

# 第三章 孟德尔规律

## 第一节 分离规律

- 一、一对相对性状的遗传
- 二、分离规律的解释
- 三、分离规律的验证
- 四、显性性状的表现及其与环境的关系
- 五、分离规律的应用

# YI TI CHU AN

## 一对相对性状的遗传

(一) 单位性状和相对性状

(二) 孟德尔的豌豆杂交试验

# 一对相对性状的遗传

## (一)、单位性状和相对性状

## (二)、孟德尔的豌豆杂交试验

### (一)、单位性状和相对性状

● 性状 (character) : 生物体所表现

的形态特征

● 单位性状

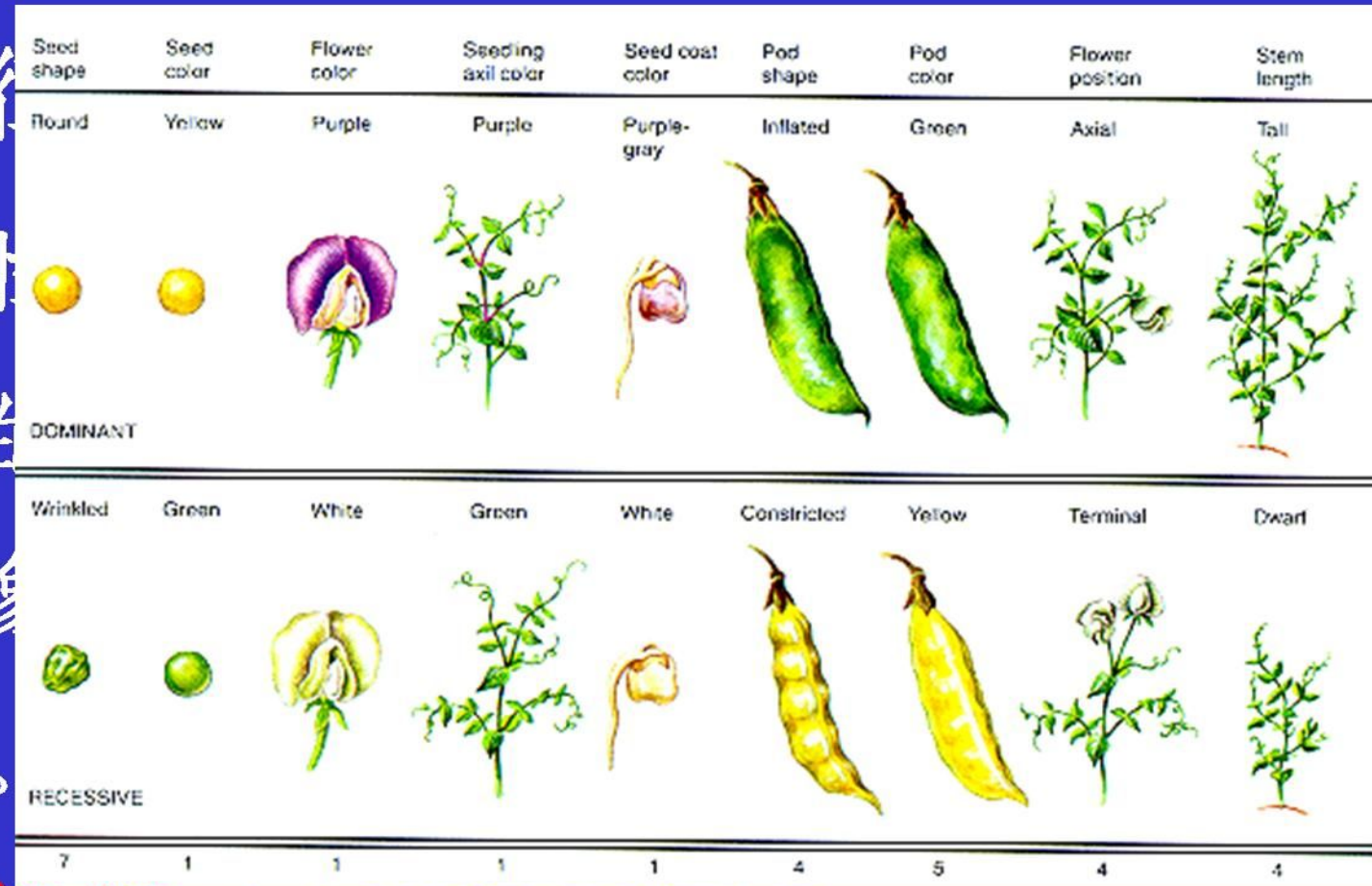
是指同一种生物

的同一性状的不同

表现形式。

● 相对性状 (contrasting

character) : 同一单位性状的相对差异。



# 一对相对性状的遗传

## (二)、孟德尔的豌豆杂交试验

### 1.总的概况

豌豆 (Garden pea)、菜豆、玉米、山

柳菊

他选择豌豆作为研究材料。豌豆是严格

的自花授粉植物，花大，杂交容易，相对

性状差异明显。他一共试验8年（1856-

1864），对豌豆的七对相对性状进行研

究。

1866年发表了著名的“植物杂交试验”论

文

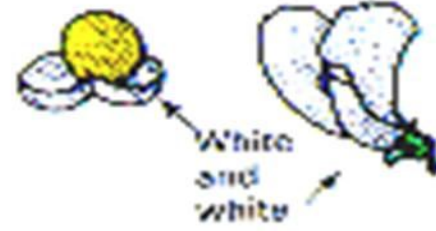
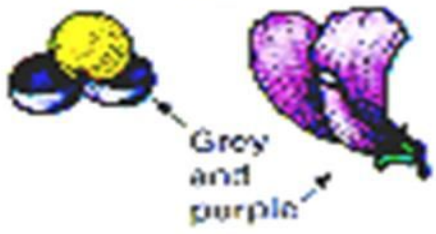


*figure 8.1*

