

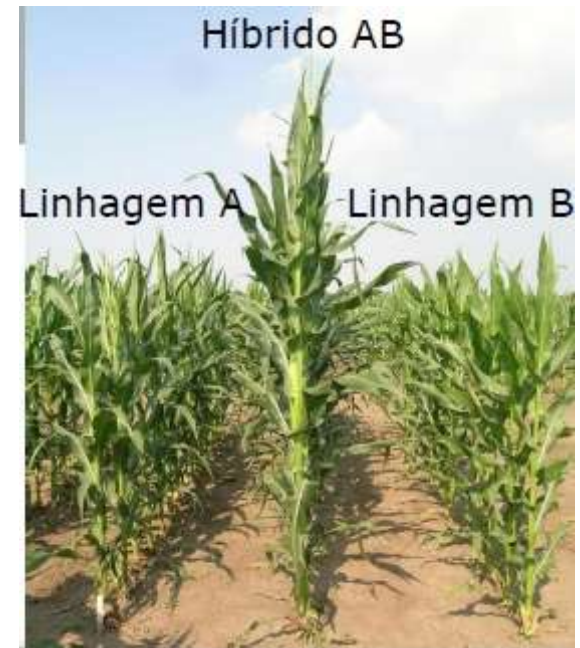
Endogamia & Heterose

Leandro S. A. Gonçalves

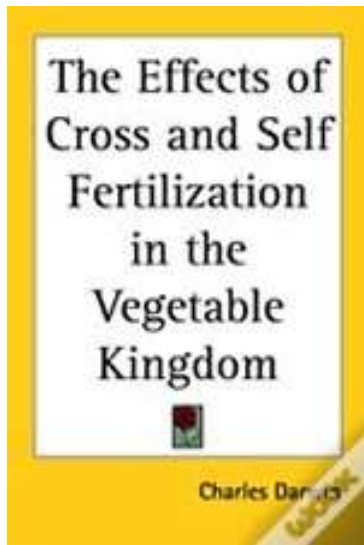
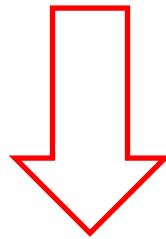
Dr. Genética e Melhoramento de
Plantas

- Endogamia

- Conceito: Acasalamento entre indivíduos aparentados (FEHR, 1987)
- Histórico: Desde os primeiros tempos da história o efeito da endogamia eram observados em humanos, animais e vegetais



“Apesar do cruzamento livre ser um perigo visível para todos, a consangüinidade é um perigo oculto” (Darwin, 1968)



(1876)

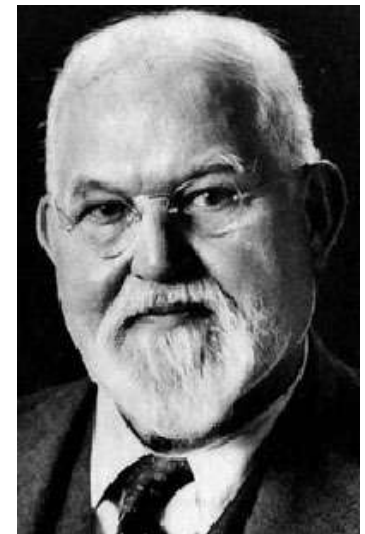
- i) A endogamia conduz frequentemente uma perda de vigor e a outras manifestações evidentes de degeneração;
- ii) A hibridização entre tipos dessemelhantes normalmente é acompanhado por grande vigor; e
- iii) O melhoramento por cruzamento deve ter importância biológica

East (1908) e Shull (1909)

- Nas primeiras gerações de autofecundação aparece um grande número de tipos letais e subvitalis.
- O material separa-se, rapidamente, em linhagens bem definidas, as quais se tornam cada vez mais uniformes para várias características morfológicas e funcionais
- O vigor e a fecundidade de muitas linhagens diminuem tanto, que se torna impossível mantê-las
- As linhagens que sobrevivem mostram uma diminuição geral de tamanho e vigor.



