

HYBRIDOS DE MILHO COM REFERENCIA ESPECIAL A' PRECOCIDADE

F. G. BRIEGER
Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz"
Universidade de S. Paulo.

1) INTRODUÇÃO

Um facto bem estabelecido no milho, como em muitas outras plantas propagadas por meio de cruzamento livre, é que uma autofecundação rigorosa produz uma redução de vigor e uma segregação de caracteres recessivos e muitas vezes indesejáveis. De outro lado, se duas linhagens razoavelmente puras são cruzadas, encontramos no geral um aumento considerável de vigor. Não tencionamos dar aqui uma descrição detalhada da literatura nem das theorias geneticas propostas para explicar esse facto. Basta somente dizer que os dados até hoje publicados sobre a questão de "Inbreeding and Outbreeding" estão de accordo com a theoria proposta detalhadamente por EAST e JONES (1919) e ampliada em certos respeitos por BRIEGER (1930) e RASMUSSEN (1933). Segundo essa theoria, trata-se de um phenoneno mendeliano, os factores de vigor sendo geralmente dominantes ou polymericos e os factores para redução do vigor no geral recessivos. Os genes participantes são muito numerosos devendo porisso ser distribuidos nos 10 pares de chromosomios de milho mostrando assim os phenonemos de "linkage" em "repulsion" ou "coupling".

A literatura sobre milho, em Portuguez, é bem pequena. A situação geral com relação ao milho foi discutida em deta-

lhe por KRUG (1933). As experiencias de KRUG (1935) com os milhos Amarello, Crystal e Amparo, de GRANER (1938) e de BRIEGER e GRANER (1938) com "Santa Rosa", demonstram que essas variedades não fazem excepção, exhibindo depois do "inbreeding" muitos caracteres indesejaveis e redução do vigor.

Essas publicações tratam somente de experiencias de "inbreeding". Discutiremos aqui algumas experiencias de "outbreeding", limitando-nos principalmente á geração F1. As experiencias que serão discutidas foram feitas em Londres, no anno de 1936, e no Brasil no anno agricola 1936/37. Trataremos na primeira parte desta publicação da questão do vigor em geral, principalmente com referencia ás plantas, e na segunda parte discutiremos um caracter de grande importancia economica, que vem sendo por mim estudado desde muito tempo, — a precocidade.

2) VIGOR DOS HYBRIDOS

Daremos aqui somente algumas illustrações photographicas em vez de dados estatísticos detalhados. As estampas de n.º 1 a 5 mostram dois dos typos de hybridos *a priori* possiveis, obtidos por cruzamento de linhas não relacionadas: hybridos mais vigorosos do que os paes, mostrando heterose e hybridos mais ou menos intermediarios.

As estampas nos 1 e 3 mostram os hybridos que são intermediarios entre os paes. Deste typo incluimos tres exemplos, porque parece um facto muitas vezes esquecido que tal comportamento não é muito raro.

A estampa no 4, de outro lado, mostra o resultado do cruzamento de um milho doce, typo Golden Bantan (9-1936-Brasil), com o milho duro, White Tirol (16-1936 Brasil). Os hybridos (15-1936 Brasil) são bem mais vigorosos que cada um dos paes. Este é o caso geralmente mencionado na literatura como typico, dando um grande effeito de "outbreeding", ou com outras palavras, uma heterose bem pronunciada.

A estampa N.º 5 mostra mais uma vez os mesmos hybridos da estampa N.º 4, porem com plantas produzidas em condições um pouco mais favoraveis para este milho, nos campos experimentaes de Londres. Uma comparação entre as duas fi-

guras mostra um grande augmento de vigor das plantas de Londres, quando comparadas com aquellas cultivadas aqui no Brasil, o augmento sendo porem proporcional, o hybrido mostrando claramente a heterose.

As familias de Londres servem tambem para illustrar a segregação que deve ser encontrada na geração F2, depois de autofecundação. As duas plantas F2 illustradas representam as plantas extremas de uma grande população, a planta maxima sendo muito forte e só pouco menor que a geração F1 e a planta minima estando fóra da variação de F1, sendo tambem bem peor que qualquer dos paes. Genes recessivos e complementares introduzidos pelos dois paes segregam em F2 em novas combinações, reduzindo o vigor.

