

# 第10章 细胞质遗传

---

第1节 细胞质遗传的概念和特点

第2节 母性影响

第3节 叶绿体遗传

第4节 线粒体遗传

第5节 共生体和质粒的遗传

第6节 植物雄性不育的遗传

## 一 细胞质遗传的概念

◆由细胞质内的基因即细胞质基因所决定的遗传现象和遗传规律叫做**细胞质遗传(cytoplasmic inheritance)**,

◆细胞质遗传又称

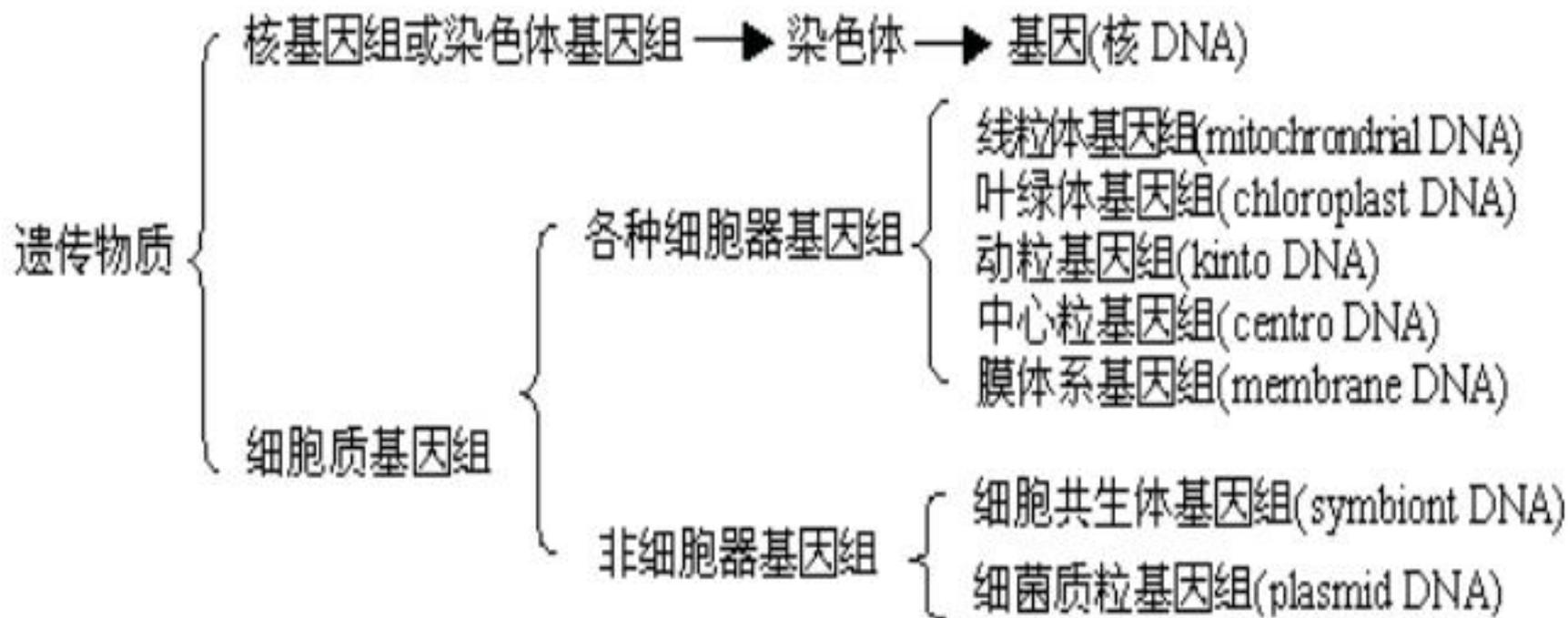
非染色体遗传(non-chromosomal inheritance)

非孟德尔遗传(non-Mendelian inheritance)

染色体外遗传(extra-chromosomal inheritance)

核外遗传(extra-nuclear inheritance)

母体遗传(maternal inheritance)



◆ 细胞器和细胞质颗粒中的遗传物质，统称为**细胞质基因组(plasmon)**。

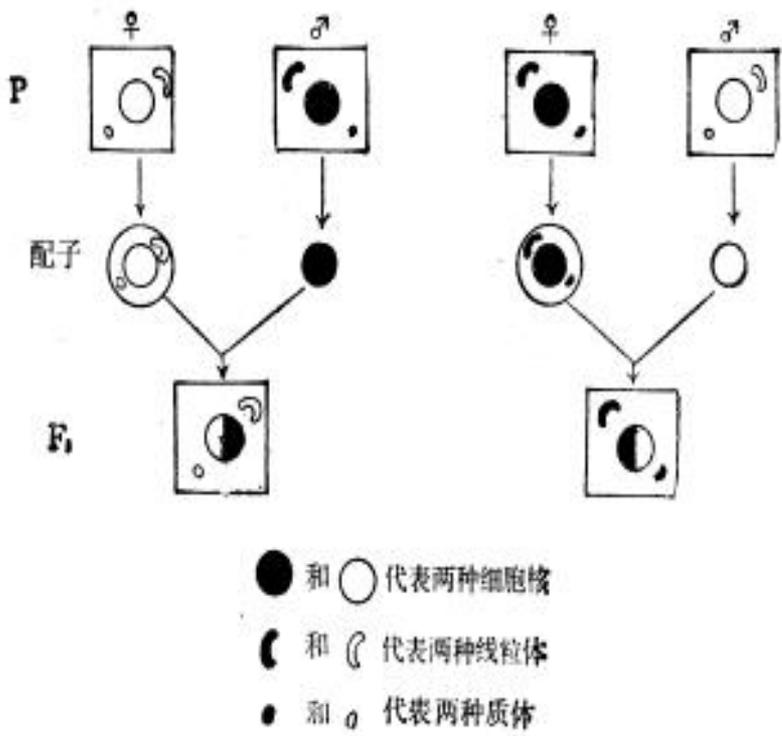


图 11-1 正反交差异形成原因的示意图

- ◆ 正交和反交的遗传表现不同； $F_1$ 通常只表现母本的性状，故又称为**母性遗传**；
- ◆ 遗传方式是非孟德尔式
- ◆ 通过连续回交不能置换细胞质基因
- ◆ 由附加体或共生体决定的性状，其表现往往类似病毒的转导或感染

# 第2节 母性影响

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

◆ 由于母本基因型的影响，而使子代表现母本性状的这种现象叫做**母性影响**(maternal effect)，又叫前定作用(predetermination)。

