

# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 36

Campinas, julho de 1977

N.º 18

## OITO CICLOS DE SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE MEIOS IRMÃOS NO MILHO IAC-1 (1)

LUIZ TORRES DE MIRANDA, LUIZ EUGÊNIO COELHO DE MIRANDA, CELSO VALDEVINO POMMER (2) e EDUARDO SAWAZAKI, *Seção de Milho e Cereais Diversos, Instituto Agrônômico*

### SINOPSE

São relatados os resultados obtidos em oito ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos numa população de milho, o IAC-1.

Para produção de grãos foi observado um progresso genético médio de 1,9% por ciclo, comparado com um progresso genético esperado de 8,8% por ciclo.

Para índice-de-espigas foi estimado um progresso genético esperado de 1,5% por ciclo aplicando-se os mesmos diferenciais de seleção utilizados para produção. Entretanto, não foi feita seleção sistemática entre progênies para este caráter.

A porcentagem de plantas acamadas e quebradas não se alterou profundamente no decorrer dos ciclos de seleção.

Houve um melhoramento real na população.

### 1 — INTRODUÇÃO

Com o surgimento dos primeiros trabalhos a respeito de endogamia e vigor de híbridos (2, 3, 12, 13), que levaram à utilização em escala comercial do método do milho híbrido (5), o melhoramento do milho com relação à produção teve incremento tão grande que até hoje esse método é bastante empregado nos lugares onde

a cultura é importante, fazendo com que até cerca de 1945 não se cogitasse do melhoramento de populações (11).

Entretanto, foi-se tornando cada vez mais difícil a obtenção de linhagens melhores que permitissem a síntese de híbridos superiores. Esta dificuldade foi chegando a tal ponto

(1) Recebido para publicação em 28 de dezembro de 1976.

(2) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

que a partir de 1930, apesar de serem empregados esforços ainda maiores na obtenção de linhagens melhores, os resultados eram pouco compensadores. Chegou-se a pensar que a variabilidade genética estava se esgotando e se havia chegado ao limite de produtividade. O problema era que, realmente, o material disponível para obtenção das linhagens tinha sido tão explorado que era praticamente impossível conseguir outras melhores.

A partir daí, verificou-se a necessidade de se obter novas e melhores fontes de linhagens para a continuação dos programas de milho híbrido. Isto só seria possível com a utilização de populações melhoradas, onde a frequência de genes favoráveis fosse mais elevada.

Com o auxílio de novas técnicas experimentais e com o avanço no conhecimento da genética quantitativa, tornou-se possível o emprego de métodos simples de melhoramento que até então eram tidos como não eficientes para aumentar a produtividade, como por exemplo a seleção massal e a seleção espiga-por-fileira. Estes métodos, com algumas modificações, passaram a surtir efeitos.

Assim é que Gardner (4) e Lonquist (6) relatam um ganho médio de 4% por ciclo, obtendo o total de 20% em cinco anos na variedade Hays Golden, utilizando o método da seleção massal estratificada.

Lonquist (7) sugeriu alterações no método espiga-por-fileira, modificado com melhor delineamento experimental e com controle parcial das genealogias. Webel e Lonquist (16), usando o método de seleção espiga-por-fileira modificado, relatam ganho médio de 9,44% para a variedade

de Hays Golden. Paterniani (10) e Zinsly (17) confirmaram a boa eficiência do método no melhoramento de populações. Paterniani (11), argumentando que a seleção é feita com base em progênies ou famílias de meios irmãos, crê que uma denominação mais precisa do esquema é "seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos".

Tendo sido obtidos dois excelentes híbridos duplos no programa de milho híbrido do Instituto Agrônomico, o IAC Hmd 6999 B e o IAC Hmd 7974, a Seção de Milho e Cereais Diversos iniciou o programa de melhoramento de populações. Em consequência, foram obtidas duas variedades sintéticas resultantes de cruzamentos em cadeia de uma série de linhagens e variedades (9).