Edward M. East



George Shull

CONTINUED INBREEDING IN MAIZE

DONALD F. JONES

Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, Connecticut

Received January 20, 1939

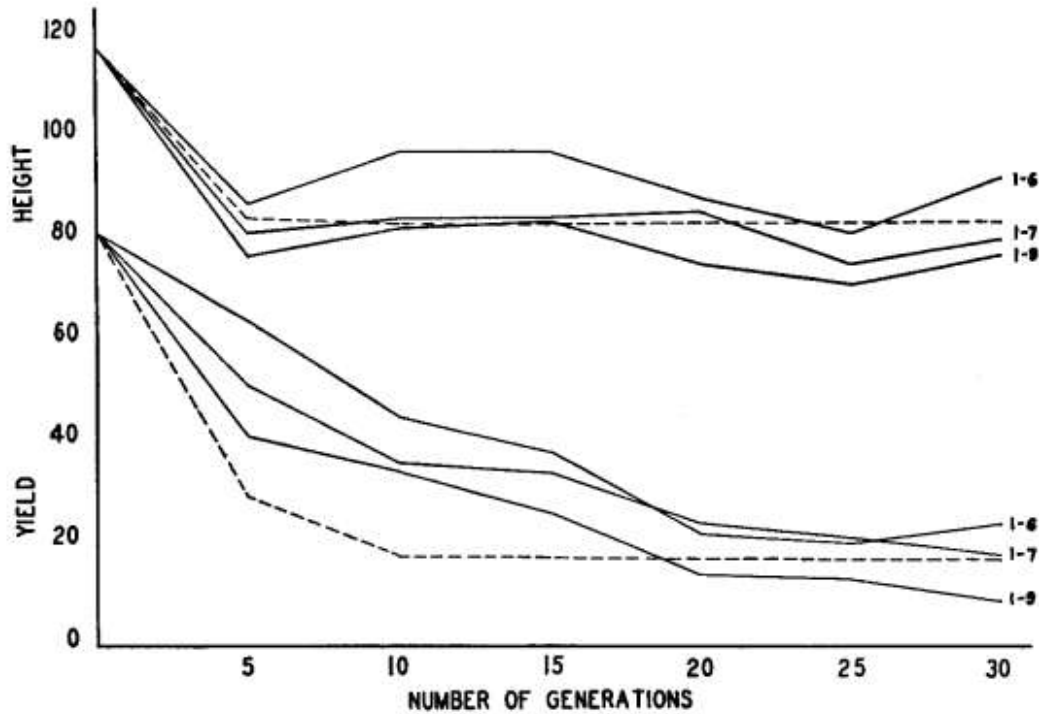


FIGURE 1.—A comparison of three maize lines, derived from the same variety, self-fertilized for 30 generations. Height of stalk is measured in inches and yield of grain in bushels per acre, both plotted on the same scale. The broken lines are the theoretical curves of inbreeding explained in the text.



FIGURE 3.—The 1-7Q₁ line in the 20th generation of continuous self-fertilization.

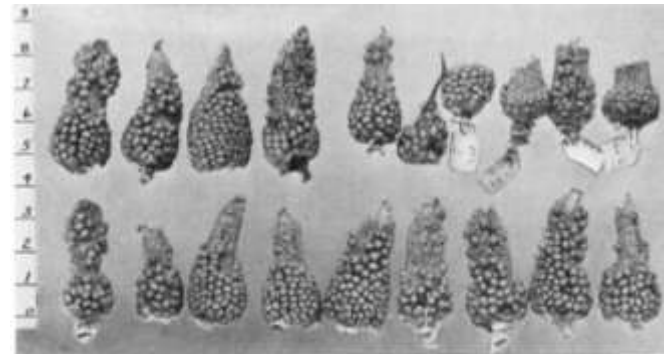


FIGURE 4.—The 1-7Q₁ line separated from the 1-7Q₁ line in the 17th generation and further inbred for 12 generations.

