

# EFEITO DEPRESSIVO DA ENDOGAMIA EM GERAÇÕES AVANÇADAS DE QUATRO TIPOS GENÉTICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO<sup>1</sup>

ELTO EUGENIO GOMES E GAMA<sup>2</sup>, RONALDO TORRES VIANNA,  
VALDEMAR NASPOLINI FILHO<sup>3</sup> e RICARDO MAGNAVACA<sup>2</sup>

**RESUMO** - Os ensaios foram conduzidos em dois locais: CNPMS - Sete Lagoas - MG e Guaíra, SP. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com três repetições. Estudou-se o efeito da endogamia em gerações avançadas de híbridos simples, triplos, duplos e intervarietais fornecidos pelas firmas Agroceres, Germinal e pelo CNPMS. Os resultados mostraram que dentro de cada grupo, os híbridos simples, triplos e duplos, tiveram similar comportamento quanto aos efeitos depressivos da endogamia na produção de grãos. Em geral, nas gerações de autofecundação ( $F_2$ ) e Sib) para os quatro tipos de híbridos, ocorreram um aumento no ciclo da planta, e reduções expressivas nas alturas de planta e espiga. Os grupos de híbridos duplos (HD) e triplos (HT) apresentaram maiores produtividades que os grupos de híbridos simples (HS) e intervarietais (HInt.). Os efeitos depressivos na produção para os híbridos de linhagens foram, em média, maiores na geração de autofecundação ( $F_2$ ) da ordem de 46% e 47%, que na geração de Sib, 25% e 26% para Sete Lagoas e Guaíra, respectivamente. A depressão por endogamia média ( $F_1$  - Sib) foi de 20% para HD, 30,5% para HT, 27% para HS e para híbridos intervarietais não houve redução. A depressão média causada pela autofecundação ( $F_1$  -  $F_2$ ) foi de 50%, 47,5%, 41% e 47% para os híbridos HD, HT, HS e H. Int., respectivamente.

Termos para indexação: produção.

## INBREEDING DEPRESSION EFFECTS IN ADVANCED GENERATIONS OF FOUR GENETIC TYPES OF MAIZE HYBRIDS

**ABSTRACT** - The experiments were conducted in two locations: Sete Lagoas, MG and Guaíra, SP, Brazil. A split-plot field design in three replications was used with hybrids as main plots and "Sib" and  $F_2$  plants as sub-plots. Inbreeding effects were studied in advanced generations of single, three-way, double and variety cross hybrids. Seeds for this study were obtained from Agroceres, Germinal and CNPMS. The results showed that within each group, single, three-way and double cross hybrids had all similar inbreeding effects for grain yield. Generally, in the self-fertilizing generations ( $F_2$ ) and (Sib) for the four hybrids groups, there were an increase in plant cycle and a significant decrease in plant and ear heights. Double and three-way hybrids had higher yielding than the single (SH) and variety cross hybrids groups. For grain yield, the mean inbreeding depression effects in the hybrids, were greater for selfing generation ( $F_2$ ) with 46% and 47% for Sete Lagoas and Guaíra, respectively, than the Sib generation, with 25% and 26% for Sete Lagoas and Guaíra, respectively. The mean inbreeding depression ( $F_1$  - Sib) values were 20% for double crosses, 30,5% for three-way crosses, 27% for single crosses and none for variety cross hybrids. The mean depression values due to self-fertilization ( $F_1$  -  $F_2$ ) were 50%, 47,5% 41% and 47% for double, three-way, single and variety cross hybrids, respectively.

Index terms: yield.

## INTRODUÇÃO

O fenômeno da heterose ou vigor híbrido há muito vem sendo utilizado nos programas de melhoramento de milho. Em se tratando de produção de híbridos de milho, esta vantagem aparece na primeira geração resultante do cruzamento de dois

ou mais materiais genéticos de boa capacidade combinatória.

As sementes de milho híbrido comercial começaram a ser usadas, nos Estados Unidos, no início de 1930 (Mangelsdorf 1951); no Brasil, o primeiro trabalho visando à introdução do milho híbrido foi desenvolvido na década de 1940, por C.A. Krug (Krug et al. 1943).