Na estampa N.º 6 damos uma serie de espigas de alguns hybridos mencionados acima. Nos dois primeiros casos illustrados nesta estampa, a heterose da espiga é bem evidente. No terceiro caso não ha heterose, o F1 sendo pouco differente do pae mais vigoroso.

Parece que o vigor da planta e o vigor da espiga exhibem o mesmo phenomeno, a geração F1 podendo ser de mais vigoroso até intermediario. Deve ser notado porem que os dois caracteres não são ligados. A primeira serie de espigas da estampa N.º 6 corresponde ao hybrido illustrado nas estampas N.ºs 4 e 5, entre o milho Golden-Bantam e White Tirol, dando em relação á planta e a espiga, uma heterose muito forte. A segunda serie, um cruzamento entre um Yellow e White Dent, demonstra o typo intermediario em relação á planta (Estampa n.º 1) e com heterose pronunciada quanto ás espigas (Estampa n.º 6, centro). A terceira serie enfim mostra uma heterose muito fraca da espiga (Estampa n.º 6, baixo), com o typo intermediario entre as plantas (Estampa n.º 2).

Sem dar mais detalhes sobre estes pontos bem conhecidos dos criadores de milho, acentuaremos mais uma vez as duas conclusões principaes illustradas pelas photographias, isto é:

- 1) Hybridos podem mostrar augmento de vigor ou ser intermediarios.
- 2) Differentes caracteres da planta, como vigor della e vigor da espiga podem ser independentes.

3) PRECOCIDADE

A precocidade foi determinada segundo o systema por mim adoptado em todas as experiencias e já mencionado por BRIEGER e GRANER (1938). Foi contado o numero de dias, da sementeira até o aparecimento das primeiras barbas. Não devemos esquecer aqui que para termos o cyclo completo da planta precisamos adicionar mais ou menos 40 dias.

Determinamos em primeiro lugar o numero medio de dias para os paes e para os hybridos, alem do erro "standard" σ , da distribuição, e do erro "standard" da media $\sigma\bar{v}$, segundo as formulas :

$$\bar{v} = \frac{\sum v}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (v - \bar{v})^2}{n - 1}} \quad \sigma\bar{v} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Temos de deixar separadas, do ponto de vista estatístico, as experiencias realizadas em Londres em 1936 das realizadas no Brasil no anno agricola 1936/37, por razões dadas detalhadamente por BRIEGER E GRANER (1938).

Alem dos termos estatísticos mencionados, os quadros incluem os resultados da analyse das diferenças entre os dois paes P2 e P1, P2 sendo o pae menos precoce, e as diferenças entre F1 e os P. No caso do hybrido ser intermediario, estas diferenças devem ser sempre positivas, mas existindo uma heterose pronunciada, a diferença entre F1 e P1 deve ser negativa. O numero n de plantas analysado em cada caso, sendo muito elevado, podemos considerar valores de quocientes: $\delta =$ diferença dividida pelo erro standard, que são maiores do que 2,5 como significantes e valores menores de 2,5 como insignificantes.

O quadro numero 1 dá os resultados dos hybridos analysados no Brasil em 1936/37; as familias estão arrançadas conforme da precocidade dos hybridos que são enumerados no quadro sempre entre os dados do pae mais precoce e do pae menos precoce.

Esse quadro começa com 2 hybridos exhibindo o phenomeno da heterose. O δ da diferença entre o F1 e o pae P1, sendo muito grande e negativo, — 5,37 e — 2,80.