Depressão por Endogamia:

- É a perda de vigor, produtividade, altura de planta, devido a ocorrência de alelos recessivos em homozigose.
- Há diferenças do efeito da depressão por endogamia entre espécies:



Autógamas



X



Alógamas



Propósitos da Endogamia:

- Obtenção de linhagens: que poderão ser utilizado per se como cultivares ou para obtenção de cultivares híbridas;
- Eliminar alelos deletérios/recessivos em uma população;
- Em cultura autógamias, a endogamia possibilita incremento de variância genética.

Coefficiente de endogamia:

- Representa o grau de relação entre indivíduos;
- Os coeficientes de endogamia depende do tipo de acasalamento que é utilizando para incrementar homozigose.

Table 9.1 Coefficients of inbreeding (expected homozygosity) in different generations for different systems of inbreeding

| Generation | System of inbreeding | | | | |
|------------|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | Half-sib | Full-sib ^a | Selfing | Backcrossing ^b | |
| | | | | F of parent = 0 | F of parent = 1 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.250 | 0.500 |
| 2 | 0.125 | 0.250 | 0.750 | 0.375 | 0.750 |
| 3 | 0.219 | 0.375 | 0.875 | 0.438 | 0.875 |
| 4 | 0.305 | 0.500 | 0.938 | 0.469 | 0.938 |
| 5 | 0.381 | 0.594 | 0.969 | 0.484 | 0.969 |
| 6 | 0.448 | 0.672 | 0.984 | 0.492 | 0.984 |
| 7 | 0.509 | 0.734 | 0.992 | 0.496 | 0.992 |
| 10 | 0.654 | 0.859 | 0.999 | 0.500 | 0.999 |
| | $(\frac{1}{8})(1+6F' + F'')$ ^c | $(\frac{1}{4})(1+2F' + F'')$ | $(\frac{1}{2})(1+F')$ | $(\frac{1}{4})(1+2F')$ | $(\frac{1}{2})(1+F')$ |

^a Also the same as crossing the offspring to the younger parent

^b Involves the crossing of one parent to its offspring

^c Recurrent relation for calculating expected homozygosity in the system of inbreeding where F is Wright's coefficient of inbreeding, F' refers to the previous generation, and F'' refers to the second generation removed

Hallauer et al. (2009)

Quantitative Genetics in Maize Breeding

Endogamia em poliplóides:

$F_1 - Aa$



$F_2 - \frac{1}{4}Aa \quad \frac{1}{2} Aa \quad \frac{1}{4}AA$

50% de homozigotos

50% de heterozigotos

$F_1 - Aaaa$



$F_2 - \frac{1}{36} AAAA$

$\frac{8}{36} AAAa$

$\frac{18}{36} AAaa$

$\frac{8}{36} Aaaa$

$\frac{1}{36} aaaa$

5,55 % de homozigotos

94,45% de heterozigotos

- Heterose ou vigor híbrido

- Pode ser considerado como o fenômeno oposto à degradação que acompanha a endogamia.

- É o aumento do vigor, da altura de planta, do conteúdo de carboidratos, da produtividade e da intensidade de fenômenos fisiológicos entre indivíduos contrastantes (Fehr, 1987).



- Superioridade da geração F_1 em relação a média dos genitores.



- Superioridade da geração F_1 em relação ao melhor genitor.

- Histórico:

Darwin (1877) -

- Identificou que a altura das plantas oriundas de cruzamento foi maior em relação as de autofecundação.

Beal – 1877 a 1882

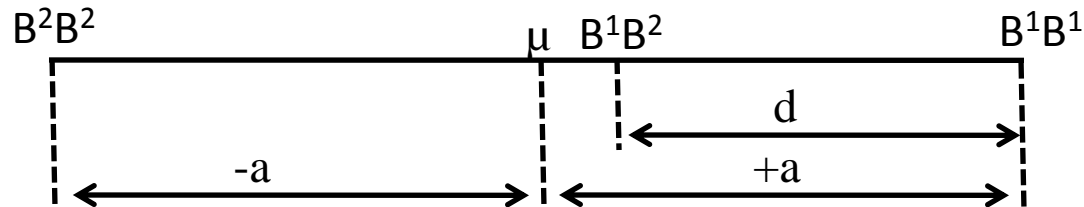
- Híbridos de milho entre diferentes variedades de polinização aberta;
- Ganhos de até 40%.