Uma destas variedades, chamada IAC-1, vem sendo melhorada através do método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, desde 1964/65. Alguns resultados até agora obtidos, são aqui relatados.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

A população IAC-1 foi obtida da combinação por cruzamento em cadeia das linhagens Ip 48-5-3, Ip 365-4-1, Ip 398, Línea 1 da Colômbia, Ip 701-1, Ip 723-4, SLP 103-3, Tx 303 e PD (MS) 6. As linhagens IP 701-1 e Ip 723-4 foram obtidas por autofecundação da variedade Tuxpan originária do cruzamento entre Tuxpenho branco com Creole Yellow Flint, no Texas. As linhagens Ip 48-5-3, Ip 365-4-1 e Ip 398 foram obtidas por autofecundação da raça cateto, sendo talvez originárias da variedade assis brasil. A linhagem SLP

103-3 foi obtida por autofecundação da coleção SLP 103 coletada no Estado de San Luis Potosí, no México, em altitudes de até 200 m; é um Tuxpenho amarelo, talvez originado por introgressão em Tuxpenhos brancos típicos, de germoplasma da raça Nal-

-Tel. Tx 303 foi obtida da variedade Yellow Surecropper. PD (MS) 6 foi obtida por autofecundação da variedade Pozo-Dulce-Mass Selection (9). Após uma geração de polinização livre, foi iniciado o processo de seleção.

O método de seleção espiga-por-fileira modificado por Lonnquist (7), em uso pela Seção, consta essencialmente do seguinte:

- a) Da variedade obtida escolhem-se 169 espigas de plantas com boas características agronômicas, as quais são debulhadas separadamente, e que constituem famílias ou progênes de meios irmãos, pois têm em comum a genitora;
- b) De cada uma delas, contam-se seis amostras de 75 sementes, 4 das quais servirão para o plantio dos ensaios;
- c) A 5.ª amostra é utilizada no plantio de um campo de cruzamento, ou lote de despendoamento, onde é feita a recombinação, entrando cada uma como fileira feminina. Como macho (polinizador) é usada uma mistura das sementes remanescentes de cada uma das 169 famílias;
- d) Os ensaios são plantados em delineamento reticulado  $13 \times 13 + 1$ , tendo em cada sub-bloco 13 famílias e mais um controle intercalar ao acaso, que é o híbrido duplo IAC Hmd 6999 B. Cada repetição do ensaio é plantada em um dos seguintes locais: Ataliba Leonel (município de Manduri), Campinas, Pindorama e Ribeirão Preto. As produções das progênes são dadas em média em relação ao controle (IAC Hmd 6999 B = 100);
- e) De acordo com os resultados do ensaio, no lote de despendoamento são colhidas as 20-25% melhores famílias, o que representa a seleção entre famílias. Na seleção apenas para produção, é feita agora a seleção dentro destas famílias, escolhendo-se as 20-25% melhores plantas de cada uma, totalizando novamente 169 progênes que seriam plantadas no ano seguinte (35-40 progênes em número absoluto);
- f) Como tem sido feita seleção para qualidade protéica também, são colhidas todas as plantas das 20-25% melhores famílias quanto à produção, cujas espigas são submetidas a análises químicas, e as melhores é que comporão as novas 169 progênes.

Apenas no 1.º ano de plantio, isto é, no ciclo original, utilizaram-se 162 famílias e os ensaios tiveram o delineamento reticulado  $9 \times 9 + 2$ , com duas repetições nos quatro locais. O controle era então sistemático e colocado em ambos os lados dos sub-blocos de nove parcelas.

Do ciclo 1 a 4 foram usadas 196 progênes e os ensaios passaram para o reticulado  $7 \times 7 + 2$ , com quatro repetições em quatro locais. O controle ainda foi sistemático.

