

目录

第九章 数量遗传-2

第五节 近亲繁殖及其遗传效应

第六节 纯系学说

第七节 杂种优势的表现

第八节 杂种优势的遗传理论

第九节 近亲繁殖与杂种优势在育种上的利用

第五节 近亲繁殖及其遗传效应

一、近亲繁殖的概念

二、近亲繁殖的遗传效应

三、回交的遗传效应

一、近亲繁殖的概念

●定义

近亲繁殖，也称近亲交配，或简称

近交，是指血统或亲缘关系相近的两个

个体间的交配；也就是指基因型相同或

相近的两个个体间的交配。

第五节 近亲繁殖及其遗传效应

一、近亲繁殖的概念

二、近亲繁殖的遗传效应

三、回交的遗传效应

- 根据亲缘远近的程度一般可分为：
- 全同胞、半同胞和表兄妹
- 植物自花授粉的交配，称为**自交**，是最极端的近亲繁殖。

●表示方法

XY
HY
CHUAN
HJUAN
NIUAN

近亲系数 (F)：一个合子中两个等位基因来自双亲共同祖先的某一基因的概率，即每一个体中某两个基因共同来源的概率。

- 植物的繁殖方式

- 植物天然杂交率的高低，可将植物分为三大类：

- 自花授粉植物（self-pollinated plant）。异交率0.5%：水稻、小麦、大豆、烟草。

- 常异花授粉植物（often cross-pollinated plant）。异交率5-20%：棉花、高粱

- 异花授粉植物（cross-pollinated plant）。异交率20-50%：玉米、黑麦、白菜型油菜

二、近亲繁殖的遗传效应

● 杂合体通过自交可以导致后代基因的分离，将使后代群体中的遗传组成迅速趋于纯合化

举例：以一对基因为例，即 $AA \times aa$

F1 100%都是杂合体

F2 有1/2杂合体和1/2纯合体（根据分离比例而得）

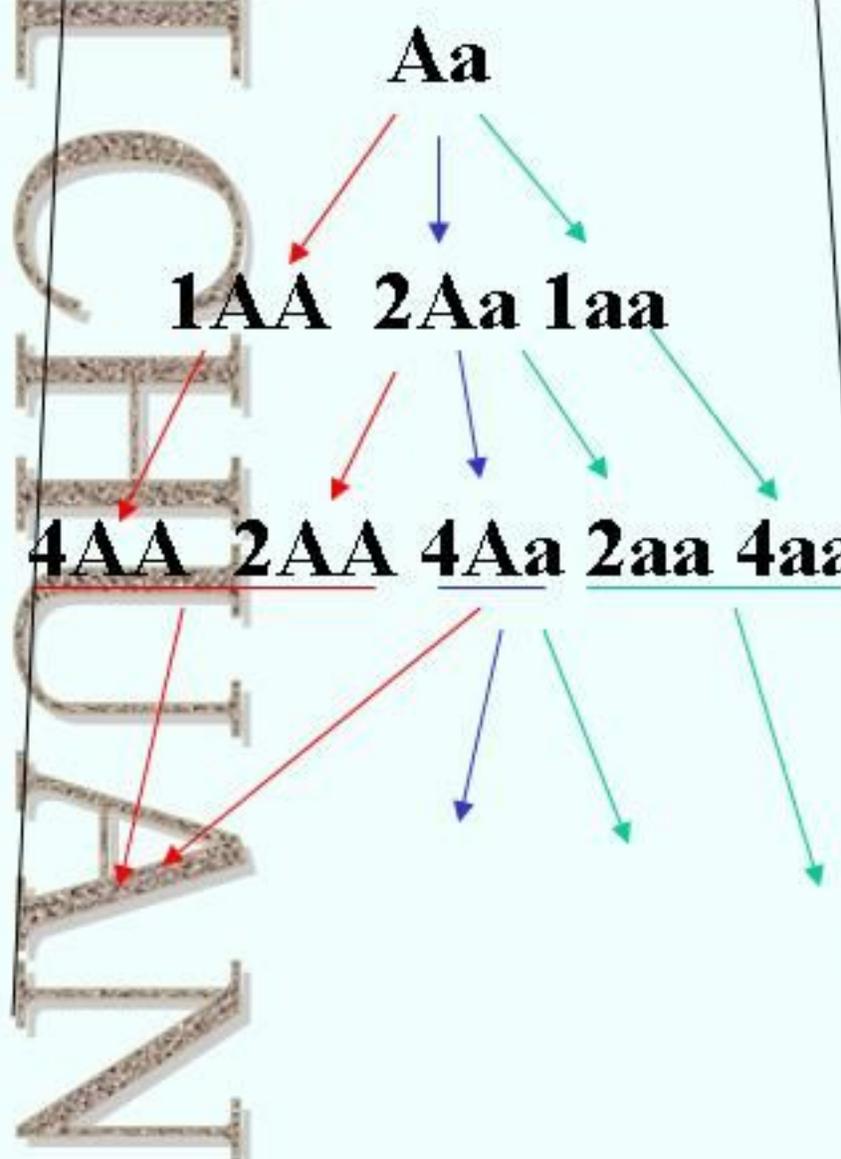
F₃ 有 $1/4$ 杂合体和 $3/4$ 纯合体

F_r 有 $(1/2)^r$ 杂合体, $1-(1/2)^r$ 纯合
体。详见表6-1

当连续自交多代时, 后代将逐渐
趋于纯合, 每自交一代, 杂合体所占比
例即减少一半, 并逐渐接近于0, 但是