QUADRO N.º 1

NOME DA LINHA	Geração	N.º 1935	N.º 1936 B	Numero de plantas n	Erro da distribuição σ	Media \bar{v}
Banting O x Golden Gem O	P1	13	3	36	2.26	44.17
	F1		11	36	3.83	40.17
	P2	12	2	34	2.04	44.97
Yellow Flint O x White Flint O	P1	28	21	31	3.98	41.29
	F1		31	36	1.93	39.08
	P2	29	22	35	4.33	41.77
Yellow Dent O x White Dent O	P1	25	18	35	3.80	45.80
	F1		32	36	3.38	44.61
	P2	26	19	36	3.69	49.50
White Flint O x Yellow Flint O	P1	29	22	35	4.33	41.77
	F1		30	36	2.62	42.75
	P2	25	18	35	3.80	45.80
Yellow Flint O x Tirol	P1	28	21	31	3.98	41.29
	F1		26	36	2.99	42.83
	P2	22	16	36	3.07	45.83
White Flint O x Tirol	P1	29	22	35	4.33	41.77
	F1		27	35	2.80	43.40
	P2	22	16	36	3.07	45.83
White Tirol x Golden Bantan	P1	7/34	16	36	3.07	45.83
	F1		15	36	2.25	47.17
	P2	10/34	9	17	4.24	59.00
Yellow Flint O x Yellow Flint	P1	28	21	31	3.98	41.29
	F1		29	33	3.04	43.73
	P2	27	20	35	4.75	51.68
Yellow Flint O x Texas Sweet	P1	28	21	31	3.98	41.29
	F1		13	36	2.26	44.17
	P2	47	10	35	4.68	64.49
White Flint O x Yellow Flint	P1	29	22	35	4.33	41.77
	F1		28	35	3.10	45.11
	P2	27	20	25	4.75	51.68
White Flint O x Texas Sweet	P1	29	22	35	4.33	41.77
	F1		14	36	3.02	47.92
	P2	47	10	35	4.68	64.49
Dorinny O x Texas Sweet	P1	14	4	36	2.39	45.92
	F1		12	36	3.68	52.25
	P2	47	10	35	4.68	64.49

Erro da media $\bar{\sigma v}$	D I F F E R E N Ç A S					
	P2 — P1	F1 — P1	P2 — F1	$\frac{P2 - P1}{\sigma \text{ diff}}$	$\frac{F1 - P1}{\sigma \text{ diff}}$	$\frac{P2 - F1}{\sigma \text{ diff}}$
0.38 0.64 0.35	0.80	— 4.00	4.80	1.55	— 5.37	6.58
0.72 0.32 0.73	0.48	— 2.21	2.69	0.47	— 2.80	3.36
0.64 0.56 0.62	3.70	— 1.19	4.89	4.16	— 1.40	5.82
0.73 0.44 0.64	4.03	+ 0.98	3.05	+ 4.15	+ 1.17	3.91
0.72 0.50 0.51	4.54	+ 1.54	3.00	5.16	+ 1.75	4.23
0.73 0.47 0.51	4.06	+ 1.63	2.43	4.56	+ 1.88	3.52
0.51 0.38 1.03	+ 13.17	+ 1.34	+ 11.83	11.45	+ 2.10	10.75
0.72 0.53 0.95	+ 10.39	+ 2.44	+ 7.95	8.73	+ 2.73	7.29
0.72 0.38 0.78	+ 23.20	+ 2.88	+ 20.23	21.89	+ 3.54	2.33
0.73 0.52 0.95	+ 9.91	+ 3.34	+ 6.57	+ 8.26	+ 3.73	+ 6.08
0.73 0.50 0.78	+ 22.72	+ 6.15	16.57	21.23	+ 6.95	17.82
0.40 0.61 0.78	+ 18.57	+ 6.33	+ 12.24	21.10	+ 8.68	12.36

QUADRÔ N.º 2

NOME DA LINHA	Geração	N.o	N.o	Numero de plantas n	Erro da distribuição σ	Media \bar{v}
		1935	1936 L			
Spanish Gold O x First of All S.	P1	11	7	16	± 2.92	63.62
	F1		12	18	± 4.83	59.11
	P2	18	9	14	± 5.17	76.29
Banting O x Spanish Gold O	P1	13	8	24	± 3.07	55.67
	F1		11	18	± 2.44	53.56
	P2	11	7	16	± 2.92	63.62
Banting O x First of All S.	P1	13	8	24	± 3.07	55.67
	F1		13	18	± 4.45	62.00
	P2	18	9	14	± 5.17	76.29
White Flint O x Yellow Dent O	P1	29	16	18	± 4.19	57.11
	F1		22	18	± 1.98	56.78
	P2	25	14	17	± 5.49	63.98
White Flint O x Yellow Flint O	P1	29	16	18	± 4.19	57.11
	F1		20	18	± 1.39	57.33
	P2	27	17	15	± 4.56	71.53
Yellow Flint O x White Flint O	P1	28	15	18	± 2.80	49.78
	F1		19	14	± 1.56	50.86
	P2	29	16	18	± 4.19	57.11

