

# 第二章 孟德尔式遗传

## 第一节 分离规律

## 第二节 自由组合规律

## 第三节 孟德尔遗传的扩展

## 第一节 分离规律

# 一、孟德尔的豌豆杂交试验

## 1. 相关术语

### ①. 性状(trait):

**单位性状(unit trait):** 生物体所表现的形态特征和生理特性，能从亲代遗传给子代，如：豌豆的花色、种子形状、株高、子叶颜色、豆荚形状及豆荚颜色；

**相对性状(contrasting trait):** 指同一单位性状的相对差异，如红花与白花、高秆与矮秆等；

②.  $F_n$ : F表示子代，下角标表示代数，如 $F_1$ 为子一代， $F_2$ 为子二代；

③. 自交：狭义- 仅限于两性同体的生物；

广义- 所有同型间的交配；  $AABB \times AAbb$

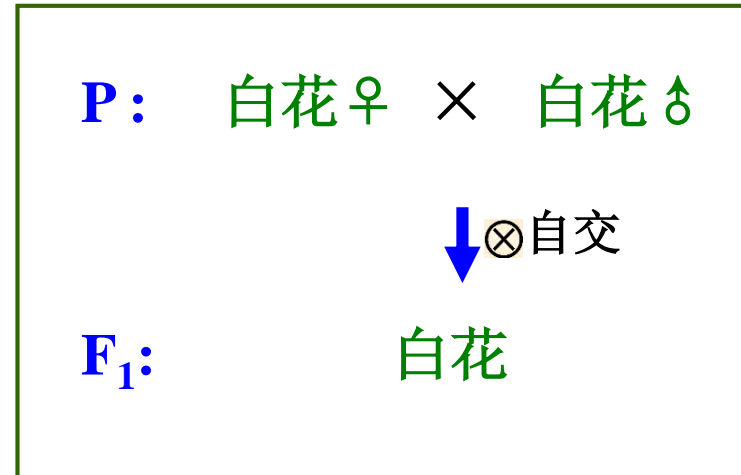
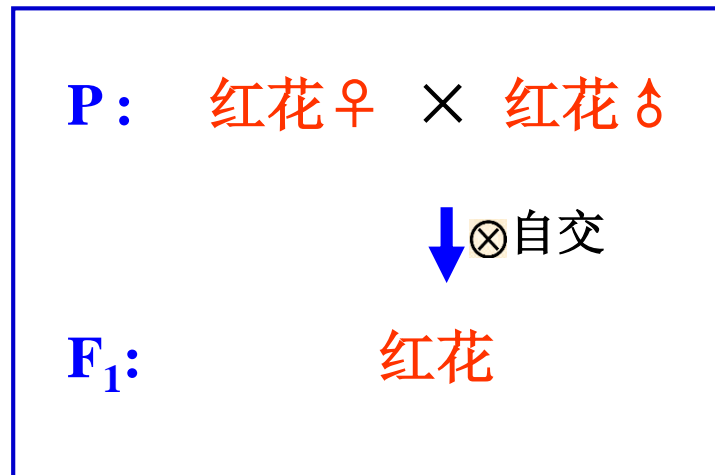
杂交：所有不同型间的交配，如开白花的植株与开红花的植株交配，白眼果蝇和红眼果蝇交配；

**杂交和自交是相对的!!!**

## 2. 试验

以一对性状为例，如花色：

自交实验：



## 杂交试验:

### 正交

P: 红花♀ × 白花♂



F<sub>1</sub>: 红花



F<sub>2</sub>: 红花 : 白花

株数: 705 : 224

比例: 3.15 : 1

### 反交

P: 白花♀ × 红花♂



F<sub>1</sub>: 红花



F<sub>2</sub>: 红花 : 白花

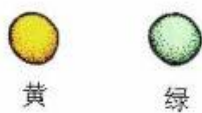
株数: 943 : 317

比例: 2.97 : 1

① 种皮颜色 / 花的颜色



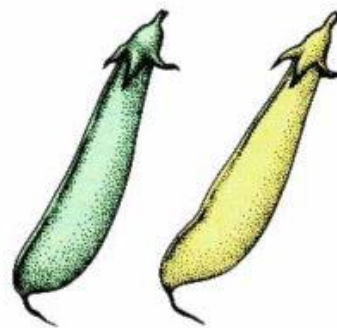
② 子叶颜色



③ 种子形状



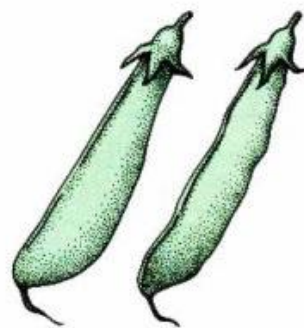
④ 豆荚颜色



绿色

黄色

⑤ 豆荚形状



饱满

缢缩

⑥ 茎的高度



⑦ 花的着生位置



## 7对相对性状的试验结果

性状	杂交组合	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>		
			显性性状	隐性性状	比例
花色	红花×白花	红花	红花705	白花224	3.15 : 1
种子形状	圆形×皱缩	圆形	圆形5474	皱缩1850	2.96 : 1
子叶颜色	黄花×绿花	黄花	黄花6022	绿花2001	3.01 : 1
豆荚形状	饱满×缢缩	饱满	饱满822	缢缩299	2.96 : 1
豆荚颜色	绿色×黄色	绿色	绿色408	黄色152	2.82 : 1
花着生位置	腋生×顶生	腋生	腋生651	顶生207	3.14 : 1
株高	高茎×矮茎	高茎	高茎787	矮茎277	2.84 : 1



### 3. 特点

(1).  $F_1$  性状表现一致，只表现一个亲本性状，另一个亲本性状隐藏；

④. 显性性状：  $F_1$  表现出来的性状；

隐性性状：  $F_1$  未表现出来的性状；

(2).  $F_2$  自交分离：一些植株表现出这一亲本性状，另一些植株表现为另一亲本性状，说明隐性性状并未消失；

(3).  $F_2$  群体中显隐性分离比例大致为 3:1；

## 二、孟德尔对试验结果的解释---分离规律

孟德尔提出以下假说：

- I. 遗传性状是由颗粒性的遗传因子控制的，控制显性和隐性性状的遗传因子分别称为显性遗传因子和隐性遗传因子，且显性遗传因子可以掩盖隐性遗传因子的作用；
- II. 体细胞中遗传因子成对存在，一个来自父本生殖细胞，一个来自母本生殖细胞；
- III. 在配子形成时，成对存在的遗传因子分离，并均等的分配到配子中，每一配子只含其中的一个；
- IV. 受精时，雌雄配子随机结合成合子，不同的遗传因子在个体中独立存在，互不混淆；

以遗传因子假说解释花色的遗传：

P: 红花♀ × 白花♂

(AA)

(aa)

↓  
A

↓  
a



F<sub>1</sub>:

红花

(Aa)

↓ ⊗ 自交

F<sub>2</sub>:

雌配子 (♀)	雄配子(♂)	
	A (1/2)	a (1/2)
A (1/2)	AA(红花) (1/4)	Aa(红花) (1/4)
a (1/2)	Aa(红花) (1/4)	aa(白花) (1/4)

## 孟德尔提出的遗传因子→等位基因(allele)

⑤.等位基因(allele): 控制某一性状的遗传因子; 如控制花色的两个等位基因A和a;

⑥.基因型(genotype): 个体的基因组合即遗传组成; 如花色基因型AA、Aa、aa;

表型(phenotype): 生物体所表现的性状, 如红花、白花、高径、矮径等;

⑦.纯合基因型(homozygous genotype): 或称纯合体, 由相同等位基因构成的基因型, 如AA、aa;

杂合基因型(heterozygous genotype): 由不同等位基因构成的基因型, 如Aa;

### 三、分离规律的验证--- 测交

⑧.回交：子代与亲本之间进行杂交；

⑨.测交：与隐性纯合基型个体的杂交；

测交法（test cross）：即把被测验的个体与隐性纯合基型的个体杂交，根据测交子代的表型和比例测知该个体的基因型。

P: 红花♀ × 白花♂

(AA)

(aa)

A

a

F<sub>1</sub>:

红花♀

×

白花♂

(Aa)

(aa)

测交(回交)

F<sub>t</sub>:

雌配子(♀)	雄配子(♂)
	a (1)
A (1/2)	Aa(红花) (1/2)
a (1/2)	aa(白花) (1/2)

## 四、分离规律的归纳

一对等位基因在杂合状态互不污染，保持其独立性，在配子形成时，又按原样分离到不同的配子中去。在一般情况下，配子分离比是1:1， $F_2$ 基因型分离比是1 : 2 : 1， $F_2$ 表型分离比是3 : 1，也称分离律。

## 第二节 自由组合规律



孟德尔以豌豆为材料，选用具有**两对相对性状**差异的纯合亲本进行杂交➡研究两对相对性状的遗传后提出：

**自由组合规律（独立分配规律）**

# 一、两对相对性状的遗传

## 1. 试验方法

子叶颜色：黄色和绿色

种子形状：圆形和皱缩

P: 黄圆 × 绿皱



F<sub>1</sub>:

黄圆



⊗ 自交

F<sub>2</sub>:

黄圆



黄皱



绿圆



绿皱



粒数:

315

101

108

32

比例:

9

3

3

1

## 2. 结果分析

先按一对相对性状杂交的试验结果分析：


$$\text{黄} : \text{绿} = (315+101) : (108+32) = 416 : 140 = 2.97 : 1 \approx 3 : 1$$


$$\text{圆} : \text{皱} = (315+108) : (101+32) = 423 : 133 = 3.18 : 1 \approx 3 : 1$$


