

DEPRESSÃO CAUSADA PELA ENDOGAMIA EM SEIS VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays* L.) OPACO-2^{1/}

José Carlos Silva^{2/}

Luiz Roberto Martins Pinto^{3/}

1. INTRODUÇÃO

Usualmente, a importância de uma variedade de milho pode ser analisada com base em três aspectos: seu valor «per se», para produção e caracteres agrônômicos de interesse; sua capacidade combinatória para a produção de híbridos intervarietais; seu potencial como fonte de linhagens endogâmicas, a serem usadas na produção de híbridos.

O uso cada vez maior de híbridos tem feito com que o terceiro aspecto mencionado, ou seja, a variedade como fonte de linhagens endogâmicas a serem usadas na produção de híbridos, tenha especial destaque na avaliação de variedades.

Importante seria que da variedade se pudessem extrair linhagens com alta capacidade de combinação e que essas linhagens tivessem a máxima produção possível. A produção das linhagens reflete o efeito da depressão causada pela endogamia na variedade, e a baixa produção das linhagens, desde os primórdios da produção de sementes de milho híbrido, foi um ponto de estrangulamento, no processo, que causou altos preços das sementes. Só com o uso da sugestão de JONES (6) para a produção de híbridos duplos é que o uso do milho híbrido se expandiu nos E.U.A. Dados americanos (3) revelam que, ultimamente, têm sido obtidas linhagens bastante produtivas, o que tem permitido maior uso comercial de híbridos simples, que são mais produtivos que os híbridos duplos correspondentes. Muito possivelmente, a obtenção de linhagens brasileiras mais produtivas também levaria ao uso de híbridos simples.

Se bem que as causas da depressão causada pela endogamia estejam bem es-

^{1/} Recebido para publicação em 1.º-10-1981.

^{2/} Departamento de Biologia Geral da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

tabelecidas (2) e o fenômeno, no milho, seja conhecido de longa data (5, 8, 9), são ainda poucos os estudos (1, 4, 10) que, especificamente, tratam de quantificar essa depressão.

Nas variedades brasileiras, a observação visual mostra que a depressão causada pela endogamia, em geral, é grande, já se manifestando na primeira geração de autofecundação, sendo este um fator de dificuldade para a obtenção de linhagens endogâmicas produtivas.

Assim, visando à quantificação desse efeito depressivo na produção e em alguns caracteres agrônômicos de interesse, para mostrar a real dimensão do problema em seis variedades brasileiras, foi planejado este estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas seis variedades de milho opaco-2:

- 1 — '*CENTRALMEX* — o_2 ' — A versão normal, originária da ESALQ, USP, Piracicaba, e a versão opaco-2, obtida na UFV, Viçosa. As sementes são do tipo dentado e a cor é amarelo-clara.
- 2 — '*COMPOSTO FLINT* — o_2 ' — A versão normal, originária da ESALQ, USP, Piracicaba, e a versão opaco-2, obtida na UFV, Viçosa. As sementes são do tipo duro e a cor é amarelo-clara.
- 3 — '*COMPOSTO DENTE* — o_2 ' — A versão normal, originária da ESALQ, USP, Piracicaba, e a versão opaco-2, obtida na UFV, Viçosa. As sementes são do tipo dentado e a cor é amarelo-clara.
- 4 — '*AG 504* — o_2 ' — Híbrido duplo (asteca x piramex) x (cateto x cateto) — geração avançada do híbrido correspondente da Sementes Agroceres S.A. As sementes são do tipo meio dentado e a cor é amarelo-clara.
- 5 — '*UFV* — o_2 ' — Variedade produzida na UFV, Viçosa. Apresenta sementes do tipo dentado e a cor é amarelo-clara.
- 6 — '*COLÔMBIA ENDOSPERMA DURO* — o_2 ' — Variedade originária da Colômbia. As sementes são do tipo duro e a cor é amarela, bem clara, quase branca.