Diferentes tipos de híbridos podem ser produzidos de acordo com o material genético (linhagem endogâmica ou variedade) utilizado para cruzamento: híbrido "top cross" (obtido do cruzamento de linhagens endogâmicas), híbrido simples,

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 29 de novembro de 1985.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS.

híbrido simples modificado, híbrido triplo, híbrido duplo, híbrido múltiplo e híbrido intervarietal (Viegas & Miranda Filho 1978). No Brasil, a quase totalidade dos híbridos utilizados são híbridos duplos. Também é expressivo o uso de híbridos múltiplos e intervarietais e, em menor escala, os híbridos triplos e "top cross".

A taxa de redução na produção de grãos, de híbridos de milho, após a geração  $F_1$ , foi mostrada por Neal (1935). A maior redução se deu primeiramente para híbridos simples, em seguida híbridos triplos e a menor para híbridos duplos. Esse autor também afirma que, quando os híbridos se reproduzem, o equilíbrio gamético é alcançado e, então, na ausência de seleção, a geração  $F_3$  deveria produzir o mesmo que a geração  $F_2$ .

Para híbridos obtidos de cruzamentos de linhagens endogâmicas ("top cross"), é indispensável a produção de novas sementes, para que o efeito da heterose seja mantido. Assim, desaconselha-se aos produtores de milho a utilização das sementes colhidas de seus campos de produção, para o plantio do próximo ano agrícola, sob pena de perdas significativas na produção (Hallauer & Miranda Filho 1981).

Em face dos poucos resultados disponíveis, relativos à redução na produção de grãos pelo uso de sementes de gerações avançadas de híbridos de milho, desenvolveu-se o presente estudo, onde se pretende obter algumas informações, principalmente de caráter prático, sobre tal assunto, ainda que de certa forma restrito aos híbridos aqui utilizados.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram fornecidos pelas firmas: Sementes Agroceres S.A., Sociedade Agrícola Germinal Ltda., e pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da EMBRAPA (Tabela 1).

Em janeiro de 1982 foi plantada, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), em Sete Lagoas, MG, uma área com 600 sementes de cada um dos 20 híbridos que se encontram relacionados na Tabela 1. Por ocasião do florescimento, foram efetuadas, em cada um dos híbridos, de 50 a 100 autofecundações ( $F_2$ ) e de 300 a 400 cruzamentos planta a planta (Sib). Para os cruzamentos tipo Sib, à semelhança de um campo de polinização livre, em cada dia de tra-

balho, foi utilizada uma mistura de pólen de, pelo menos, 50 plantas e efetuada a polinização controlada.

Por ocasião da colheita, as espigas dos 40 tipos, 20 de autofecundação e 20 de Sib, foram debulhadas, tratadas, e as sementes devidamente armazenadas para o plantio do ano agrícola de 1982/83.

Em outubro de 1982, foram instalados dois ensaios no CNPMS, Sete Lagoas, MG e Guará, SP. O ensaio teve 60 tratamentos e o delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com três repetições, sendo as parcelas constituídas pelos diferentes tipos de híbridos e as três gerações ( $F_1$ ,  $F_2$  e Sib) nas subparcelas. A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 6 m, com 1 m entre fileiras e cinco plantas por metro linear. A parcela útil foi composta pelas duas fileiras centrais, comportando 60 plantas.

Cada experimento recebeu uma adubação de 300 kg/ha da fórmula 4-14-8 no plantio e uma adubação em cobertura com 40 kg/ha de N, 36 dias após a germinação.