Shull (1908) –

THE COMPOSITION OF A FIELD OF MAIZE.
By GEORGE H. SHULL, *Cold Spring Harbor, N. Y.*

Campo de milho é composto por muitos híbridos complexos, os quais perdem vigor com a endogamia, e que o melhorista deve procurar manter as melhores combinações híbridas.

- Bases genéticas da heterose:
 - Interações alélicas no controle das características quantitativas;
 - Relações d/a indica a interação alélica envolvida no controle da característica .
- Tipos de Interações
- Aditiva;
 - Dominância Completa ou parcial
 - Sobredominância

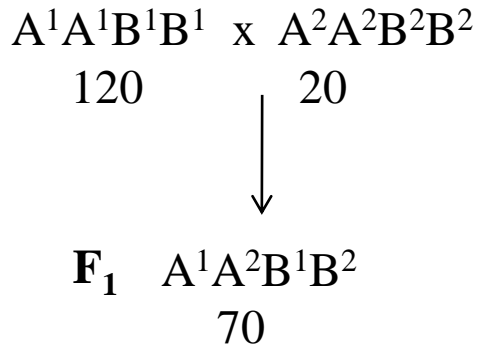
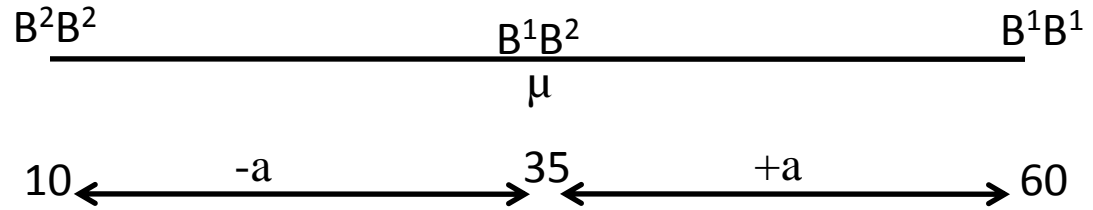


- Interação aditiva

- 2 genes – A e B de efeitos iguais

- $A^1 = B^1 = 30$

- $A^2 = B^2 = 5$



F₂

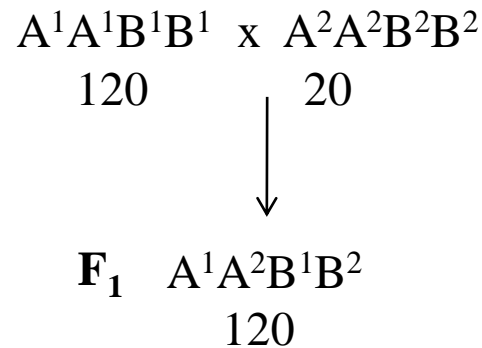
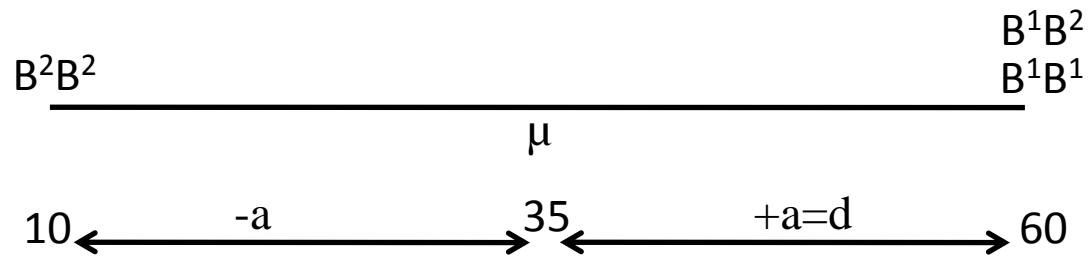
| Genótipos | Frequência (F _e) | Valor fenotípico | Fe. F |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|--------|
| $A^1A^1B^1B^1$ | 1/16 | 120 | 7,5 |
| $A^1A^1B^1B^2$ | 2/16 | 95 | 11,875 |
| $A^1A^1B^2B^2$ | 1/16 | 70 | 4,375 |
| $A^1A^2B^1B^1$ | 2/16 | 95 | 11,876 |
| $A^1A^2B^1B^2$ | 4/16 | 70 | 17,5 |
| $A^1A^2B^2B^2$ | 2/16 | 45 | 5,625 |
| $A^2A^2B^1B^1$ | 1/16 | 70 | 4,375 |
| $A^2A^2B^1B^2$ | 2/16 | 45 | 5,625 |
| $A^2A^2B^2B^2$ | 1/16 | 20 | 1,25 |
| Média da F ₂ = 70,00 | | | |