Gregor Mendel (1822–1884). Mendel's experiments with the garden pea established the basic postulates for the theory of inheritance.

Seven character pairs in the garden pea (Pisum sativum L.)

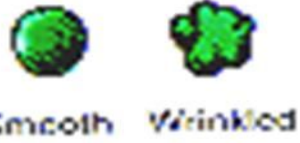
1 Seed coat color/  
flower color



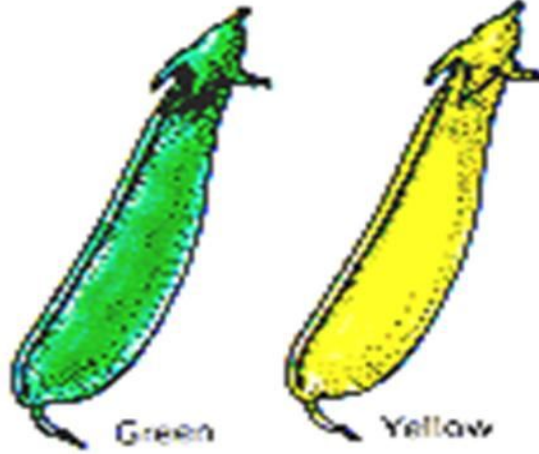
2 Seed color



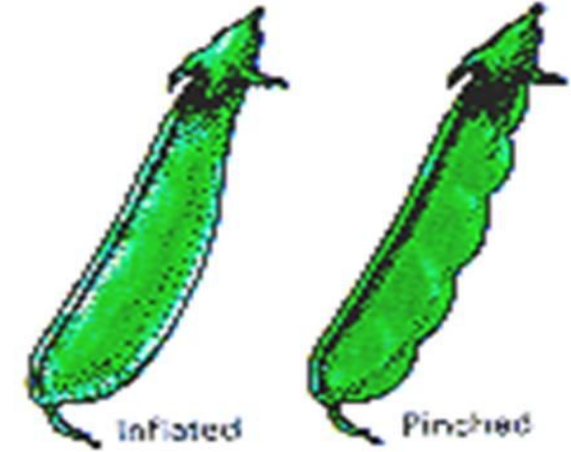
3 Seed shape



4 Pod color



5 Pod shape



6 Stem height



7 Flower placement



## 2. 举例

### 一 一对相对性状的遗传

#### (一)、单位性状和相对性状

#### (二)、孟德尔的豌豆杂交试验

YI  
CHUAN  
WAN

### ● 豌豆的红花和白花杂交试验

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
理论值	3	: 1

P 红花(♀) × 白花(♂)

F<sub>1</sub>

红花

F<sub>2</sub>

红花

白花

- P:表示亲本(parent)
- ♀:表示母本(female parent)
- ♂:表示父本(male parent)
- ×:表示杂交,在母本上授上外来的花粉