∴ 两对性状是独立互不干扰地遗传给子代 → 每对性状的F<sub>2</sub>分离符合3 : 1比例。


F<sub>2</sub>出现两种重组型个体 → 说明控制两对性状的基因在从F<sub>1</sub>遗传给F<sub>2</sub>时，是自由组合的。

按**概率定律**，**两个独立事件同时出现的概率**  
**是分别出现概率的乘积：**

 黄、圆： $3/4 \times 3/4 = 9/16$

 黄、皱： $3/4 \times 1/4 = 3/16$

 绿、圆： $1/4 \times 3/4 = 3/16$

 绿、皱： $1/4 \times 1/4 = 1/16$

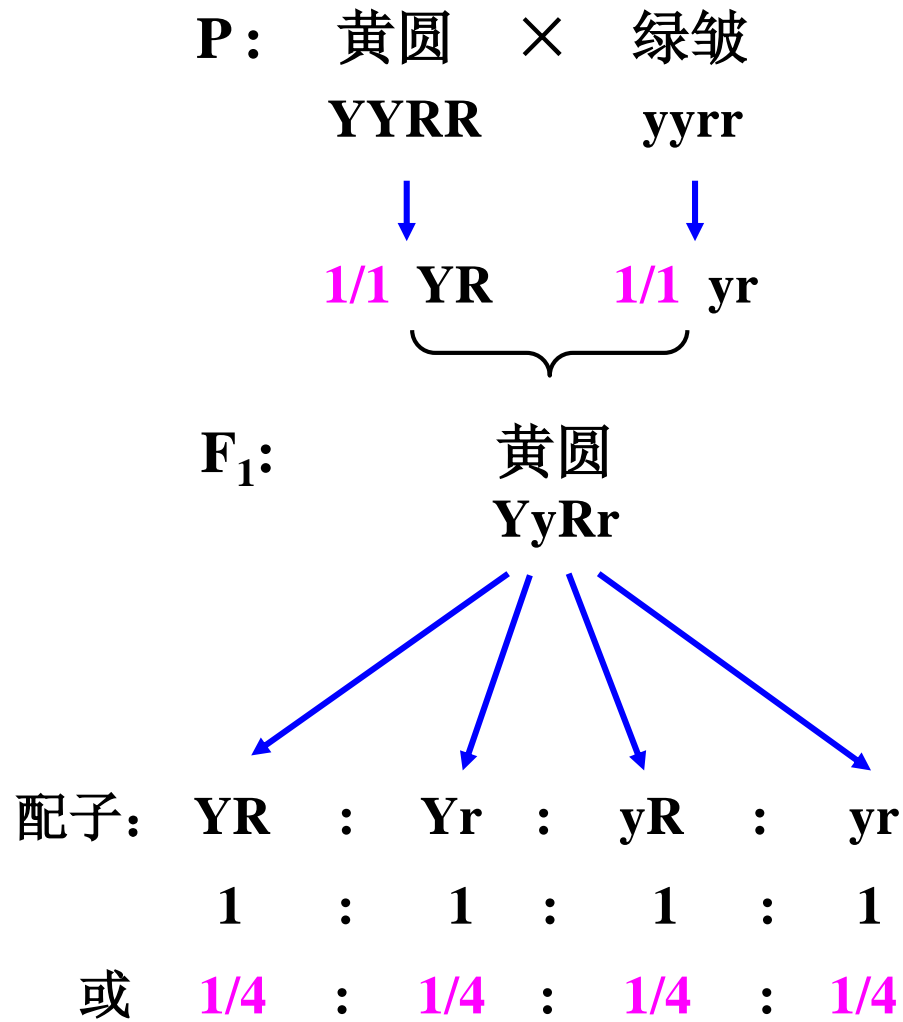
## 二、自由组合现象的解释

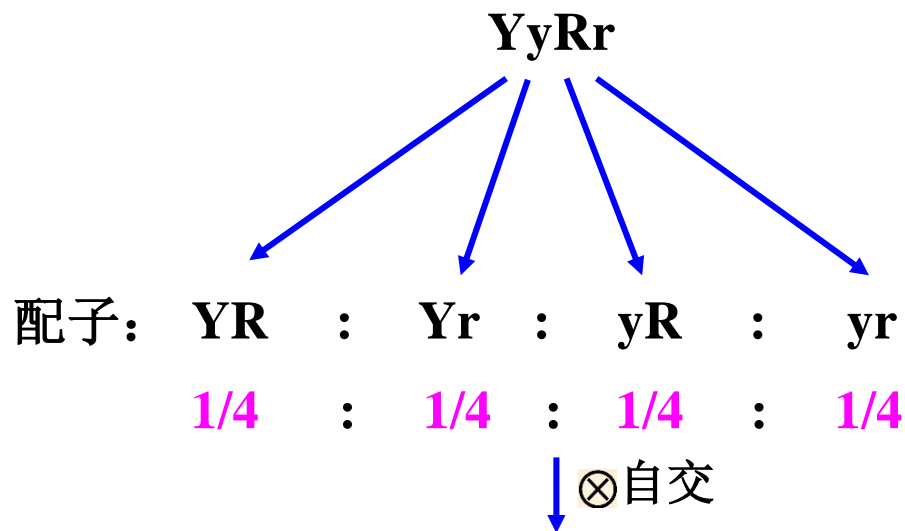
自由组合规律的要点：

控制两对不同性状的等位基因在配子形成过程中，一对等位基因与另一对等位基因的分离和组合互不干扰，各自独立分配到配子之中。

同一对等位基因分开，不同对等位基因自由组合

## 从遗传学角度解释两对性状的遗传：





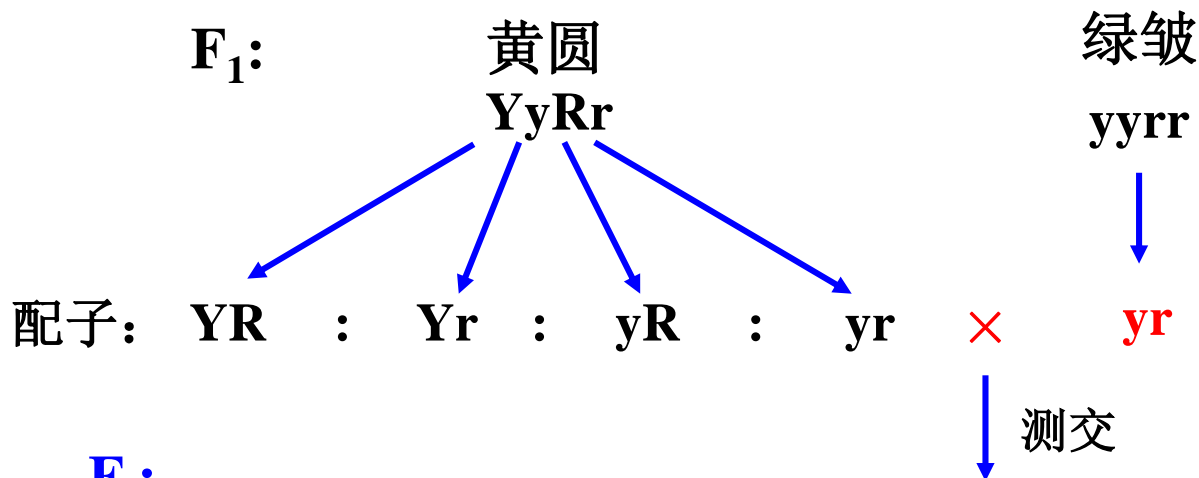
**F<sub>2</sub>:**

雌配子 (♀)	雄配子(♂)			
	<b>YR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>Yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>yR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>yr</b> <sub>(1/4)</sub>
<b>YR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YYRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YYRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>
<b>Yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YYRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YYrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>Yyrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>
<b>yR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YyRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRR</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRr</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>
<b>yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>Yyrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRr</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyrr</b> 绿皱 <sub>(1/16)</sub>



表现型	基因型	基因型比例	表现型比例
黄圆 Y_R_	<b>YYRR</b> <b>YrRR</b> <b>YYRr</b> <b>YyRr</b>	1 2 2 4	9
黄皱 Y_rr	<b>YYrr</b> <b>Yyrr</b>	1 2	3
绿圆 yyR_	yy <b>RR</b> yy <b>Rr</b>	1 2	3
绿皱 yyrr	yyrr	1	1

### 三、自由组合规律的验证



$F_t$ :

雄配子 (♂)	雌配子(♀)			
	$YR_{(1/4)}$	$Yr_{(1/4)}$	$yR_{(1/4)}$	$yr_{(1/4)}$
$yr_{(1)}$	$YyRr$ 黄圆 $_{(1/4)}$	$Yyrr$ 黄皱 $_{(1/4)}$	$yyRr$ 绿圆 $_{(1/4)}$	$yyrr$ 绿皱 $_{(1/4)}$

1 : 1 : 1 : 1

## 四、自由组合规律的归纳

两对基因在杂合状态互不污染，保持其独立性。配子形成时，同一对基因各自独立分离，不同对基因则自由组合，在一般情况下， $F_1$ 配子分离比是1:1:1:1； $F_2$ 表型分离比是9:3:3:1。

## 五、自由组合规律的扩展---多对相对性状遗传

基因对 (座)数	F <sub>1</sub> 配子 类型	F <sub>2</sub> 基因型	F <sub>2</sub> 表型	F <sub>2</sub> 基因型 分离比	F <sub>2</sub> 表现型 分离比
1	2	3	2	(1:2:1) <sup>1</sup>	(3:1) <sup>1</sup>
2	4	9	4	(1:2:1) <sup>2</sup>	(3:1) <sup>2</sup>
3	8	27	8	(1:2:1) <sup>3</sup>	(3:1) <sup>3</sup>
4	16	81	16	(1:2:1) <sup>4</sup>	(3:1) <sup>4</sup>
n	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	(1:2:1) <sup>n</sup>	(3:1) <sup>n</sup>

## 六、孟德尔成功的原因

### 1. 选材得当

(1). 豌豆是自花、闭花授粉植物，所以自然状态它永远是纯种；(2). 性状稳定，易于区分；(3). 便于操作，易于控制；(4). 种子保留在豆荚内，不会丢失；(5). 他选用的7对相对性状恰好都不呈连锁遗传。