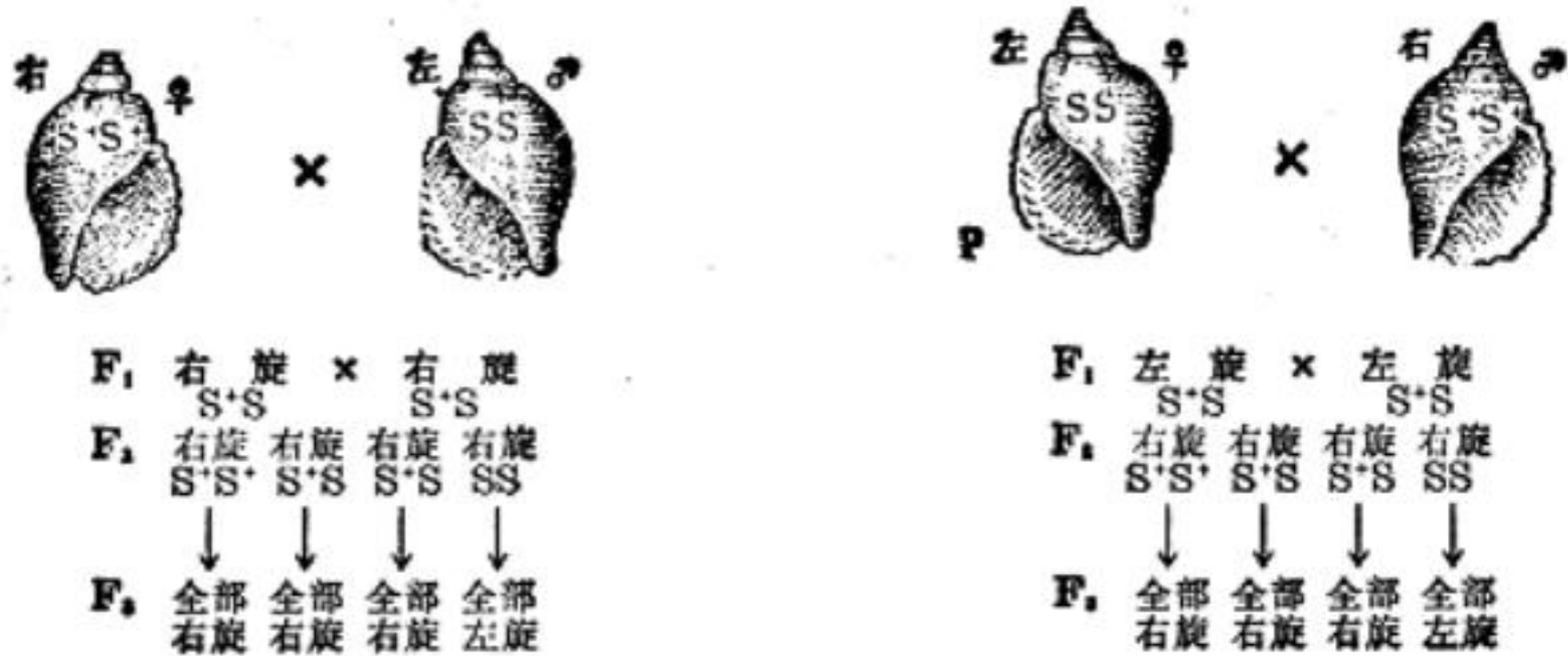
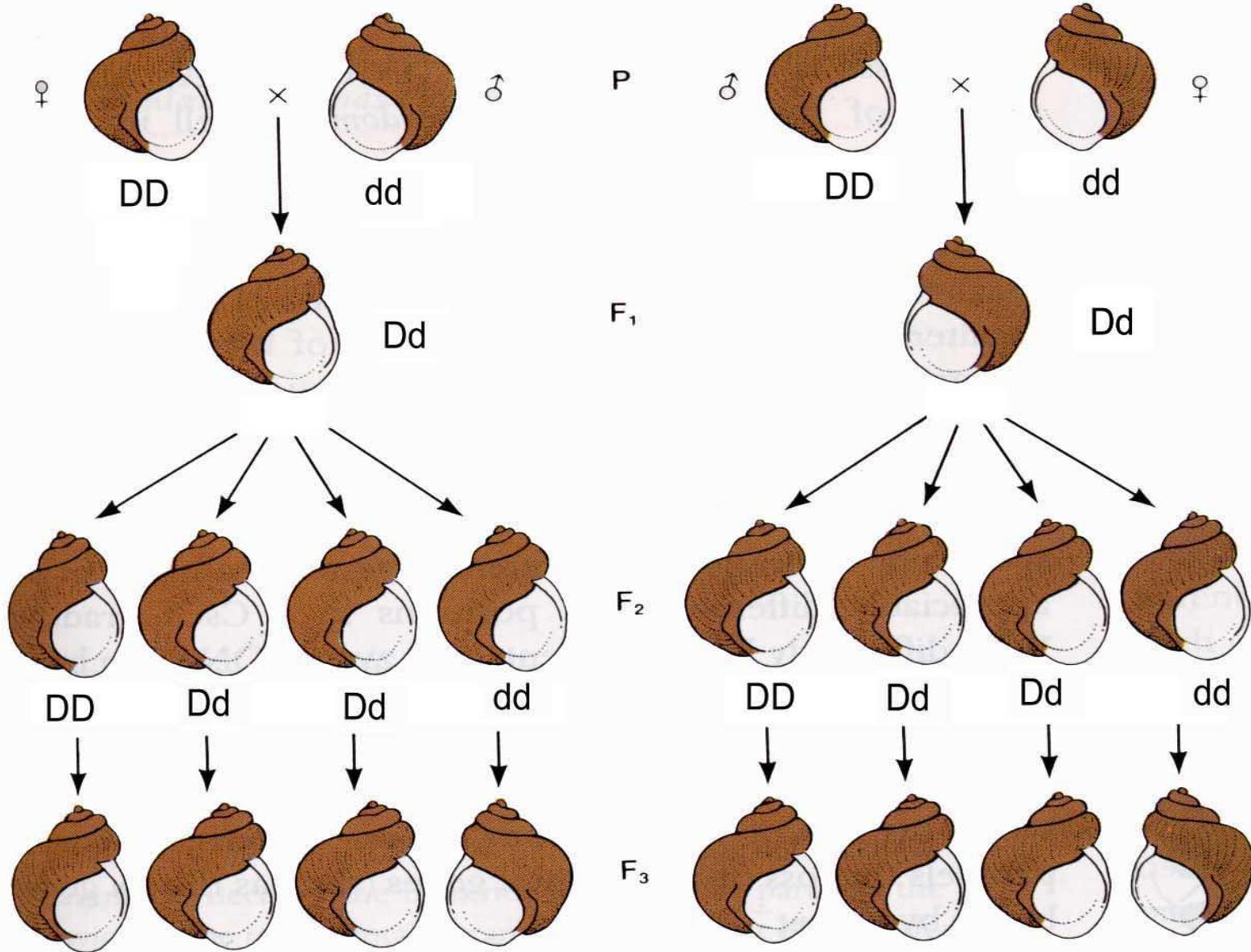
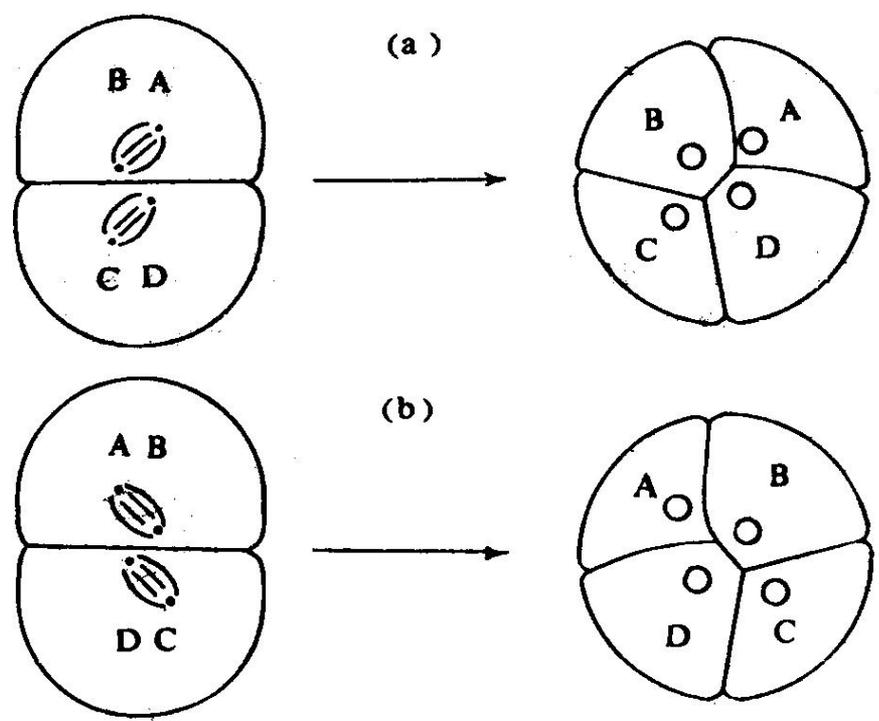


图 11-2 椎实螺外壳旋转方向的母性影响



# 第2节 母性影响

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)



◆ 椎实螺外壳旋转方向是由**受精卵第一次和第二次分裂时的纺锤体分裂方向**所决定的。

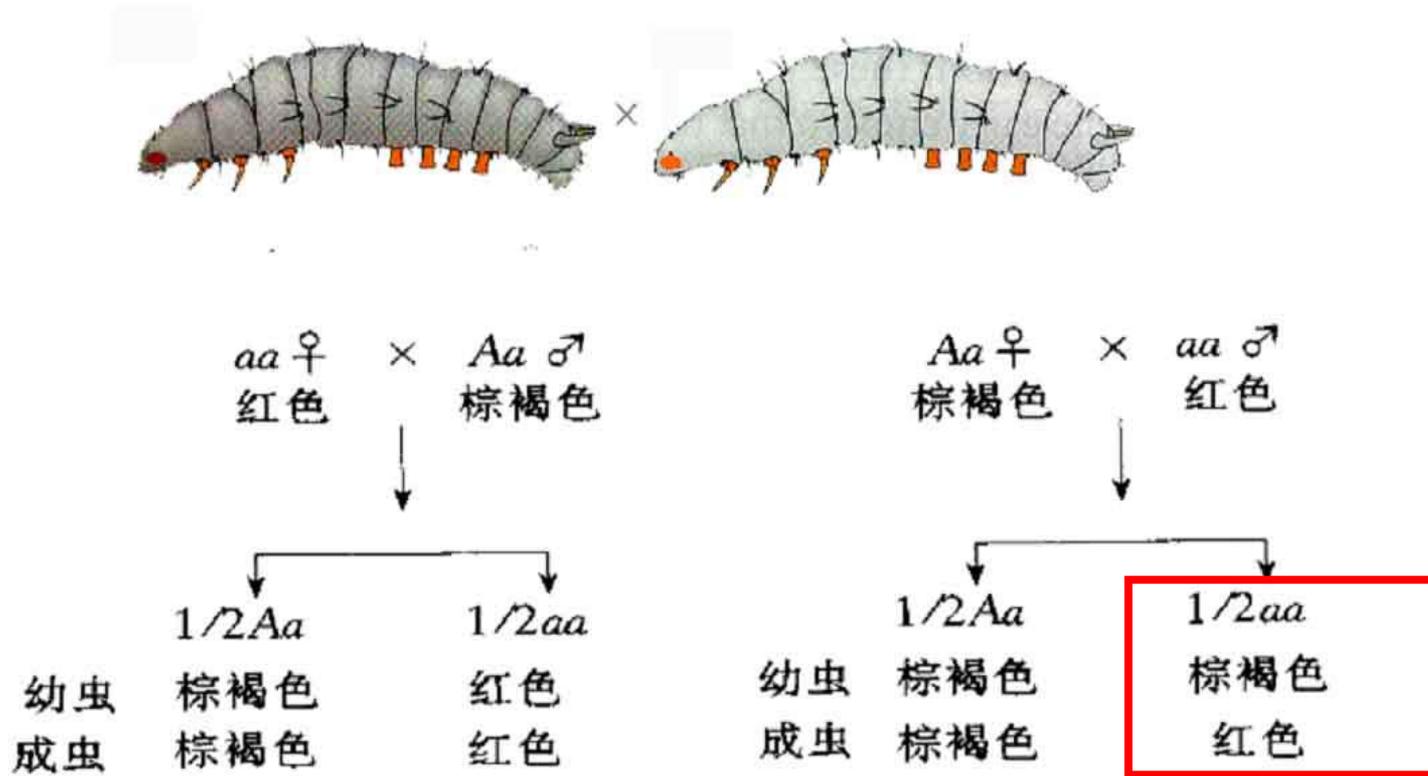
◆ 受精卵纺锤体向中线的右侧分裂时为**右旋**，向中线的左侧分裂时为**左旋**

椎实螺卵裂方式(a)右旋 (b)左旋

# 欧洲麦蛾 (*Ephesia kühniella*) 色素的遗传

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

欧洲麦蛾野生型幼虫的皮中含有色素，成虫复眼为深褐色。这种色素是由犬尿氨酸所形成的，由一对基因 ( $Aa$ ) 控制。



- 基因A使幼虫着色，卵母细胞中有A基因存在，细胞质中含有A基因产物——色素。
- 这种影响是暂时的：缺少A基因，不能合成色素，随着个体的发育，色素消耗，成虫时为红色。