Erro da media σ_v	D I F F E R E N Ç A S					
	P2 - P1	F1 - P1	P2 - F1	P2 - P1	F1 - P1	P2 - F1
				σ diff	σ diff	σ diff
± 0.73 ± 1.04 ± 1.38	+ 12.67	- 4.51	+ 17.18	+ 8.105	- 3.833	+ 9.585
± 0.63 ± 0.58 ± 0.73	+ 7.95	- 2.11	+ 10.06	+ 8.233	- 2.466	+ 10.690
± 0.63 ± 1.05 ± 1.38	+ 20.62	+ 6.33	+ 14.29	+ 1.357	+ 5.162	+ 8.230
± 0.99 ± 0.47 ± 1.38	+ 6.87	- 0.33	+ 7.20	+ 4.14	- 0.30	+ 5.11
± 0.99 ± 0.33 ± 1.18	+ 14.42	+ 0.22	+ 14.20	+ 9.36	+ 0.21	+ 11.59
± 0.66 ± 0.42 ± 0.99	+ 7.33	+ 1.08	+ 6.25	+ 6.16	+ 1.38	+ 5.81

O terceiro híbrido dá uma diferença negativa, $F1 - P1$, mas o valor de δ não é significativo do ponto de vista estatístico. Elle pertence, juntamente com os híbridos mencionados até o sétimo lugar, a um grupo onde o valor de $F1$ é indistinguível no valor de $P1$, sendo porém bem significativa a diferença entre $P2$ e $F1$. Este grupo de 5 híbridos exhibe a dominancia completa do pae mais precoce.

Segue depois o terceiro grupo onde a precocidade do $F1$ é bem diferente da dos dois paes, mas não pode ser considerado aqui como simples accidente que os valores de δ para a diferença $F1-P1$ seja sempre bem menor que a diferença entre $P2$ e $F1$. De outra forma, isto significa que aqui também a precocidade é predominante, se bem que a dominancia não é absoluta. Sómente o ultimo híbrido aproxima se do estado intermediario.

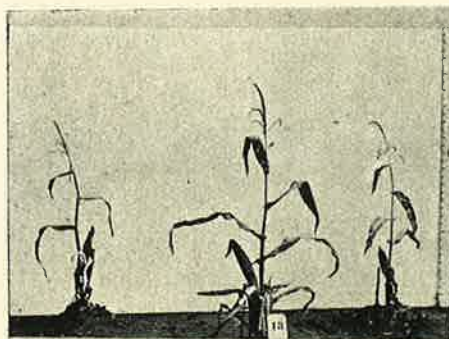
O mesmo agrupamento dos híbridos com relação aos paes, mostrado pelos seis $F1$ estudados em Londres, está contido no quadro n.º 2. Um dos híbridos tem uma precocidade maior que qualquer um dos paes, com um δ referente ao pae precoce de $-3,8$. Um outro, com o $\delta = -2,47$, é provavelmente também mais precoce, a probabilidade de se obter um δ deste valor estando justamente no limite de 1%.
O mesmo agrupamento dos híbridos com relação aos paes, mostrado pelos seis $F1$ estudados em Londres, está contido no quadro n.º 2. Um dos híbridos tem uma precocidade maior que qualquer um dos paes, com um δ referente ao pae precoce de $-3,8$. Um outro, com o $\delta = -2,47$, é provavelmente também mais precoce, a probabilidade de se obter um δ deste valor estando justamente no limite de 1%.

Os tres híbridos restantes tem um valor indistinguível do pae mais precoce e bem diferente do pae menos precoce, pertencendo porém ao grupo com dominancia da precocidade.

No ultimo híbrido a precocidade é, finalmente, incompletamente dominante.

Os dados discutidos com relação á precocidade estão bem de accordo com a primeira conclusão mencionada no capitulo anterior. Os híbridos podem exhibir também quanto á precocidade uma heterose ou uma predominancia do character em questão. E' duvidoso se podemos chegar a um typo intermediario e não temos nenhuma indicação de uma dominancia do typo menos precoce, como também não tivemos indicação da dominancia do menor vigor ou da menor espiga.