Os dados foram coletados para: florescimento feminino, altura de planta, altura de espiga, estande final, número de espigas, peso de espigas, peso de grãos e percentagem de umidade dos grãos.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 apresentam-se as análises completas de variância individuais e conjunta, para produção de grãos, dos experimentos conduzidos em Sete Lagoas, MG e Guará, SP. Optou-se pela análise estatística por local, pois, na análise conjunta, as interações de locais x híbridos e de locais x gerações foram significativas. Observam-se, para Sete Lagoas (Tabela 2), quadrados médios altamente significativos (nível de 1% de probabilidade), para as duas fontes primárias de variação: Híbridos (H) e Geração (G), e para a interação primária: G x H. Isto indica haver comportamento diferencial entre híbridos ou grupos de híbridos, e entre suas gerações. No desdobramento destas fontes de variação, para Sete Lagoas (Tabela 2), evidenciaram-se diferenças altamente significativas entre grupos de híbridos, dentro dos híbridos triplos (HT), dentro dos híbridos simples (HS), entre gerações x grupos de híbridos e entre gerações x híbridos dentro de híbridos intervarietais. Tais resultados confirmam comportamento diverso dos grupos de híbridos testados e, dentro de cada grupo individualmente, comportamento diverso dos híbridos triplos e simples, e comportamento similar dos híbridos duplos e in-

TABELA 1. Relação dos 20 híbridos de milho utilizados neste estudo.

Tipo	Identidade	Características
Híbrido duplo	G 01C	Grão semi-dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido duplo	G 02C	Grão semi-dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido duplo	Ag 301	Grão dentado, porte e ciclo intermediário
Híbrido duplo	Ag 162	Grão dentado, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido duplo	Ag 259	Grão semi-flint, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido triplo	G 182524	Grão semi-dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido triplo	G 182516	Grão semi-dentado, porte e ciclo tardio
Híbrido triplo	Ag 8111	Grão dentado, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido triplo	Ag 8112	Grão semi-dentado, porte e ciclo intermediário
Híbrido triplo	Ag 8113	Grão semi-dentado, porte e ciclo intermediário
Híbrido simples	G 209201	Grão dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido simples	G 143456	Grão flint, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido simples	Ag M-102	Grão dentado, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido simples	Ag M-301	Grão semi-flint, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido simples	Ag M-401	Grão flint, porte alto e ciclo intermediário
Híbrido intervarietal	G 209015	Grão semi-dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido intervarietal	G 209203	Grão semi-dentado, porte alto e ciclo tardio
Híbrido intervarietal	CMS 12.05	Grão semi-dentado, porte e ciclo intermediário
Híbrido intervarietal	CMS 15.05	Grão semi-dentado, porte e ciclo intermediário
Híbrido intervarietal	CMS 08.05	Grão semi-dentado, porte e ciclo intermediário
	Precoce	< 60 dias
Ciclo (Florescimento ♀)	Intermediário	60 - 70 dias
	Tardio	> 70 dias
	Baixo	< 2.20 m
Porte	Intermediário	< 2.20 - 2.60 m
		> 2.60 m

tervarietais. Os resultados também mostram que as gerações se comportaram diferentemente conforme os híbridos originais, porém as grandes diferenças entre gerações ocorreram entre grupos de híbridos e não dentro de cada grupo específico, exceto para o grupo de híbridos intervarietais.

Estes resultados correspondem ao esperado, uma vez que os híbridos duplos, triplos e simples deveriam, dentro de cada grupo, apresentar comportamento similar quanto aos efeitos depressivos da endogamia, em decorrência da sua própria natureza ou constituição genética. Sabe-se que, durante o processo de autofecundação para obtenção de linhagens homocigotas, ocorre uma eliminação dos genes letais e deletérios que afetam diretamente os caracteres desejados (produção, altura de planta etc.). Por outro lado, no caso do grupo de híbridos intervarietais, por apresentarem maior variabilidade genética do que os híbridos de linhagens, e

pela presença dos efeitos dos genes indesejáveis, seria possível esperar diferenças razoáveis na sensibilidade à endogamia de cada uma das diferentes variedades constituintes dos híbridos intervarietais, com reflexos marcantes em suas gerações, produzindo, conseqüentemente, diferenças significativas no seu comportamento.