O número de progênes, o número de plantas por progênie, assim

como os coeficientes originados pela intensidade de seleção ( $k_1$  e  $k_2$ ) para os diferentes ciclos, e os anos agrícolas em que foram efetuados encontram-se no quadro 1.

A variância entre famílias de meios irmãos, o coeficiente de variação genética e a variância aditiva foram obtidos conforme Vencovsky (15), segundo Silva (14). O progresso genético esperado foi estimado segundo Vencovsky (15). Foi usada a relação

—  $\frac{\sigma_d^2}{\sigma_e^2} = 10$  de Gardner (4) para

QUADRO 1. — Número total de progênies de milho, número de progênies selecionadas, número total (médio) de plantas por progênie, número de plantas selecionadas por progênie

Ciclo	Ano agrícola	N.º de progênies		$k_1$	N.º de plantas por progênies		$k_2$
		Total	Selecionadas		Total	Selecionadas	
0 .....	64/65	162	30	1,44	46,40	6,53	1,51
1 .....	65/66	—	—	—	—	—	—
2 .....	66/67	196	20	1,75	42,97	9,80	1,28
3 .....	67/68	196	35	1,46	45,53	5,60	1,58
4 .....	68/69	196	30	1,54	37,64	5,63	1,48
5 .....	69/70	169	30	1,46	46,11	5,63	1,58
6 .....	70/71	169	31	1,45	42,64	5,45	1,63
7 .....	71/72	169	18	1,72	42,97	4,56	1,63

$k_1$  = Coeficiente da seleção entre progênies

$k_2$  = Coeficiente da seleção dentro de progênies

separar a variância entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma^2_d$ ) da variância do efeito de parcelas ( $\sigma^2_e$ ). Foram estimados dois tipos de herdabilidade: o primeiro, de Lush (8) como sendo a relação entre a variância genética aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e a variância fenotípica ( $\sigma^2_d$ ); o segundo de Dudley e Moll (1), dado como a relação entre a variância entre famílias e a variância fenotípica ao nível de famílias.

Apesar de o delineamento ser em reticulado, todas as análises de variância foram feitas segundo blocos ao acaso.

Os dados do ciclo 1 não foram incluídos.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a seleção no IAC-1 encontram-se nos quadros 2 a 7.

O quadro 2 mostra as médias da população nos diferentes ciclos, dadas em kg por 10 m<sup>2</sup>. Como se vê, a variação é grande e devida em grande parte ao ambiente. Se não se usasse um controle em todos os ensaios, não seria possível evidenciar progresso algum na seleção. Assim, quando se expressam as médias da população como % em relação ao controle é que se nota o melhoramento ocorrido. O ciclo 0 teve média de 88,09% em relação ao controle, enquanto a média do ciclo 7 foi de 101,12%. Os testes de F para tratamentos das análises de variância dos ensaios foram quase todos significativos ao nível de 1% de probabilidade. Para maior facilidade a média do ciclo 0 dada em % em relação ao controle foi considerada como 100, para expressar as médias dos outros ciclos em sua função. Desta forma, foi calculada a regressão destes valores para os ciclos de seleção, obtendo-se a equação

QUADRO 2. — Comparação da produtividade dos diferentes ciclos do IAC-1 com o controle, médias (em %) em relação ao ciclo 0 e respectivos testes de F para tratamentos, das análises de variância

Ciclo	Média em kg por 10 m <sup>2</sup>		% em relação ao controle	% relativa (ciclo 0 = 100)	F
	População	Controle (6999E)			
0 .....	6,1249	6,9530	88,09	100,0	1,72 **
1 .....	—	—	—	—	—
2 .....	6,5465	6,7403	97,12	110,3	2,16 **
3 .....	5,7873	6,2287	92,91	105,5	1,53 **
4 .....	5,7490	5,5639	103,33	117,3	2,07 **
5 .....	7,1868	7,2688	98,87	112,2	1,39 *
6 .....	4,2453	4,3098	98,50	111,8	1,87 **
7 .....	6,1597	6,0914	101,12	114,8	1,77 **

\* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

$y = 103,1 + 1,85 x$ , onde  $y$  é a média de cada ciclo em relação ao ciclo original e  $x$  representa o ciclo de seleção. O coeficiente de regressão obtido nada mais é que o progresso genético médio obtido por ciclo. Portanto, obteve-se um aumento de 1,85% por ciclo de seleção aplicada ao IAC-1, na característica de produção de grãos. O coeficiente de correlação entre produção e ciclos foi igual a 0,76, com  $t$  igual a 2,64, significativo a 5% de probabilidade.