Como foi explicado em detalhe, não podemos comparar dados de precocidade obtidos em condições climatericas diffe-



Estampa nº1

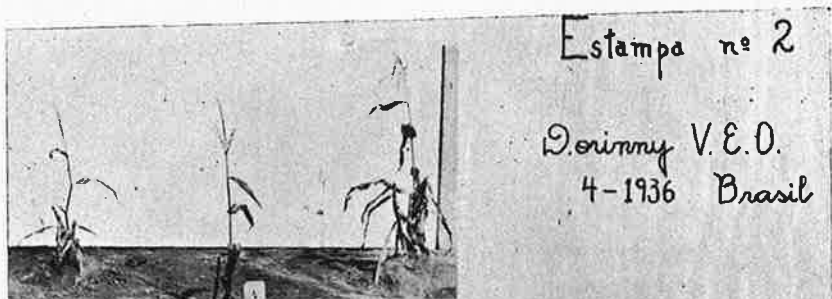
Yellow Dent E.O.
19-1936 Brasil



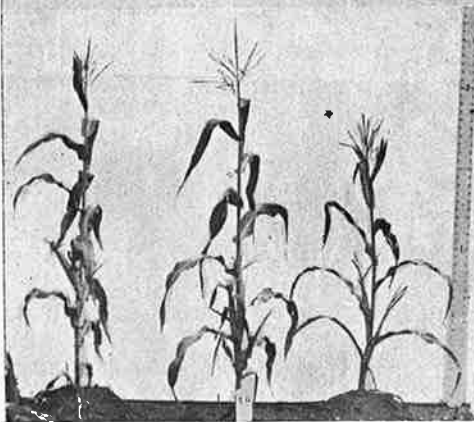
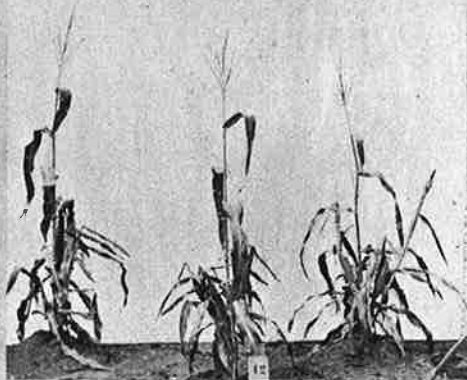
F₁
32-1936 Brasil