- Interação dominante

- 2 genes – A e B

- $A^1A^1 = A^1A^2 = B^1B^1 = B^1B^2 = 60$ unidades

- $A^2A^2 = B^2B^2 = 10$ unidades



F_2

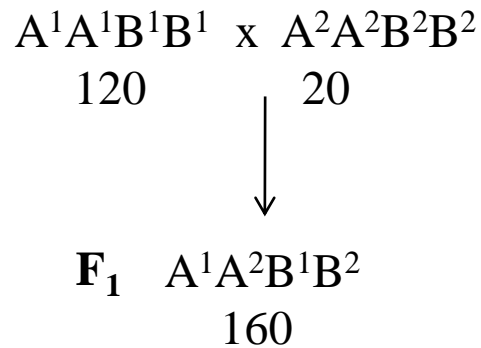
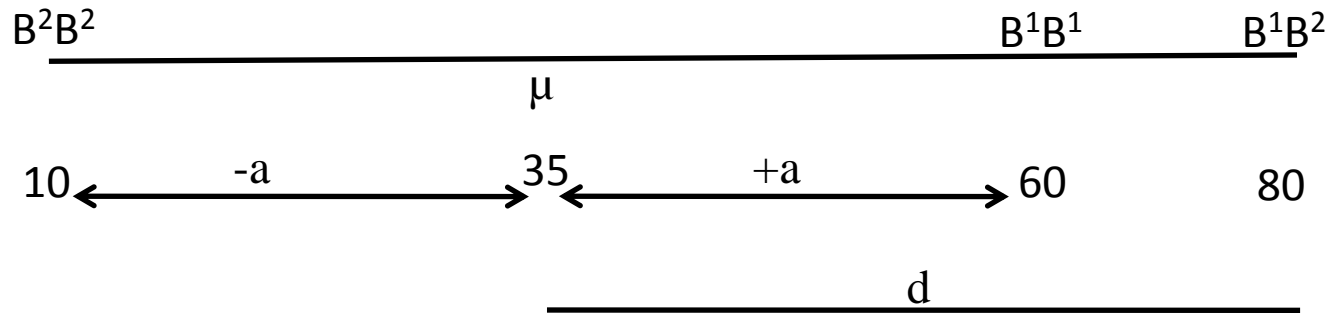
| Genótipos | Frequência (F_e) | Valor fenotípico | Fe. F |
|------------------------|----------------------|------------------|-------|
| $A^1A^1B^1B^1$ | 1/16 | 120 | 7,5 |
| $A^1A^1B^1B^2$ | 2/16 | 120 | 15,00 |
| $A^1A^1B^2B^2$ | 1/16 | 70 | 4,375 |
| $A^1A^2B^1B^1$ | 2/16 | 120 | 15,00 |
| $A^1A^2B^1B^2$ | 4/16 | 120 | 30,00 |
| $A^1A^2B^2B^2$ | 2/16 | 70 | 8,75 |
| $A^2A^2B^1B^1$ | 1/16 | 70 | 4,375 |
| $A^2A^2B^1B^2$ | 2/16 | 70 | 8,75 |
| $A^2A^2B^2B^2$ | 1/16 | 20 | 1,25 |
| Média da $F_2 = 95,00$ | | | |