# 第3节 叶绿体遗传

## 一 叶绿体遗传的表现

### (一) 紫茉莉花斑性状的遗传

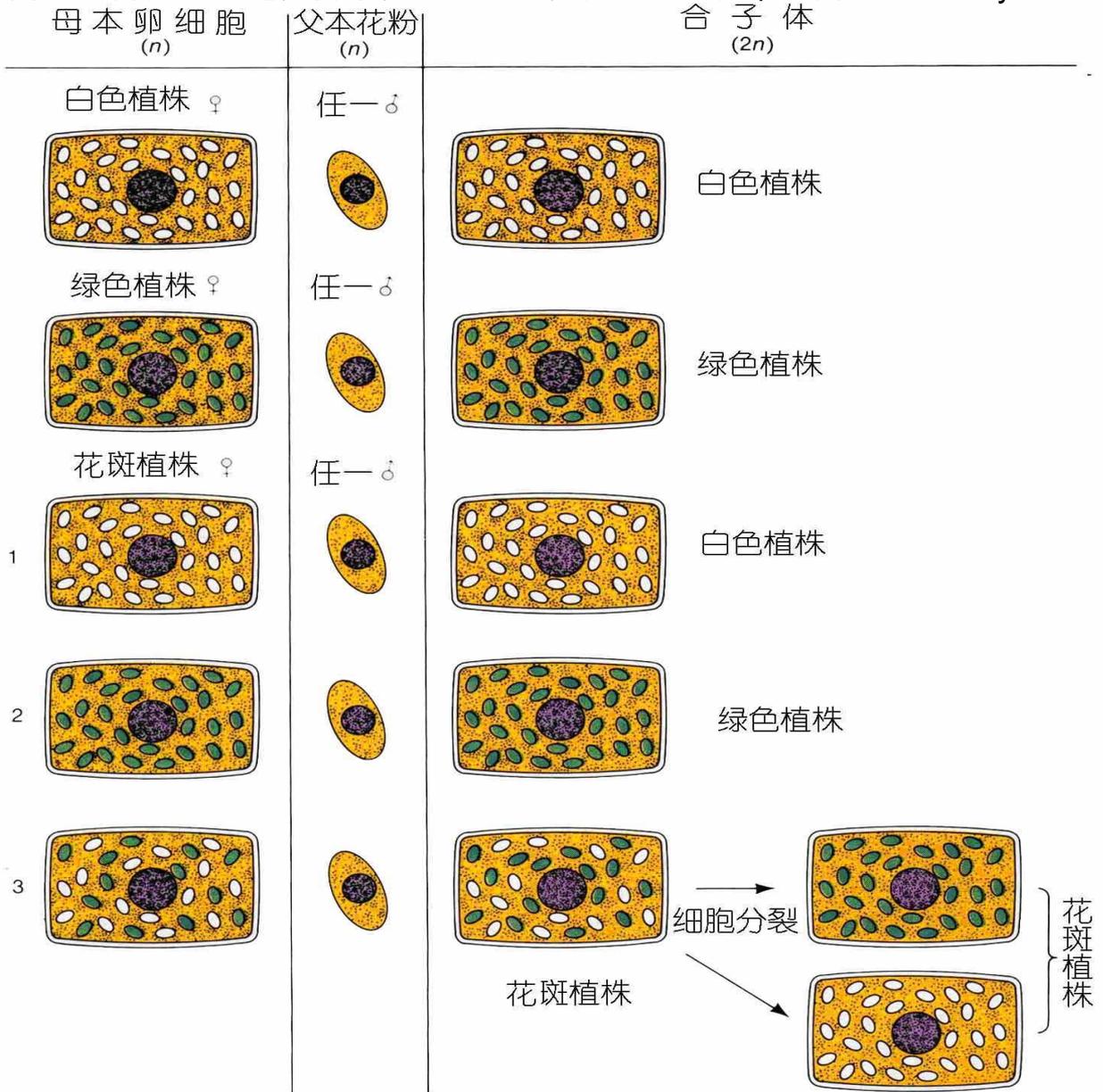
表 11-1 紫茉莉花斑性状的遗传

接受花粉的枝条	提供花粉的枝条	杂种植株的表现
白 色	白 色	白 色
	绿 色	
	花 斑	
绿 色	白 色	绿 色
	绿 色	
	花 斑	
花 斑	白 色	白色、绿色、花斑
	绿 色	
	花 斑	

◆花斑枝条的绿叶细胞含有叶绿体，白细胞含白色体，而在绿白交界区域，某些细胞里既有叶绿体，又有白色体。

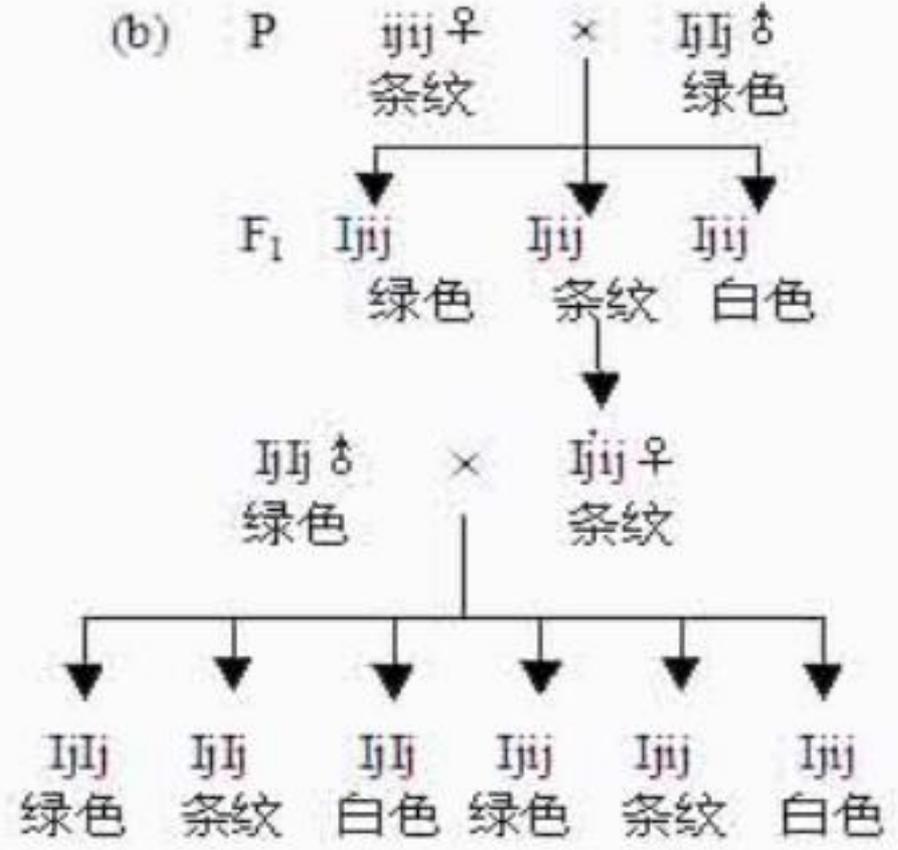
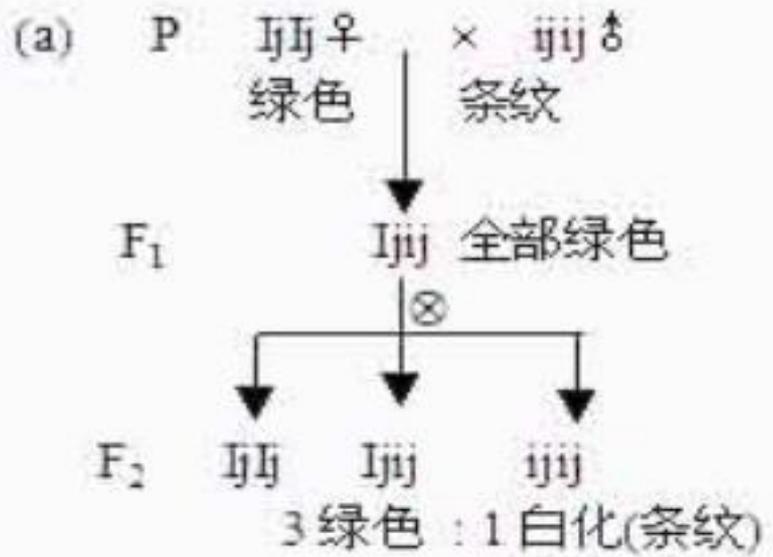
◆叶绿体的前体——**质体变异**造成的。





# (二) 玉米条纹叶的遗传

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)





- ◆ 隐性核基因*ij*引起了叶绿体的变异，便呈现条纹或白色性状。
- ◆ 变异一经发生，便能以细胞质遗传的方式稳定传递。

## (一) 叶绿体DNA的分子特点

- ◆ 叶绿体DNA(即ctDNA)是闭合环状的双链结构。浮力密度小
- ◆ 高等植物ctDNA与核DNA没有明显区别；但单细胞的藻类差别较大；ctDNA胞嘧啶没有甲基化
- ◆ ct DNA与细菌DNA相似，是裸露的DNA。高等植物中每个叶绿体内含有30~60个拷贝，而某些藻类中每个叶绿体内约有100个拷贝。大多数植物中，每个细胞内含有几千个拷贝。





### (三) 叶绿体内遗传信息的复制、转录和翻译系统

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

- ◆ **ctDNA**是半保留复制。**ctDNA**的复制酶及许多参与蛋白质合成的组分都是由核基因编码。
- ◆ 叶绿体内的核糖体为**70S**。叶绿体**rRNA**碱基成分与细胞质的**rRNA**不相同，与原核生物的也不相同。
- ◆ 叶绿体蛋白质合成中所需要的**20种tRNA**是由核**DNA**和**ct DNA**共同编码的，其中脯氨酸、赖氨酸、天冬氨酸、谷氨酸和半胱氨酸为核**DNA**所编码，其余的十几种为**ct DNA**所编码。

◆ 总之，叶绿体基因组是存在于核基因组之外的另一遗传系统，它含有为数不多但作用不小的遗传基因。

◆ 与核基因组相比，叶绿体基因组在遗传上所起的作用是十分有限的，

就叶绿体自身的结构和功能而言，叶绿体基因组所提供的遗传信息仅仅是其中的一部分，对叶绿体十分重要的叶绿素合成酶系、电子传递系统以及光合作用中 $\text{CO}_2$ 固定途径有关的许多酶类，都是由核基因编码的。