White Dent E.O.
19-1936 Brasil

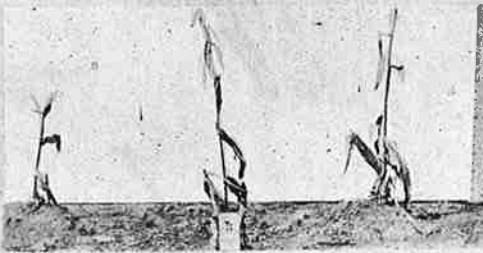


F₁
12-1936 Brasil



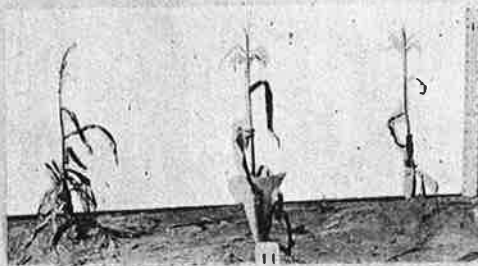
Texas Sweet L.
10-1936 Brasil

Estampa nº 3

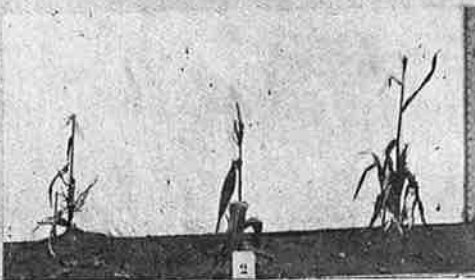


Banting V.E.O.
3-1936 Brasil

F₁
11-1936 Brasil



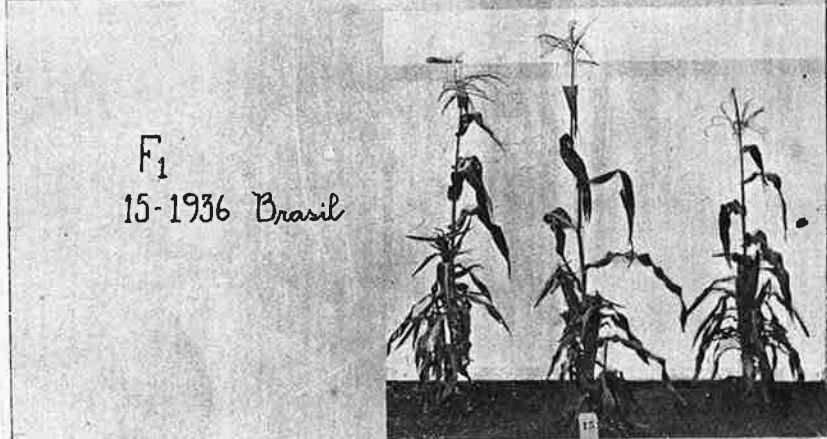
Golden Gem V.E.O.
2-1936 Brasil



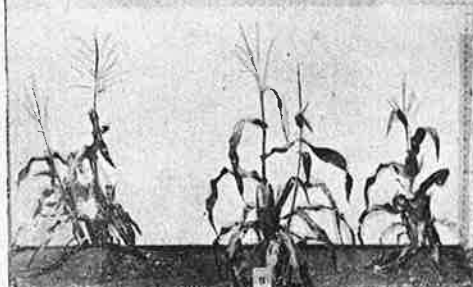


Estampa no 4

White Tirolo
16-1936 Brasil

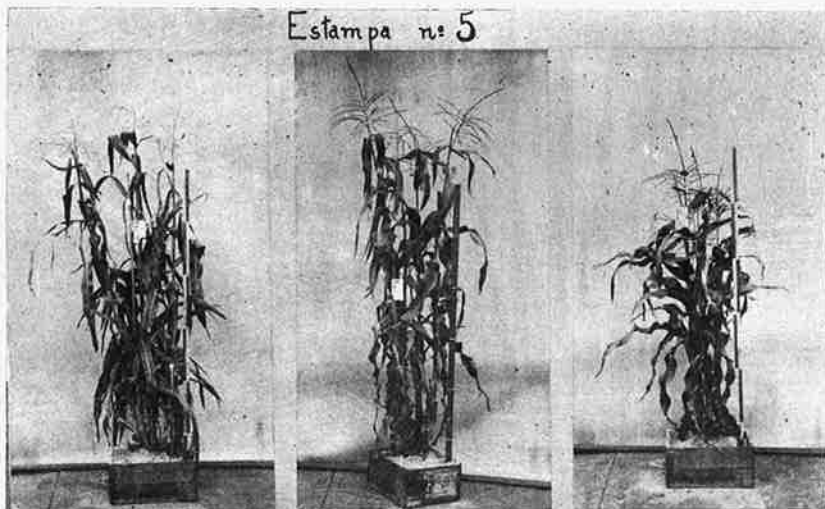


F₁
15-1936 Brasil



Golden Bantam
9-1936 Brasil

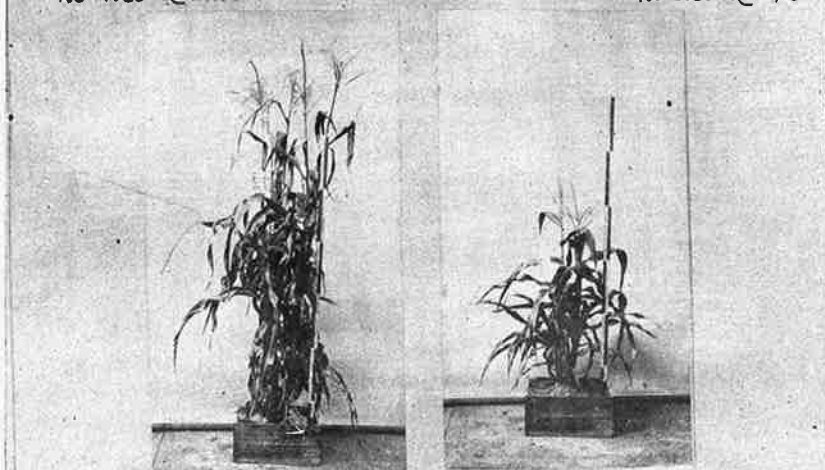
Estampa n: 5



White Tirolo
23-1935 Rendres

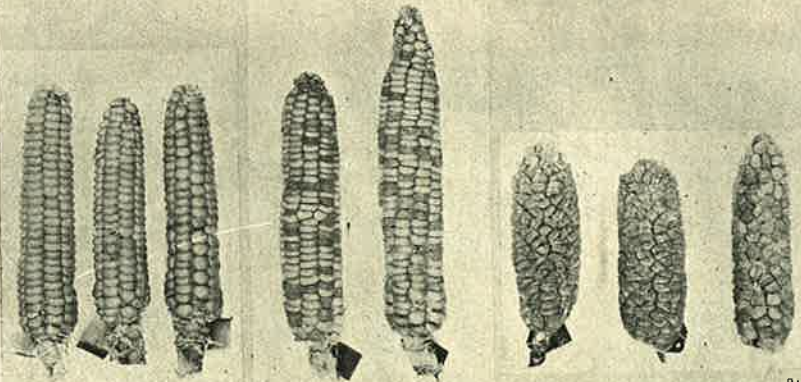
F₁

Golden Bantam
20-1935 Rendres



F₂

Estampa nº 6.



White Tassel (16-1936 Brasil)

F₁ (15-1936 Brasil)

Golden Bantam (9-1936 Brasil)



Yellow Dent E.O.
(19-1936 Brasil)

F₁ (32-1936 Brasil)

White Dent E.O.
(19-1936 Brasil)



Dorimny VEO (4-1936 Brasil)

F₁ (12-1936 Brasil)

Texas Sweet L. (10-1936 Brasil)

QUADRO N.º 3

BRASIL 1936/37			LONDRES 1936		
Numero	Media \bar{v}	δ das diferenças	Numero	Media \bar{v}	δ das diferenças
P1 - 21	41,29	δ (F1-P1) = - 2,80	P1 - 15	49,78	δ (F1-P1) = + 1,38
F1 - 31	39,08	δ (P2-F1) = + 3,36	F1 - 19	50,86	δ (P2-F1) = + 5,81
P2 - 22	41,77	δ (P2-P1) = + 0,47	P2 - 16	57,11	δ (P2-P1) = + 6,16