● F (filial generation):

表示杂种后代

○ F<sub>1</sub>: 杂种一代

○ F<sub>2</sub>: 杂种二代

○ F<sub>n</sub>: 杂种n代

- ⊗: 自交,指同一植株上的自花授粉或同株上的异花授粉。



- **P**:表示亲本(parent)
- ♀:表示母本(female parent)
- ♂:表示父本(male parent)
- **x**:表示杂交,在母本上授上外来的花粉
- **F** (filial generation):表示杂种后代
  - **F<sub>1</sub>**: 杂种一代
  - **F<sub>2</sub>**: 杂种二代
  - **F<sub>n</sub>**: 杂种n代
- ⊗: 自交,指同一植株上的自花授粉或同株上的异花授粉。
- 去雄与人工授粉
  - 去雄:杂交前将母本花蕾的雄蕊完全摘除。
  - 人工授粉:去雄后将父本的花粉授到母本的柱头上。

# MENDEL'S EXPERIMENT

## ● 结果

第一， $F_1$ 所有植株的性状表现都是一致的，都只表现一个亲本的性状，而另一个亲本的性状隐藏未表现。把表现出来的性状，称为**显性性状**（dominant character）；未表现出来的，称**隐性性状**（recessive character）。

## 一 一对相对性状的遗传

### （一）、单位性状和相对性状

### （二）、孟德尔的豌豆杂交试验

# 一对相对性状的遗传

## (一)、单位性状和相对性状

## (二)、孟德尔的豌豆杂交试验

第二， $F_2$ 的植株在性状表现上是不同的，一部分植株表现一个亲本的性状，另一部分植株表现另一个亲本的性状，即显隐性状都出现了，这就是性状分离现象（segregation）。由此可见，隐性性状在 $F_1$ 并没有消失，而是隐藏未见，在 $F_2$ 又重新出现，并且在 $F_2$ 中两者分离比例大致总是3:1。