Para Guaíra, observam-se alguns resultados de teste de significância diferentes em relação aos da análise de Sete Lagoas, principalmente para as fontes de variação testadas com o Erro (a). Provavelmente, estas diferenças se devem à maior magnitude do CV (a) de Guaíra, em relação ao de Sete Lagoas, traduzindo maiores influências do ambiente em Guaíra que em Sete Lagoas, diferenças essas que podem ter mascarado as verdadeiras diferenças entre os germoplasmas dentro de cada fonte de variação. Apesar disto, os quadrados médios para as fontes: Entre grupos e dentro de híbridos sim-

TABELA 2. Análise de variância da produção de grãos para Sete Lagoas, MG, Guaíra, SP e conjunta. Ano Agrícola - 1982/83.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Sete Lagoas, MG	Guaíra, SP	Conjunta
Repetição	2	1.968.155,05	6.365.176,23**	-
Local (L)	(1)			199.469.074,11**
Híbridos (H)	19	2.554.003,46**	1.210.514,75	2.352.779,42**
L x H	(19)			1.426.022,04*
Entre grupos	3	2.446.788,33**	2.330.744,00	-
Dentro HD	4	1.199.846,25	535.490,80	-
Dentro HT	4	6.249.724,00**	66.653,60	-
Dentro HS	4	2.329.961,00**	2.347.800,80*	-
Dentro H. Int.	4	516.893,25	1.051.941,92	-
Erro (a)	38 (76)	534.631,07	736.273,81	821.961,74
Geração (G)	2	130.457.014,68**	68.044.246,24**	194.044.246,24**
G x H	38	1.569.661,35**	596.177,22**	1.922.453,44**
L x G	(2)			4.909.112,71**
L x H x G	(38)			250.358,89
G x Grupos	6	4.909.217,45**	2.248.423,58**	-
G x H/HD	8	691.596,87	232.099,97	-
G x H/HT	8	957.265,50	311.538,41	-
G x H/HS	8	747.176,37	217.110,70	-
G x H/H. Int.	8	1.377.940,75**	384.490,22	-
Erro (b)	80 (160)	485.027,06	196.219,19	341.780,75
Médias de produtividade (kg/ha)		5.067,8	3.558,2	4.313
(a)		14.4%	24.1%	18.5%
CV (b)		13.7%	12.5%	13.5%

\* Significativo a 5%

\*\* Significativo a 1%

HD - Híbridos duplos

HT - Híbridos triplos

HS - Híbridos simples

H. Int. - Híbridos intervarietais.

ples foram significativos (nível de 5% de probabilidade).

O CV (b) de Guaíra apresentou boa magnitude, sendo similar ao de Sete Lagoas. Em Guaíra, as fontes de variação testadas com o Erro (b) apresentaram resultados de teste de significância semelhantes aos de Sete Lagoas, exceto para o grupo de híbridos intervarietais.

Numa visão geral, englobando os dois locais de teste, pode-se concluir que há diferenças biológicas reais e marcantes, para produção de grãos, entre híbridos de modo geral, entre grupos de híbridos, entre gerações de modo geral, entre gera-

ções x híbridos e entre gerações x grupos de híbridos.

Na Tabela 3 são apresentados os dados de algumas características importantes, para as três gerações ( $F_1$ ,  $F_2$  e Sib), dos quatro grupos de híbridos testados em Sete Lagoas e em Guaíra. Apesar de os resultados serem apresentados individualmente (por local), procurou-se, sempre que possível analisar os dois locais em conjunto, para dar uma visão mais geral do que ocorre com os diferentes grupos de híbridos quando submetidos à endogamia.

Tanto em Sete Lagoas como em Guaíra, obser-

vam-se, como efeitos marcantes da depressão causada pela endogamia, nas gerações de autofecundação ( $F_2$ ) e Sib dos quatro grupos de híbridos, retardamento sistemático do ciclo (traduzido pelo maior intervalo de tempo até o florescimento e maior percentual de umidade por ocasião da colheita) e reduções expressivas nas alturas de planta e espiga. Observa-se, também, que estes efeitos depressivos da endogamia foram maiores e mais evidentes na geração de autofecundação que na geração de Sib, para os quatro grupos de híbridos, em ambos os locais de teste, como se esperava, pois sabe-se que autofecundações são mais eficientes que os cruzamentos "Sib" em promover endogamia ou elevar seu nível, no caso de germoplasmas notadamente panmíticos ou de natureza alógama, como o milho (Falconer 1960).