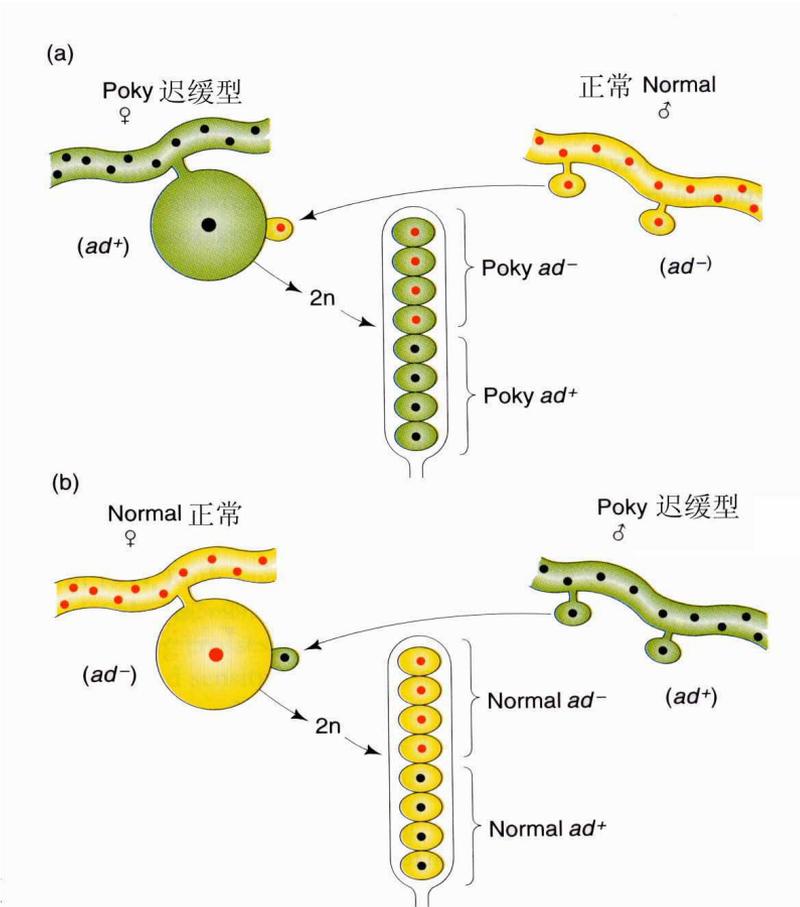
◆ 叶绿体基因组在遗传上仅有相对的自主性或半自主性

# 第4节 线粒体遗传

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

## 一 线粒体遗传的表现

### (一) 红色面包霉缓慢生长突变型的遗传



◆ 生长缓慢突变型在幼嫩培养阶段不含细胞色素氧化酶a, b。

◆ 由于细胞色素氧化酶的产生是与线粒体直接关联；且观察到突变型的线粒体结构不正常，

◆ 推测有关的基因存在于线粒体中。

## (二) 酵母小菌落的遗传

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

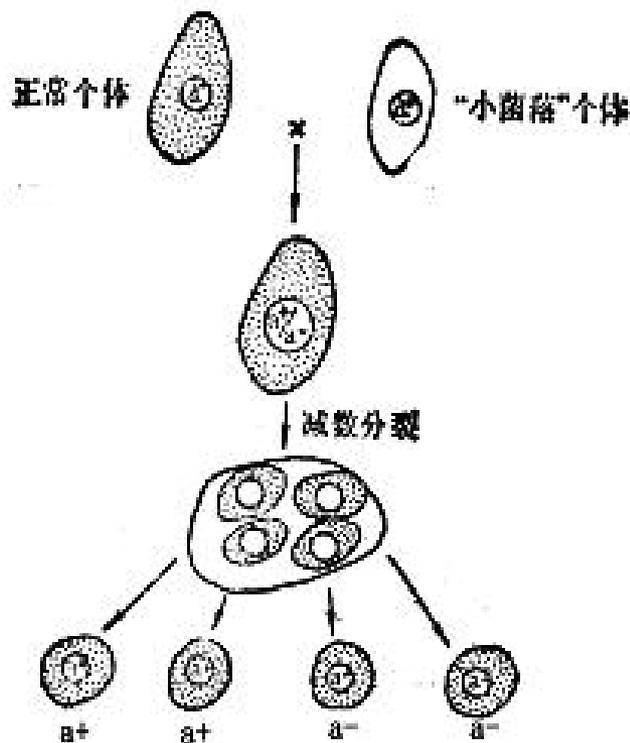


图 11-8 啤酒酵母小菌落的细胞质遗传

a<sup>+</sup>和 a<sup>-</sup>代表交配型基因，有黑点的细胞质代表正常细胞质；没有小黑点的细胞质代表突变型

- ◆ 小菌落酵母的细胞内缺少细胞色素a和b，还缺少细胞色素氧化酶，不能进行有氧呼吸。
- ◆ 线粒体是细胞的呼吸代谢中心，上述有关酶类也存在于线粒体中，
- ◆ 推断这种小菌落的变异与线粒体有关。

### (一) 线粒体DNA的分子特点

- mtDNA是裸露的双链分子，一般为闭合环状结构，也有线性的。与核DNA有明显的不同：
  - mtDNA与原核生物的DNA一样，没有重复序列；
  - mtDNA的浮力密度比较低；
  - mtDNA的碱基成分中G、C的含量比A、T少；
  - mtDNA的两条单链的密度不同（重链，H链；轻链，L链）；
  - mtDNA单个拷贝非常小，是核DNA十万分之一。
- 线粒体基因组大小变化较大，从哺乳动物的约16kbp到高等植物的几百kbp(如玉米的为570kbp)

# (二) 线粒体基因组的结构

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

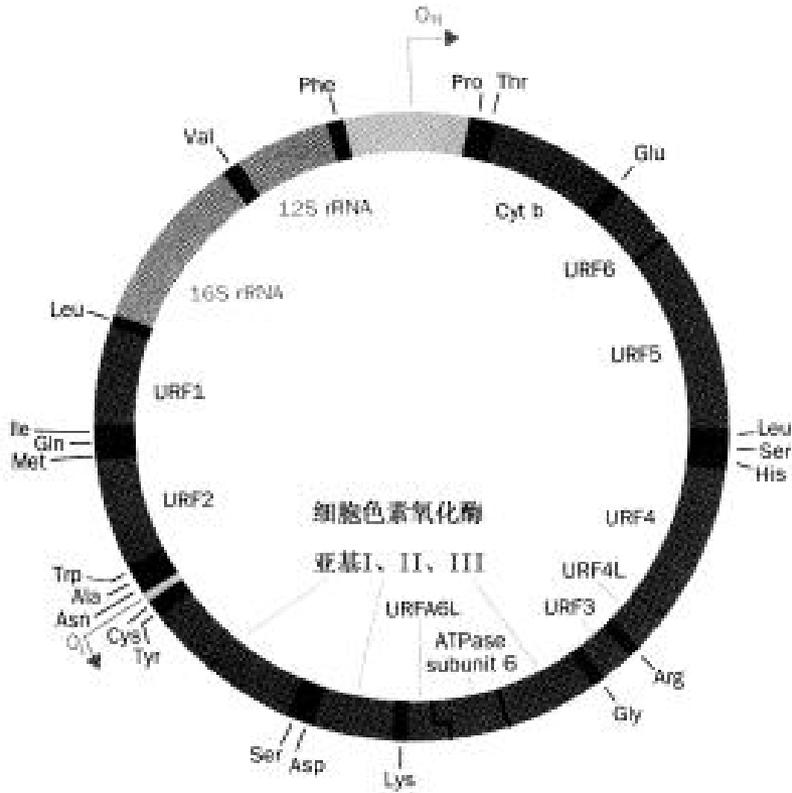


图 11-9 人、鼠和牛的线粒体基因组图

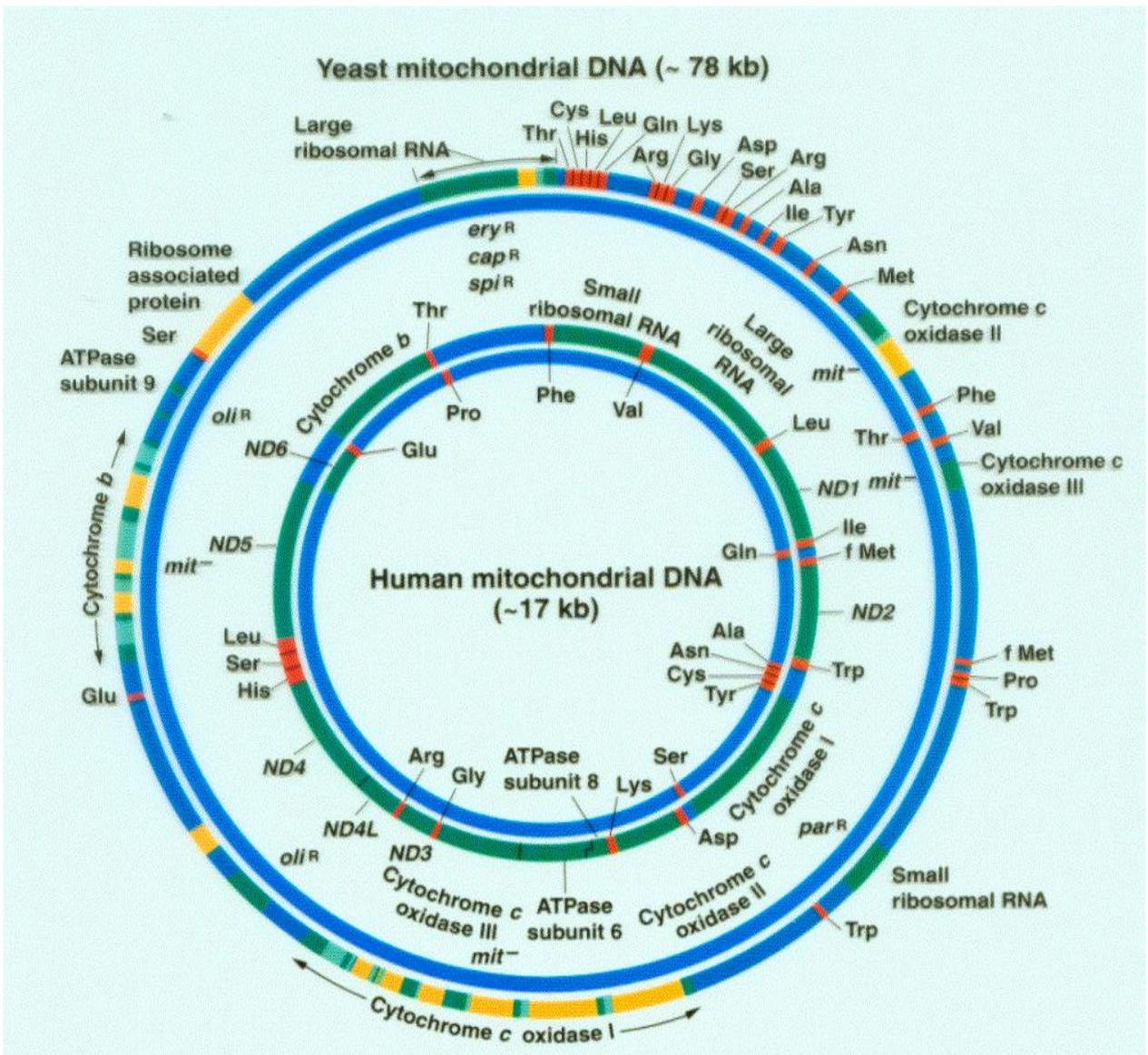
人、鼠和牛的 mt DNA 分别有 16569bp、16275bp 和 16338bp。22tRNA 基因的位置用各个 tRNA 所接受的氨基酸表示在圆环外。12S 及 16S rRNA 基因和 13 个开放阅读框架的位置用相应符号表示在圆环内。URF 表示尚未确定的开放阅读框架。O<sub>H</sub> 和 O<sub>L</sub> 表示两条互补链的复制起始点。