## 六、孟德尔成功的原因

### 2. 设计严密

- 采用正反交；
- 采用大样本；
- 把自交持续到第六代；

### 3. 定量分析

## 六、孟德尔成功的原因

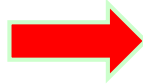
### 4. 缜密的推论

- 区分性状的显隐性；
- 区分体细胞和生殖细胞中的遗传因子；

### 5. 精确的验证

- 测交；
- 回交；

## 七、 $\chi^2$ 检验



各种因素的干扰→实际获得的各项数值与其理论上按概率估算的期望值有一定的偏差→属于试验误差，还是真实差异？→ $\chi^2$ 检验

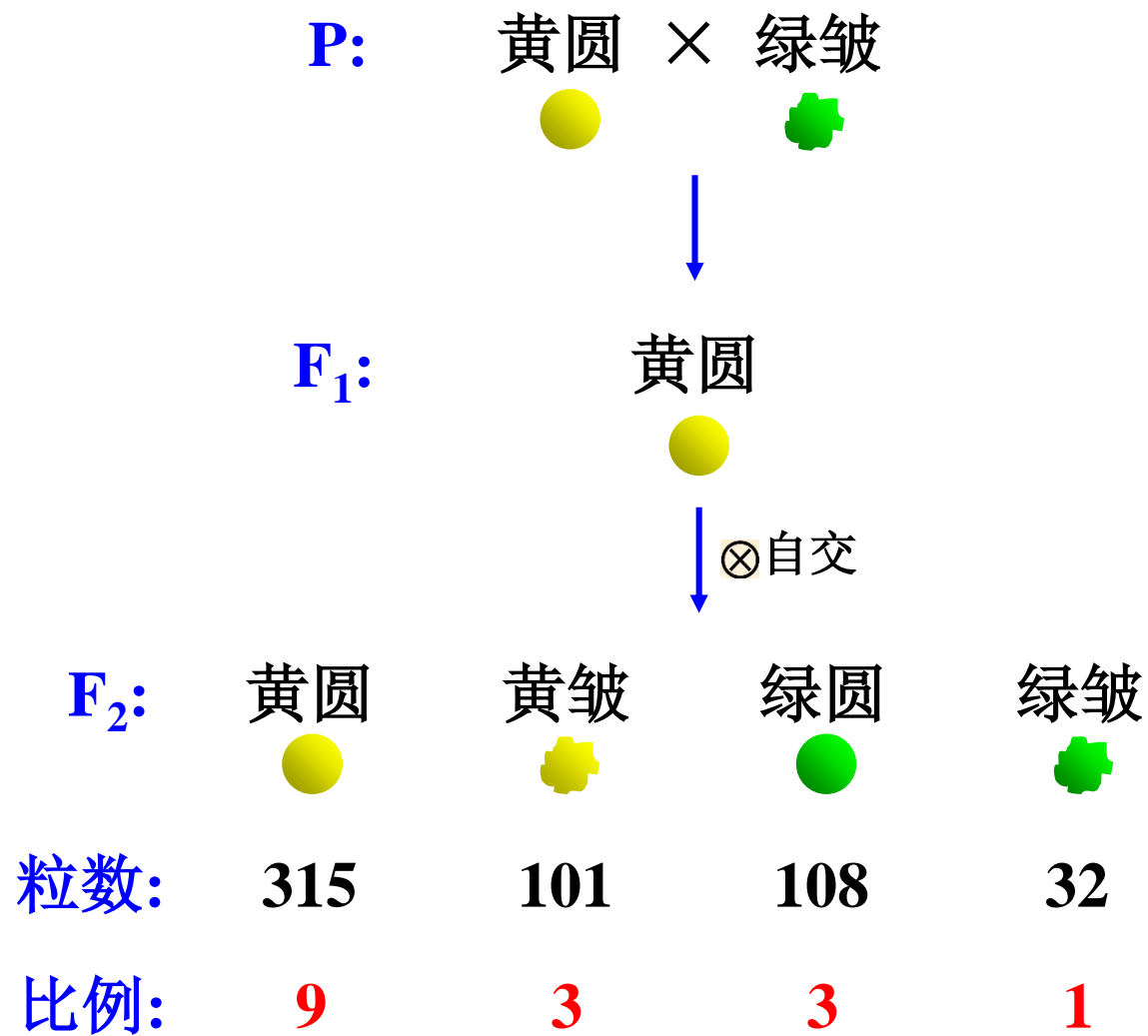
进行 $\chi^2$ 测验时可利用以下公式（ $O$ 是实测值， $E$ 是理论值， $\Sigma$ 是总和），即：

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$



利用 $\chi^2$ 值和自由度（ $df = k - 1$ ， $k$ 为类型数，一般为子代分离类型数目减1），可查出 $P$ 值。 $P$ 值是指实测值与理论值相差一样大以及更大的积加概率。

例如，子代表现为1:1、3:1， $df$ 是1；表现为9:3:3:1， $df$ 为3。例如，用 $\chi^2$ 测验检验孟德尔两对相对性状的试验结果，列于下表中：



## 孟德尔两对基因杂种自交结果的 $\chi^2$ 测验

	圆、黄	圆、绿	皱、黄	皱、绿	总数
实测值( $O$ )	315	108	101	32	556
理论值( $E$ )	312.75	104.25	104.25	34.75	556
$(O - E)$	2.25	3.75	-3.25	-2.75	0
$\frac{(O - E)^2}{E}$	0.016	0.135	0.101	0.218	
$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$	$\chi^2 = 0.016 + 0.135 + 0.101 + 0.218 = 0.47$				

**注：**理论值是由总数556粒种子按9:3:3:1比例求得

在遗传学实验中P值常以5%（0.05）为标准， $P > 0.05$ 说明“差异不显著”， $P < 0.05$ 说明“差异显著”；如果 $P < 0.01$ 说明“差异极显著”。

$\chi^2$ 表

$P \backslash df$	0.99	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01
1	0.00016	0.004	0.016	0.064	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	6.635
2	0.0201	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	9.210
3	0.115	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.345
4	0.297	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.277
5	0.554	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.269	9.236	11.070	15.086
6	0.872	1.635	2.204	3.070	3.828	5.345	7.231	8.588	10.645	12.592	16.812
7	1.239	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.783	9.803	12.017	14.067	18.475
8	1.646	2.733	3.490	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090
9	2.088	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666
10	2.558	3.940	4.865	6.179	7.627	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209

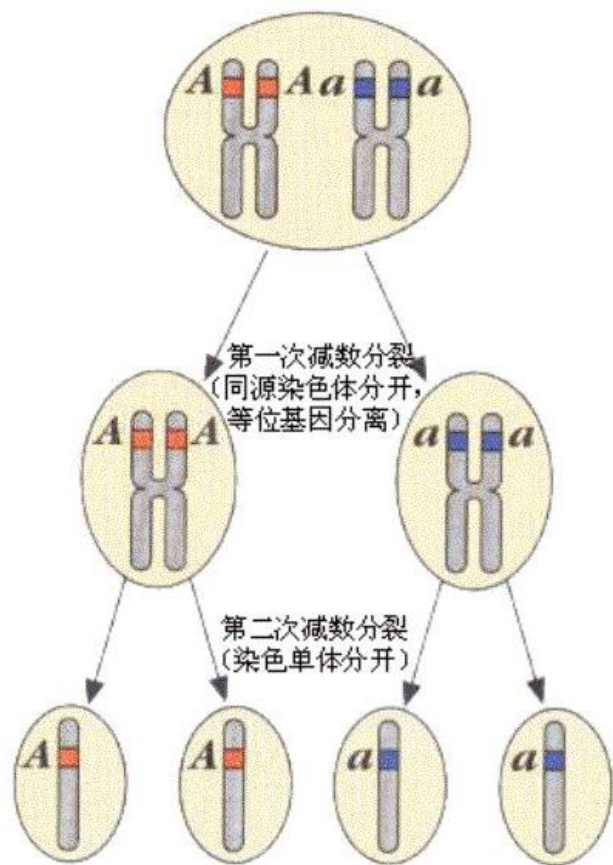
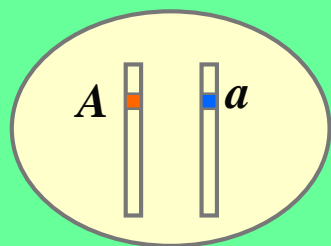
表内数字是各种 $\chi^2$ 值， $df$ 为自由度， $P$ 是在一定自由度下 $\chi^2$ 大于表中数值的概率。