Para cada variedade, foram produzidas, por autofecundação, aproximadamente 100 progêneses S_1 . O conjunto de progêneses S_1 de cada variedade foi avaliado em Ponte Nova, MG, na Estação Experimental da EPAMIG, em experimento em «lattice» simples, com duas repetições, tendo sido usados 4 a 8 tratamentos, constituídos da variedade original, para completar cada um dos seis experimentos em «lattice». Foram usadas fileiras de 5 m^2 , com densidade de plantio correspondente a 33.000 plantas/ha, com espaçamento de 1,0 m entre fileiras. Procurou-se evitar a competição entre tratamentos de alturas diferentes (pais e S_1 s), com o uso de fileiras-bordaduras.

Foram anotados dados referentes a produção de grãos, peso de espigas e outros caracteres agrônômicos de interesse: altura da planta (do nível do solo ao nó de inserção do pendão), altura da espiga (do nível do solo ao nó de inserção da espiga superior), peso de 50 grãos e porcentagem de umidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se nos Quadros de 1 a 6 os dados individuais, por variedade; o Quadro 7 é um resumo das seis variedades.

Quando se considera a média das linhagens obtidas ao acaso de uma única população, pode-se considerar que qualquer mudança na média, em relação à população original, será resultante da mudança na frequência genotípica, uma vez

QUADRO 1 - Efeito da endogamia no Composto Flint Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (12 x 12), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos S _i s	Média da população original	Depressão devida a endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,76	2,09	15,8%	1,77	7,69%
Altura da espiga (m)	1,08	1,31	17,6%	1,09	10,72%
Peso de 50 grãos (g)	11,31	13,39	15,5%	11,37	9,57%
Peso de espigas (kg/parc.)	1,51	3,25	53,5%	1,56	22,63%
Peso dos grãos (kg/parc.)	1,10	2,54	56,7%	1,14	24,43%
Umidade (%)	12,93	13,40	3,5%	12,94	5,23%

QUADRO 2 - Efeito da endogamia na variedade Centralmex - Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (10 x 10), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos S's	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coeficiente de variação
Altura da planta (m)	1,77	2,07	14,5%	1,78	8,03%
Altura da espiga (m)	1,15	1,31	12,2%	1,16	9,03%
Peso de 50 grãos (g)	10,95	12,43	11,9%	11,01	8,81%
Peso das espigas (kg/parc.)	0,98	2,44	59,8%	1,04	29,01%
Peso dos grãos (kg/parc.)	0,70	2,00	65,0%	0,75	27,40%
Umidade (%)	13,91	14,00	0,6%	13,91	4,33%

QUADRO 3 - Efeito da endogamia no Composto Dente - Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (10 x 10), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos S's	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,34	1,97	32,0%	1,36	16,34%
Altura da espiga (m)	0,88	1,29	31,5%	0,90	16,54%
Peso de 50 grãos (g)	11,74	13,97	16,0%	11,83	19,50%
Peso das espigas (kg/parc.)	1,00	2,86	65,0%	1,08	40,55%
Peso dos grãos (kg/parc.)	0,69	2,25	69,3%	0,75	45,41%
Umidade (%)	10,76	12,73	15,4%	10,84	22,31%

QUADRO 4 - Efeito da endogamia na variedade Colômbia Endosperma Duro-Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (11 x 11), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos Sís	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,30	1,55	16,1%	1,31	27,17%
Altura da espiga (m)	0,82	0,94	12,8%	0,82	25,91%
Peso de 50 grãos (g)	8,40	10,96	23,4%	8,48	26,28%
Peso das espigas (kg/parc.)	0,52	1,30	60,0%	0,55	59,33%
Peso dos grãos (kg/parc.)	0,41	1,22	66,4%	0,44	67,58%
Umidade (%)	11,05	15,08	26,7%	11,18	9,62%

QUADRO 5 - Efeito da endogamia na variedade Ag - 504 - Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (9 x 9), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos S _i 's	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,69	1,86	9,1%	1,71	7,11%
Altura da espiga (m)	1,02	1,10	7,3%	1,03	9,14%
Peso de 50 grãos (g)	9,96	10,61	6,1%	10,02	14,79%
Peso das espigas (kg/parc.)	1,23	1,90	35,3%	1,30	22,23%
Peso dos grãos (kg/parc.)	0,97	1,52	36,2%	1,02	24,16%
Umidade (%)	14,54	14,81	1,8%	14,57	9,04%