存在, 而不会完全消失。

表6-1 一对杂合基因 (Aa) 连续自交的后代基因型比例的变化

世代	自交代数	基因型的比数	杂合体 (Aa)		纯合体 (AA+aa)	
			比数	%	比数	%
F ₁	0	Aa		100		0
F ₂	1	1AA 2Aa 1aa	2/4	1/2 ¹ =50	2/4	1-1/2 ¹ =50
F ₃	2	4AA 2AA 4Aa 2aa 4aa	4/16	1/2 ² =25	12/16	1-1/2 ² =75
F _r	r			1/2 ^r → 0		1-1/2 ^r → 100



△多对基因的情形

设 n 对异质基因

自交 r 代

求 自交 r 代后群体中各种纯合成对基因的个体数

通式 $[1+(2^r-1)]^n$

其中 1 ——其 n 次方表示具有杂合基因对的个体数

2^r-1 ——其 n 次方表示具有纯合基因对的个体数

举例 求3对异质基因自交5代后代的组成

解 $[1+(2^r-1)]^n=[1+(2^5-1)]^3$
 $=1^3+3\times 1^2\times 31+3\times 1\times 31^2+31^3$
 $=1+93+2883+29791$

即:

1个个体的三对基因均为杂合

93个个体的二对基因杂合,一对纯合

2883个体的一对基因杂合,二对纯合

29791个个体的三对基因均为纯合

这个群体的纯合率为 $29791/32768=90.91\%$
杂合率为 9.09%

自交后代群体中纯合率也可直接用下式估算：

$$\begin{aligned} \times \% &= [1 - (1/2^r)]^n \times 100\% \\ &= [(2^r - 1) / 2^r]^n \times 100\% \end{aligned}$$

假定 $n=3$, $r=5$, 则F6群体纯合率即为：

$$\begin{aligned} \times \% &= [(2^r - 1) / 2^r]^n \times 100\% \\ &= [(2^5 - 1) / 2^5]^3 \times 100\% \\ &= 90.91\% \end{aligned}$$