## 八、遗传的染色体学说

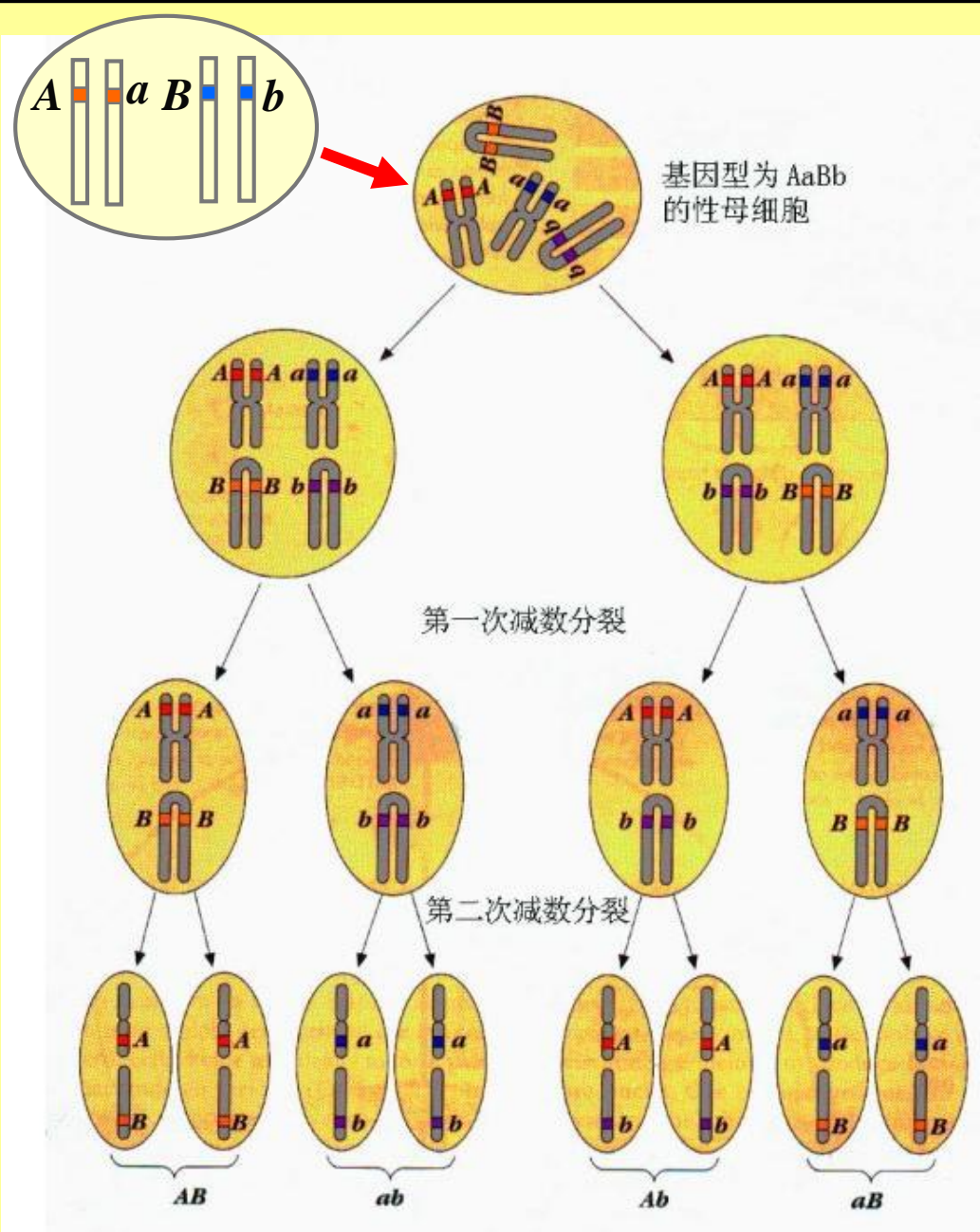
发现遗传因子的行为与染色体行为呈平行关系

→ 遗传因子位于细胞核内染色体上 → 将孟德尔遗传规律与细胞学研究结合起来 → 染色体遗传学说 (萨顿-鲍维里假说)。



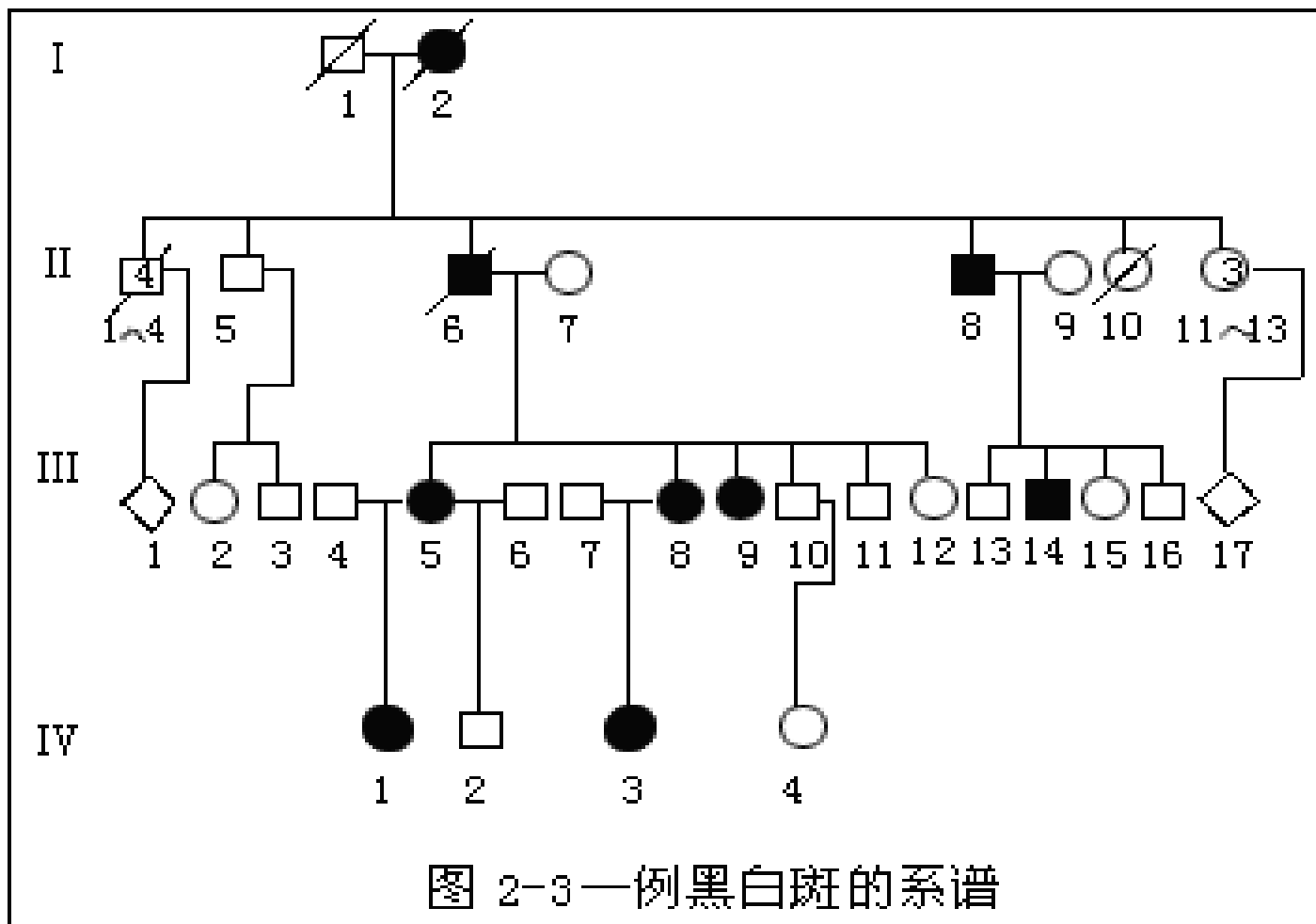


分离规律

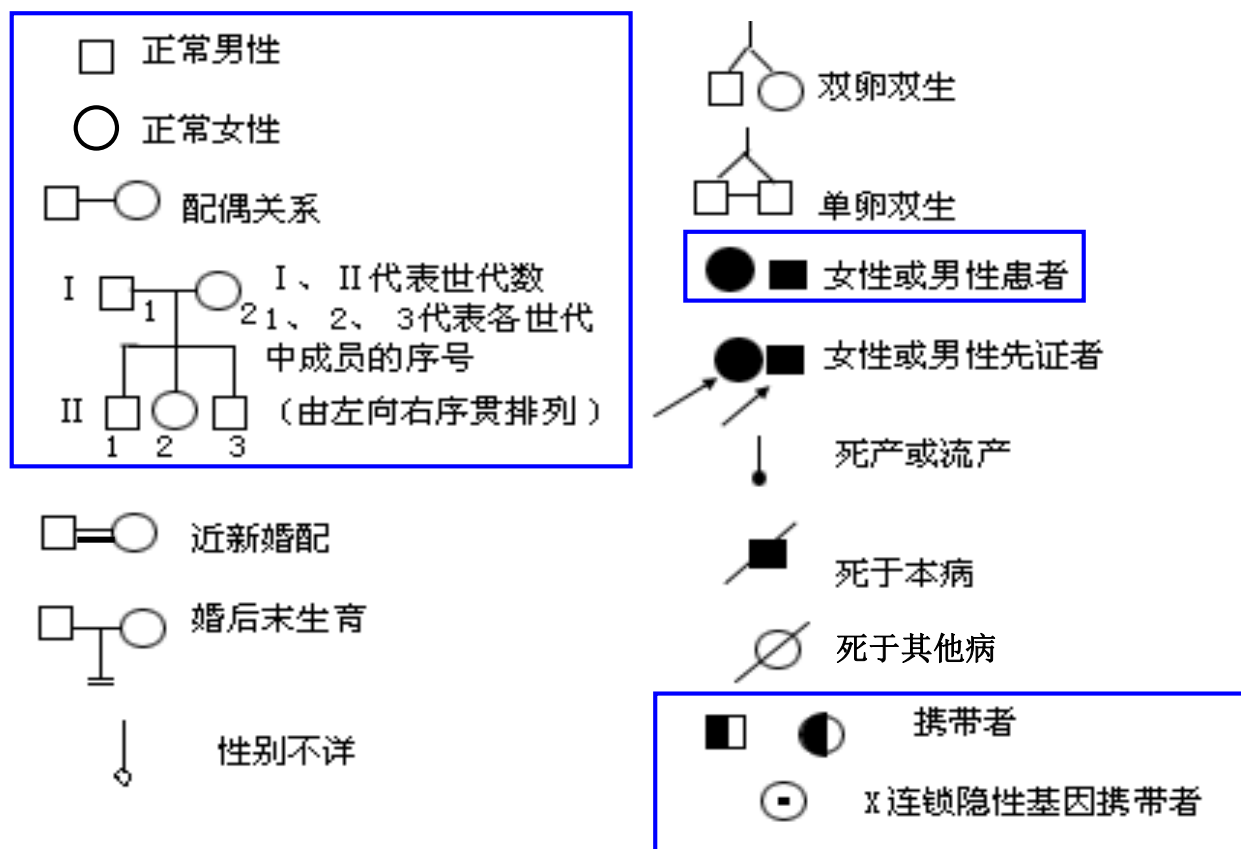


自由组合规律

## 九、系谱图符号



## 九、系谱图符号





# 思考题

图中所示的是一个罕见的常染色体隐性遗传疾病苯丙酮尿症(PKU)的系谱图：(1).