◆ 人、鼠和牛的 mt DNA 显示相同的基本遗传信息结构。

每个都含有 2 个 rRNA 基因、22 个 tRNA 基因和 13 个可能的蛋白质结构基因。

# (二) 线粒体基因组的结构

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)



完整版，请访问[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net) 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

## (二) 线粒体基因组的结构

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

◆ 高等植物的mt DNA非常大，且不同因植物种类而存在很大差异，限制性内切酶谱复杂，因而制作基因组图也相当困难。

◆ 玉米mt DNA的全序列基本测出来，其环状mt DNA含有约570kbp，其内部具有多个重复序列。目前已有不少基因如编码rRNA、tRNA、细胞色素C氧化酶等的基因定位于玉米、小麦等的mt DNA上。

### (三) 线粒体内遗传信息的复制、转录和翻译系统

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

◆ mt DNA复制也是半保留式，是由线粒体的DNA聚合酶完成的。

◆ 线粒体中也含有核糖体和各种RNA。

➤ 线粒体核糖体在不同生物之间存在很大差异。

如人的HeLa细胞60S（45S，35S）细胞质74S；

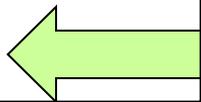
酵母75S（53S，35S），细胞质80S。

➤ 线粒体的各种RNA都是由mtDNA转录来的。线粒体核糖体还含有氨基酰tRNA，在蛋白质合成中起活化氨基酸的作用。

### (三) 线粒体内遗传信息的复制、转录和翻译系统

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

- ◆ 线粒体中有100多种蛋白质，其中只有10种左右是线粒体自身合成的。其它蛋白质由核基因组编码。3种细胞色素氧化酶亚基、4种ATP酶的亚基和1种细胞色素b亚基。线粒体还产生一种阻遏蛋白，阻遏核基因的表达。
- ◆ mt DNA编码蛋白质的遗传密码与一般通用的密码有几处不同。而且人、牛与酵母的也不尽相同。
- ◆ 总之，线粒体含有DNA，具有转录和翻译的功能，构成非染色体遗传的又一遗传体系。线粒体能合成与自身结构有关的一部分蛋白质，同时又依赖于核编码的蛋白质的输入。因此，是半自主性的细胞器。



## 一 共生体的遗传

◆ **共生体(symbiont)**: 在某些生物的细胞质中存在着一种细胞质颗粒，它们并不是细胞生存的必需组成部分，而是以某种共生的形式存在于细胞中。

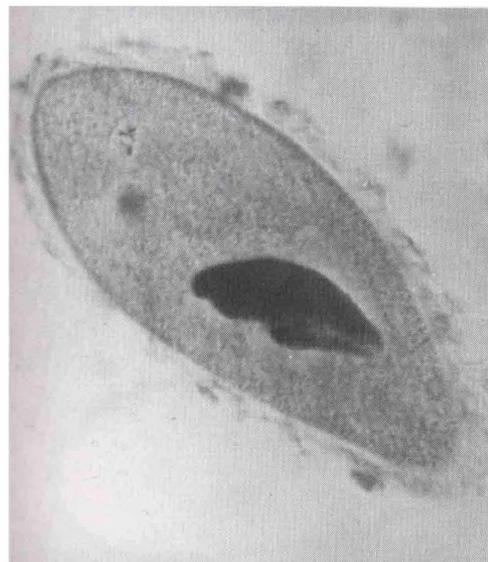
这种共生体颗粒能够自我复制，或在寄主细胞核基因组的作用下进行复制，连续地保持在寄主细胞中，并对寄主的表现产生一定的影响，类似于细胞质遗传的效果。

◆草履虫是一种原生动物，种类很多。含有大核和小核。

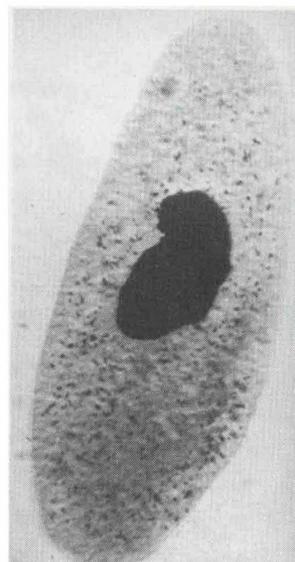
➤大核是多倍体，主要负责营养；小核是二倍体，主要负责遗传。

➤有的草履虫种有大小核各一个，有的种则有一个大核和两个小核。

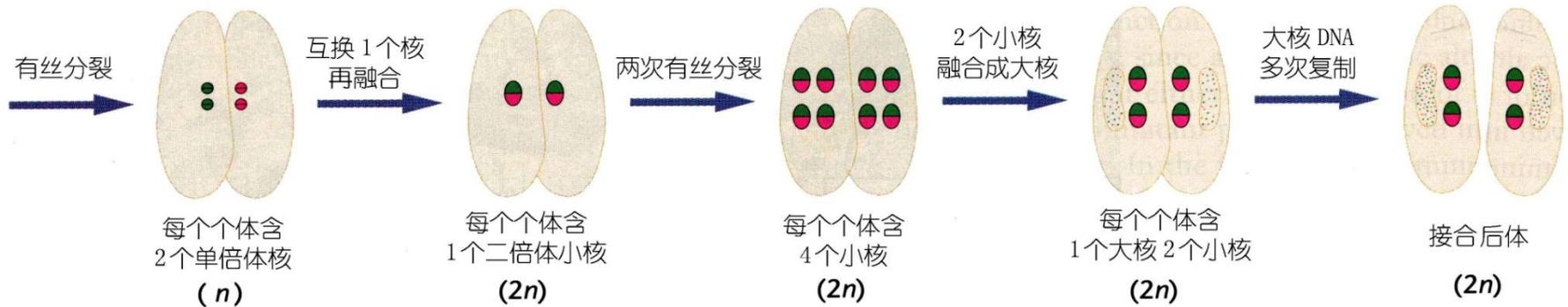
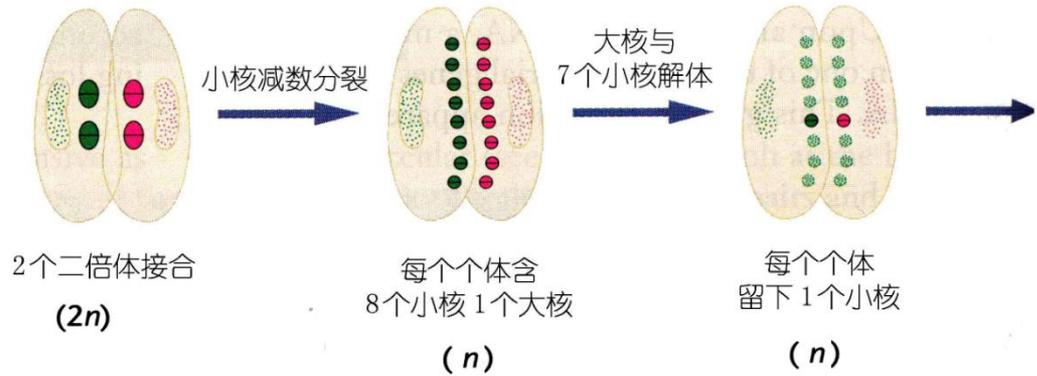
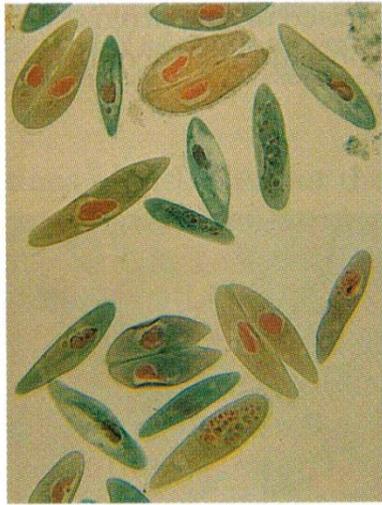
➤草履虫既能进行无性生殖，又能进行有性生殖。