A característica prolificidade (número de espigas por planta) apresentou pequenas flutuações entre as três gerações ( $F_1$ ,  $F_2$  e Sib), para os quatro grupos de híbridos, nos dois locais de teste. Sabe-se que prolificidade é de expressão complexa e altamente dependente dos genótipos estudados, como também do ambiente em que estes genótipos são avaliados (Hallauer 1974). Neste caso, não se pode depreender que estas flutuações se devam a efeitos depressivos endogâmicos, pois como esta característica é bastante influenciada pelo meio ambiente, comportando-se como um caráter "threshold" ou de limiar (Falconer 1960, Lush 1945), o ambiente poderia ter mascarado significativamente os resultados, invalidando qualquer interpretação de natureza genética.

Na Tabela 4 são apresentadas as médias de pro-

TABELA 3. Médias de cinco características obtidas para as três gerações ( $F_1$ ,  $F_2$  e Sib) dos quatro grupos de híbridos, em dois locais: Sete Lagoas, MG e Guaíra, SP. Ano Agrícola de 1982/83.

Grupo de híbridos	Característica	Sete Lagoas, MG			Guaíra, SP		
		Híbridos ( $F_1$ )	Autofecundação ( $F_2$ )	Sib	Híbrido ( $F_1$ )	Autofecundação ( $F_2$ )	Sib
HD	Florescimento	71	73	72	72	63	62
	Altura de planta	259	246	253	241	213	231
	Altura de espiga	151	146	148	139	119	135
	Prolificidade	1.14	1.17	1.12	1.12	1.07	1.10
	Umidade %	20.6	21.1	20.6	13.4	13.7	13.4
HT	Florescimento	68	73	70	58	62	61
	Altura de planta	253	235	242	228	210	218
	Altura de espiga	148	136	139	128	116	120
	Prolificidade	1.11	1.15	1.07	1.09	1.06	1.09
	Umidade %	20.1	21.0	20.0	13.3	13.4	13.3
HS	Florescimento	70	74	72	60	63	63
	Altura de planta	258	246	252	226	216	219
	Altura de espiga	152	145	148	127	120	121
	Prolificidade	1.15	1.17	1.18	1.19	1.04	1.09
	Umidade %	20.1	21.6	21.1	13.4	13.7	13.3
H. Int.	Florescimento	68	70	68	59	61	59
	Altura de planta	249	235	249	222	203	227
	Altura de espiga	140	124	135	121	114	125
	Prolificidade	1.12	1.00	1.08	1.05	0.97	1.04
	Umidade %	20.6	21.0	20.3	13.5	13.3	13.4

HD - Híbridos duplos

HT - Híbridos triplos

HS - Híbridos simples

H. Int. - Híbridos intervarietais.

TABELA 4. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) para as três gerações (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e Sib) dos quatro grupos de híbridos, em Sete Lagoas, MG e Guaíra, SP. Ano Agrícola de 1982/83.

Grupo de híbridos	Produtividade de grãos (kg/ha)						Decréscimo (%)			
	Sete Lagoas, MG			Guaíra, SP			Sete Lagoas, MG		Guaíra, SP	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Sib	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Sib	(F <sub>1</sub> - F <sub>2</sub> )	(F <sub>1</sub> - Sib)	(F <sub>1</sub> - F <sub>2</sub> )	(F <sub>1</sub> - Sib)
HD	7.032	3.594	5.625	4.857	2.377	3.925	48.89	20.01	51.06	19.19
HT	6.737	3.498	4.585	4.900	2.598	3.467	48.08	31.94	46.98	29.24
HS	6.309	3.773	4.656	4.216	2.445	3.050	40.20	26.20	42.01	27.66
H. Int.	5.820	2.169	5.914	4.255	2.197	4.278	45.55	+ 1.62	48.37	+ 0.54