尽可能多的列出各成员的基因型；(2). 如果A和B结婚，

则他们的第一个孩子患

PKU的概率有多大？(3). 如

果他们的第一个孩子是正常

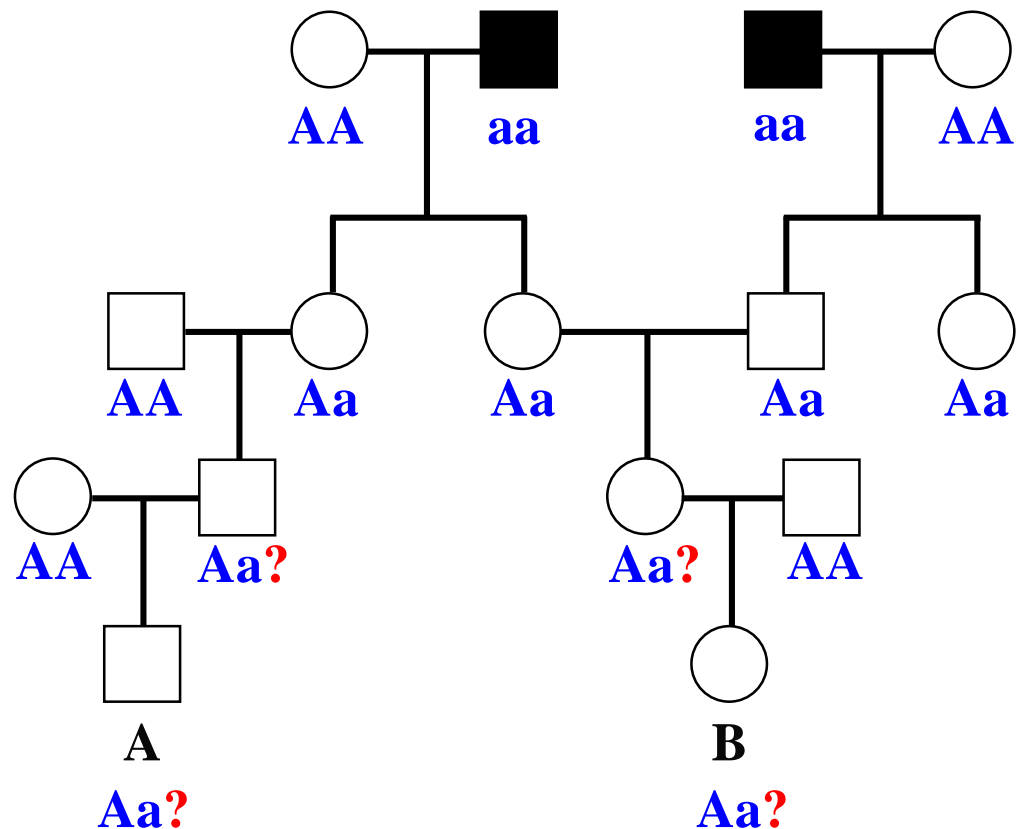
的，则他们的第二个孩子患

PKU的概率有多大？(4). 如

果他们的第一个孩子患病，

则他们第二个孩子正常的概

率有多大？



# 思考题

一位妇女的父亲是非品尝者，而自己具有尝味能力。

一位离异男子有一个无尝味能力的女儿，若这两人结婚，

则他们第一个孩子为(1)有尝味能力的的概率是多大？(2)无

尝味能力的女儿的概率是多大？(3)若生两个孩子，一个有

尝味能力，一个没有尝味能力的概率是多大？(4)若他们已

有了一个孩子且无尝味能力，则再要第二个孩子有尝味能

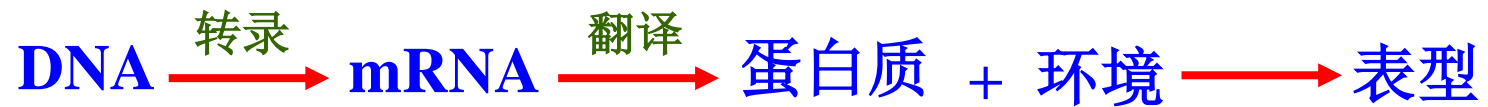
力的概率是多大？

# 思考题

甲和乙准备结婚，甲的哥哥有半乳糖血症(常染色体隐性遗传病)，而乙的外祖母也有此症。乙的姐姐的3个孩子都未患此病。那么甲和乙第一个孩子患此病的概率是多大？

### 第三节 孟德尔遗传的扩展

## 一、基因与环境的互作



$$\text{表型} = \text{基因型} + \text{环境}$$

环境

外环境

内环境

例1：兔子皮下脂肪的遗传：

P: 白脂肪YY × 黄脂肪yy



F<sub>1</sub>: 白脂肪Yy



近亲繁殖

F<sub>2</sub>: 3白脂肪 : 1黄脂肪

食物

兔子绿色食物中含有大量黄色素。

Y ➡ 合成黄色素分解酶 ➡ 分解黄色素；

y ➡ 不能合成黄色素分解酶 ➡ 不会分解黄色素。

若兔子只吃不含黄色素的饲料，则无论哪种基因型，  
脂肪颜色均为白色！

例2：山羊角的遗传：

P: 有角羊 × 无角羊



F<sub>1</sub>: 雄的有角，雌的无角

性别



♣ 金鱼草：红花品种 × 象牙色



$F_1$  低温强光下为红色

高温遮光下为象牙色



♣ 水稻：繁5突变体

20.0℃ 白色

23.1℃ 黄白色

26.1℃ 黄绿色

30.1℃ 绿色

光照

温度



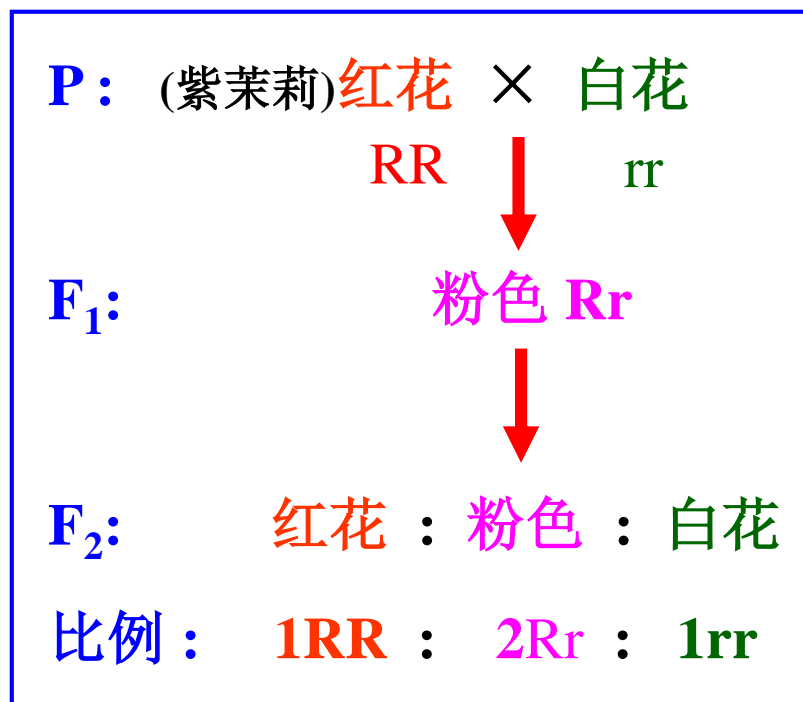
受一对隐性基因所控制 ( $F_1$  绿色,  $F_2$  为 3:1)



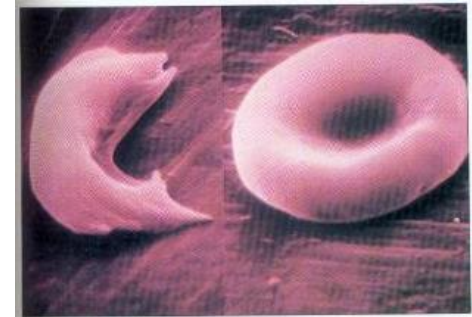
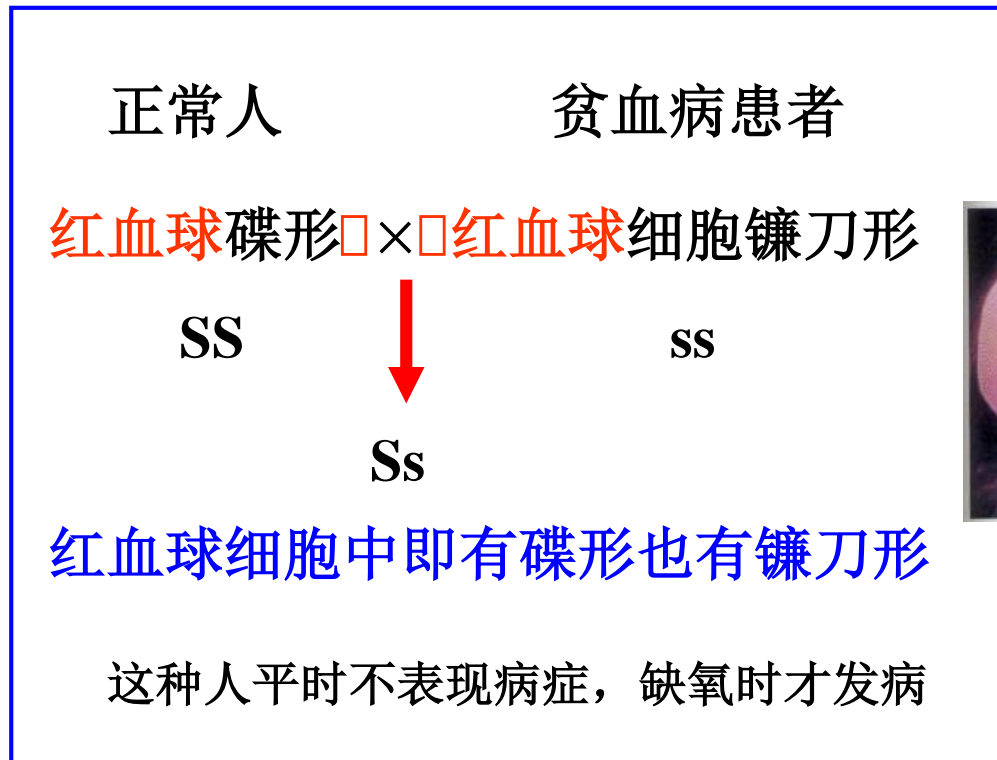
## 二、等位基因间的互作

