas.

densidade populacional (NORDEN, 1966; MEDEIROS, 1974; PEIXOTO, 1996). O efeito do ambiente na expressão da heterose foi importante, sendo que o ambiente mais favorável (Xanxerê) revelou heterose superior. Este fato indica que a heterose aumenta sua expressão em ambientes com menor limitação para o desenvolvimento das

TABELA 2 - Valores máximo, mínimo, médio e heterose média para diferentes caracteres avaliados em Eldorado do Sul - RS e Xanxerê - SC, 1997/98.

Caráter	Máximo	Mínimo	Média	Heterose Média
Eldorado do Sul - RS				
Estatura de Planta (cm)	230	172	201	-1,8
Inserção de Espiga (cm)	130	87	108	-2,5
Nº Espigas / Planta	0,9	0,5	0,7	-0,3
Plantas Acamadas (%)	17,5	0	2,3	61,2
Rendimento de Grãos (kg/ha)	4475	1627	3019	22,8
Xanxerê - SC				
Estatura de Planta (cm)	253	177	225	2,0
Inserção de Espiga (cm)	156	88	128	2,5
Nº Espigas / Planta	1,1	0,8	1,0	-13,7
Nº Grãos / Espiga	763	434	614	-0,1
Plantas Acamadas (%)	41,0	1,7	9,8	87,1
Plantas Quebradas (%)	41,8	3,6	17,0	97,6
Rendimento de Grãos (kg/ha)	7919	3445	6180	10,7

Na Tabela 3 estão apresentados as médias do híbrido superior e do híbrido médio e as percentagens de populações e cruzamentos interpopulacionais, iguais aos híbridos médio e superior, para os diversos caracteres avaliados. O comportamento dos híbridos foi similar nos ambientes testados, exceto para o rendimento de grãos, que foi 90% superior em Xanxerê. Os três híbridos, empregados nesse experimento, apresentaram pequena variabilidade para os diferentes caracteres, uma vez que a média dos três híbridos foi bastante próxima da média do melhor híbrido. Os testes de t, realizados para comparar as populações paternas e os híbridos interpopulacionais com os híbridos comerciais, detectaram diversas diferenças estatísticas nos caracteres avaliados. De maneira geral, os híbridos comerciais tiveram comportamento superior; entretanto, várias populações e cruzamentos demonstraram desempenho similar. As populações e os cruzamentos, que apresentaram

comportamento distinto dos híbridos, tiveram desempenho inferior, exceto a população Sintético 34, que apresentou altura de inserção de espiga mais baixa, e o cruzamento Amarillo del Bajío X Sintético Elite, que revelou um maior número de espigas por planta, ambos em Xanxerê. No entanto, é importante destacar que mesmo no ambiente considerado superior (Xanxerê), 11% dos cruzamentos entre populações (híbridos interpopulacionais) não diferiram significativamente do melhor híbrido em termos de rendimento de grãos, podendo ser uma alternativa viável para aqueles agricultores que desejam reduzir os custos de suas lavouras. Por outro lado, todas as populações foram inferiores nesse ambiente. Em Eldorado do Sul, 75% e 100% das populações e dos cruzamentos, respectivamente, tiveram comportamento similar ao híbrido superior para o rendimento de grãos, caracterizando que ambientes desfavoráveis, como foi o caso desse local, não possibilitam aos híbridos manifestarem seu potencial genético.

TABELA 3 - Comportamento dos híbridos médio e superior; percentagem de populações iguais ao híbrido médio e ao híbrido superior e percentagem de cruzamentos iguais ao híbrido médio e ao híbrido superior em Eldorado do Sul – RS e Xanxerê - SC, 1997/98.

Caráter	Populações				Cruzamentos	
	Híbrido Médio ¹	Híbrido Superior ²	Híbrido Médio	Híbrido Superior	Híbrido Médio	Híbrido Superior
Eldorado do Sul – RS						
Estatura de Planta (cm)	195	183	100	100	61	82
Inserção de Espiga (cm)	100	93	100	92	82	58
Nº Espigas / Planta	0,76	0,86	83	83	94	71
Plantas Acamadas (%)	2,7	1,2	92	100	70	100
Rendimento de Grãos (kg/ha)	4317	4926	42	75	61	100
Xanxerê – SC						
Estatura de Planta (cm)	204	197	67	67	11	20
Inserção de Espiga (cm)	109	109	58	58	33	30
Nº Espigas / Planta	1,00	1,02	92	92	85	85
Nº Grãos / Espiga	661	688	92	67	92	100
Plantas Acamadas (%)	1,5	0,6	83	83	94	92
Plantas Quebradas (%)	2,1	0,0	50	50	48	62
Rendimento de Grãos (kg/ha)	8183	8765	0	0	20	11