以上公式的应用必须具备二个条件：

一是各对基因是独立遗传的；二是各种基因型后代的繁殖能力相同。

● 杂合体通过自交可以导致后代基因的分
离，将使后代群体中的遗传组成迅速
趋于纯合化。

● 杂合体通过自交能够导致等位纯合，
使隐性性状得以表现出来，从而可以
淘汰有害的隐性个体，改良群体遗传
组成。

● 通过自交能够导致遗传性状的稳定，
不论显性性状还是隐性性状。

三、回交的遗传效应

1. 定义

●回交：利用亲本之一与杂种后代（♀）杂交。

其中第一次回交的后代称为回交一代 BC_1

回交一代再回交，称为回交二代 BC_2

回交 $n-1$ 代再回交，称为回交 n 代 BC_n

●轮回亲本：被用来与 F_1 连续回交的亲本

●非轮回亲本：未被用来连续回交的亲本

2. 遗传效应

● 回交后代的基因型纯合将严格受其轮回亲本的控制；而自交后代的基因型纯合却是多种多样的组合方式。多次连续回交以后，其后代将基本上回复为轮回亲本的基因型。

BC₁: 轮回亲本提供 $1/2$, F₁也提供 $(1/2)/2$
($1/4$) 一共为 $3/4$

BC₂: $7/8$

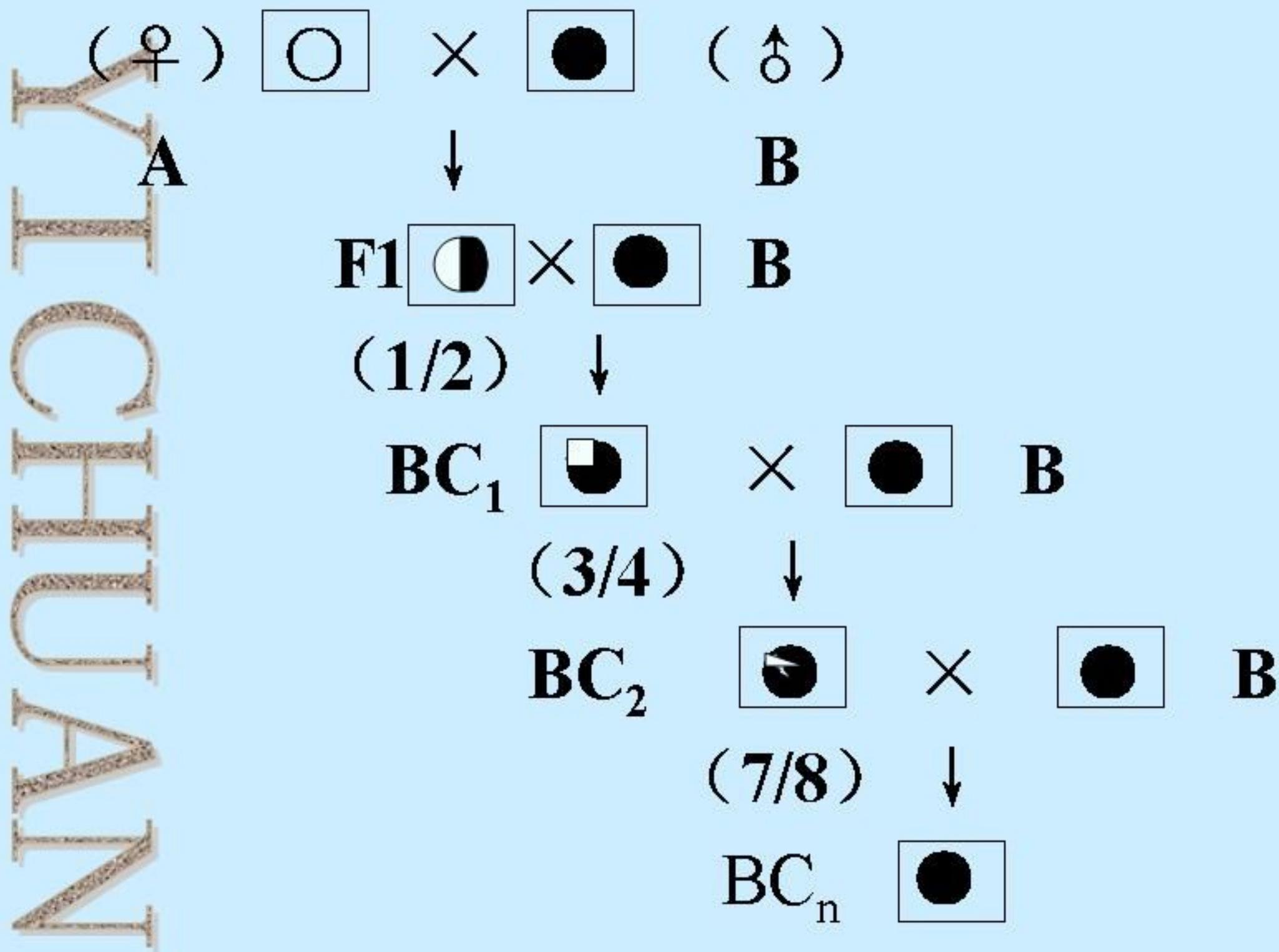
类推

第五节
近亲繁殖及其遗传效应

一、近亲繁殖的概念

二、近亲繁殖的遗传效应

三、回交的遗传效应



●回交后代的纯合率同样可用公式 $[(2^r-1) / 2^r]^n$ 估算

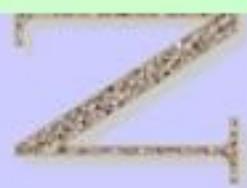
	纯合种类	公式
回交:	轮回亲本	$[(2^r-1) / 2^r]^n$
自交:	多种纯合基因型的累加值	$[(2^r-1) / 2^r]^n \times (1/2)^n$

所以在基因型纯合的进度上，回交显然大于自交



第六节 纯系学说 (自学)

- 一、纯系学说的提出
- 二、纯系学说的意义



YI I C H H U A N

一、纯系学说的提出

- Johannsen 1909提出

- Johannsen的试验

 - 菜豆天然混杂群体（自花授粉植
物）

○ 按豆粒的重量分别播种→19个单株→19个株系



它们粒重差异明显，能够稳定遗传

小粒株系

大粒株系

亲代

轻粒种子

重粒种子

轻粒种子

重粒种子

27.8g

42.8g