a



b



## 草履虫的接合生殖过程

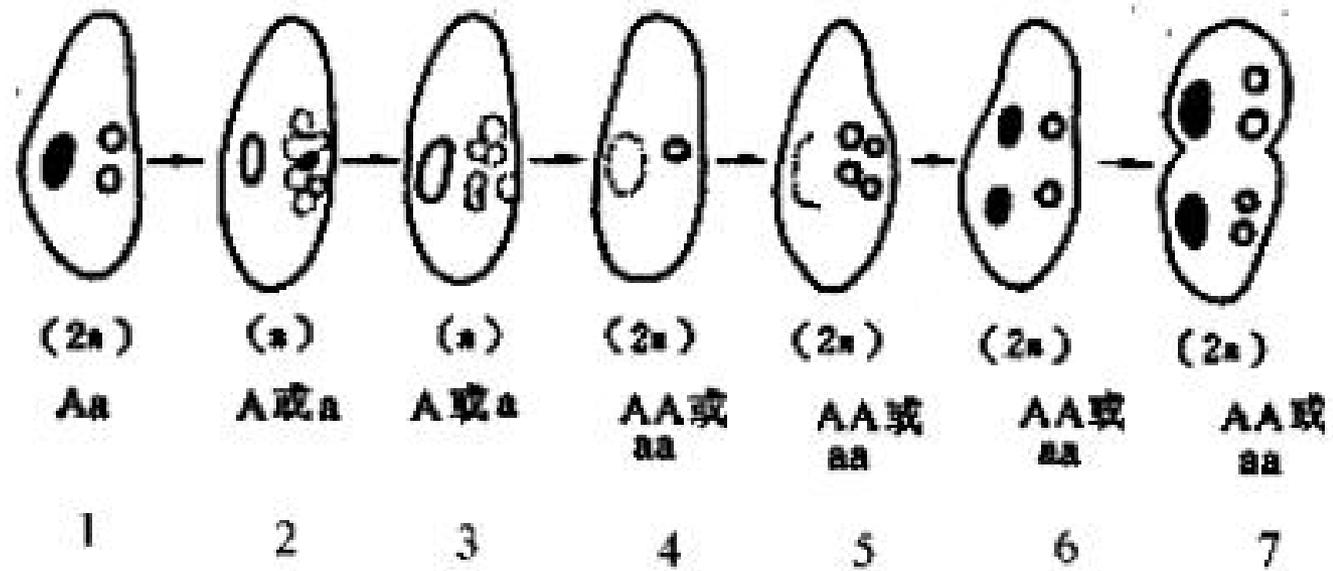


图 11-11 草履虫的自体受精过程

1,2. 两个小核分别进行减数分裂，形成 8 个小核，仅留下一个小核，其余解体；3. 经过一次有丝分裂，一个小核分成两个；4. 两个小核融合成一个二倍体小核；5. 经过两次有丝分裂形成有四个二倍体小核；6. 二个大核发育成二个大核；7. 一个细胞分裂为二个，各含有二个二倍体小核。

# 草履虫放毒型遗传

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

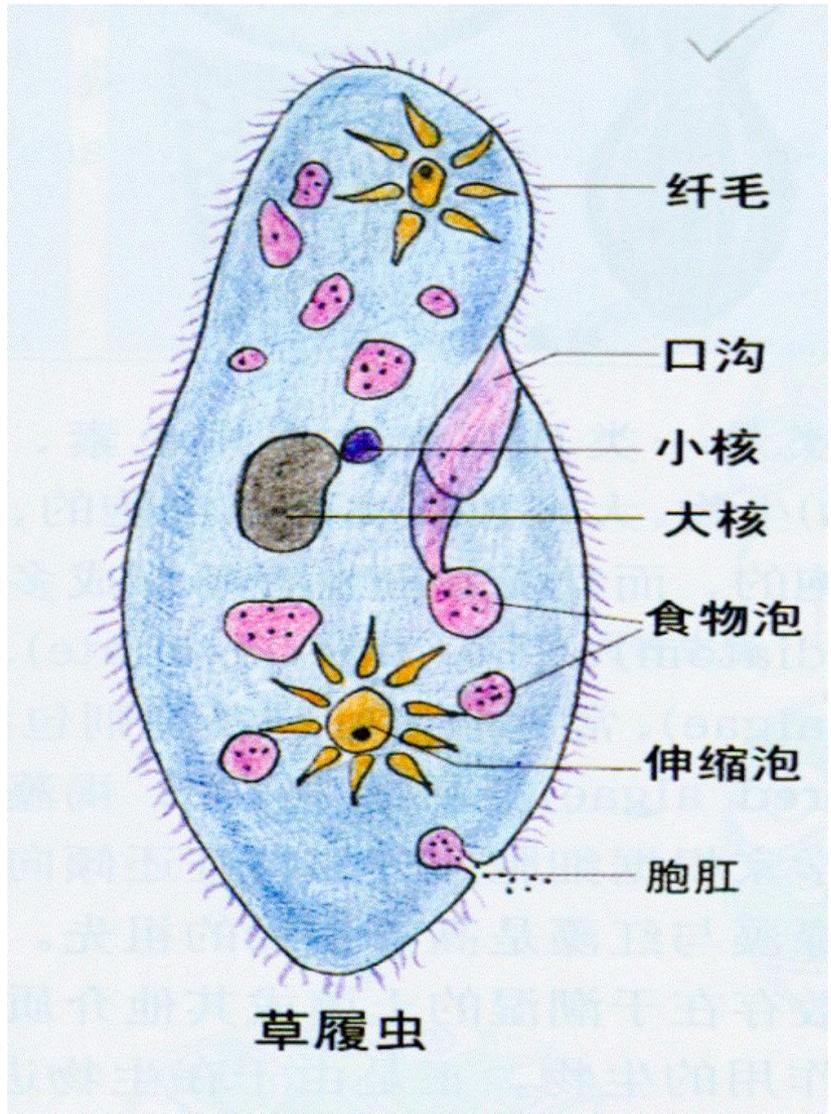
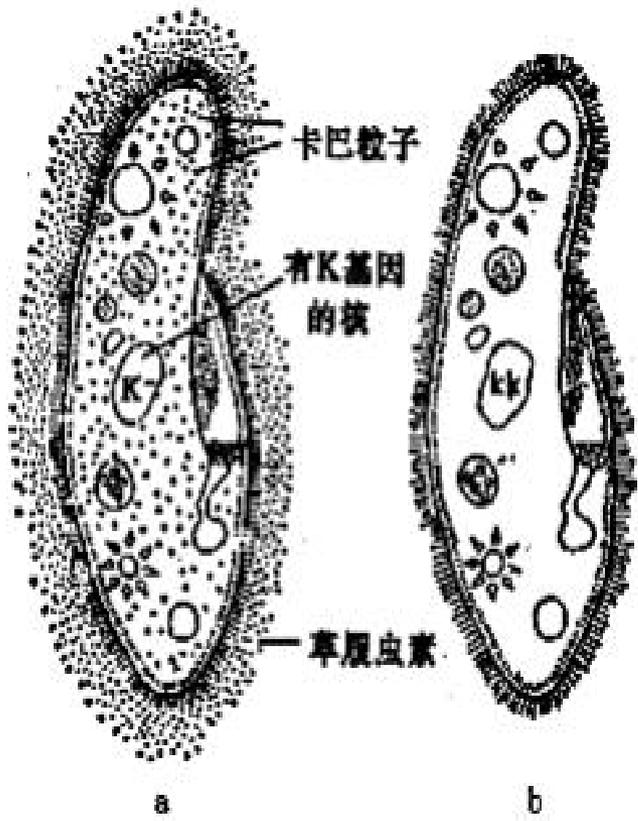