HD - Híbridos duplos

HT - Híbridos triplos

HS - Híbridos simples

H. Int. - Híbridos intervarietais.

produtividade de grãos, para as três gerações, dos quatro grupos de híbridos, e os correspondentes decréscimos percentuais destas médias entre a geração F<sub>1</sub> e as demais, para Sete Lagoas e Guaíra. As médias de produção de Guaíra, de modo geral, foram bem inferiores às de Sete Lagoas, principalmente por causa das diferenças de fertilidade do solo de ambos os locais de teste. Os resultados encontrados por Jugenheimer (1958), Weatherspoon (1970), López-Pérez (1977) e Eberthart & Hallauer (1968) mostraram uma tendência de superioridade dos híbridos simples sobre os triplos e duplos com relação à produção de grãos. Entretanto, houve uma tendência, tanto em Guaíra como em Sete Lagoas, dos grupos de híbridos duplos e de triplos apresentarem maiores produtividades em relação aos outros dois grupos de híbridos. Pode-se explicar a produtividade, relativamente baixa, do grupo dos híbridos simples, nos locais de teste, em relação àqueles grupos superiores citados, pelo fato de que os híbridos simples utilizados neste trabalho, apesar de heteróticos, não foram desenvolvidos para capitalizar a heterose máxima como híbridos simples, mas sim quando cruzados para obtenção de híbridos triplos ou duplos. Este fato é bastante compreensível, geneticamente, pois é prática a utilização de híbridos simples inferiores de per si, para produção de híbridos triplos e/ou duplos superiores (Jenkins 1934).

Em relação aos efeitos depressivos ocasionados pela endogamia, sobre o caráter produtividade,

observam-se, tanto para Sete Lagoas como para Guaíra, os seguintes fatos (Tabela 4):

1. Estes efeitos depressivos foram muito maiores ou evidentes na geração F<sub>2</sub> de autofecundação (Falconer 1960), para todos os grupos de híbridos testados, com médias de 46% e 47% em Sete Lagoas e em Guaíra, respectivamente.

2. A geração que corresponde à polinização livre ou de cruzamentos ao acaso (Sib) apresentou, para os três grupos de híbridos de linhagens (HD, HT e HS), uma depressão endogâmica média da ordem de 26% e 25% em Sete Lagoas e em Guaíra, respectivamente. No grupo dos híbridos intervarietais, cada um dos híbridos testados se comportou, nesta geração (Sib), exatamente como uma população ou variedade de polinização aberta, não demonstrando sinais de endogamia, para caráter produtividade, como se esperava, devido à ampla base genética de suas variedades paternas.

3. Para cada grupo de híbridos, os valores de depressão endogâmica por Sib (F<sub>1</sub> - Sib) foram extremamente concordantes, nos dois locais de teste. No caso do grupo de híbridos duplos (HD), a depressão por endogamia (F<sub>1</sub> - Sib) média foi da ordem de 20%. Richey et al. (1934) e Neal (1935) relataram uma redução média na produção de 15% e 15,8%, respectivamente, quando do plantio de sementes da segunda geração de híbridos duplos. Quanto ao grupo de híbridos triplos (HT), a depressão média (F<sub>1</sub> - Sib) na produção foi da ordem de 30,5%, sendo um pouco superior ao valor

(23,4%) relatado por Neal (1935). Este mesmo autor encontrou no grupo de híbridos simples o maior decréscimo na produção (29,5%), enquanto o resultado deste trabalho foi um pouco inferior (27%) para o grupo de híbridos simples (HS). Também, no caso deste grupo de híbridos é importante ressaltar, novamente, o uso, neste trabalho, de híbridos simples menos heteróticos (Jenkins 1934), os quais, não possuindo vigor máximo, não sofreram tão drasticamente os efeitos depressivos da endogamia, como se esperaria no caso de híbridos mais heteróticos (Kiesselbach 1930, Neal 1935).