## 二、分离规律的解释

(一)、遗传因子的分离和组合

(二)、表现型和基因型的概念

## (一)、遗传因子的分离和组合

## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

#### ● 假设

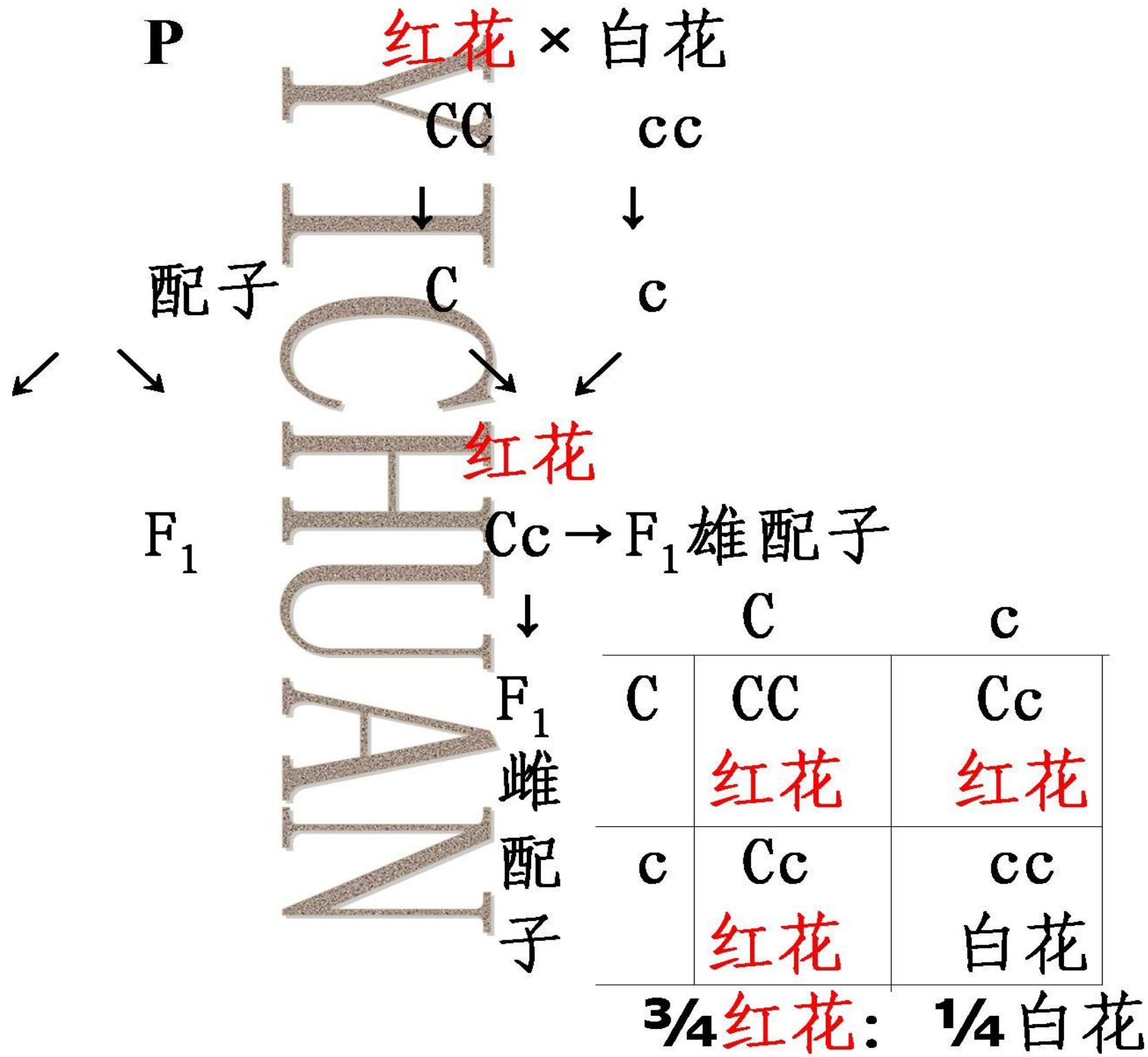
○ 控制红花性状为显性的红花因子，用C表示。

○ 控制白花性状为隐性的白花因子，用c表示。

○ 遗传因子在体细胞内是成对的，红花亲本应具有一对红花因子CC，白花亲本应具有一对白花因子cc。

○ 遗传因子在配子中是单个的，配子只含有成对的遗传因子中的一个，因此红花亲本的配子中只有一个遗传因子C，白花亲本的配子中只有一个遗传因子c。

● 分析



## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

#### ● 结论

- 控制红花性状是显性的红花因子C。在

体细胞内红花因子是成对的，

即CC；在配子中是单个的，即C

- 控制白花性状是隐性的白花因子c。在

体细胞内白花因子是成对的，即cc；

在配子中是单个的，即c

## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

- 遗传因子在杂种后代分离 ( $F_1$ )，并可  
通过受精再组合 ( $F_2$ )
- 当显性遗传因子和隐性遗传因子同时存在时，隐性遗传因子就不发生作用，比如体内含有Cc时，它表现的性状和体内含有CC的个体一样为红花。



P

红花 × 白花

CC

cc



配子

C

c



红花

F<sub>1</sub>

Cc → F<sub>1</sub> 雄配子



	C	c
--	---	---

F<sub>1</sub>

C

CC

Cc

雌配子

红花

红花

c

Cc

cc

配子

红花

白花

3/4:

1/4

## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

## (二)、表现型基因型的概念

孟德尔提出的遗传因子，后来  
Johannsen (1909) 年称为 **基因**(gene)。

### ● 基因型(genotype)

个体的基因组合，称之。

基因型是性状表现必须具备的内在因素。

举例：决定红花性状的基因型可能是 Cc，也可能是 CC。白花性状只能是 cc。

## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

- **纯合的基因型** ( **homozygous genotype** ) : 成对的基因都是一样的基因型。如CC或cc。也称纯合体 ( **homozygote** ) 。
- **杂合的基因型** ( **heterozygous genotype** ), 或称杂合体 ( **heterozygote** ) : 成对的基因不同。如Cc。

## 二、分离规律的 解释

### (一)、遗传因子的分离和组合

### (二)、表现型和基因型的概念

#### ●表现型 (phenotype)

植株所表现出来的红花和白花性状(形态)就是表现型。

**表现型**是指生物体所表现的性状。

它是基因型和外界环境作用下具体的表现，是可以直接观测的。而基因型是生物体内在的遗传基础，只能根据表现型用实验方法确定。

Y  
I  
Q  
H  
A  
N

### 三、分离规律的验证

(一)、测交法

(二)、自交法

(三)、 $F_1$ 花粉鉴定法

### 三、分离规律的验证

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、F<sub>1</sub>花粉鉴定法

## (一)、测交法

### ●定义

指把被测验的个体与纯合隐性亲本杂交。

### ●基本原理

○体细胞中含有成对的同源染色体，也意味着含有成对的基因，这种成对的基因在配子形成过程中经过减数分裂，基因随染色体彼此分离，互不干扰，因而配子中只有成对基因的一个，在遗传上它是纯粹的。