QUADRO 6 - Efeito da endogamia na variedade UFV - Opaco-2, avaliado em experimento em "lattice" simples (11 x 11), com duas repetições e parcelas de 5 m²

Caracteres	Média dos S's	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,75	1,94	9,8%	1,76	7,70%
Altura da espiga (m)	1,07	1,22	12,3%	1,08	9,07%
Peso de 50 grãos (g)	11,52	13,24	13,0%	11,61	13,20%
Peso das espigas (kg/parc.)	1,25	1,98	36,9%	1,29	29,09%
Peso dos grãos (kg/parc.)	0,98	1,60	38,8%	1,01	31,74%
Umidade (%)	13,44	13,90	3,3%	13,46	11,02%

QUADRO 7 - Efeito médio da endogamia nas seis variedades de Milho Opaco-2 incluídas nos experimentos

Caracteres	Média dos S's	Média da população original	Depressão devida à endogamia	Média geral	Coefficiente de variação
Altura da planta (m)	1,60	1,91	16,2%	1,61	12,34%
Altura da espiga (m)	1,00	1,19	15,6%	1,01	13,40%
Peso de 50 grãos (g)	10,64	12,43	14,3%	10,72	15,35%
Peso das espigas (t/ha)	2,16	4,58	51,7%	2,27	33,81%
Peso dos grãos (t/ha)	1,62	3,71	55,4%	1,71	36,78%
Umidade (%)	12,77	13,98	8,5%	12,82	10,28%

que a frequência gênica não é alterada pela endogamia. A endogamia causa incremento na frequência de homozigotos e decréscimo na frequência de genótipos heterozigotos. Portanto, a mudança da média da população, com a endogamia, deve estar conectada com o valor genotípico relativo do genótipo heterozigoto, em relação aos homozigotos (2).

Na comparação dos caracteres, a análise dos resultados (Quadros 1 a 6) mostra que o peso da espiga e o peso dos grãos, para todas as variedades, foram os que apresentaram maior depressão em consequência da endogamia. Na média (Quadro 7), essa depressão foi de 51,7% para peso de espigas e de 55,4% para peso de grãos, ao passo que para os demais caracteres a depressão máxima foi de 16,2%.

Esses resultados eram os esperados pelos autores, visto que, dos caracteres estudados neste trabalho, foram estes os dois mais intensamente submetidos à seleção, portanto, onde a variância aditiva foi mais esgotada. Espera-se, para esses caracteres, influência mais acentuada dos efeitos de dominância e, assim, maior depressão causada pela endogamia, que é diretamente proporcional ao grau de dominância, d (para cada loco, a endogamia é dada por $2pqdF$, sendo p e q as frequências gênicas e F o grau de endogamia). Com a análise da literatura (2, 4), confirma-se essa observação de maior depressão causada pela endogamia nos caracteres mais submetidos à seleção.

Outro aspecto a considerar (Quadros 1 a 6) é a comparação da depressão causada pela endogamia entre as diversas variedades. Nota-se que na variedade UFV opaco-2 e na geração avançada do Ag 504-opaco-2 a depressão foi bem menor que nas outras variedades. São estas, exatamente, as duas variedades em cujo processo de produção foi feito o uso de gerações endogâmicas.

O 'UFV — opaco-2' foi submetido à seleção baseada em S_1 s (primeira geração de autofecundação) e a variedade Ag 504 — opaco-2 vem de polinização controlada dentro do híbrido correspondente, oriunda, portanto, de linhagens endogâmicas. Desse modo, em ambas as variedades, alguma seleção contra o efeito endogâmico já havia sido realizada, apresentando resultados que confirmaram os dados da literatura (1, 3).

As outras variedades foram produzidas por métodos tradicionais de seleção, não envolvendo gerações endogâmicas.