51.7g

79.2g



后代

36.8g

37.4g

66.7g

66.2g



差异不明显

差异不明显

表6-2 菜豆两个株系按粒重大小选择和种植的结果(厘克)

收获年份	小粒株系				大粒株系			
	选择亲本种子的平均重		后代种子的平均重		选择亲本种子的平均重		后代种子的平均重	
	轻粒种子	重粒种子	轻粒种子	重粒种子	轻粒种子	重粒种子	轻粒种子	重粒种子
1902	30	40	35.8	34.8	60	70	63.2	64.9
1903	25	42	40.2	41.0	55	80	75.2	70.9
1904	31	43	31.4	32.6	50	87	54.6	56.9
1905	27	39	38.3	39.2	43	73	63.6	63.6
1906	30	46	37.9	39.9	46	84	74.4	73.0
1907	24	47	37.4	37.0	46	81	69.1	67.7
平均	27.8	42.8	36.8	37.4	51.7	79.2	66.7	66.2

●纯系学说的内容

○天然混杂群体→许多基因型纯合的
纯系→选择有效。

○纯系内个体的差异是由环境引起的
→选择无效。

△纯系：一个基因型纯合个体自交
产生的后代，其后代群体的基因型也是
纯合的。

二、纯系学说的意义

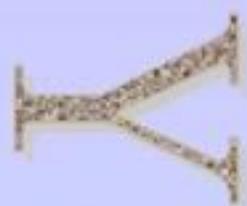
●区分了遗传的变异和不遗传的变异，指出选择遗传的变异的重要性。并且说明了在自花授粉作物的天然混杂群体中单株选择是有效的，但是在在一个经过选择分离而基因型纯合的纯系里，继续选择是无效的。

●明确了基因型和表现型的概念，这对后来研究遗传基础、环境和个体发育的相互关系起了很大的推动作用。

△纯系学说的缺陷

○纯是相对的，不纯是绝对的
→完全纯系是没有的。

○纯系内选择也不是绝对无效。基因突变



第七节 杂种优势的表现

- 一、 F_1 的优势表现
- 二、杂种优势的特点
- 三、 F_2 的衰退表现



一、 F_1 的优势表现

● 杂种优势 (heterosis) 的概念

是生物界的普通现象。它是指两个遗传组成不同的亲本杂交产生的杂种第一代，在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质上比其双亲优越的现象。

