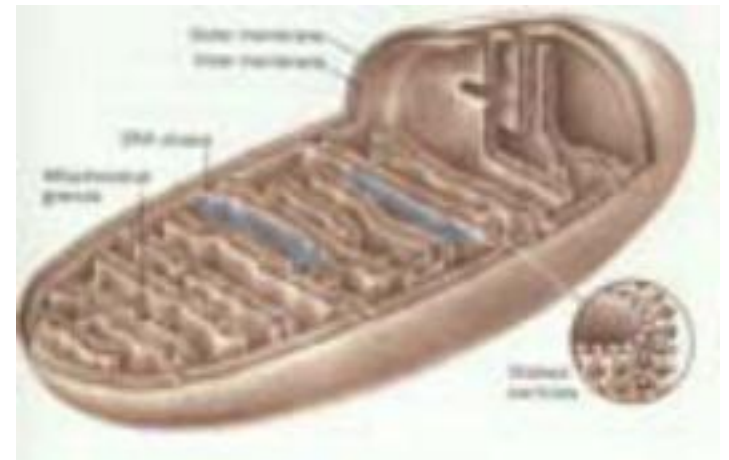
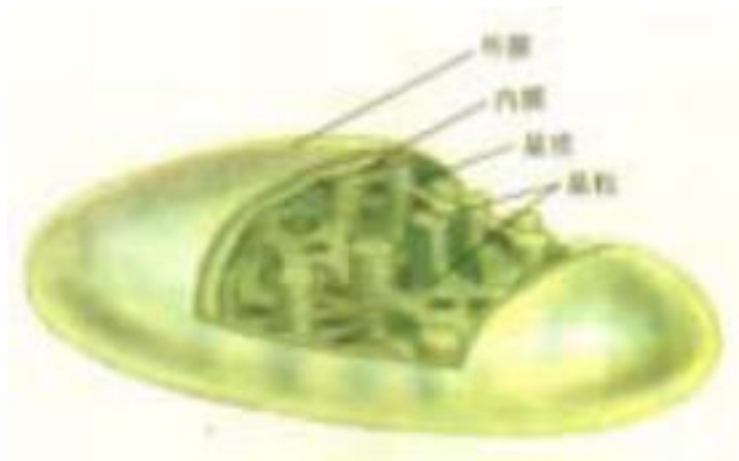


第十一章 细胞质遗传 (P228)



DNA的分布

主要在染色体上

（所以说，染色体是DNA的主要载体）

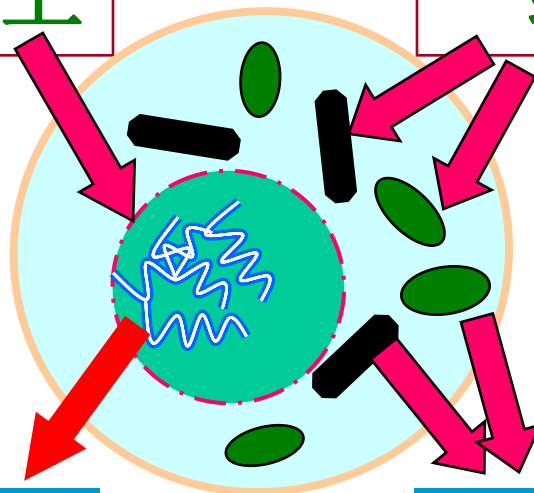
细胞质内

例：紫茉莉叶色的遗传

细胞核遗传

细胞质遗传

生物的遗传



遗传物质

核基因组 → 染色体 → 基因 (核DNA)

细胞质
基因组

细胞器基因组

叶绿体基因组(ctDNA)
线粒体基因组(mtDNA)

非细胞器基因组

共生体基因组(symbiont DNA)
细菌质粒基因组(plasmid DNA)

第一节 细胞质遗传的概念和特点

一、细胞质遗传的概念

细胞质遗传(P228):

由细胞质基因所决定的遗传现象和遗传规律.

(又称非染色体遗传、非孟德尔遗传、染色体外遗传、核外遗传、母体遗传)。

真核生物有性过程:

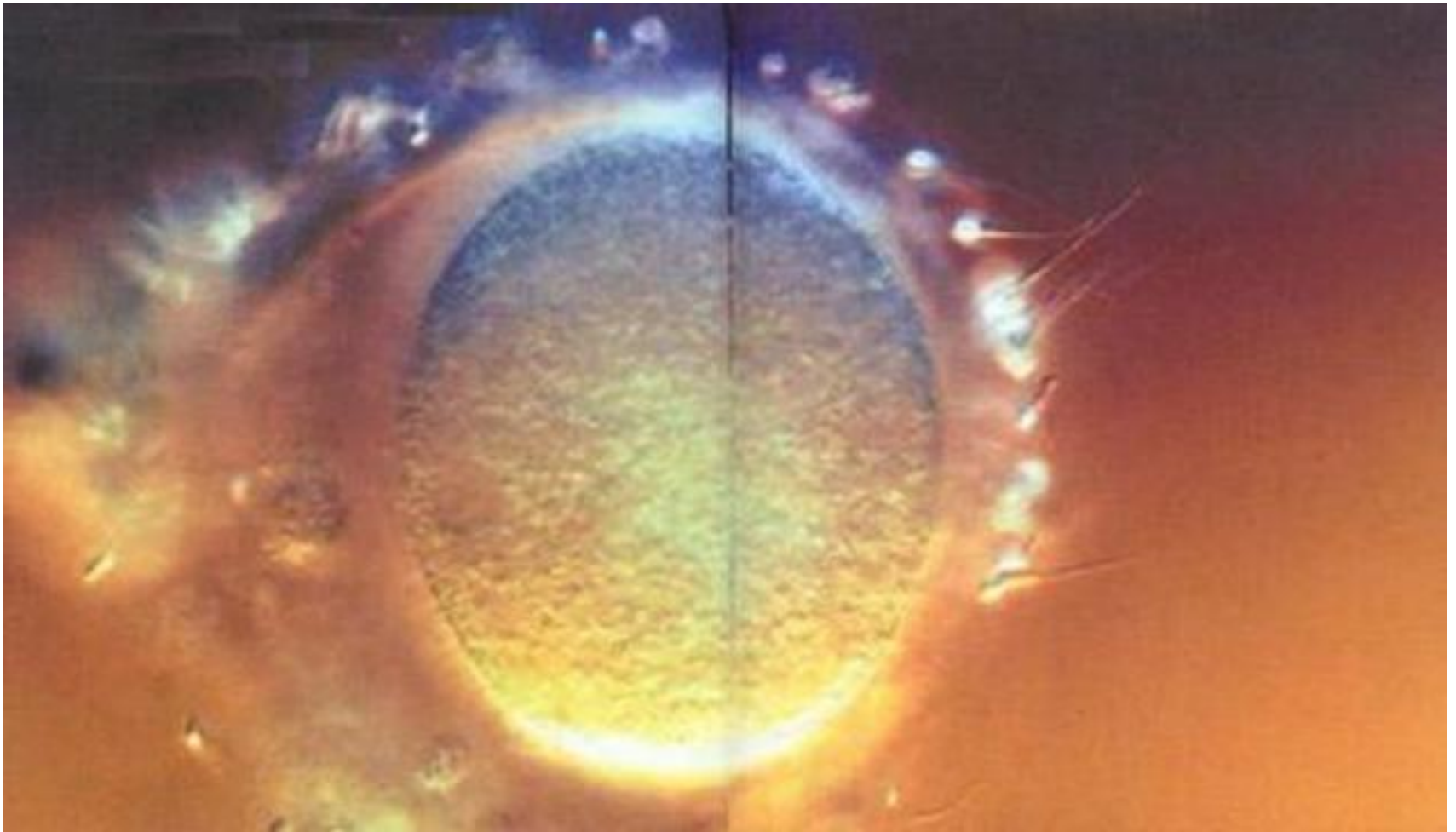
卵细胞: 有细胞核、大量的细胞质和细胞器。

∴ 能为子代提供核基因和全部或绝大部分胞质基因。

精细胞: 只有细胞核，细胞质或细胞器极少或没有。

∴ 只能提供其核基因，不能或极少提供胞质基因。

∴ **受胞质基因**所决定的性状，其遗传信息一般只能通过**卵细胞**传给予代，而不能通过精细胞遗传给予代。



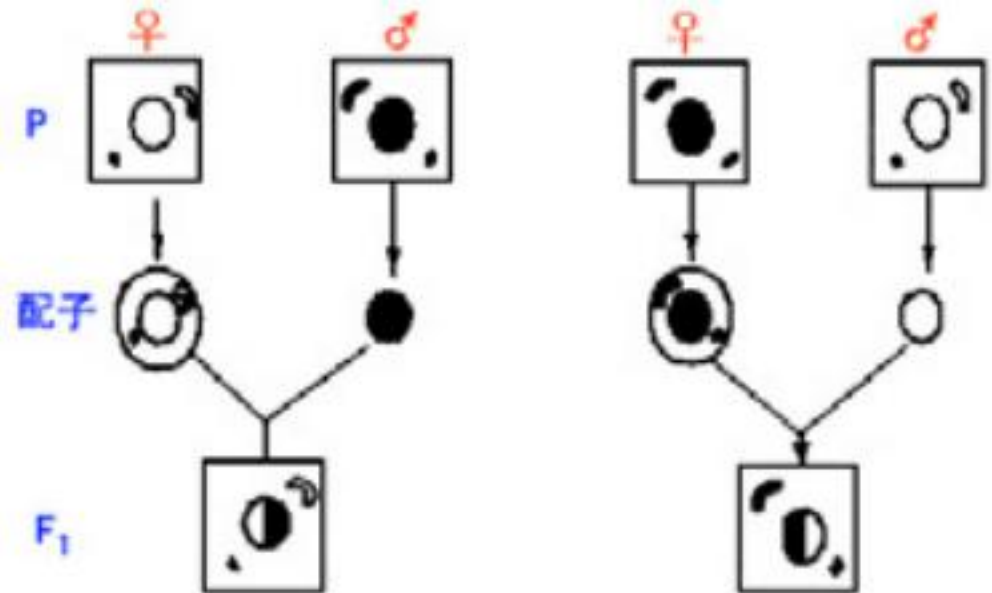
精细胞与卵细胞的相对比例

二、细胞质遗传的特点(P229):

1. 特点:

(1) 正交和反交的遗传表现不同。

F_1 通常只表现母本的性状, 又称母性遗传。



● 和 ○ 代表两种细胞核

◐ 和 ◑ 代表两种线粒体

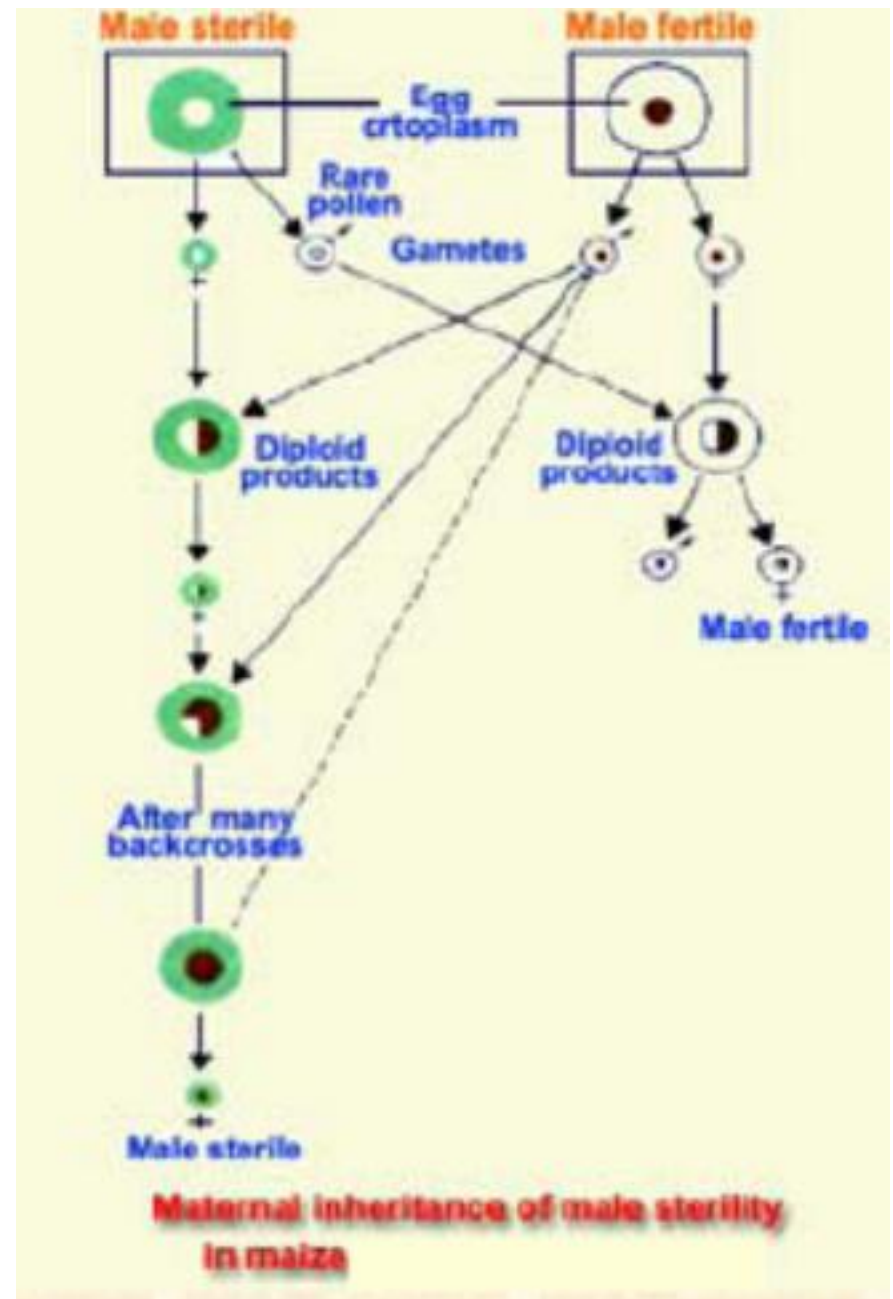
● 和 ○ 代表两种质体

正交反交差异形成原因的示意图

(2) 遗传方式是**非孟德尔式**的，杂交后代一般不表现一定比例的分离。

(3) 通过连续**回交**能将母本的核基因几乎全部置换掉，但母本的细胞质基因及其所控制的性状仍不消失。

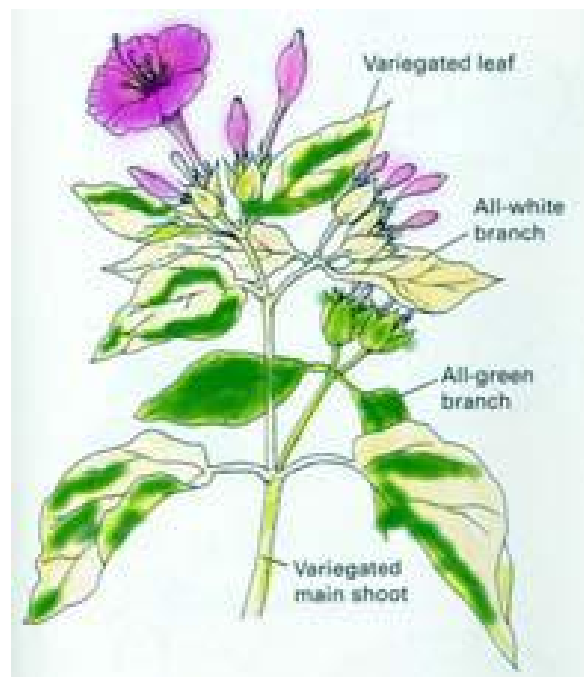
(4) 由附加体或共生体决定的性状，其表现往往类似病毒的转导或感染。



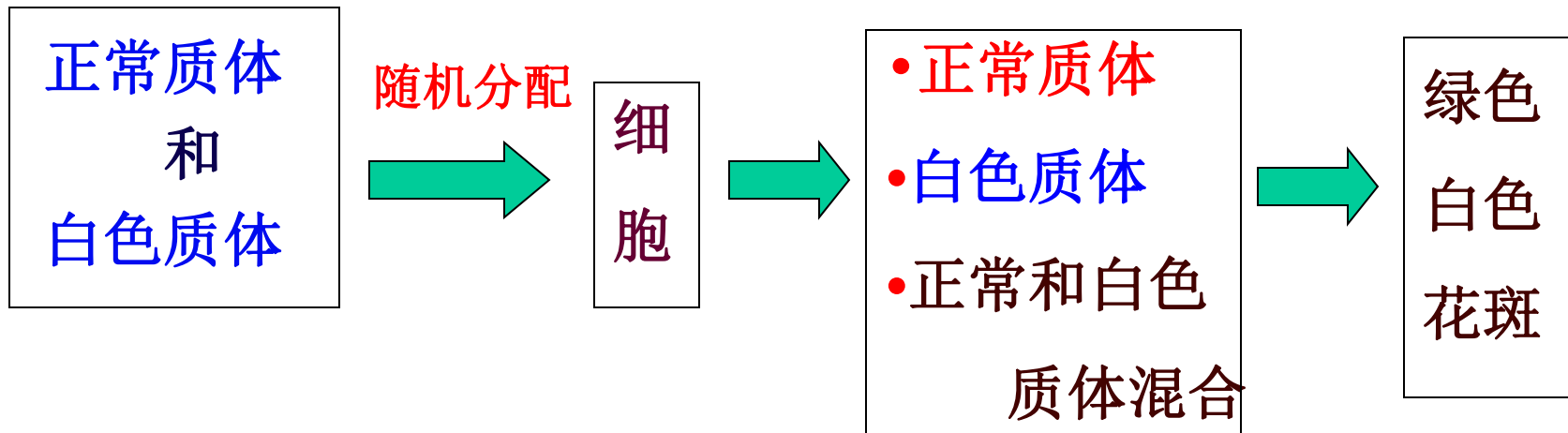
三、细胞质遗传的发现

紫茉莉花斑性状遗传(1909):

紫茉莉花斑植株：着生绿色、白色和花斑三种枝条，且白色和绿色组织间有明显的界限。



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、绿色、花斑	均为白色
绿色		均为绿色
花斑		白色、绿色、花斑



花斑枝条：

绿细胞中含有正常的绿色质体(叶绿体)；

白细胞中只含无叶绿体的白色质体(白色体)；

绿白组织交界区域：某些细胞内既有叶绿体、又有白色体。

∴紫茉莉的花斑现象是叶绿体的前体（质体）变异而引起的。

第二节 母性影响

一 母性影响的概念（P229）：

母性影响（maternal influence）：子代受到母本核基因型的影响而表现母本核基因所决定性状的现象。

母性影响所表现的遗传现象与细胞质遗传十分相似，但这种遗传现象并不是由细胞质基因所决定，而是由积累在卵细胞中的核基因的产物所引起的一种遗传现象。

∴母性影响不属于胞质遗传的范畴。

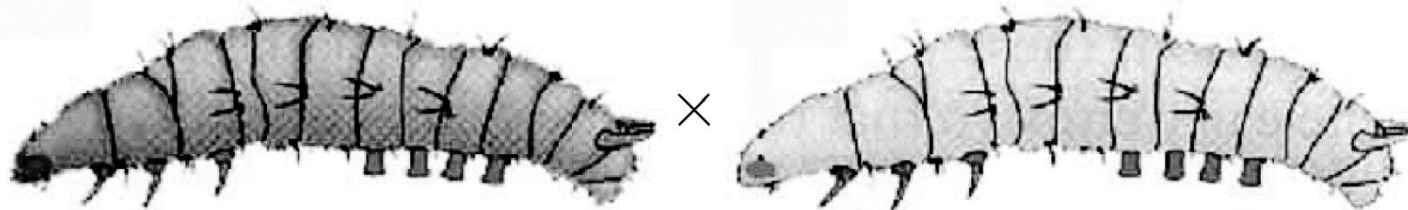
二 母性影响的特点：

下一代表现型由上一代母体基因型所决定。



一、短暂的母性影响

- ❖ 欧洲麦粉蛾 (*Ephestia kuehniella*)
- ❖ 野生型的幼虫皮肤有色，成虫复眼深褐色。
这种色素是一种叫做**犬尿素**的物质所形成的，受一对基因控制。
- ❖ 突变型个体缺乏犬尿素，幼虫无色，成虫复眼红色。



aa ♀ 红色 × Aa ♂ 棕褐色

Aa ♀ 棕褐色 × aa ♂ 红色

$1/2Aa$

$1/2aa$

$1/2Aa$

$1/2aa$

幼虫
成虫

棕褐色
棕褐色

红色
红色

幼虫
成虫

棕褐色
棕褐色

棕褐色
红色

欧洲麦粉蛾色素的母性影响

犬尿素浓度

这种现象的解释：

- ❖ 精子不带细胞质，卵细胞带有大量细胞质，当Aa基因型的个体形成卵子时，不论卵细胞带有A还是a，细胞质中都容纳了足量的犬尿素，
- ❖ 它们的后代中，Aa与aa幼虫个体的皮肤都是有色的。
- ❖ 在aa个体中母性影响是暂时的，aa个体中缺乏A基因，不能自己制造色素，随着个体发育，色素逐渐消耗，到成虫时犬尿素的浓度已经很低，所以复眼成为红色。

二、持久的母性影响

- ❖ 椎实螺，软体动物，雌雄同体，繁殖时一般进行异体受精，但若将它们一个一个地分开来饲养，它们就进行自体受精。
- ❖ 椎实螺外壳的旋转方向有左旋和右旋之分，是一对相对性状。拿起一个椎实螺，使尖顶向上，开口朝向自己，开口向右，即为右旋，开口若向左，称为左旋。受一对基因控制，右旋 S^+ 对左旋 S 是显性。
- ❖ 椎实螺外壳的螺旋方向受母体基因型控制，终生不变，看起来更像细胞质遗传，其实还是受母性影响。