1. 完全显性： $F_1$ 表型与亲本之一相同；

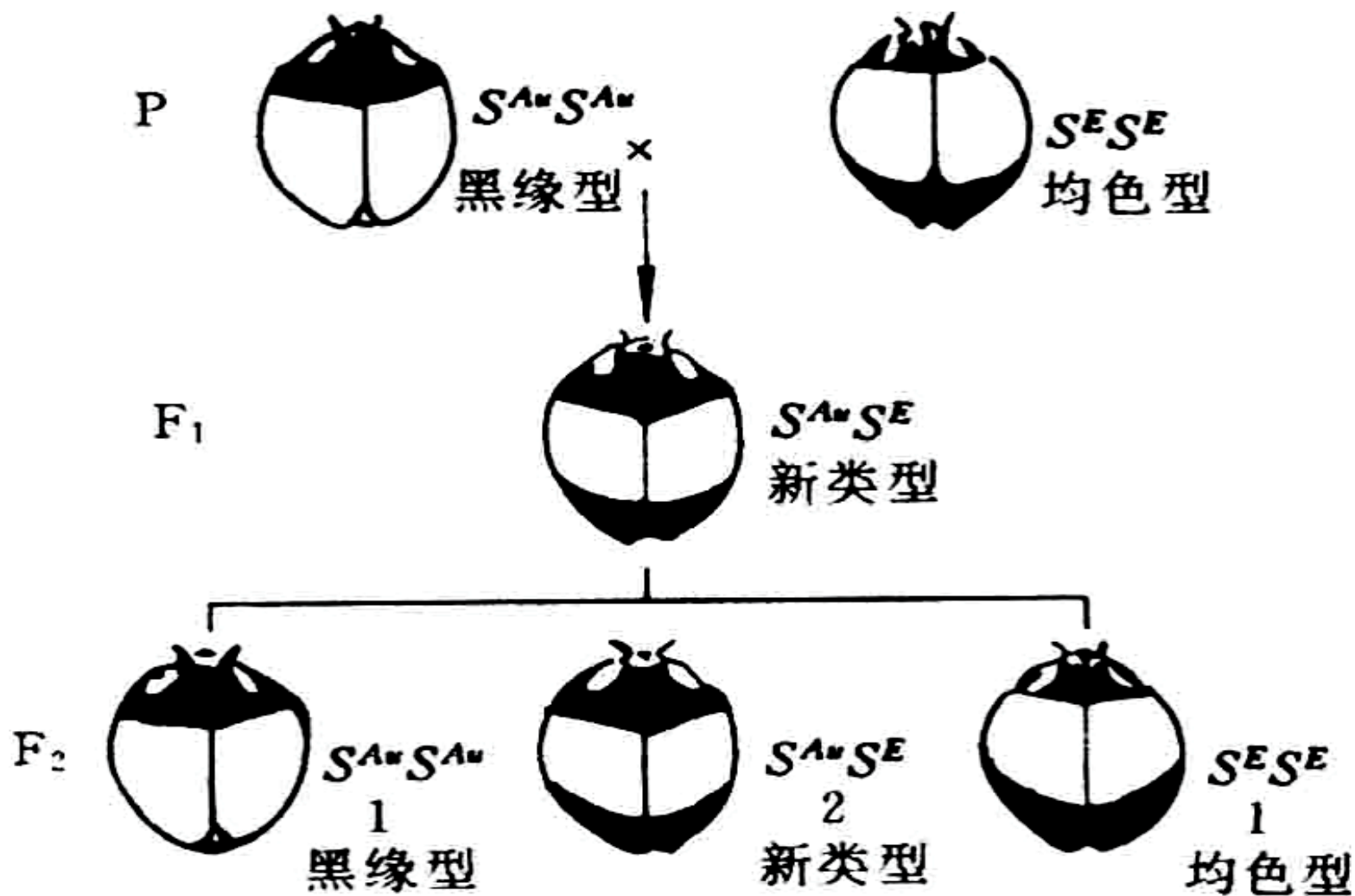
2. 不完全显性： $F_1$ 表型为双亲性状的中间型；

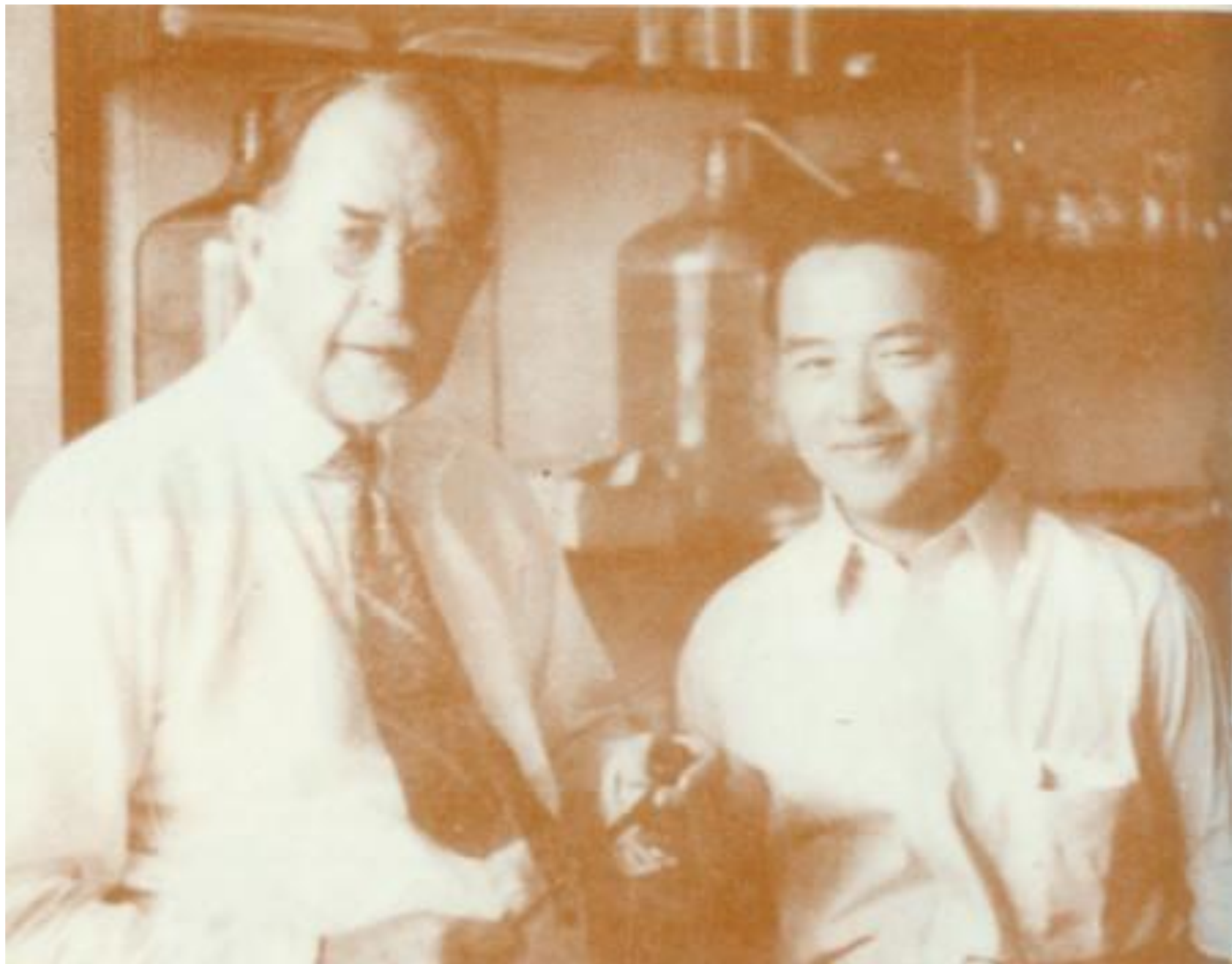


### 3. 共显性： $F_1$ 在**同一部位**同时表现双亲性状；



# 谈家桢 中国遗传学之父





摩尔根与谈家桢

## 5. 纯合致死：两个等位基因纯合时导致个体死亡

**致死基因：**能使个体不能存活的等位基因

1). 隐性致死(recessive lethal)基因：**纯合状态**有致死效应的**隐性基因**。

2). 显性致死(dominant lethal)基因：**纯合状态**时有致死作用的**显性基因**。

例：1904年法国遗传学家L.Cuenot发现黄色小鼠不能真实遗传，黄色小鼠与黄色小鼠交配，其后代总会出现1/3的灰色小鼠。

P

黄色 (Aa) × 黄色 (Aa)



F<sub>1</sub> 1/4黄色 (AA) : 2/4黄色 (Aa) : 1/4灰色 (aa)  
(胚胎期死亡)



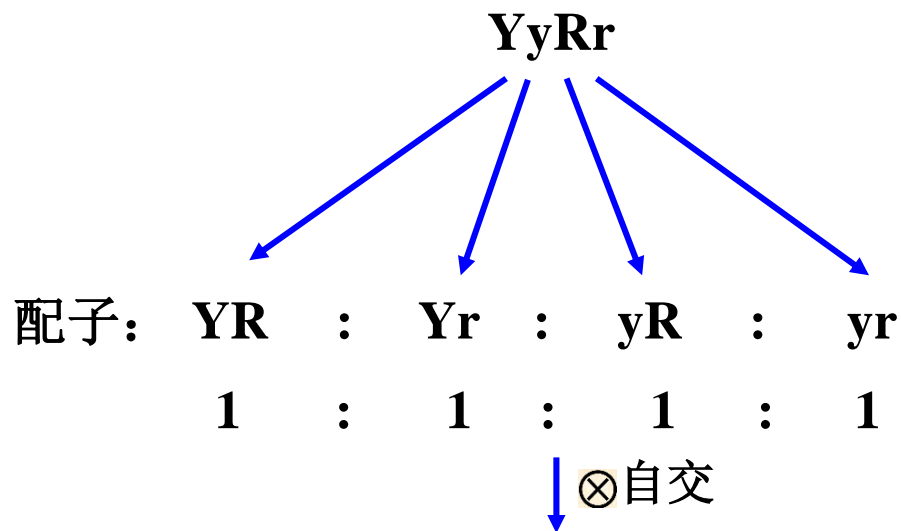
### 三、非等位基因间的互作

对于两对性状：

◎  $F_2$ 表现型呈9:3:3:1的分离比 ➡ 符合自由组合规律；

◎  $F_2$ 表现型不符合9:3:3:1分离比 ➡ 有一些是属于两对基因间相互互作的结果 ➡ 基因互作；

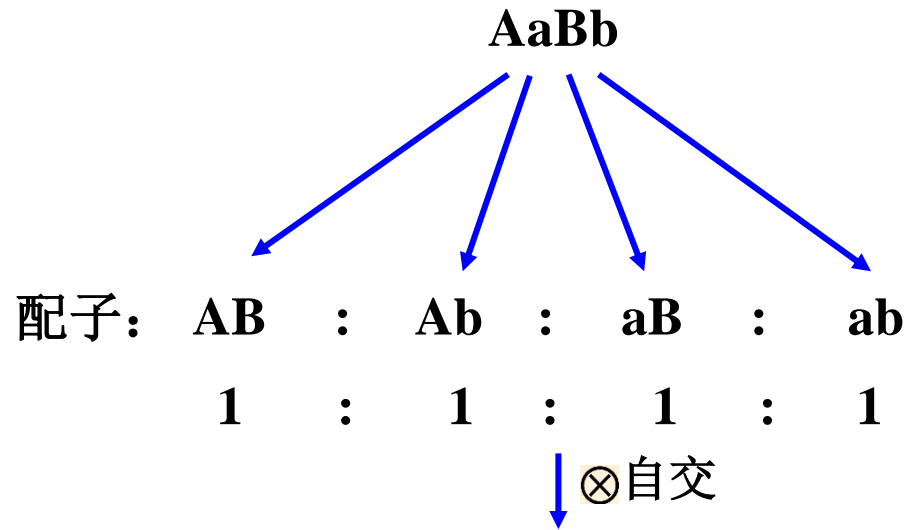
**基因互作：**不同基因间相互作用、影响性状表现的现象；



**F<sub>2</sub>:**

雌配子 (♀)	雄配子(♂)			
	<b>YR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>Yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>yR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>yr</b> <sub>(1/4)</sub>
<b>YR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YYRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YYRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>
<b>Yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YYRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YYrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>Yyrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>
<b>yR</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YyRR</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRR</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRr</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>
<b>yr</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>YyRr</b> 黄圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>Yyrr</b> 黄皱 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyRr</b> 绿圆 <sub>(1/16)</sub>	<b>yyrr</b> 绿皱 <sub>(1/16)</sub>



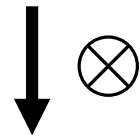


**F<sub>2</sub>:**

雌配子 (♀)	雄配子(♂)			
	<b>AB</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>Ab</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>aB</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>ab</b> <sub>(1/4)</sub>
<b>AB</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>AABB黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>AABb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>AaBB黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>AaBb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>
<b>Ab</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>AABb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>Aabb黄皱</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>AaBb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>Aabb黄皱</b> <sub>(1/16)</sub>
<b>aB</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>AaBB黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>AaBb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>aaBB绿圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>aaBb绿圆</b> <sub>(1/16)</sub>
<b>ab</b> <sub>(1/4)</sub>	<b>AaBb黄圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>Aabb黄皱</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>aaBb绿圆</b> <sub>(1/16)</sub>	<b>aabb绿皱</b> <sub>(1/16)</sub>

**F<sub>1</sub>:**

**AaBb**



**F<sub>2</sub>:**    **9A\_B\_**    :    **3A\_bb** : **3aaB\_** : **1aabb**

## (一)、互补作用 (Complementary effect)

两类显性基因只有**同时存在**时，才表现某一性状，否则表现为另一性状， $F_2$ 表型分离比为**9:7**。

例：三叶草毒性的遗传

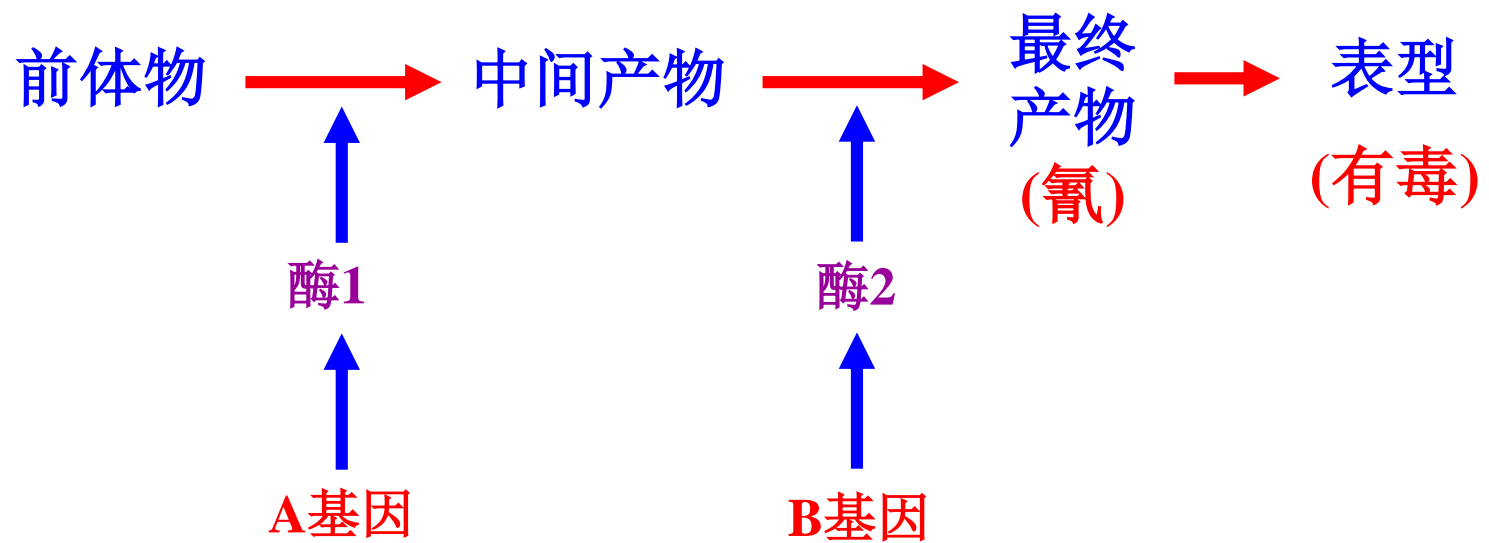
P: **aaBB** (不含氰)  $\times$  **AAbb** (不含氰)