- Sobredominância

- $A^1 A^1 = B^1 B^1 = 60$ unidades

- $A^2 A^2 = B^2 B^2 = 10$ unidades

- $A^1 A^2 = B^1 B^2 = 80$ unidades



- Quais as hipóteses para a heterose?
- A heterose pode ser explicada quando os parentais do híbrido tem diferentes alelos (são divergentes) e existe algum nível de dominância (Fehr, 1987).
- Há duas hipóteses para se explicar heterose:
 - Dominância
 - Sobredominância



Mo17

F₁

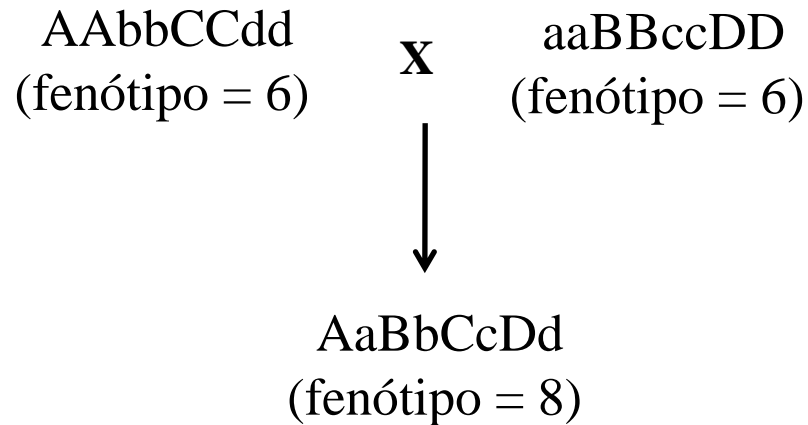
B73



- Hipótese Dominância proposta por (Bruce , 1910)
- Aumento na proporção dos genes que tenham pelo menos um alelo dominante em cada loco.
- Stansfield (1985)

$$- A_ = B_ = C_ = D_ = 2$$

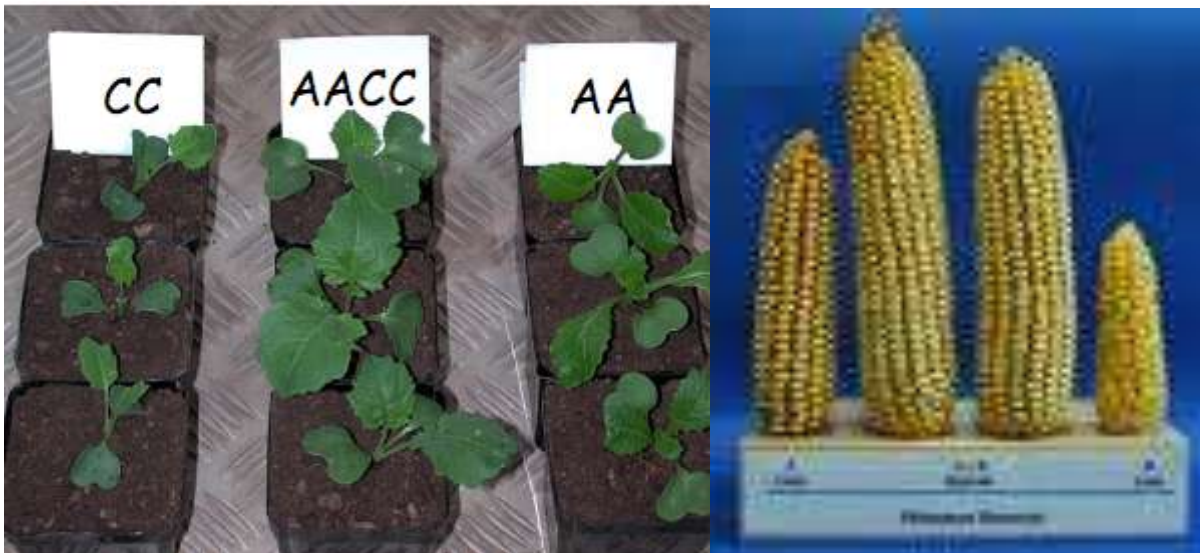
$$- aa = bb = cc = dd = 1$$



- Argumentos contra:

- Se existe dominância é possível obter linhagem na geração F_2 com performance semelhante ao híbrido, este fato não tem sido comprovado.