O quadro 3 apresenta estimativas de alguns parâmetros genéticos como a variância entre progênies de meios irmãos ( $\sigma^2_{mi}$ ), o coeficiente de variação genética, a variância genética aditiva, a herdabilidade ao nível de famílias ( $h^2_{mi}$ ) e a herdabilidade num sentido mais amplo, conforme Lush (8). Em todos estes parâmetros, a variação, com o decorrer dos ciclos, foi pequena e aparentemente aleatória. Pelas estimativas de parâmetros,

pode-se supor que a população ainda deverá responder à seleção, pois não há indícios da diminuição de sua variabilidade a níveis críticos.

O quadro 4 apresenta as estimativas do progresso genético para produção de grãos no IAC-1, indicando a parte devida à seleção entre famílias, a parte devida à seleção dentro de famílias e o progresso total na unidade e também em porcentagem da média. A proporção do progresso entre e dentro manteve-se mais ou menos constante e em torno de 59% entre e 41% dentro de famílias. O progresso genético médio esperado por ciclo em porcentagem da média foi de 8,8%.

O quadro 5 mostra as médias do índice de espigas dos ciclos em comparação também com o controle. Nota-se que do ciclo 0 ao ciclo 7, praticamente não houve variação no índice de espigas. Isto se deveu principalmente ao fato de que não foi fei-

QUADRO 3. — Estimativas da variância entre progênies de meios irmãos  $(\sigma_{mi}^2)$  do coeficiente de variação genética [C.V.(gen)], da variância aditiva  $(\sigma_A^2)$  e das herdabilidades, para produção de grãos de milho

Ciclo	$\sigma_{mi}^2$	C.V.(gen)		$\sigma_A^2$	Herdabilidade	
		%			$h_{mi}^2$	$h^2$
0 .....	0,310300	9,09		0,000577	15,30	8,78
1 .....	—	—		—	—	—
2 .....	0,238150	7,45		0,000516	22,49	14,31
3 .....	0,194550	7,62		0,000375	11,64	6,43
4 .....	0,387225	10,82		0,001093	21,07	13,51
5 .....	0,106025	4,53		0,000199	8,84	4,72
6 .....	0,229125	11,28		0,000504	17,92	10,78
7 .....	0,335675	9,41		0,000727	16,19	9,52

QUADRO 4. — Estimativas do progresso genético esperado na seleção entre progênies, dentro de progênies e total, para produção de grãos de milho

Ciclo	Progresso esperado na seleção ( $\Delta g$ )					
	Entre		Dentro		Total	
	Por planta	Total %	Por planta	Total %	Por planta	Total %
0 .....	0,005598	58,15	0,004030	41,85	0,009628	7,29
1 .....	—	—	—	—	—	—
2 .....	0,007284	63,85	0,004124	36,15	0,011408	7,49
3 .....	0,004154	58,81	0,002910	41,19	0,007064	5,56
4 .....	0,009148	57,56	0,006746	42,44	0,015894	10,41
5 .....	0,002726	59,98	0,001819	40,02	0,004545	2,92
6 .....	0,005557	55,22	0,004506	44,78	0,010063	10,11
7 .....	0,007655	60,08	0,005087	39,92	0,012742	8,89