### 三、分离规律的验证

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、 $F_1$ 花粉鉴定法

○ 由于隐性纯合体只能产生一种含隐性基因的配子，它们和含有任何基因的另一种配子结合，其子代将只能表现出另一种配子所含基因的表现型。因此，测交子代表现的种类和比例正好反映了被测个体所产生的配子种类和比例。所以根据测交所出现的表现型种类和比例，可以确定测验的个体的基因型。

- 举例

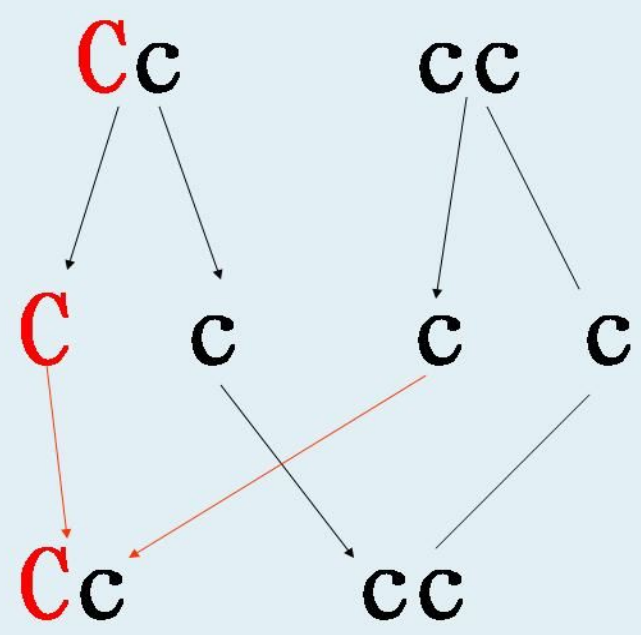
- 红花 × 白花

- P CC cc

- 配子 C c

- F1 Cc  
红花

- 红花 × 白花



- 红花 白花

- 图2-1 豌豆红花和白花一对基因的分离



### 三、分离规律的验证

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、 $F_1$ 花粉鉴定法

#### (二)、自交法验证

##### ● 方法

让 $F_2$ 植株自交产生 $F_3$ 株系，然后

根据 $F_3$ 的性状表现来验证 $F_2$ 的基因

型。

## ● 孟德尔的设想

### 三、分离规律的验证

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、 $F_1$ 花粉鉴定

根据孟德尔的设想， $F_2$ 代中呈白花的植株， $F_3$ 代应该不会再分离，只产生白花植株； $F_2$ 代中呈红花的植株， $2/3$ 应该是Cc杂合体， $1/3$ 应该是CC纯合体，前者 $2/3$ 的植株在 $F_3$ 代应再分离出 $3/4$ 的红花植株和 $1/4$ 的白花植株，而后者 $1/3$ 的植株在 $F_3$ 代不再分离，全部为红色植株。

● 具体结果

表2-2 豌豆F<sub>2</sub>表现显性性状的个体分别自交后的F<sub>3</sub>表现型种类及其比例

性状	在F <sub>3</sub> 表现显性:隐性=3:1株系数	在F <sub>3</sub> 完全表现显性性状的株系数	F <sub>3</sub> 株系总数
花色	64(1.80)	36(1)	100
种子形状	372(1.93)	193(1)	565
子叶颜色	353(2.13)	166(1)	519
豆荚形状	71(2.45)	29(1)	100
未熟豆荚色	60(1.50)	40(1)	100
花着生位置	67(2.03)	33(1)	100
植株高度	72(2.57)	28(1)	100