$F_1$ : **AaBb** (含氰)



$F_2$ : **9A\_B\_** : ( **3A\_bb** + **3aaB\_** + **1aabb** )  
(含氰 9) (不含氰 7)



## (二)、叠加作用 (Duplicate effect)

两对等位基因独立地决定同一性状，只要有一类显性基因存在，该性状就能表现， $F_2$ 表型分离比为15 : 1。

例：荠菜的硕果形状遗传

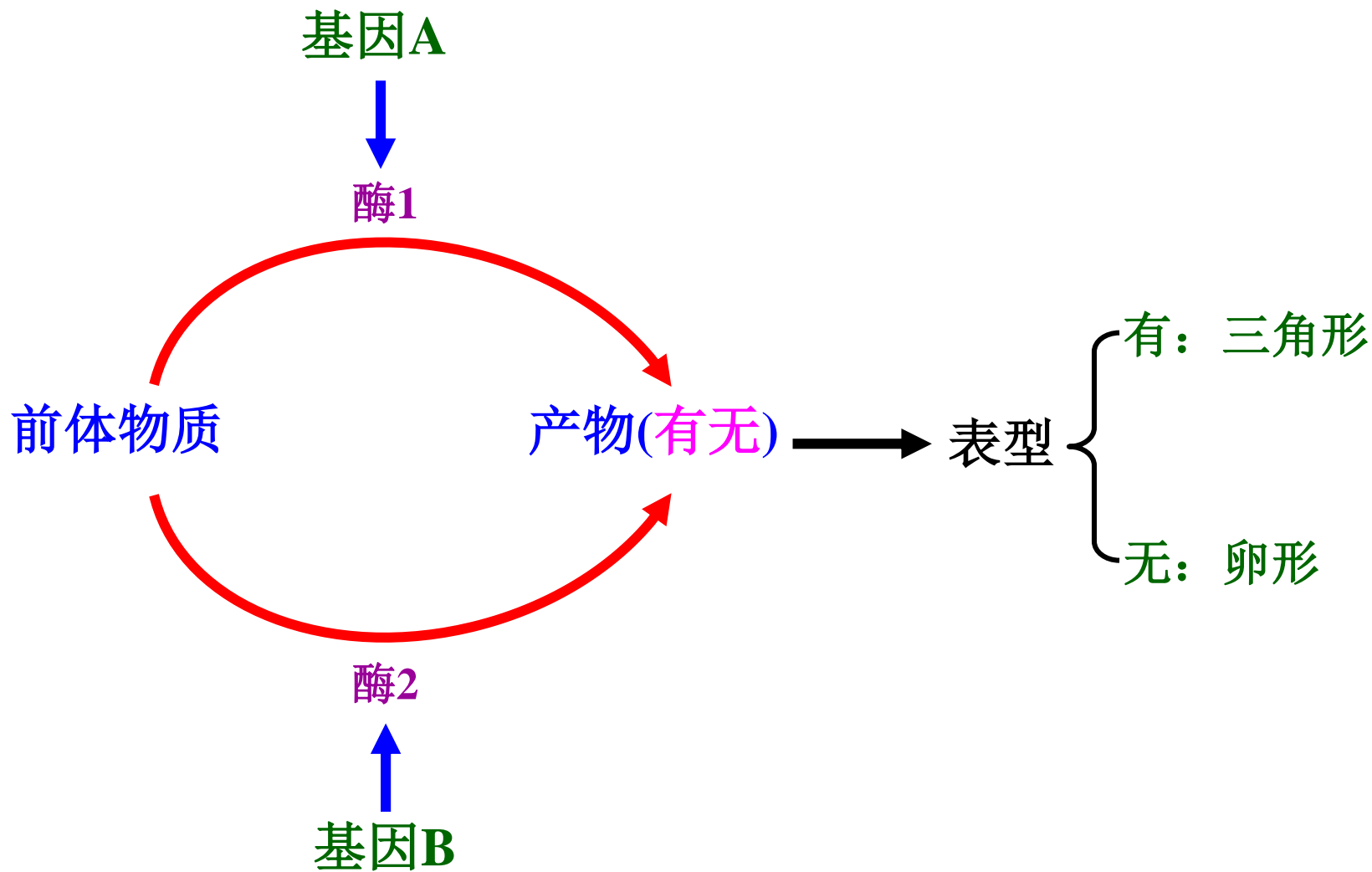
P: **AABB** (三角形) × **aabb** (卵形)



$F_1$ : **AaBb** (三角形)



$F_2$ : (**9A\_B\_** + **3A\_bb** + **3aaB\_**) : **1aabb**  
(三角形15) (卵形1)



### (三)、积加作用 (Additive effect)

两类显性基因都存在时产生第一种性状，仅一类显性基因存在时产生第二种性状，两类显性基因都不存在时产生第三种性状， $F_2$ 表型分离比为**9 : 6 : 1**。

例：南瓜形状遗传

P: **AA****bb** (圆球形) × **aa****BB** (圆球形)



$F_1$ : **AaBb** (扁盘形)



$F_2$ : **9A\_ B\_** : ( **3A\_ bb** + **3aaB\_** ) : **1aabb**  
(扁盘形9)      (圆球形6)      (长圆形1)



**A\_ B\_**

扁盘形



**A\_ bb** 和 **aaB\_**

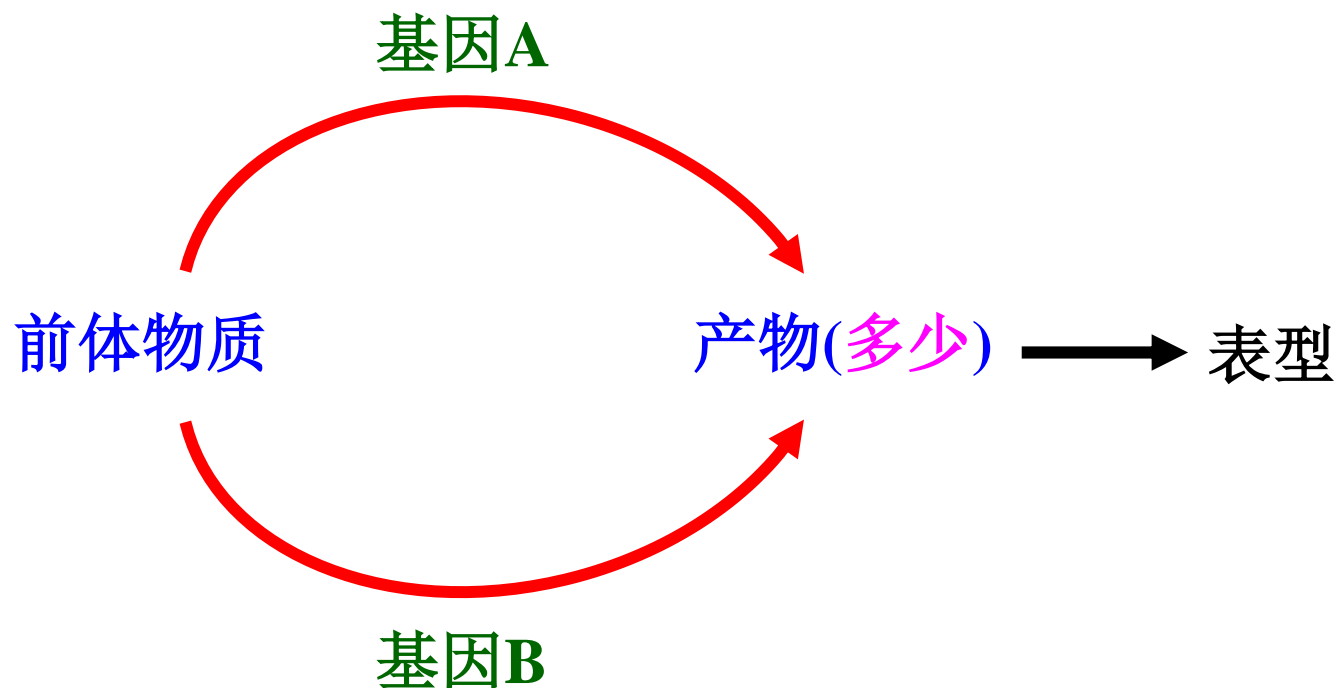
圆球形



**aabb**

长圆形





显性基因：产物有或多

隐性基因：产物无或少

显性基因种类 {  
2: 扁盘形  
1: 圆盘形  
0: 长圆形

#### (四)、交互互作 (interaction effect)

不同等位基因相互作用决定不同的表型， $F_2$ 表型分离比为9 : 3 : 3 : 1。

### 例：家鸡冠型遗传

**P:** 玫瑰冠(AAbb) × 豆冠(aaBB)



**F<sub>1</sub>:** 胡桃冠(AaBb)



**F<sub>2</sub>:**      **9A\_B\_**    :    **3A\_bb**    :    **3aaB\_**    :    **1aabb**  
              胡桃冠        玫瑰冠        豆冠        单冠