ta seleção entre progênies, sistemática para o caráter. Apenas se deu preferência, dentro de progênies, a plantas com mais de uma espiga. Entretanto, isto não foi feito como regra. Fazendo-se a média do ciclo 0 igual a 100 e expressando a dos outros ciclos em

sua função e calculando-se a regressão para ciclos, obteve-se a equação  $y = 98,7 + 0,30 x$ , onde  $y$  é a média do ciclo e  $x$  representa o ciclo de seleção. Neste caso, o coeficiente de correlação foi  $r = 0,42$  com teste de  $t$  não significativo. Portanto, o pro-

gresso de 0,30% por ciclo é apenas aparente. A inclusão de linhagens portadoras de fatores de prolificidade na população parece ser o caminho mais fácil e rápido para se incrementar o índice-de-espigas, em vista dos resultados para esta característica.

No quadro 6 são mostradas as estimativas dos parâmetros genéticos para índice-de-espigas. Também para esta característica, a variação dos parâmetros com o decorrer dos ciclos foi bastante pequena. O progresso genético médio esperado foi calculado

QUADRO 5. — Comparação do índice-de-espigas dos diferentes ciclos do milho IAC-1 com o controle, médias (em %) em relação ao ciclo 0 e respectivos testes de F para tratamentos, das análises de variância

Ciclo	Índice de espigas (N.º esp./planta)		% em relação ao controle	% relativa ao ciclo 0 (=100)	F
	População	Controle (6999 B)			
0 .....	0,9775	1,0426	93,76	100,0	1,38 *
1 .....	—	—	—	—	—
2 .....	0,9572	1,0487	91,27	97,3	1,71 **
3 .....	0,9367	1,0172	92,09	98,2	1,22
4 .....	1,0171	1,0737	94,73	101,0	1,42 **
5 .....	0,9667	1,0225	94,54	100,8	1,15
6 .....	0,8215	0,8565	95,91	102,3	1,51 **
7 .....	1,0042	1,0785	93,11	99,3	1,13

QUADRO 6. — Estimativas de diferentes parâmetros genéticos para a característica de índice de espigas em milho

Ciclo	$\sigma^2_{mi}$ ( $\times 10^{-3}$ )	C.V.(gen) %	$\sigma^2_A$ ( $\times 10^{-5}$ )	Herdabi- lidade $h^2_{mi}$	Progresso esperado na seleção ( $\Delta g$ )	
					Por planta (entre)	% da média
0 .....	1,425	3,86	2,65	8,73	0,0143	1,46
1 .....	—	—	—	—	—	—
2 .....	1,750	4,37	3,79	15,15	0,0236	2,47
3 .....	0,850	3,11	1,64	5,23	0,0091	0,97
4 .....	2,025	4,42	5,72	9,45	0,0188	1,85
5 .....	0,375	2,00	0,71	3,61	0,0051	0,53
6 .....	2,175	5,68	4,79	11,28	0,0196	2,39
7 .....	0,550	2,34	1,19	3,03	0,0067	0,67

em 1,5% por ciclo, aplicando-se o mesmo diferencial de seleção usado para produção de grãos.

O quadro 7 apresenta a porcentagem de plantas acamadas e quebradas nos diferentes ciclos. Comparando com os dados do controle a porcentagem de plantas acamadas e quebradas, tem-se mantido num nível razoável, mas sempre um pouco pior que a do híbrido duplo. A seleção nas outras características não tem afe-

tado a porcentagem de acamamento e quebramento.

O nível de produtividade atingido pela população, que nos últimos ciclos tem sido 13 a 15% superior ao do IAC Hmd 6999 B, e a manutenção do índice de espigas e do nível de acamamento e quebramento de plantas, permitem que se conclua haver conseguido um real melhoramento na população do IAC-1.