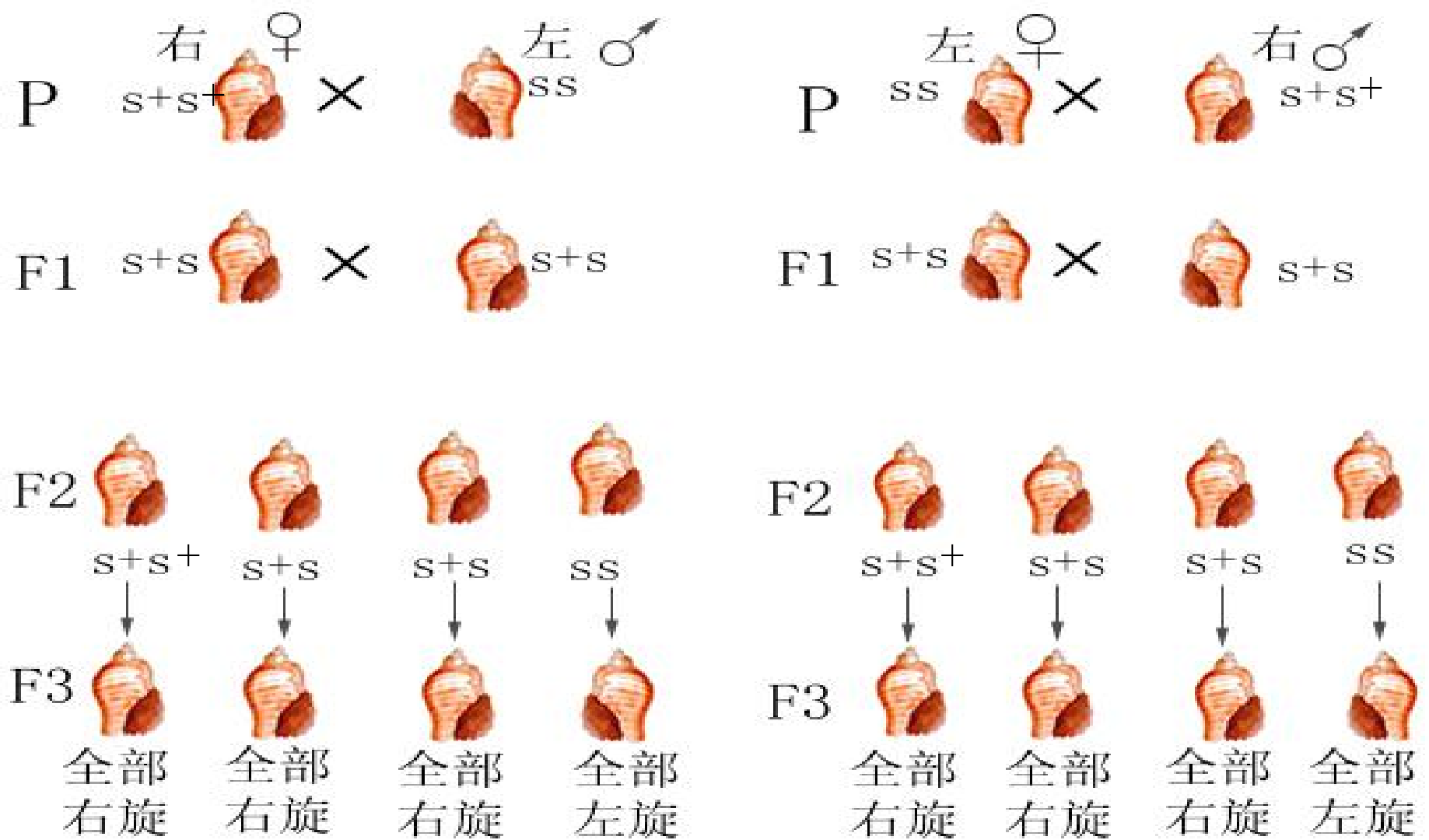
椎实螺的**外壳旋转方向**的遗传。

椎实螺外壳的旋转方向有**右旋 (S^+)**
和左旋 (S) 之分，属于一对相对性状。

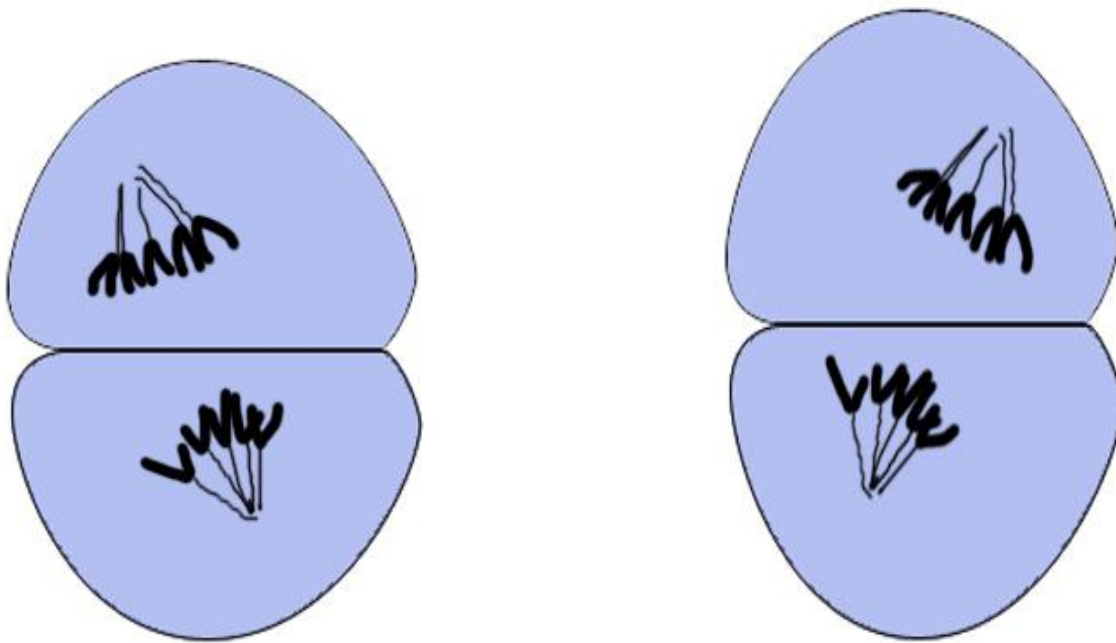


椎实螺是一种 ♀、♂ 同体的软体动物，每一个体能同时产生卵子和精子，**但一般通过异体受精进行繁殖。**

∴ 椎实螺既可进行异体杂交、又可单独进行个体的自体受精。



椎实螺进行正反交，**F1**旋转方向都与各自母本相似，即右旋或左旋，**F2**均为右旋，**F3**才出现右旋和左旋的3:1分离，又称**前定作用**或**延迟遗传**。