No Brasil, estão muito difundidos alguns métodos de melhoramento de milho usados por PATERNIANI (7), nos quais não se usa a avaliação de gerações endogâmicas. Os resultados deste trabalho e a grande importância das variedades como fonte de linhagens talvez representem uma indicação para fazer maior uso de métodos de melhoramento baseados na avaliação de gerações autofecundadas. Isso deverá melhorar a situação atual, em que a endogamia, para produção, nos S_1 s é elevada. Neste trabalho, para as seis variedades, a endogamia média para produção foi de 55,4% (Quadro 7), ao passo que a endogamia correspondente obtida em material americano varia de 31,3%, segundo HALLAUER e SEARS (4), a 39,4%, segundo CORNELIUS e DUDLEY (1).

4. RESUMO

Foi avaliada a depressão causada pela endogamia em seis variedades de milho opaco-2. Para cada variedade, foi feito um experimento em «lattice» simples, com duas repetições, incluindo aproximadamente 100 progênies S_1 , produzidas por autofecundação, e 4 a 8 tratamentos, constituídos da variedade original.

Na comparação dos caracteres, notou-se que a depressão foi maior nos que foram mais intensamente submetidos à seleção, portanto, com a variância aditiva mais esgotada.

Para produção de grãos, a endogamia média nas seis variedades usadas foi de 55,4%, bem maior que a endogamia correspondente obtida em material americano, que variou de 31,3% a 39,4%, conforme a literatura.

Na comparação entre variedades, observou-se endogamia bem menor nas variedades UFV — σ_2 e AG 504 — σ_2 . No desenvolvimento dessas duas, o melhoramento baseado na avaliação de gerações autofecundadas foi mais importante que nas outras.

Os dados deste trabalho sugerem a necessidade de os melhoristas brasileiros usarem com maior frequência métodos de seleção baseados na avaliação de gerações autofecundadas, com a finalidade de obter variedades em que a depressão devida à endogamia seja menor.

5. SUMMARY

The inbreeding depression in 6 varieties of opaque-2 corn was evaluated. For each variety, an experiment was carried out in a simple lattice design which included about 100 S_1 progenies produced by selfing and 4 to 8 treatments consisting of the original variety.

The inbreeding depression was greater for those characters submitted to more intensive selection in which the additive genetic variance was most used.

For grain yield, the average inbreeding depression for the six varieties was 55.4%. This value is larger than the corresponding depression in corn in the United States which, according to literature sources, ranges from 31.3% to 39.4%.

In a comparison among varieties, a smaller inbreeding depression was observed in the varieties 'UFV — σ_2 ' and 'AG — 504 — σ_2 '. In the development of these two varieties, the breeding methods employed placed a greater importance on the evaluation of selfed progeny than did those used in the development of the other varieties.

The results of this research suggest the necessity of a more intensive use, by Brazilian corn breeders, of breeding methods using the evaluation of selfed progenies.

6. LITERATURA CITADA

1. CORNELIUS, P.L. & DUDLEY, J.W. Effects of inbreeding by selfing and full-sib mating in a maize population. *Crop Sci.* 14:815-819. 1974.
2. FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, Imprensa Universitária da U.F.V., 1981. 279p.
3. GENTER, C.F. Yields of S_1 lines from original and advanced synthetic varieties of maize. *Crop Sci.* 11:821-824. 1971.
4. HALLAUER, A.R. & SEARS, J.H. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. *Crop Sci.* 13:327-330. 1973.
5. JENKINS, M.T. The effect of inbreeding and selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. *Iowa State College J. Sci.* 9:429-50. 1935.
6. JONES, D.F. *The effects of inbreeding and crossbreeding upon development*. Connecticut Agr. Expt. Sta., 1918. 100 p. (Bull. 207).

7. PATERNIANI, E. Genética e melhoramento do milho. In: Instituto Brasileiro de Potassa, ed. *Cultura e adubação do milho*. São Paulo, 1966. p. 109-151.
8. SHULL, G.H. The composition of a field of maize. *Am. Breed. Assoc. Rept.* 4: 296-301. 1908.
9. SHULL, G.H. A pure line method of corn breeding. *Am. Breed. Assoc. Rept.* 5: 51-9. 1909.
10. SILVA, J.C. & COELHO, M.F.B. Depressão causada pela endogamia nos compostos dentado e flint de milho (*Zea mays* L.) opaco-2. *Ciência e Cultura*, 29(7): 25. 1977.