第七节
杂种优势的表现

一、 F_1
的优势表现

二、杂种优势的特点

三、 F_2
的衰退表现

● 杂种优势的表现类型

○ 营养发育较旺的营养型

○ 生殖器官发育较旺的生殖型

○ 对外界不良环境适应能力较强

的适应型

第七节
杂种优
势的表
现

一、 F_1
的优势
表现

二、杂
种优势
的特点

三、 F_2
的衰退
表现

● 杂种优势的计算方法：

- 平均杂种优势： F_1 与双亲平均值来比较
- 超亲杂种优势：与最优亲本比较
- 竞争杂种优势：与当前当地的推广品种比较

二、杂种优势表现的特点

○杂种优势不是某一、二个性状单独地表现出来，而是许多性状综合地表现突出。

○杂种优势的大小，大多数取决于双亲性状间的相对差异和相互补充。

第七节 杂种优势的表现

一、 F_1 的优势表现

二、杂种优势的特点

三、 F_2 的衰退表现

一般是双亲间的亲缘关系越大，优势越强。

○ 杂种优势的大小与双亲基因型的高度纯合具有密切的关系。

○ 杂种优势的大小与环境条件的作用有密切的关系。

三、 F_2 的衰退表现

F_2 出现性状的分离和重组。 F_2 与 F_1 相比较，生长势、生产力、抗逆性和产量等方面都显著地表现下降，即出现所谓的衰退现象。

Y

H

Q

H

J

A

第八节 杂种优势的遗传理论

一、显性假说

二、超显性假说

三、两个假说的异同点与相互补充

Y
I
C
H
U
A
N

显性假说

● 提出

最早是1910年由Bruce（布鲁斯）等人提出，后来Jones（琼斯）

1917年进一步补充为显性连锁基因假说。

●假说的内容

认为杂种优势是由于双亲和显性基因全部聚集在杂种中所引起的互补作用。

最早的试验：

Keeble和pellow (1910) 豌豆的茎秆高度试验

节多、节间短 × 节少、节间长



节多、节间长（明显的优

势）

● 举例

以玉米的两个自交系为例，假定它的有5对基因互为显隐性的关系，分别位于两对染色体上。设纯合基因（aa）对性状发育的作用为1，而各显性纯合和杂合基因（AA和Aa）的作用为2。杂交后代表现如下：

$$\begin{array}{r}
 \text{P} \quad \frac{\text{A b C D e}}{\text{A b C D e}} \times \frac{\text{a B c d E}}{\text{a B c d E}} \\
 (2+1+2+2+1=8) \downarrow (1+2+1+1+2=7) \\
 \text{F1} \quad \frac{\text{A b C D e}}{\text{a B c d E}} \\
 (2+2+2+2+2=10)
 \end{array}$$

由此可见， F_1 比双亲表现了显著的优势

● 显性假说的缺点

只考虑到等位基因的显性作用，没有指出非等位基因的相互作用，即上位性效应。另外，也没有考虑到细胞质在杂优表现中的作用。

二、超显性假说 (Overdominance hypothesis)

●提出

最初是Shull和East于1908年分别提出的，1936年East作了进一步说明。

● 主要观点

杂种优势来源于双亲基因型的异质结合所引起的基因间的互作，这一假说，认为等位基因间没有显隐性的关系。

● 具体事例：

植物花色遗传

粉红色 × 白色



F1 红色

$NXD \times NXY$

浅红色 × 蓝色



紫色

38

• 锈病的遗传

- 两个纯合亲本各自只能抵抗一个生理小种，而它们的 F_1 代却能抵抗两个生理小种。

● 举例分析：玉米自交系杂交

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{P} \quad \frac{a_1 b_1 c_1}{a_1 b_1 c_1} \frac{d_1 e_1}{d_1 e_1} \times \frac{a_2 b_2 c_2}{a_2 b_2 c_2} \frac{d_2 e_2}{d_2 e_2} \\
 \quad \quad \quad (1+1+1+1+1+1=5) \quad (1+1+1+1+1+1=5) \\
 \\
 \mathbf{F}_1 \quad \frac{a_1 b_1 c_1}{a_2 b_2 c_2} \frac{d_1 e_1}{d_2 e_2} \\
 \quad \quad \quad (2+2+2+2+2+2=10)
 \end{array}$$