螺类的受精卵是螺旋式卵裂，成体外壳的旋转方向决定于受精卵的最初两次分裂中纺锤体的方向。而纺锤体的方向决定于母体的基因型。

右旋——受精卵纺锤体向中线右侧分裂；
左旋——受精卵纺锤体向中线左侧分裂。

母性影响的实质

❖ 母性影响又叫前定作用

❖ 其实质是：

受精前卵细胞质的状态决定子代某些性状的表现。

❖ 试比较：

细胞质遗传、母性影响、伴性遗传

第三节 叶绿体

紫茉莉花斑叶性状的遗传；玉米叶片埃形条纹斑的遗传；叶绿体基因组。

第四节 线粒体遗传

红色面包霉生长缓慢突变型的遗传；酵母小菌落的遗传；线粒体基因组。

第五节 共生体与质粒的遗传

共生体；草履虫放毒型的遗传；附加体；质粒的遗传。

第三节 叶绿体遗传

一、叶绿体遗传的表现

1、紫茉莉花斑性状的遗传

早在1908年，孟德尔定律的重新发现者之一Correns就曾报道过不符合孟德尔定律的遗传现象。他发现紫茉莉中有一种花斑植株，着生纯绿色、白色和花斑三种枝条。

表11-1 紫茉莉花斑性状的遗传

接受花粉枝条

白 色

绿 色

花 斑

提供花粉枝条

白 色

绿 色

花 斑

白 色

绿 色

花 斑

白 色

绿 色

花 斑

杂种植株表现

白 色

白 色

白 色

绿 色

绿 色

绿 色

白色、绿色、花斑

白色、绿色、花斑

白色、绿色、花斑

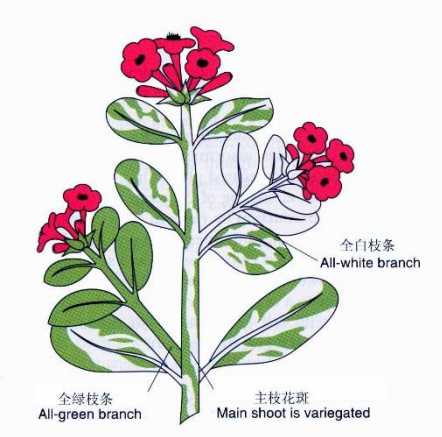


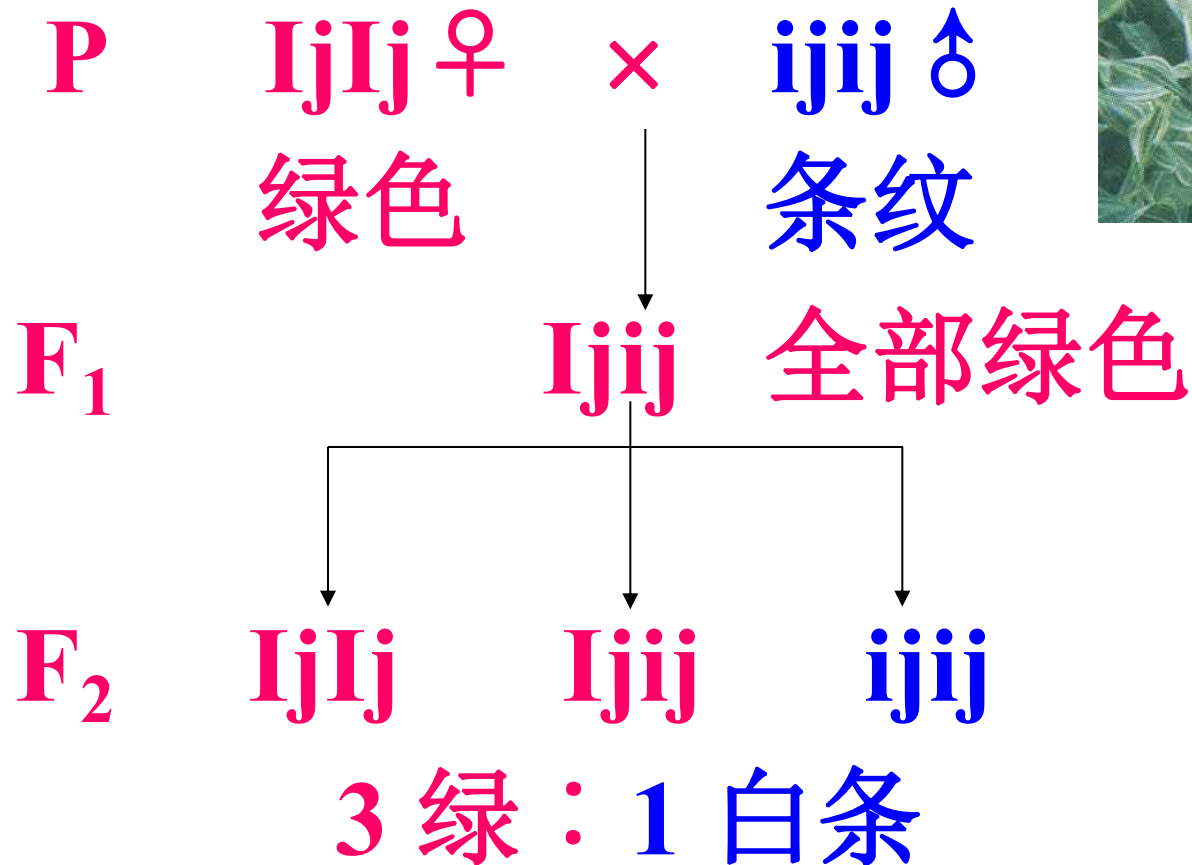
图11-5

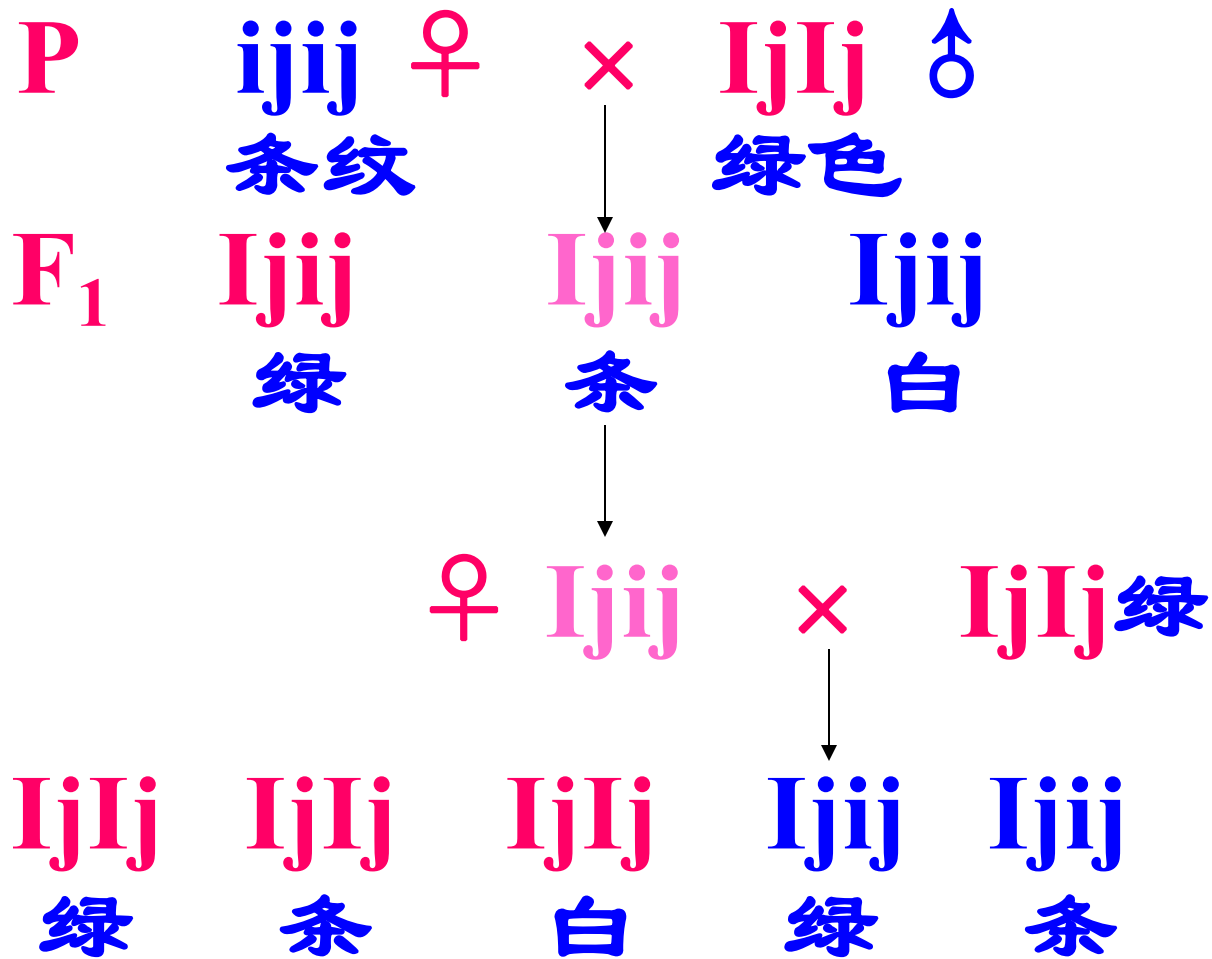
紫茉莉花 斑的叶绿体 遗传模型

结论：植物的这种
花斑现象
是叶绿体的
前体——
质体变异
造成的

2、玉米叶片埃形条纹的遗传

1943年, Rhoades报道玉米的
第7染色体上有一个控制白色
条纹的基因 (ij)





因此认为，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

二、叶绿体基因组

ctDNA是裸露的环状双链分子，120kb-217kb。大多数植物的叶绿体DNA有一个共同的特征，即含有两个反向重复序列(inverted repeat, IR)；在CsCl中的浮力密度因物种而异，但都与核DNA有不同程度的差异

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。单细胞的鞭毛藻中约含有15个叶绿体，每个叶绿体内约有40个拷贝，一个个体中约含600个拷贝。