1 Média do comportamento dos três híbridos comerciais testados

2 Híbrido comercial de maior ou menor média de expressão do caráter

O rendimento de grãos (Figura 1) é o caráter que melhor representa as diferenças entre as populações, os cruzamentos interpopulacionais e os híbridos comerciais, em dois locais distintos. No ambiente desfavorável (Eldorado do Sul), embora os cruzamentos tenham sido superiores às populações, ambos tiveram baixos rendimentos de grãos e os híbridos comerciais não os superaram significativamente, indicando que esse ambiente não permitia a expressão do potencial genético para produtividade. Por outro lado, no ambiente favorável (Xanxerê), os cruzamentos e os híbridos comerciais proporcionaram maior resposta do que as

populações, demonstrando uma diferença marcante entre os tipos de genótipos testados. Assim sendo, os agricultores e técnicos devem levar em consideração o nível de manejo que será adotado na lavoura e o ambiente de cultivo para a escolha adequada do tipo de variedade a ser adquirida. Desta forma, caso o agricultor deseje cultivar uma região marginal para o milho ou não puder proporcionar boas condições de manejo da lavoura (adubação, densidade populacional, uniformidade de semeadura, controle de ervas daninhas e irrigação, entre outros), o uso de variedades híbridas poderá não proporcionar uma resposta superior.

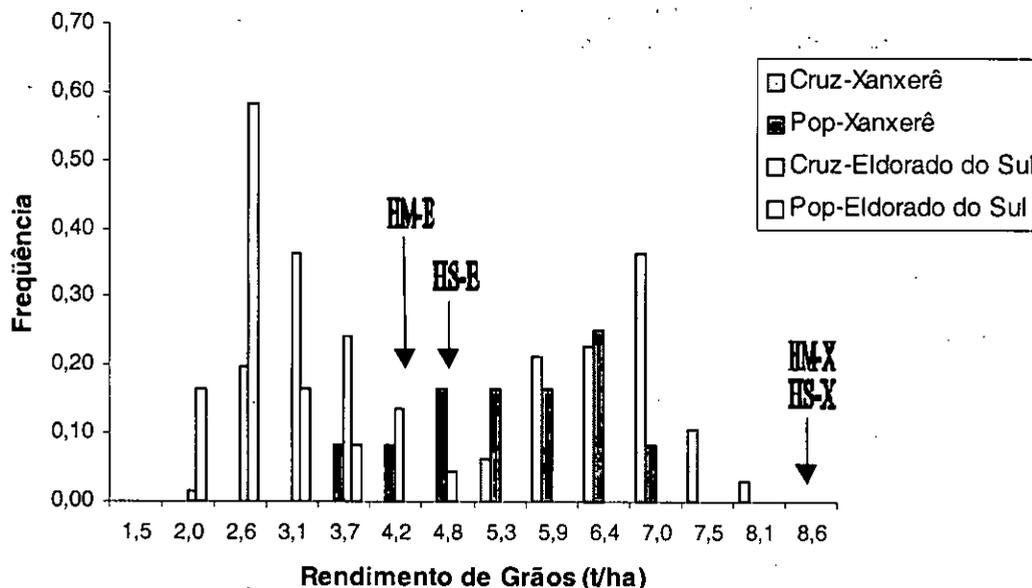


FIGURA 1 - Distribuição de freqüência do caráter rendimento de grãos para 12 populações e seus 66 híbridos intervarietais, híbrido comercial superior (HS) e híbrido comercial médio (HM), avaliados em Eldorado do Sul (E) e Xanxerê (X). 1997/98.

CONCLUSÕES

- A expressão da heterose é dependente do ambiente em que as variedades são cultivadas, sendo que ambientes superiores favorecem sua manifestação;
- Os híbridos comerciais testados não são inferiores às populações paternas e aos cruzamentos interpopulacionais para o caracteres avaliados; entretanto, conforme as condições de ambiente, o comportamento dos diferentes tipos de variedades apresentou similaridade;

BIBLIOGRAFIA CITADA

- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Volume 1: Theory and technique. New York: McGraw-Hill, Inc., 1987.
- FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 3.ed. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1987.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Australian Journal of Biological Science**, 9:463-493, 1956.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1988.
- MEDEIROS, J. B.; SILVA, P.R.F. Efeitos de níveis de nitrogênio e densidades de plantas sobre o rendimento de grãos e outras características agrônomicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, 11: 227-249, 1975.
- NORDEN, A. J. Response of corn (*Zea mays* L.) to population, bed height, and genotype on poorly drained sandy soil II. Top growth and root relationship. **Agronomy Journal**, 58: 299-302, 1966.
- PEIXOTO, C. M.; SILVA, P.R.F.; REZERA, F.; CARMONA, R.C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo de água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, 3: 63-7, 1997.
- RITCHIE, S. W.; BENSON, G. O.; LUPKES, S. J.; SALVADOR, R.J. **Corn Grows**. <http://www.ag.aistate.edu/departments/agronomy/corngrows.html>, 1998.
- SAS INSTITUTE. **SAS user guide: Statistics**. Cary: SAS Institute, 1988.
- STUBER, C. W. Heterosis in plant breeding. **Plant Breeding Reviews**, 12: 227-251, 1994.