由此可见， F_1 的杂种优势可以显著地超过双亲。

●超显性假说不足

○完全排斥了显性的差别

○没有考虑细胞质在杂优中的作用

三、两个假说的异同点与相互补充

● 共同点

都有立论于杂种优势来源于双亲基因型间的相互关系。

● 不同点

显性假说认为杂种优势是由于双亲的显性基因间的互补；超显性基因认为杂优是由于双亲等位基因间的互作。

●共同解释杂种优势

杂种优势可能是由于上述的某一个或几个遗传因素造成的，即可能是由于双亲显性基因互补、异质基因互作和非等位基因互作的单一作用，也可能是由于这些因素的综合作用和累加作用。



第九节 近亲繁殖与杂种优势在 育种上的利用

- 一、近亲繁殖在育种上的利用
- 二、杂种优势在育种上的利用

一、近亲繁殖在育种上的利用

●目的

通过近亲繁殖，使其异质基因分离，从而导致基因型的纯合，使其后代群体具有相对纯一的基因型，形成通常所指的纯系。

●近亲繁殖方法

是采用自交或兄妹交。在具体应用上根据作物授粉方式而采用不同的方法。

第九节
近亲繁殖
与杂种优
势在育种
上的利用

一、近亲
繁殖在育
种上的利
用

二、杂
种优势在
育种上的
利用

○自花作物

种植杂种 → 注意选择 → 纯合

○异花作物

隔离、控制传粉防止自交或品种间
杂交混杂。

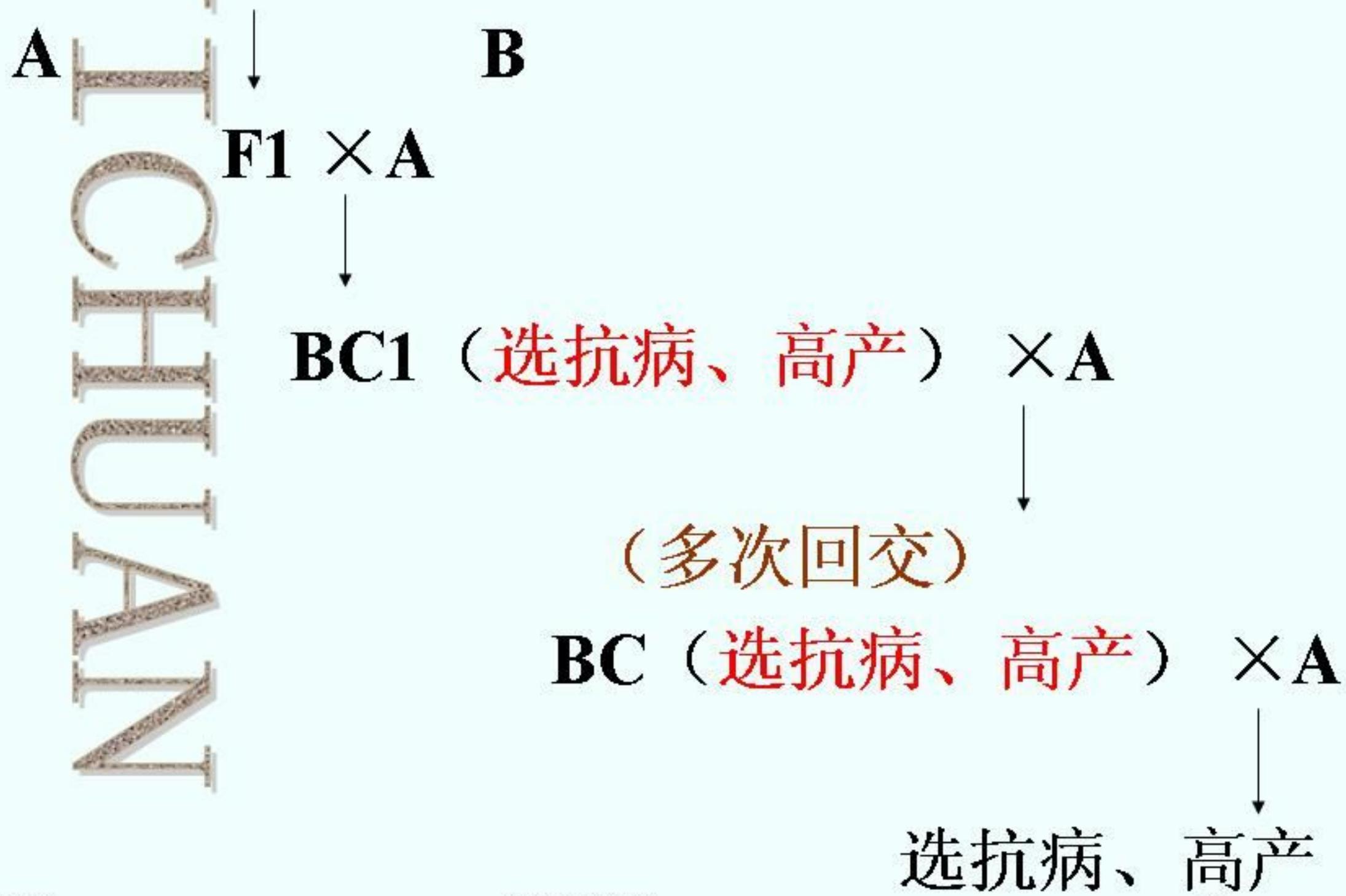
●利用

○用于选择稳定纯合的品种

○用于选择杂种优势利用的纯合亲本

• 抗病高产新品种的选育（回交法）

• 感病、高产 × 抗病、低产



二、杂种优势在育种上的利用

●重要作用