→ 一些植物的ct DNA
全部碱基序列已测出，
多数植物 ctDNA大小
约为150 kb。

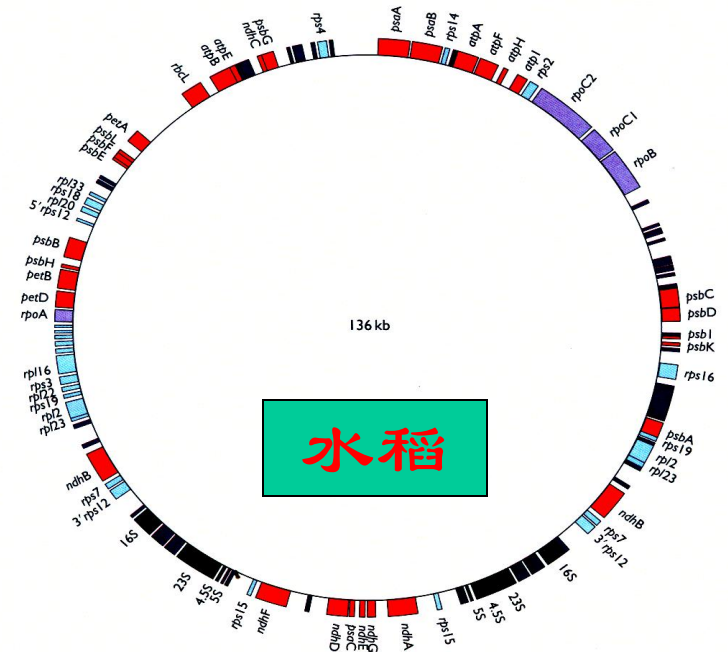
→ 烟草的ctDNA为

155844bp， 水稻的ctDNA为134525bp。

→ 每个ctDNA大约能编码120个蛋白质。

ctDNA序列中的12%专门为叶绿体的组成
编码。

→ 叶绿体内有遗传信息的复制、转录和翻
译系统， 有核糖体(70S)和各种RNA。



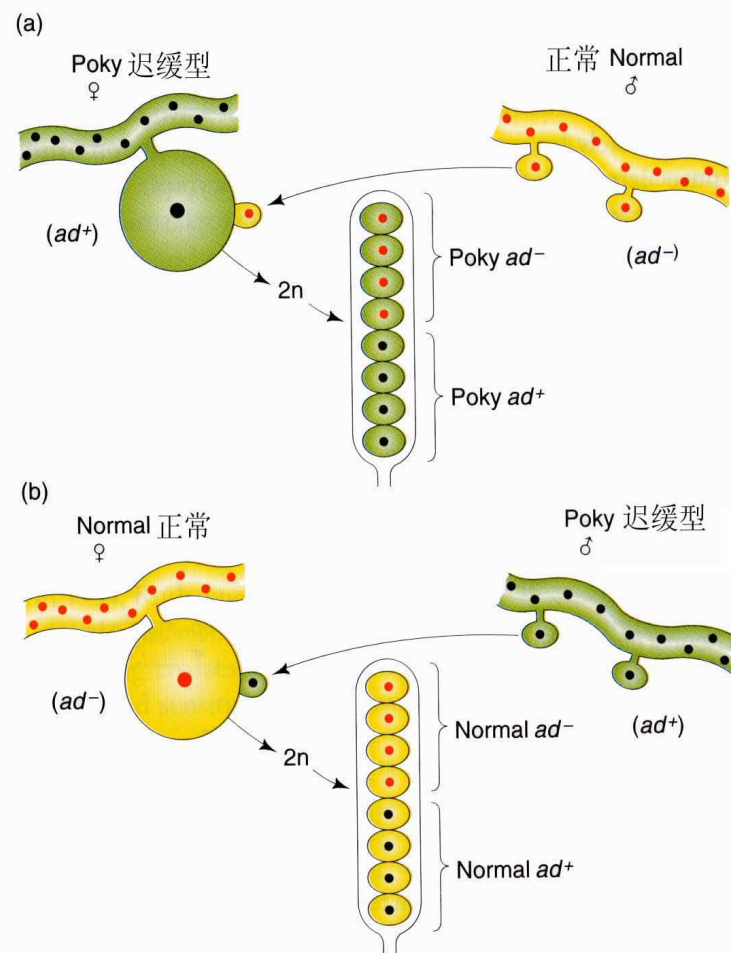
第四节 线粒体遗传

一、线粒体遗传的表现

1、红色面包霉迟缓突变型的遗传

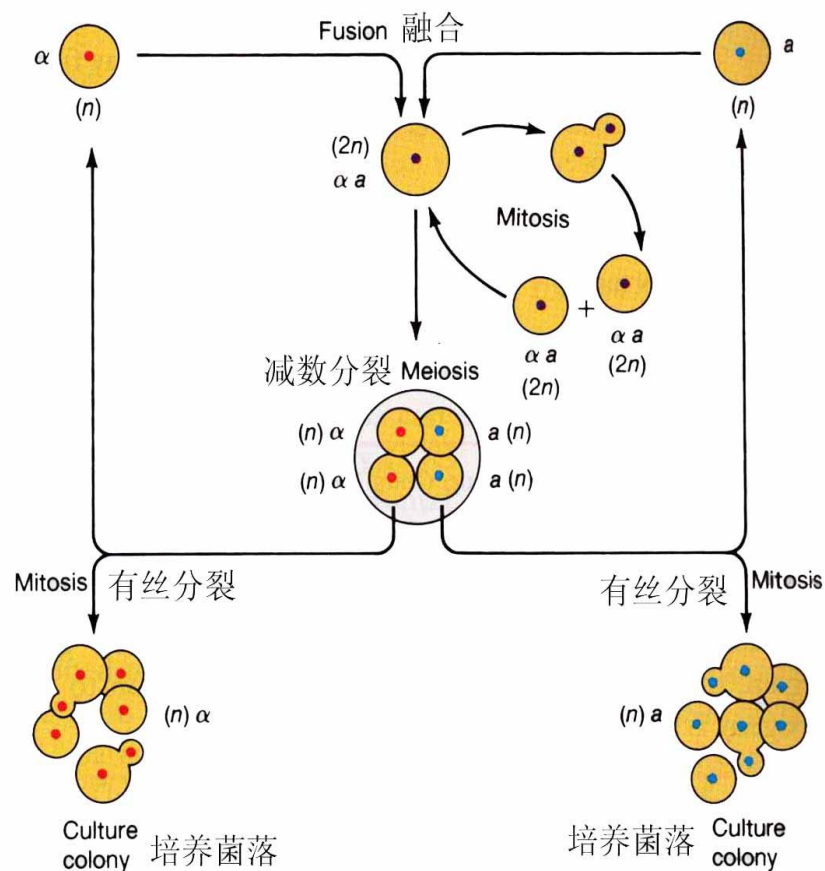
对生长迟缓的突变型生化分析，发现在幼嫩培养阶段不含细胞色素氧化酶a,b，这种酶在线粒体内，且观察其线粒体结构不正常，

所以推测有关的基因存在于线粒体中。



2、酵母小菌落的遗传

- (1)细胞质小菌落中，线粒体中负责ATP合成的电子呼吸链已失去功能
- (2)正常线粒体中有自己独特的蛋白质合成装置，细胞质小菌落没有，因而没有蛋白质合成
- (3)mtDNA的结构、组成均有较大的改变



因此推断这种小菌落的变异与线粒体的基因组变异有关。

二、线粒体基因组

mtDNA是裸露的双链分子，一般为闭合环状结构，但也有线性的。

mtDNA与核DNA有明显的不同：

(1)mtDNA与原核生物的DNA一样，没有重复序列；(2) mtDNA的浮力密度比较低；(3)mtDNA的碱基成分中G、C的含量比A、T少；(4)mtDNA的两条单链的密度不同，一条称为重链(H链)，另一条称为轻链(L链)；(5)mtDNA单个拷贝非常小，与核DNA相比仅仅是后者的十万分之一。

mtDNA在细胞总DNA中所占比例很小。



线粒体内有遗传信息的复制、转录和翻译系统，有核糖体(55S-80S)和各种RNA。

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，其他蛋白质都是由核基因组编码的，线粒体是半自主性的细胞器。