4. Também os valores da depressão endogâmica por autofecundação ( $F_1 - F_2$ ), para cada grupo de híbridos, foram bastante concordantes, nos dois locais. A depressão causada pela autofecundação dos híbridos ( $F_1 - F_2$ ) foi, em média, maior para o grupo dos híbridos duplos (50%) e menor para o grupo de híbridos simples (41%). Os grupos de híbridos triplos e intervarietais apresentaram valores médios similares de 47,5% e 47%, respectivamente. Era de se esperar que os híbridos intervarietais apresentassem uma depressão endogâmica, através da autofecundação, superior à dos híbridos de linhagens; uma vez que nos híbridos intervarietais um maior número de genes recessivos deletérios estaria segregando (Hallauer & Sears 1973). Entretanto, estas diferenças de valores de depressão, encontradas entre os quatro grupos de híbridos, poderiam ser explicadas pelas diferenças de frequências de genes e níveis de dominância presentes nos híbridos de cada grupo.

### CONCLUSÕES

1. Os híbridos duplos (HD), híbridos triplos (HT) e híbridos simples (HS) apresentaram menor redução na produção de grãos na geração de cruzamento ao acaso (Sib) do que na geração de autofecundação ( $F_2$ ).

2. Os híbridos intervarietais (H. Int.) não sofreram redução de produção na geração de Sib.

3. De modo geral, houve retardamento no ciclo da planta e redução das alturas de planta e espiga nas gerações de Sib e  $F_2$ .

4. Quando da depressão endogâmica ( $F_1 - Sib$ )

ou da utilização de sementes da segunda geração de híbridos, ocorreu uma redução média na produção de grãos da ordem de 20% para HD 30,5% para HT, 27% para HS e nenhuma redução para H. Int.

5. Os híbridos simples estudados não foram superiores em produtividade aos híbridos duplos e triplos (geração  $F_1$ ).

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à firma Agroceres S.A. e à Sociedade Agrícola Germinal Ltda, pela valiosa colaboração.

### REFERÊNCIAS

- EBERHART, S.A. & HALLAUER, A.R. Genetic effects for yield in single, three-way and double cross maize hybrids. *Crop Sci.*, 8(3):377-9, 1968.
- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. London, Oliver and Boyd, 1960. 365p.
- HALLAUER, A.R. Heritability of prolificacy in maize. *J. Hered.*, 65:163-8, 1974.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames, Iowa State Univ. Press, 1981.
- HALLAUER, A.R. & SEARS, J.H. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. *Crop Sci.*, 13:327-30, 1973.
- JENKINS, M.T. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 26:199-204, 1934.
- JUGENHEIMER, R.W. *Hybrid maize breeding and seed production*. Roma, FAO, 1958. 369p.
- KIESELBACH, T.A. The use of advanced generation hybrids as parents of double-cross seed corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 22:614-26, 1930.
- KRUG, C.A.; VIEGAS, G.P. & PAOLIERI, L. Híbridos comerciais de milho. *Bragantia*, 3:367-552, 1943.
- LÓPEZ-PÉREZ, E. *Comparisons among maize hybrids made from unselected lines developed by selfing and full-sibbing*. Ames, Iowa State Univ., 1977. 91p. Tese Mestrado.
- LUSH, J.L. *Animal breeding plants*. 3.ed. Ames, Iowa State Coll. Press, 1945. 443p.
- MANGELSDORF, P.C. Hybridization in the evolution of maize. In: HETEROSIS. Ames, Iowa State Coll. Press, 1951.
- NEAL, N.P. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 27:666-70, 1935.

- RICHEY, F.D.; STRINGFIELD, G.H. & SPRAGUE, G. F. The loss or yield that may be expected from planting second generation double-crossed corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 26:196-9, 1934.
- VIEGAS, G.P. & MIRANDA FILHO, I.B. Milho híbrido. In: MELHORAMENTO e produção de milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ, 1978.
- WEATHERSPOON, J.H. Comparative yields of single, three-way, and double crosses of maize. *Crop Sci.*, 10(2):157-9, 1970.