- Quando há dominância, espera-se uma distribuição assimétrica na F_2 , este fato também não tem sido comprovado.



- Hipótese: Sobredominância

- Proposta por Shull (1908), corroborado por East (1936) e Hull (1945).

- Strickberger (1985)

- A enzima produzida pelo heterozigoto difere das produzida pelos homozigotos.

- O heterozigoto é capaz de produzir dois tipos diferentes de enzima, no caso de os homozigotos produzirem cada qual o seu único tipo, respectivo de enzima. Assim, o heterozigoto teria maior adaptabilidade ao ambiente.

- Aa = Bb = Cc = Dd = 2

- AA = BB = CC = DD = 1,5

- aa = bb = cc = dd = 1

aabbCCDD
(fenótipo = 5)

AABBccdd
(fenótipo = 5)



AaBbCcDd
(fenótipo = 8)

- Contribuição da Biologia Molecular:

- Análise do genoma estrutural – re-sequenciamento de regiões genômicas que contém QTLs associados ao controle de heterose

Intraspecific violation of genetic colinearity and its implications in maize

Huihua Fu* and Hugo K. Dooner**‡

*The Waksman Institute, Rutgers University, Piscataway, NJ 08855; and †Department of Plant Science, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08901

Communicated by Michael Freeling, University of California, Berkeley, CA, May 1, 2002 (received for review March 5, 2002)

- Heterose e depressão por endogamia podem ser explicadas pelas inúmeras deleções/inserções de genes e de retrotransposons identificados em regiões que, teoricamente deveriam ser colineares no genoma da espécie

- O modelo de complementação de regiões não colineares:

- Compatível com a hipótese de dominância

- Explica também porque distância genética, por si só, não é um bom indicador de vigor híbrido.