第五节 共生体和质粒决定的遗传

一、共生体的遗传

共生体：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。

例如，草履虫的放毒型遗传：



繁殖方式：无性生殖，有性生殖，
自体受精

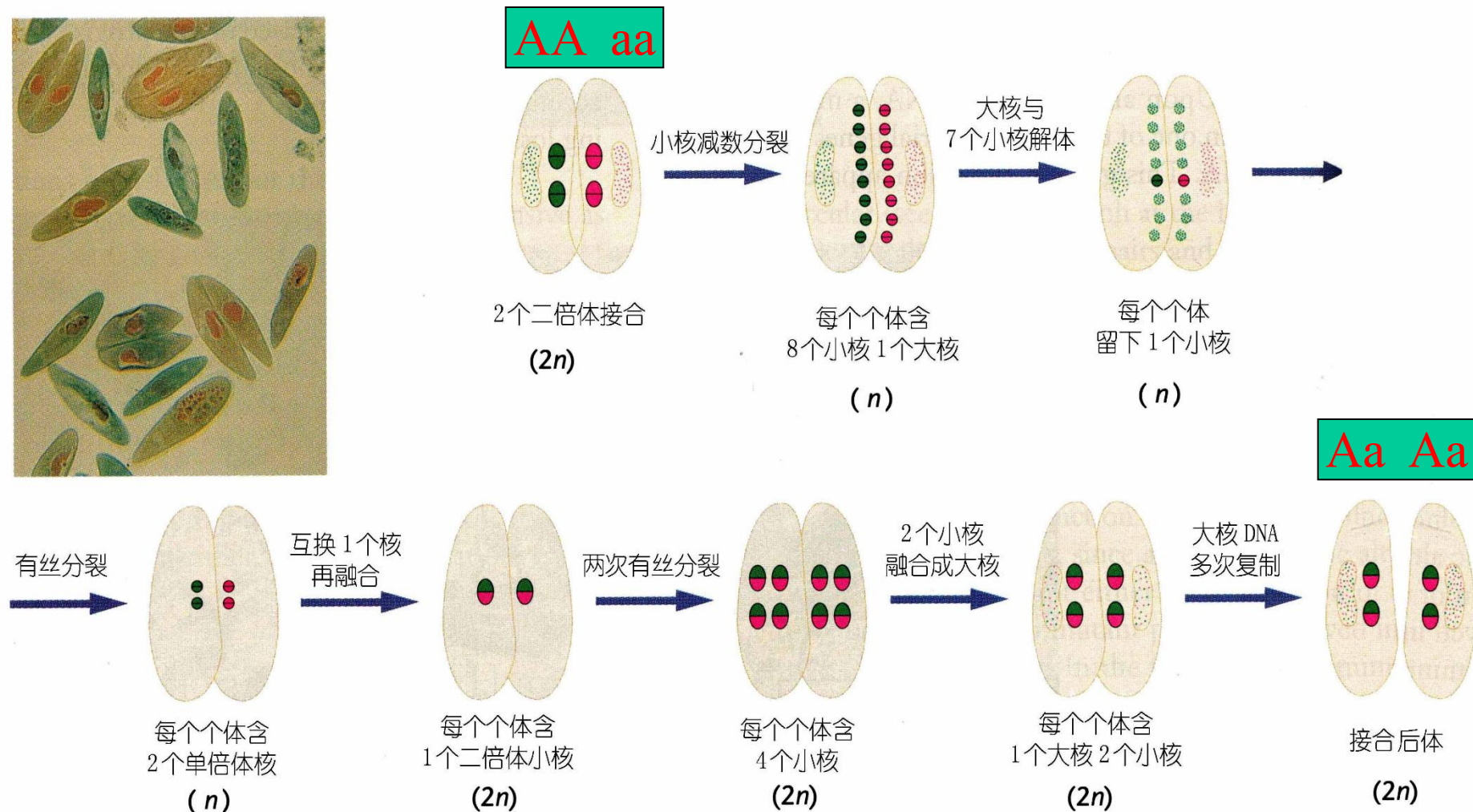
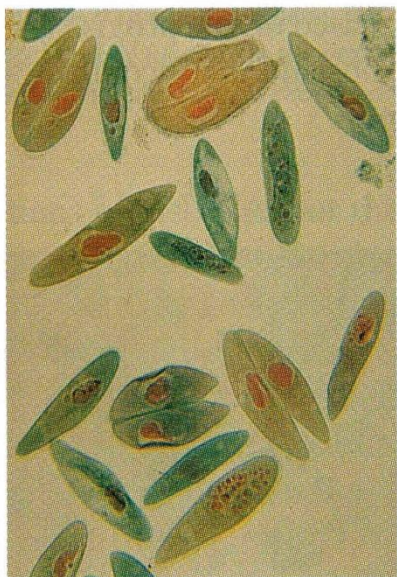
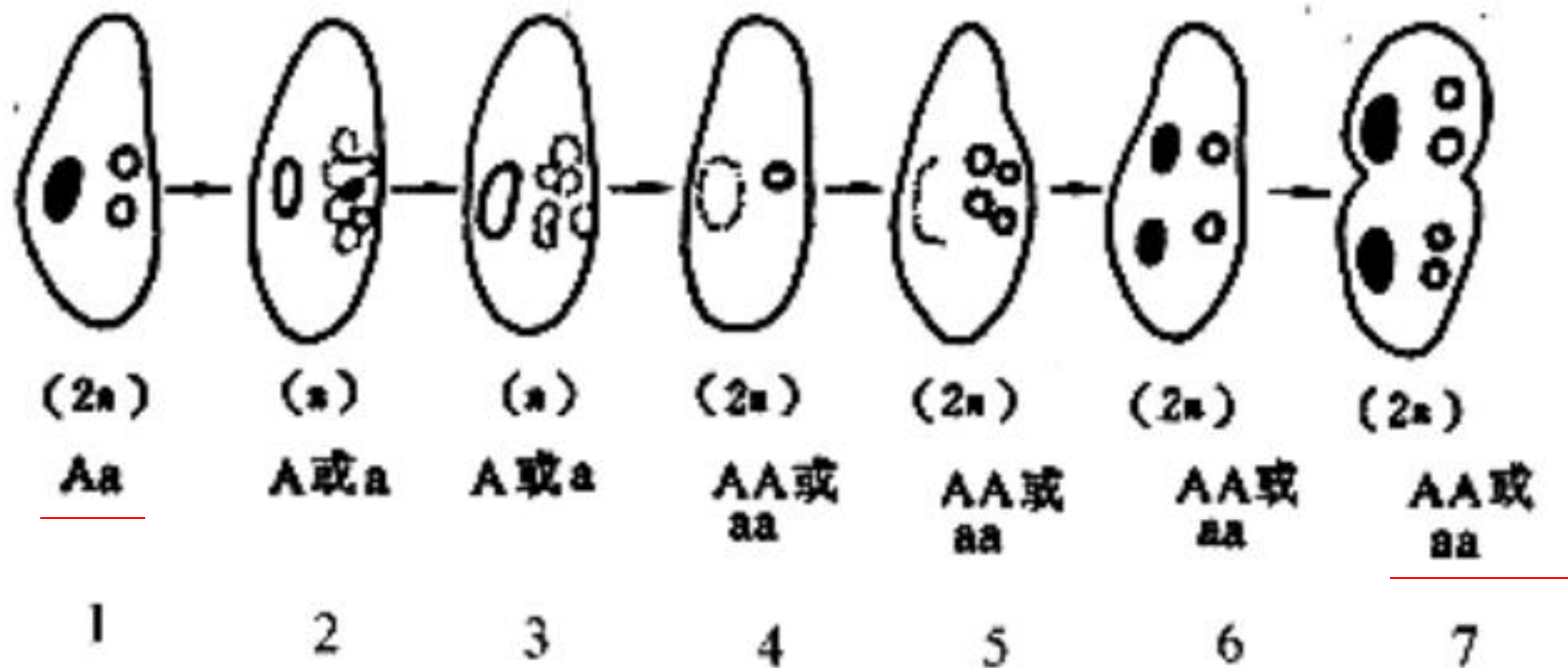