### 三、分离规律的验证

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、 $F_1$ 花粉鉴定

上表花色分离表明，100株

$F_2$ 代中的红花植株中有64株

( $2/3$ ) 在  $F_3$ 代再分离出 $3/4$ 的

红花植株和 $1/4$ 的白花植株；36

株 ( $1/3$ ) 的植株在 $F_3$ 代不再分

离，全部为红色植株。

### 三、分离规律的验证

#### (三)、花粉鉴定法

##### ● 理论基础

#### (一)、测交法

#### (二)、自交法

#### (三)、 $F_1$ 花粉鉴定

在减数分裂期间，同源染色体分开并分配到两个配子中去，杂种的相对基因也就随之分开而分配到不同的配子中去，如果这个基因在配子发育期间就表达，那么就可利用花粉粒进行观察检定。

● 举例：糯性玉米与非糯性玉米杂交



## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

(一)、显性性状的表现

(二)、显性性状与环境的关系

(三)、影响相对性状分离的条件

## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

#### (一)、显性性状的表现

- **完全显性** (complete dominance)

$F_1$ 所表现的性状和亲本之一完全一样，而非中间型或同时表现双亲的性状，称之。

- **不完全显性** (incomplete dominance)

$F_1$ 表现双亲性状的中间型，称之。



- 举例

- 紫茉莉 (*mirabilis jalapa*) 花色的遗传

- 红花亲本 × 白花亲本

- (RR) ↓ (rr)

- F<sub>1</sub>

- (Rr) 为粉红色

- ↓

- F<sub>2</sub>

- 1RR:      2Rr:      1rr

- 1/4 (红)    2/4 (粉)    1/4 (白)

## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

## ● 共显性(codominance)

双亲的性状同时在 $F_1$ 个体上出现,而不表现单一的中间型。

举例：镰刀形贫血症

◎ 鉴别相对性状表现完全显性或不完全显性，也取决于观察的分析水平。

• 举例：豌豆种子外形的遗传

• 眼观 圆粒种子 × 皱缩粒种子

• ↓ ↓

• 显微镜 淀粉粒持水力 淀粉粒持水力

弱，

• 观察 强，发育完善， 发育不完善表现

• 结构饱满 皱缩

• ↓

• 眼观 F<sub>1</sub> (圆粒)

• 显微镜 淀粉粒发育为中间

型，观察 外形是近圆粒

## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

NINGXIADAXUE

## (二)、显性性状与环境的关系

- 相对基因之间的关系，并不是彼此直接抑制或促进的关系，而是分别控制各自所决定的代谢过程，从而控制性状的发育。

• 举例

• 兔子皮下脂肪颜色的遗传

• 白脂肪 × 黄脂肪

• (YY) ↓ (yy)

• F<sub>1</sub> (Yy) 白脂肪

• ↓ ⊗

• YY: Yy : yy

• 3/4 白脂肪      1/4 黄脂肪

## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

- 显性性状的表现也受到生物体内、外环境条件的影响

举例：金鱼草 (*Antirrhinum majus*)

花色的遗传

红花品种 × 象牙色品种

↓

F<sub>1</sub>

在低温、强光下为红色，红色为显性

在高温、遮光下为象牙色，象牙色为显性

## 四、 显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

NI  
X  
I  
A  
D  
A  
X  
U  
E  
N  
O  
N  
G  
X  
U  
E  
Y  
U  
A  
N

● 因遗传背景而异

举例：有角羊与无角羊杂交

$F_1$  雄性有角, 雌性无角

所以，显性作用是相对的, 因

内外条件的不同而可能有所改变。

### (三)、影响相对性状分离的条件

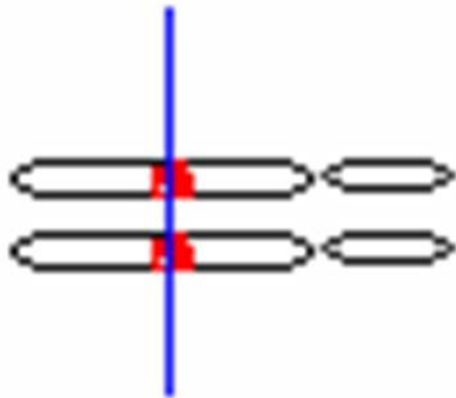
- **等位基因** (allele)