玫瑰冠(A)和豆冠(B)各由一对显性基因决定，A、B相互作用形成胡桃冠，a、b相互作用形成单冠；

## (五)、抑制作用 (Inhibiting effect)

在两对基因中，其中一对的显性基因，本身并不控制其他性状的表现，但对另一对基因的表现具有抑制作用，该基因称显性抑制基因， $F_2$ 表型分离比为13 : 3。

例：家蚕茧色遗传

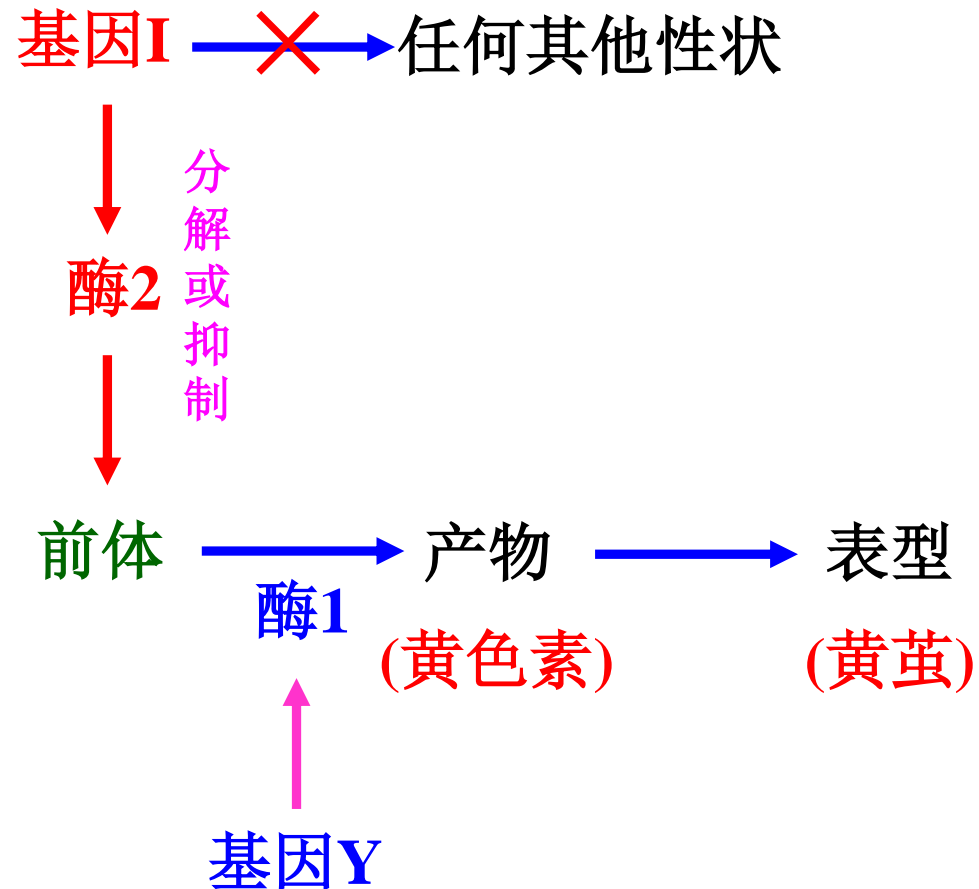
P: 白茧 (IIyy) × 黄茧 (iiYY)

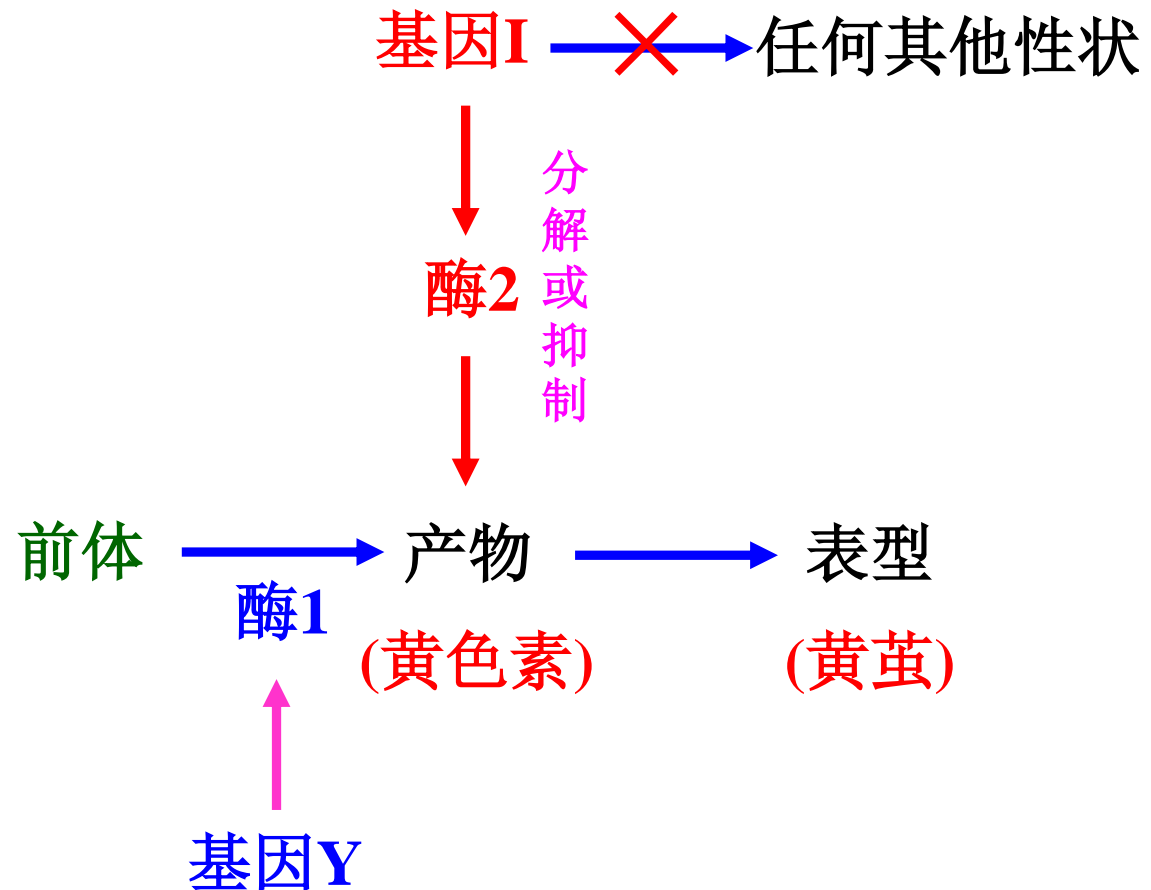


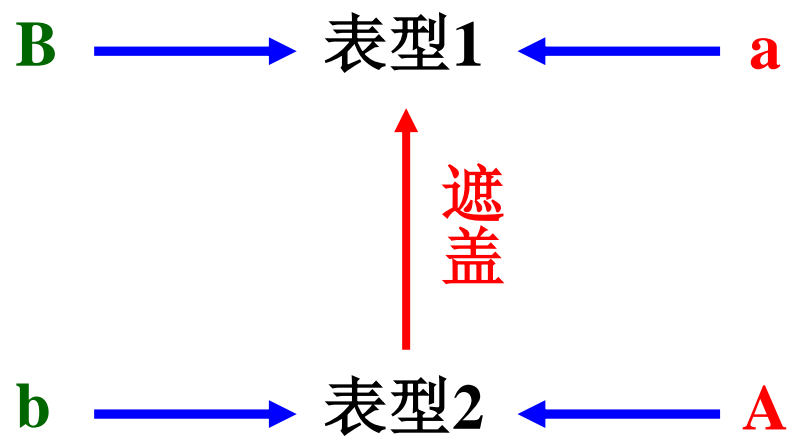
F<sub>1</sub>: 白茧 (IiYy)



F<sub>2</sub>:  
9 I<sub>2</sub>Y<sub>2</sub> : 3 I<sub>2</sub>yy : 3 iiY<sub>2</sub> : 1 iiyy  
白茧      白茧      黄茧      白茧







## (六)、上位作用 (**Epistatic effect**)

**上位作用**：两对等位基因共同对一对性状发生作用，其中一对等位基因对另一对等位基因的表现有掩盖或抑制作用；其中掩盖者为**上位基因**(epistatic gene)，被掩盖者为**下位基因**(hypostatic gene)。

分为：

**隐性上位**(Recessive epistasis)

**显性上位**(Dominant epistasis)

## 1. 隐性上位(Recessive epistasis)

上位基因是一对**隐性基因**，掩盖了下位基因的作用，  
F<sub>2</sub>表型分离比为**9 : 3 : 4**。

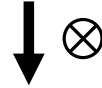
A控制黑色素形成，  
B决定黑色素在毛皮中的分布，在aa个体中，没有黑色素形成，也就谈不上色素的分布，B的作用被掩盖，因此a是B的隐性上位基因。

**例：**家兔的毛色遗传

P: 灰色(AABB) × 白色(aabb)



F<sub>1</sub>: 灰色(AaBb)



F<sub>2</sub>: 9 A\_B\_ : 3 A\_bb : (3 aaB\_ + 1 aabb)  
灰色          黑色          白色



## 2. 显性上位(Dominant epistasis)

上位基因是一对显性基因，掩盖了下位基因的作用，  
F<sub>2</sub>表型分离比为12 : 3 : 1。

例：燕麦颖色遗传

P: 黑颖(BByy) × 黄颖(bbYY)



F<sub>1</sub>: 黑颖(BbYy)



F<sub>2</sub>: ( 9 B\_Y\_ + 3 B\_yy ) : 3 bbY\_ : 1 bbyy  
                    黑颖                    黄颖                    白颖

B控制黑色，Y控制黄色，只要存在B，Y的作用就被掩盖，只有当B不存在，而Y存在时，才会出现黄颖，B是Y的显性上位基因。

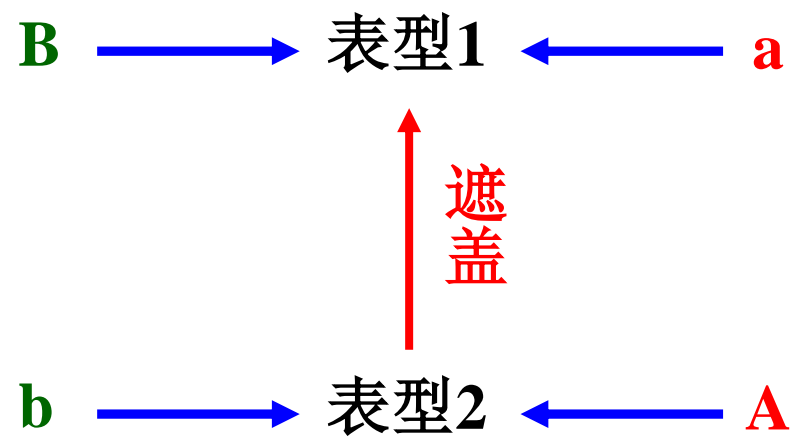
基因1 → 产物 → 表型1  
(B) (黑色素) (黑颖)



基因2 → 产物 → 表型2  
(Y) (黄色素) (黄颖)

显性上位作用与显性抑制作用的不同点：

抑制基因本身不能决定其他性状， $F_2$ 只有两种类型；显性上位基因遮盖的其它基因的表现，同时本身还能决定性状， $F_2$ 有3种类型。



# 小 结

	A_B_	A_bb	aaB_	aabb
无互作	9	3	3	1
互补作用	9	7		
叠加作用	15			1
积加作用	9	6		1
交互作用	9	3	3	1
抑制作用	12		3	1
隐性上位	9	3	4	
显性上位	12		3	1

(1)红色+蓝色=紫色； (2)黄色+蓝色=绿色

途径1: .....→白色1  $\xrightarrow{\text{E}}$  蓝色

途径2: .....→白色2  $\xrightarrow{\text{A}}$  黄色  $\xrightarrow{\text{B}}$  红色

$\uparrow$   
C  
积累

途径3: .....→白色3  $\xrightarrow{\text{D}}$  白色4

$F_2$ 分离比 {

- (1). 9紫色 : 3绿色 : 4蓝色
- (2). 9紫色 : 3红色 : 3蓝色 : 1白色
- (3). 13紫色 : 3蓝色
- (4). 9紫色 : 3红色 : 3绿色 : 1黄色
- (5). 13蓝色 : 3紫色

} 分别说出 $F_1$ 最可能的基因型 (隐性等位基因最少) ?