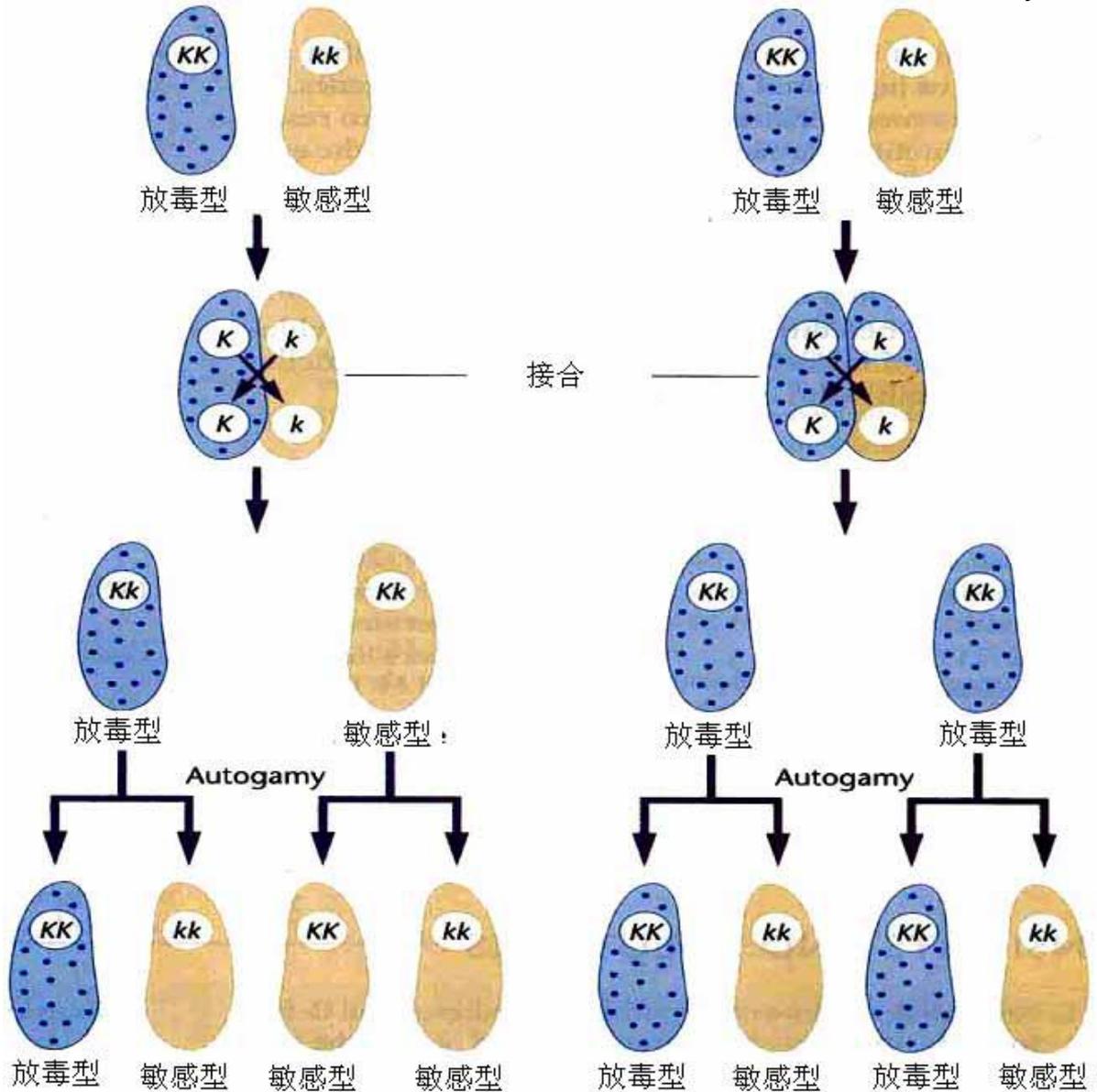
图 11-12 草履虫模式图

(a) 放毒型：个体内含有卡巴粒，在体外的液体培养基中，有草履虫素，核内含 K 基因；(b) 敏感型：体内没有卡巴粒，也不能释放草履虫素，核内含有 k 基因。

◆放毒型的毒素是由细胞质中的卡巴粒产生的，但卡巴粒的增殖有赖于核基因K的存在。

➤如果没有K基因。kk个体中的卡巴粒经5-8代的分裂，就会消失而变为敏感型。

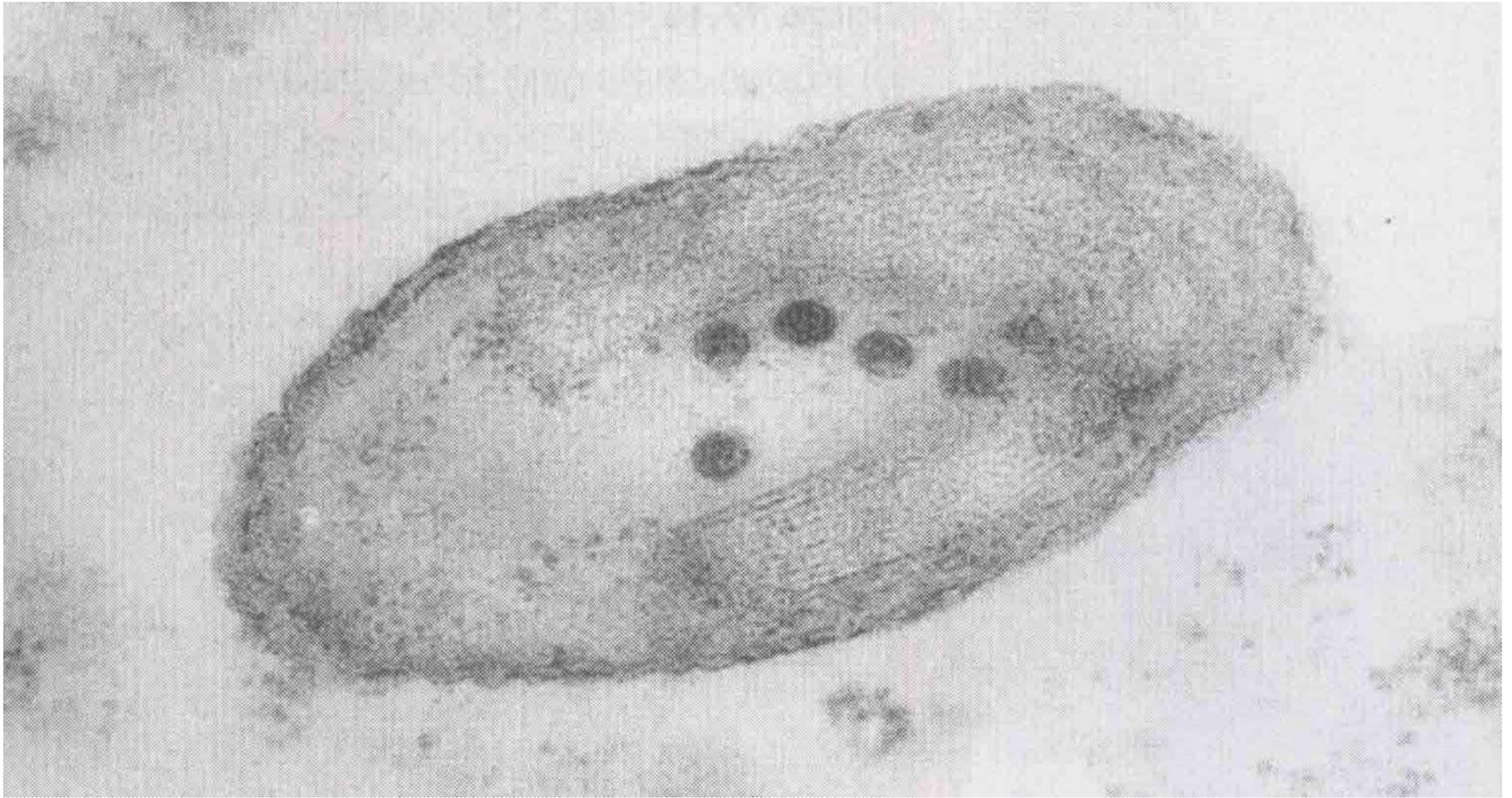
➤如果细胞质内没有卡巴粒。即使K基因存在，也不能无中生有的产生卡巴粒，还是敏感型的。



◆卡巴粒相当于一个小型细菌的大小。有两层膜，外膜好象细胞壁，内膜是典型的细胞膜结构。卡巴粒内DNA、RNA、蛋白质和脂类物质的含量与普通细菌相似；卡巴粒的DNA的碱基比例与草履虫小核、线粒体的DNA不同，细胞素与草履虫的也不相同，而与某些细菌相似。

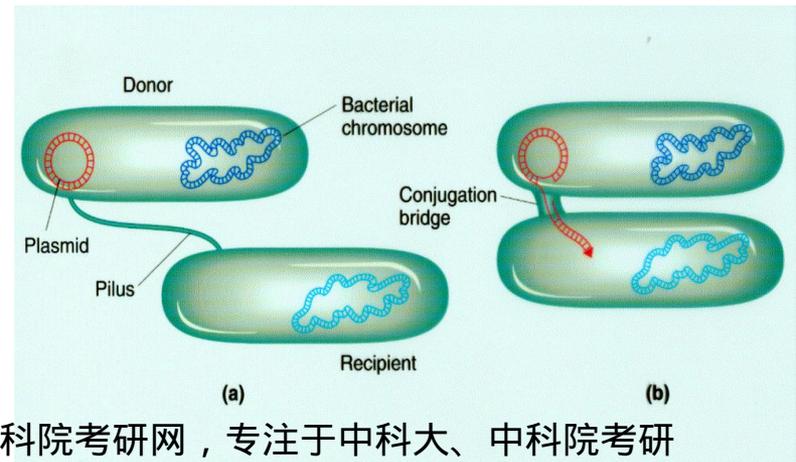
◆有人推测卡巴粒是在进化历史的某一时期进入草履虫内的细菌。经过若干代的相互适应后，建立起一种特殊的共生关系。

◆卡巴粒为什么能产生毒素呢？卡巴粒中可能带有噬菌体，这种噬菌体编码一种毒素蛋白质，即草履虫素，导致敏感型草履虫死亡。



**卡巴粒电镜照片（61200倍）黑色圆形物为噬菌体**

- ◆ 质粒几乎存在于每一种细菌细胞中，所有的细菌质粒都是共价闭合的双链DNA环，是一种自主的遗传成分，能够独立地进行自我复制。大部分质粒在染色体外；某些质粒既能独立存在于细胞中，又能整合到染色体上，这一种质粒则称为附加体。(episome)。
- ◆ 大部分质粒独立于染色体而复制、转移，并且决定细菌的某些性状，其遗传具有类似细胞质遗传的特征。大肠杆菌的F因子的遗传最具代表性。



◆植物雄性不育的主要特征是雄蕊发育不正常，不能产生有正常功能的花粉，但是它的雌蕊发育正常，能接受正常花粉而受精结实。

- 雄性不育在植物界是很普遍的，已在18个科的110多种植物中发现。
- 目前水稻、玉米、高粱、洋葱、蓖麻、甜菜和油菜等作物已经利用雄性不育性进行杂交种子的生产。
- 对小麦、大麦、珍珠粟、谷子和棉花等作物的雄性不育性已进行了广泛的研究，有的已接近用于生产。