载荷在同源染色体对等座位上的二个基因，这二个成对的基因称为等位基因。

等位基因

纯合体

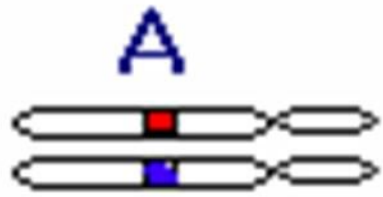
杂合体



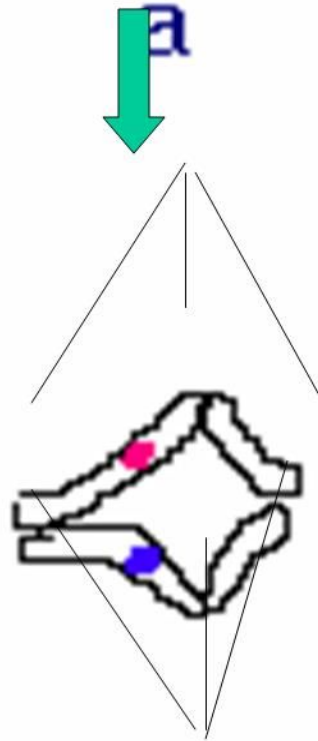
AA,  
aa

Aa

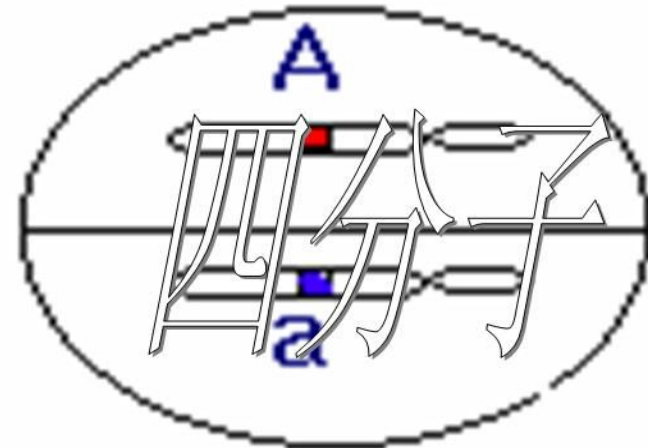
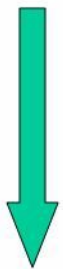




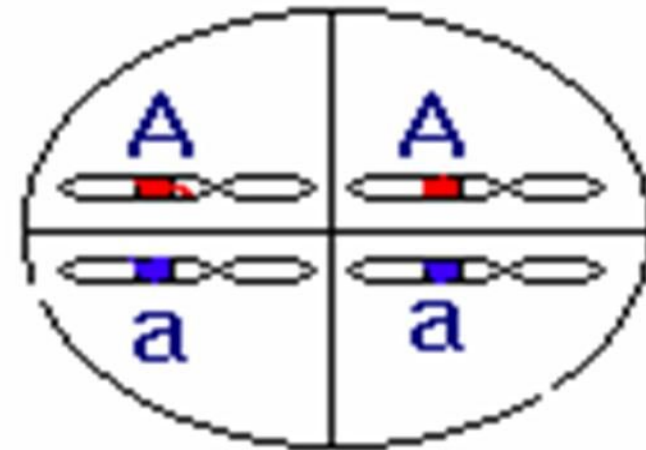
同源染色体  
配对



中期I



二分体



四分体 A:a=1:1

## 四、 显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

## ● 相对性状分离的条件

根据分离规律，一对相对性状的个体杂交产生的 $F_1$ ，在完全显性情况下，自交后代（ $F_2$ ）分离比例为3:1，测交后代分离比例为1:1。

要达到理想的分离比例，必须具备下列条件：

## 四、显性性状的表现及其与环境的关系

### (一)、显性性状的表现

### (二)、显性性状与环境的关系

### (三)、影响相对性状分离的条件

(1)亲本必需是纯合二倍体,相对性状差异明显。

(2)基因显性完全,且不受其他基因影响而改变作用方式。

(3)减数分裂过程,同源染色体分离机会均等,形成两类配子的数目相等,或接近相等。配子能良好地发育并以均等机会相互结合。

(4)不同基因型合子及个体具有同等的存活率。

(5)生长条件一致,试验群体比较大。

## 五、 分离规律的应用

- 理论上的应用

- 说明了生物界由于杂交和分离所出现的变异的普遍性。

- 在遗传研究和杂交育种工作中应严格选用合适的遗传材料，才能正确地分析试验资料，获得预期的结果，做出可靠的结论。

- 实践上的应用
- 指导育种。杂种通过自交将产生性状分离，同时也导致基因的纯合。所以杂交育种上，自交和选择要同时进行。
- 良种繁育。防止天然杂交以免杂合而分离。