QUADRO 7. — Porcentagem de plantas de milho acamadas e quebradas da população, em comparação com a do controle

Ciclo	% de plantas acamadas e quebradas		Diferença entre população e controle (%)
	População	Controle (6999 B)	
0 .....	18,25	13,38	4,85
1 .....	—	—	—
2 .....	19,10	16,00	3,10
3 .....	13,92	8,51	5,41
4 .....	23,45	21,82	1,63
5 .....	27,30	21,29	6,01
6 .....	28,02	25,48	2,54
7 .....	29,96	24,06	5,90

#### 4 — CONCLUSÕES

a) Foi obtido um progresso genético médio de 1,9% por ciclo, comparado com um progresso genético esperado de 8,8% por ciclo, para a produção de grãos.

b) Para índice de espiga foi estimado um progresso genético esperado de 1,5% por ciclo aplicando-se os mesmos diferenciais de seleção utili-

zados para produção. Entretanto, não foi feita seleção sistemática entre progênies para este caráter.

c) A porcentagem de plantas acamadas e quebradas não se alterou profundamente no decorrer dos ciclos de seleção.

d) Comparando com o híbrido duplo IAC Hmd 6999 B, pode-se concluir que a população do IAC-1 foi realmente melhorada.

EIGHT CYCLES OF SELECTION AMONG AND WITHIN HALF-SIB  
FAMILIES IN THE IAC-1 MAIZE POPULATION

## SUMMARY

This paper presents the results of eight cycles of selection among and within half-sib families in the IAC-1 maize population.

It was obtained an average progress of 1.9% per cycle in grain yield against an expected genetic progress of 8.8% per cycle.

For ear index it was estimated an expected genetic progress of 1.5% per cycle if applied the same differential selection index as for yield. Nevertheless it was not done any systematic selection among progenies for this character.

The percent of lodging did not alter greatly with the cycles of selection.

## LITERATURA CITADA

1. DUDLEY, J. W. & MOLL, R. H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Science* 9:257-262, 1969.
2. EAST, E. M. Inbreeding in corn. Rept. Connecticut Agr. Expt. Sta. for 1907, 419-428, 1908.
3. ————. The distinction between development and heredity in inbreeding. *American Naturalist* 43:173-181, 1909.
4. GARDNER, C. O. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop Science* 1:241-245, 1961.
5. JONES, D. F. The effects of inbreeding and cross breeding upon development. *Connecticut Agr. Expt. Sta. Bull.* 207:5-100, 1918.
6. LONNQUIST, J. H. Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. *Nebraska Agr. Expt. Sta.* 1961. 33p. (Res. Bull. 197)
7. ————. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Science* 4:227-228, 1964.
8. LUSH, J. *Animal breeding plans*. 3.<sup>a</sup> ed. Ames, Iowa State College Press, 1945. 443p.
9. MIRANDA, L. T. de. A característica "latência" do milho (*Zea mays*, L.) e suas possibilidades no melhoramento. Piracicaba, ESALQ, 1972. (Tese de doutoramento)
10. PATERNIANI, E. Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays*, L.). *Crop Science* 7:212-216, 1967.
11. ————. Melhoramento genético de populações de milho. In Kerr, Warwick, E. org. *Melhoramento e Genética*, S. Paulo. Ed. Melhoramentos e Ed. da USP, 1969. p.39-59.
12. SHULL, G. H. The composition of a field of maize. *Am. Breed. Assoc. Rept.* 4:296-301, 1908.
13. ————. A pure line method of corn breeding. *Am. Breed. Assoc. Rept.* 5:51-59, 1909.
14. SILVA, J. Seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos no milho Cateto Colômbia Composto. Piracicaba, ESALQ, 1969. 74p. (Tese de M. S.)

15. VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: *Melhoramento e Genética*, Kerr, W.E., Ed. São Paulo, Edições Melhoramentos e Editora da USP, 1969.
16. WEBEL, O. D. & LONNQUIST, J. H. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays*, L.). *Crop Science* 7:651-655, 1967.
17. ZINSLY, J. R. Estudo comparativo entre a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos em milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, ESALQ, USP, 1969. (Tese de doutoramento)