## (一) 核不育型

◆ 是一种由核内染色体上基因所决定的雄性不育类型，简称核不育型。现有的核不育型多属自然发生的变异。

多数核不育型受简单的一对隐性基因( $ms$ )所控制，显性不育基因( $Ms$ )。

◆ 核不育型的一个重要特征：用普通遗传学的方法不能使整个群体均保持这种不育性。

正是由于这一点，核不育型的利用受到很大限制。

◆质—核不育型 由细胞质基因和核基因互作控制的不育类型，简称质核型，又叫胞质不育型 (cytoplasmic male sterility, 简称CMS)。

不育性是由不育的细胞质基因和相对应的核基因所决定的。当胞质不育基因S存在时，核内必须有相对应的一对(或一对以上)隐性基因rr，个体才能表现不育。

# (二) 质—核不育型

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

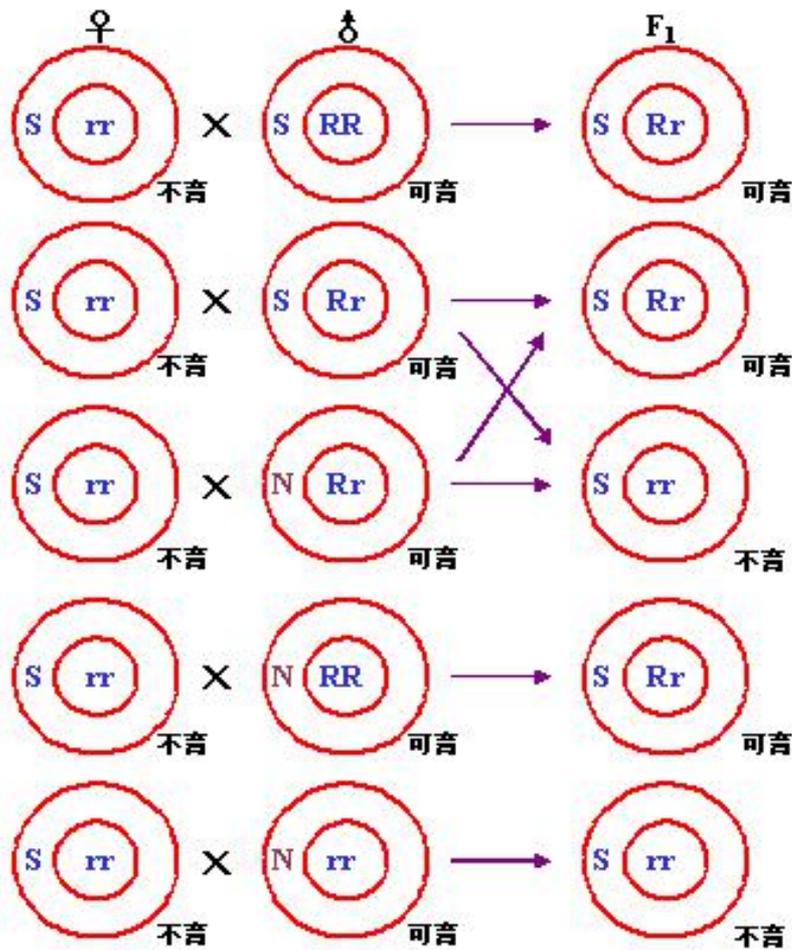


图 11-14 质核型不育性遗传的示意图

◆  $S(rr) \times N(rr) \rightarrow S(rr)$ ,  
 $F_1$ 表现不育。说明 $N(rr)$ 具有保持不育性在世代中稳定传递的能力——**保持系**。

◆  $S(rr)$ 由于能够被 $N(rr)$ 所保持，在后代中出现全部稳定不育的个体——**不育系**。

◆  $S(rr) \times N(RR) \rightarrow S(Rr)$ ,  
 或 $S(rr) \times S(RR) \rightarrow S(Rr)$ ,  
 $F_1$ 全部正常能育。说明 $N(RR)$ 或 $S(RR)$ 具有恢复育性的能力——**恢复系**。



## (2) 胞质不育基因的多样性与核育性基因的对应性

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

表 11-4 玉米自交系对三组雄性不育细胞质的恢复性反应

自交系名称	细胞质组别						按恢复性能分类
	T		C		S		
Ayx187y-1	恢	复	恢	复	恢	复	能恢复三组不育类型
Oh43	不	育	恢	复	恢	复	能恢复两组不育类型
NyD410	恢	复	不	育	不	育	能恢复一组不育类型
Co150	不	育	恢	复	不	育	能恢复一组不育类型
Oh51A	不	育	不	育	恢	复	能恢复一组不育类型
SD10	不	育	不	育	不	育	保持三组不育类型

◆对于每一种不育类型，都需要某一特定的恢复基因来恢复，恢复基因有某种程度的专效性或对应性。

## (2) 胞质不育基因的多样性与核育性基因的对应性

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

◆ 细胞质中：

$$N_1 \rightarrow S_1、N_2 \rightarrow S_2、\dots\dots、N_n \rightarrow S_n；$$

◆ 核内对应的：

$$r_1 \rightarrow R_1、r_2 \rightarrow R_2、\dots\dots、r_n \rightarrow R_n。$$

◆ 核内的育性基因与细胞质中的育性基因发生对应的互作，即：

$$r_1 \text{ (或 } R_1 \text{) 对 } N_1 \text{ (或 } S_1 \text{)、} r_2 \text{ (或 } R_2 \text{) 对 } N_2 \text{ (或 } S_2 \text{)、}\dots\dots、r_n \text{ (或 } R_n \text{) 对 } N_n \text{ (或 } S_n \text{) 。}$$

◆ 某一个体具体的育性表现，则决定于有关质、核间对应基因的互作关系。

- ◆ 质核遗传型有单基因也有多基因控制。
- ◆ 单基因不育性是指一对或两对核内主基因与对应的不育胞质基因决定的不育性。由一对或两对显性的核基因就能使育性恢复正常。
- ◆ 多基因不育性，是指由两对以上的核基因与对应的胞质基因共同决定的不育性。

质核型不育容易受到环境条件的影响，特别是多基因不育性。例如气温。

### (一) 胞质不育基因的载体

- ◆ 多数学者认为，线粒体基因组(mt DNA)是雄性不育基因的载体。
- ◆ 除了mt DNA之外，还有人认为叶绿体DNA是雄性不育基因的载体

## 1. 质核互补控制假说

### ◆ 细胞质不育基因存在于线粒体。

在正常情况下(N)，正常转录mRNA，在线粒体核糖体上合成各种蛋白质(或酶)，形成正常的花粉；

当线粒体基因突变为S时，某些酶不能形成，或形成某些不正常的酶，花粉败育。

### ◆ 核基因为R时，携带可育的遗传信息，通过mRNA的转录，翻译成各种蛋白质(或酶)，花粉正常发育。当核基因为r时，仅携带不育性信息，因此不能形成正常花粉。

## 1. 质核互补控制假说

◆一般质、核一方携带可育性遗传信息，都能形成正常育性。R补偿S的不足，N补偿r的不足。

★S与r共存时，由于不能互相补偿，所以表现不育。

★N与R同时存在，N同时有调节基因的作用，线粒体DNA能控制产生某种抑制物质，使R处于阻遏状态，不会在细胞质中形成多余的物质而造成浪费。

★如果S与R同时存在，S不产生抑制物质，因此R基因能执行正常，花粉可育

认为**线粒体**是细胞质雄性不育性的重要载体。

◆ 进化程度低的野生种或栽培品种的线粒体能量转换率低：

供能低（线粒体），耗能也低（核），  
供求平衡，可育

◆ 进化程度较高的栽培品种线粒体能量转换率高：

供能高，耗能也高，供求平衡，可育

◆核置换时：

(1)低供能的作母本，高耗能的作父本，得到的核质杂种：

供能低，耗能高，供求不平衡，雄性不育。

(2)高供能的作母本，低耗能的作父本，杂种：

供能高，耗能低，因而育性正常。

◆假定供能水平的高低取决于mt DNA，而耗能水平的高低则取决于核基因。

这个假说没有能够回答为何能量的平衡仅仅影响雄性的育性，而不影响其它性状的表现。

## 根据水稻三系育种的实践，从个体水平上推论

◆认为遗传变异引起个体间**生理生化代谢上的差异**，与个体间亲缘关系的远近成正相关。

两亲间亲缘差距越大，杂交后的生理不协调程度也越大。达到一定程度，就会导致植株代谢水平下降，合成能力减弱，分解大于合成，使花粉中的生活物质（如蛋白质、核酸）减少，导致花粉的败育。

◆因此，远缘杂交可能导致雄性不育。为了获得保持系，要从与不育系亲缘关系远的品种去寻找。要使不育性恢复，就要选用与不育系亲缘近的品种作为恢复系。



# 三 雄性不育性的利用

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)

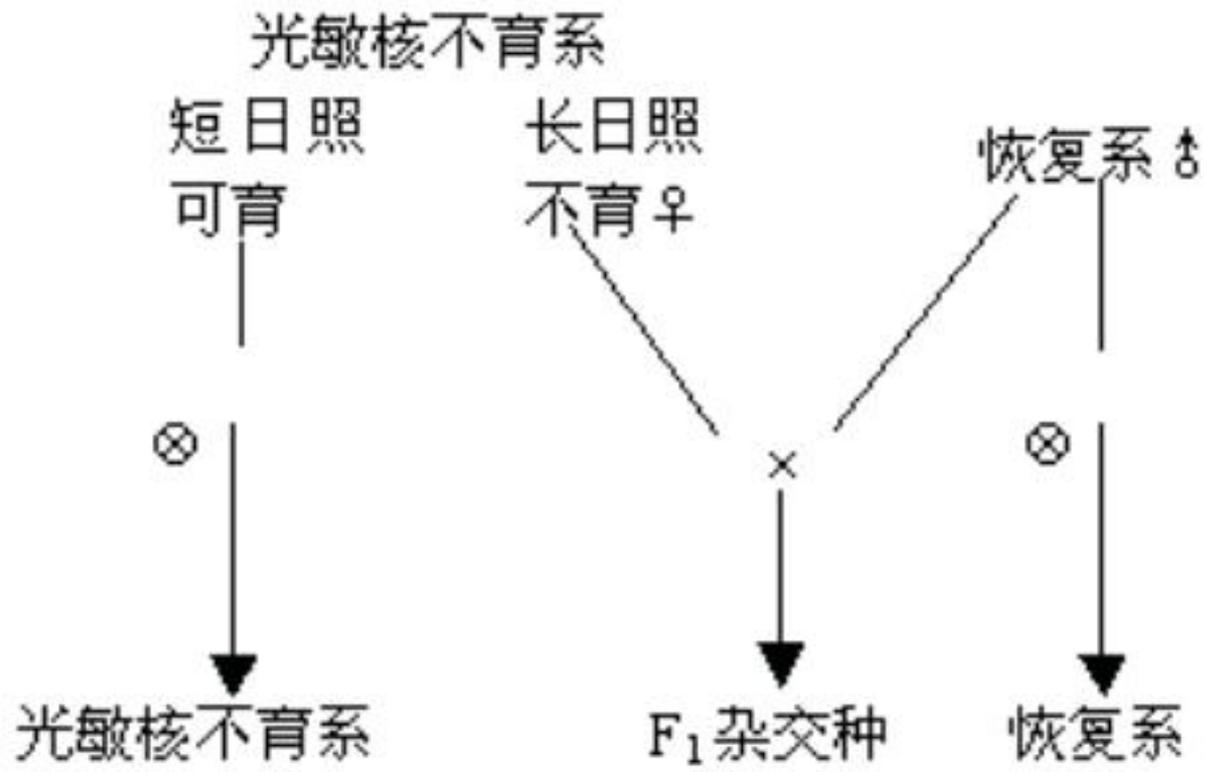


图 11-17 两系法—基于光敏核不育水稻的杂交制种示意