已成为提高产量和改进品质的重要措施之一。玉米、高粱、烟草、甘薯、水稻、小麦、棉花、果树、林木、家蚕、鸡、猪等动物已广泛地利用杂种优势。

●具体方法

因作物繁殖方式和授粉方式而异

○无性繁殖——如甘薯、马铃薯、甘蔗等

只要杂交产生杂种，杂种即可通过无性繁殖加以固定杂种优势。

○有性繁殖

一般只能利用 F_1 种子，故需年年配制杂种，较为费时费力。

为了达到强优目的，须注意以下问题：

① 杂交亲本的纯合性或典型性

② 亲本杂交组合的选配，即选配合力

③ 杂交制种技术（去雄和授粉）需要简便易行，同时种子繁殖系数要高。雄性不育可免去雄的麻烦。无性繁殖或无融合生殖可直接固定杂优免去年年制种。

第十一章 数量遗传-2

近亲繁殖和杂种优势

植物近亲繁殖的程度，通常是**根据天然杂交率的高低划分为自花授粉植物（小于5%），常异花授粉植物（5-20%）和异花授粉植物（大于20%）。**

两个亲源不同的亲本杂交形成杂合体
通过自交或近亲繁殖，其后代群体将表现
三方面遗传效应：一是导致杂交后代基因的
分离，使后代群体中的遗传组成迅速趋
于纯合化，使遗传性状得以稳定；二是导
致等位基因的纯合，使该性状得以表现，
从而可淘汰有害隐性个体，改良群体。

回交是指杂种后代与其两个亲本之一再次交配。回交后代的基因型纯合将严格受其轮回亲本的控制，最后多数保留是轮回亲本一种纯合的基因型。

纯系学说是白花授粉作物单株选择育种的理论基础，其要点在一个天然混合群体选择是有效的，但在纯系内选择是无效的。

杂种优势是生物界普遍现象，它是指两个遗传组成不同亲本杂交产生的杂种一代，在综合性状上比双亲优越现象。

杂种优势利用是育种十分重要的手段。有关杂种优势的理论主要有两种：显性假说和超显性假说。