P1 - 22	41,77	δ (F1-P1) = + 1,17	P1 - 16	57,11	δ (F1-P1) = - 0,30
F1 - 30	42,75	δ (P2-F1) = + 3,91	F1 - 22	56,78	δ (P2-F1) = + 5,11
P2 - 18	45,80	δ (P2-P1) = + 4,15	P2 - 14	73,98	δ (P2-P1) = + 4,14
P1 - 22	41,77	δ (F1-P1) = + 3,73	P1 - 16	57,11	δ (F1-P1) = + 0,21
F1 - 28	45,11	δ (P2-F1) = + 7,08	F1 - 20	57,33	δ (P2-F1) = + 11,59
P2 - 20	51,68	δ (P2-P1) = + 8,26	P2 - 17	71,53	δ (P2-P1) = + 9,36

rentes (BRIEGER e GRANER (1938). E' porisso interessante ver como a dominancia ou a heterose comporta-se nos hybridos cultivados em Londres e outros cultivados no Brasil, com segmentos para as duas plantações, irmãs, da mesma espiga ou de espigas irmãs Temos nos hybridos incluidos nos quadros 1 e 2, tres que foram cultivados em Londres e no Brasil. O quadro 3 dá uma comparação em conjuncto de medias e dos valores dos σ para essas variedades.

Vemos neste quadro bastante differença quanto ás repetições no Brasil e em Londres. O primeiro cruzamento mencionado, que deu no Brasil uma heterose bem pronunciada ($\delta = - 2,80$), deu somente uma dominancia completa do pae precoce ($\delta = + 1,38$) na Inglaterra. O segundo hybrido mostrou dominancia do pae mais precoce nas duas experiencias, os dois δ sendo insignificantes ($+ 1,17$ e $- 0,30$). O ultimo enfim exhibiu sómente uma dominancia incompleta no Brasil e uma dominancia completa na Inglaterra.