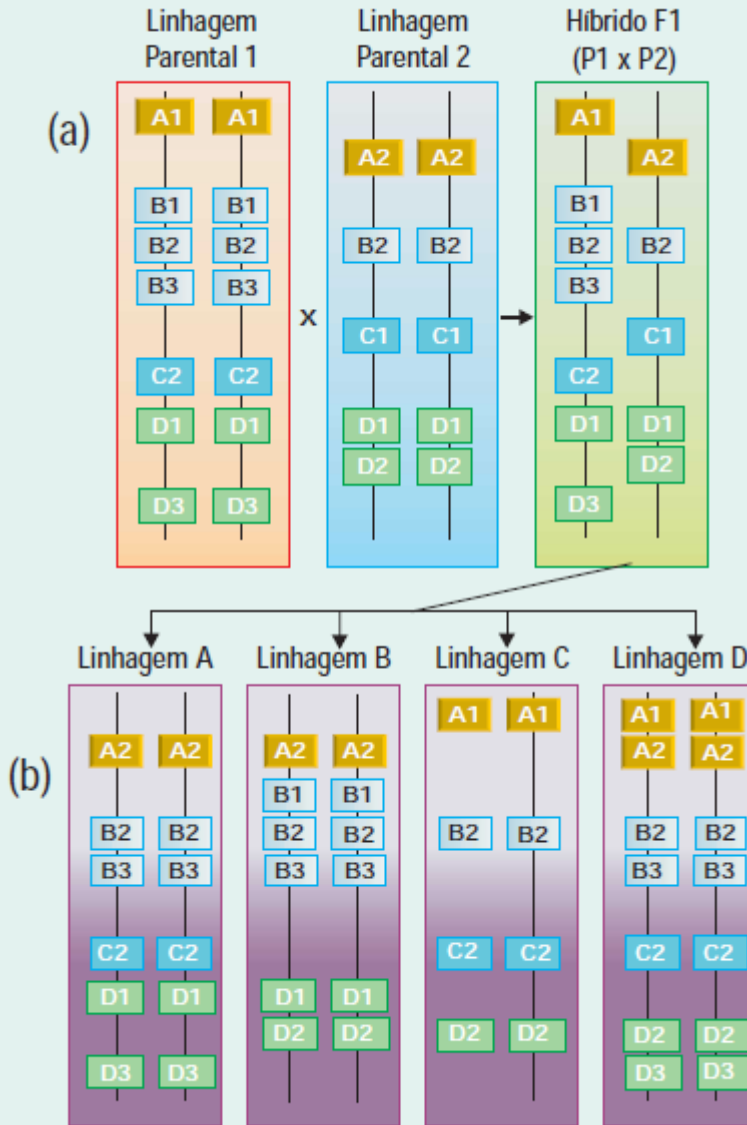


Fig. 5. O re-seqüenciamento de regiões do genoma associadas ao controle de heterose em linhagens de diferentes grupos heteróticos de milho (*Zea mays* L.) indica que a alteração de microcolinearidade nestas regiões do genoma é responsável pela heterose em híbridos F1 e por depressão por endogamia. O vigor híbrido é explicado por complementação de genes de diferentes famílias gênicas (A, B, C e D) nas regiões seqüenciadas (a). A depressão por endogamia é explicada pela ausência de genes na região seqüenciada em linhagens puras derivadas do híbrido F1 depois de repetidas gerações de recombinação e autofecundação (b).

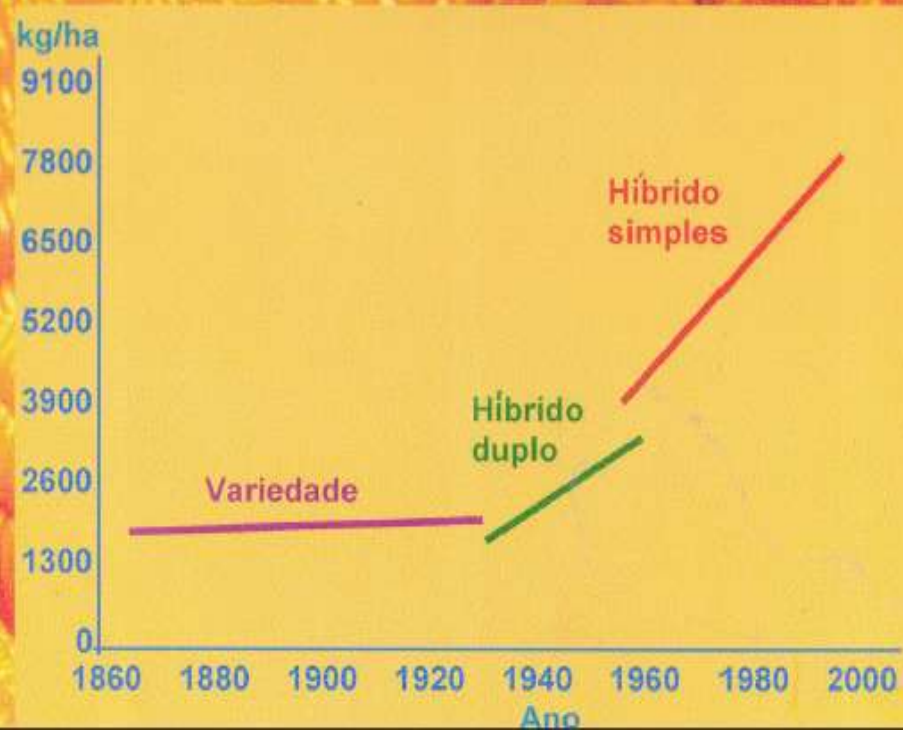
MILHO - EUA

1940

56 milhões de toneladas de milho
31 milhões de hectares
1,8 t/ha de produtividade

2002

230 milhões de toneladas de milho
28 milhões de hectares
8,2 t/ha de produtividade



- Implicações da heterose no desenvolvimento de cultivares:

-Possibilidade de obter cultivares híbridas;

-Maior performance produtiva;

-Agricultor demanda adquirir sementes da safra para evitar perdas de produtividade