Não devemos ficar admirados destes dados, em vista do que sabemos sobre o comportamento da precocidade nas experiencias discutidas em outra publicação. Sabemos que a interação dos genes nos hybridos é uma questão da physiologia interna da planta e se esta physiologia depende tanto das condições do meio, devemos contar tambem com uma dependencia semelhante com referencia a interação entre os genes.

4) CONCLUSÃO

Não me parece necessario discutir aqui em detalhe as questões de "inbreeding and outbreeding" e suas consequencias, quer theoreticas como praticas. Basta dizer que em relação ao vigor, no geral, alguns hybridos apresentam heterose e outros uma dominancia completa ou incompleta dos typos mais fortes.

A priori, é possivel qualquer um dos caracteres mostrar um dos tres comportamentos seguintes: pôde apresentar heterose, o caracter ficando fóra dos limites dos dois paes; pôde ser completa ou incompletamente dominante e finalmente, completa ou incompletamente recessivo..

O caracter que aqui nos interessa especialmente é a precocidade. E' bem importante notar que nenhuma vez dentre os

15 híbridos estudados, a precocidade mostrou-se recessiva. Encontramos sómente uma precocidade mais pronunciada que os paes, isto é, heterose, ou então dominancia completa ou incompleta do pae mais precoce.

Este comportamento é interessante do ponto de vista theorico e bem importante para os estudos do melhoramento do milho, pois torna-se bem mais difficil fixar a precocidade nas gerações seguintes.

A base factorial da precocidade naturalmente não pôde ser analysada na primeira geração hybrida. Experiencias anteriores não deram ainda resultados porque não foi possivel continuar com ellas durante um tempo bastante grande na mesma localidade. Diferenças de 40 dias em certas linhagens cruzadas em Berlim foram reduzidas para cerca de 10 dias em Londres. Uma redução semelhante appareceu mais uma vez nas experiencias realisadas aqui no Brasil.

Esperamos que os estudos já iniciados entre linhagens brasileiras muito tardias com linhagens europeas bem mais precoces esclareçam finalmente este ponto.

ABSTRACT

Crosses between some lines of maize are described

1) As is to be expected, some of these hybrids show a marked heterosis while others are more or less intermediate.

2) Different characters such as plant vigour in general and size of ear are independent, one showing heterosis and the other an intermediate behaviour.

3) Earliness may show heterosis i. e. hybrids may be more precocious than either parent or we may find complete or incomplete dominance of the more early parent.

4) The same hybrids may show a different behaviour in England (London) and in Brazil (Piracicaba, S. Paulo) such as heterosis in Brazil and dominance of the early parent in England or complete dominance of the early parent in Brazil and incomplete dominance in England.

BIBLIOGRAPHIA

- 1) BRIEGER, F. G. (1930) — Selbststerilität und Kreuzungssterilität in Pflanzenreich und Tierreich Julius Springer, Berlin.
- 2) BRIEGER, F. G. (1938) — Tábuas e fórmulas para Estatística. Companhia Melhoramentos de S. Paulo.
- 3) BRIEGER, F. G. e GRANER, E. A. (1938) — Variações quantitativas no milho "Santa Rosa". Revista de Agricultura. Vol. XIII.
- 4) BRIEGER, F. G. e GRANER, E. A. (1938) — Analyse da precocidade no milho. Revista de Agricultura. Vol XIII.
- 5) EAST, E. E. and JONES, D. F. (1919) — Inbreeding and Outbreeding J. B. Lippincott Company, Philadelphia and London.
- 6) GRANER, E. A. (1938) — Variações qualitativas no milho "Santa Rosa". Revista de Agricultura. Vol XIII.
- 7) KRUG, C. A. (1933) Methodos de melhoramento e conhecimentos actuaes da genetica do milho. Boletim Technico N.º 19 — Instituto Agronomico de Campinas.
- 8) KRUG, C. A. (1935) — Efeitos da primeira autofecundação em tres variedades de milho. Boletim Technico N.º 10. Instituto Agronomico de Campinas.
- 9) RASMUSSEN, J. (1933) — A contribution to the theory of quantitative character inheritance. — Hereditas XVIII, 1-2, pg. 245-261.