图 11-11 草履虫的接合生殖过程

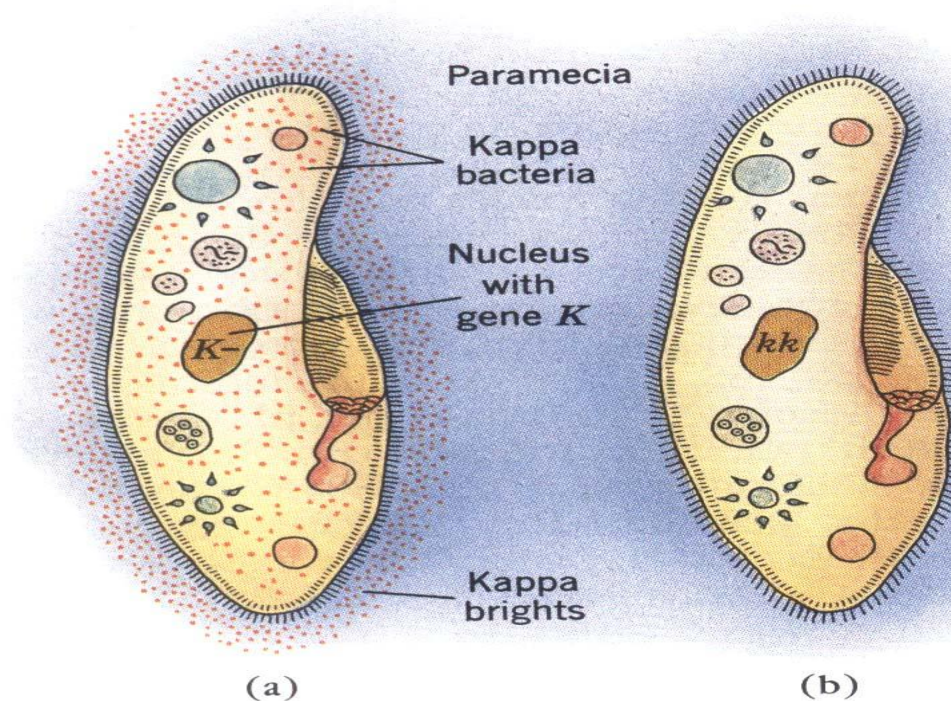


草履虫自体受精生殖

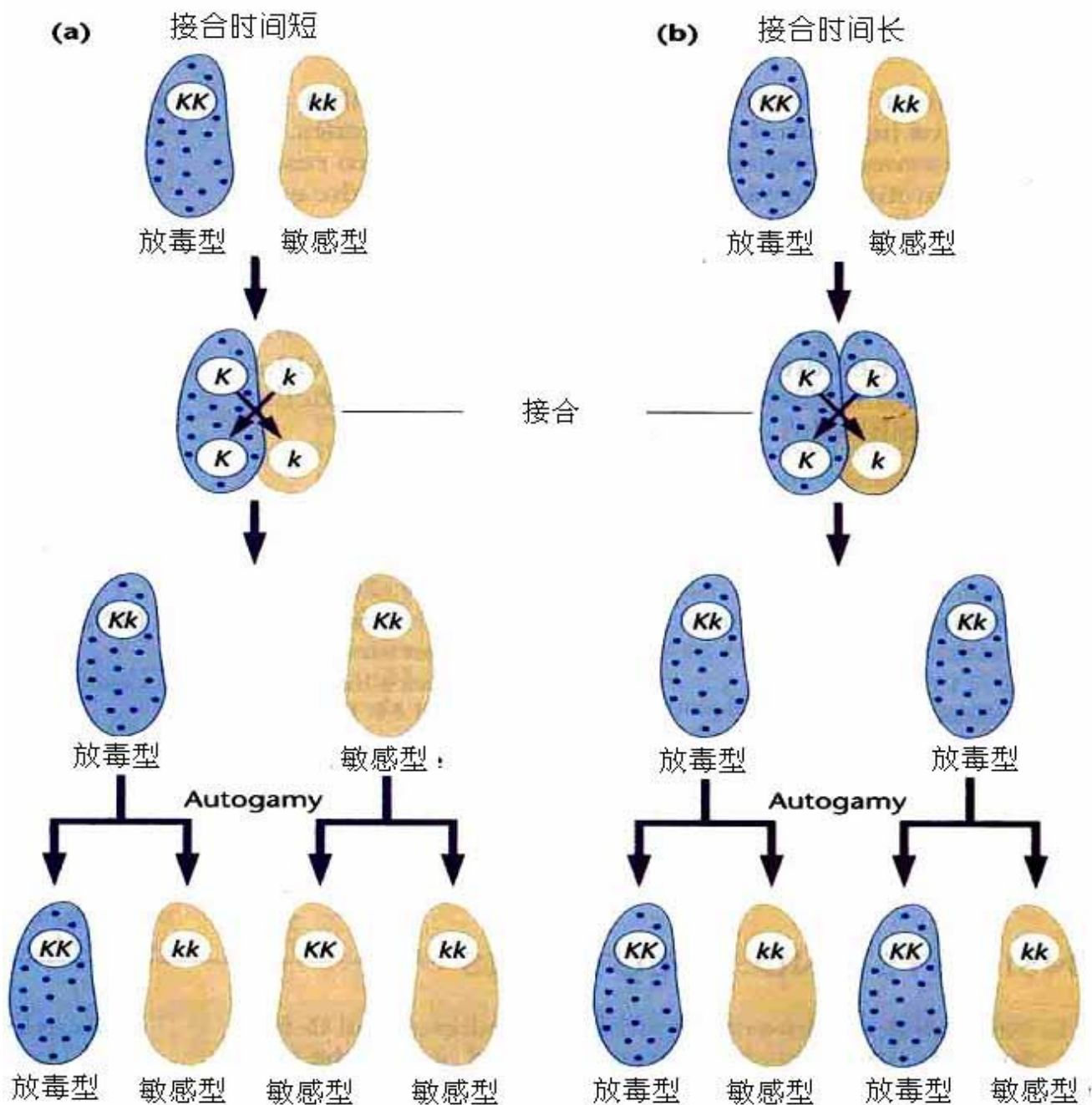
草履虫放毒型品系的遗传基础：

细胞质内有卡巴粒 → 放毒素-草履虫素

核内有显性基因 K → 使卡巴粒在细胞质内持续存在



**纯合放毒型
(KK+卡巴
粒)与敏感
型(kk、无
卡巴粒)的
交配可能
出现两种
情况：**



二、质粒的遗传

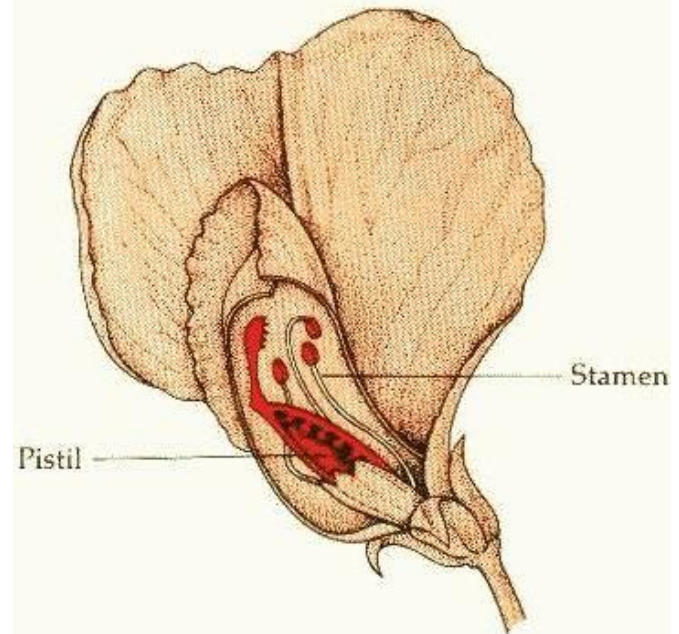
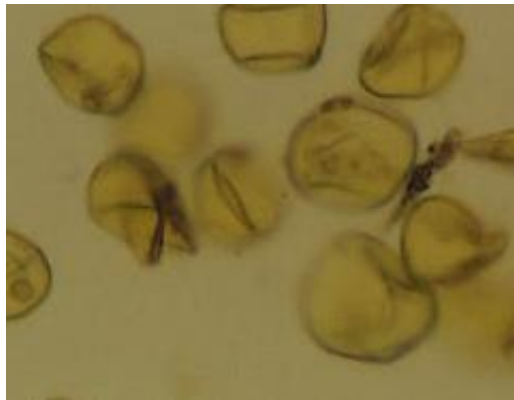
质粒(plasmid):存在于细胞中能独立进行自主复制的染色体外遗传因子。包括共生生物、真核生物的细胞器和细菌中染色体以外的单纯的DNA分子。目前已普遍认为质粒仅指细菌、酵母和放线菌等生物中染色体以外的单纯DNA分子。

大肠杆菌的F因子的遗传最具代表性。

第六节 植物雄性不育的遗传 (P244)

雄性不育(male sterility): 有花植物的雄蕊败育, 不能产生正常功能的花粉(花粉败育), 雌配子正常可育, 能接受正常花粉而受精结实。

在植物界是很普遍的, 18个科的110多植物中存在。



一、雄性不育的类别：

(一) 根据雄性不育可否遗传分为：

雄性不育

生理型：受外界环境干扰,不能遗传

遗传型：由控制雄性不育基因决定

遗传生理型：由遗传和环境共同作用

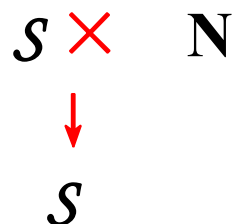
(二) 可遗传的雄性不育根据遗传机制分为:

1. 质不育型
2. 核不育型
3. 质—核不育型

二、雄性不育的遗传特点：

1. 质不育型：

目前已在270多种植物中发现有细胞质雄性不育现象。



遗传特点：

细胞质型不育系的不育性都只能被保持而不能被恢复。

2. 细胞核不育型：

由核内染色体上基因所决定的雄性不育类型

遗传研究表明：

多数核不育型均受简单的一对隐性基因(msms)所控制，纯合体(msms)表现为雄性不育。

育性表现特点：

败育过程发生于花粉母细胞的减数分裂期间，不能形成正常花粉。故败育十分彻底，可育株与不育株有明显界限。

这种核不育变异在稻、麦、玉米、谷子、番茄和洋葱等许多作物中都已发现。

msms **×** **MsMs**



Msms

↓ 自交

MsMs Msms msms

3 : 1

不能使**整个群体**保持这种不育性 。

- 显性核不育

TT × tt



Tt

3. 质—核不育型(cytoplasmic male sterility CMS):

(1). 概念:

由细胞质基因和核基因互作控制的不育类型。

(2) 遗传特点:

- 胞质不育基因为S；胞质可育基因为N；
- 核不育基因r；核可育基因R。

(3) 受细胞核基因与细胞质基因共同控制

- 育性表现为核基因与细胞质基因的重叠作用

只要一方具有可育基因，花粉粒的发育过程就表现为正常

(4) 以不育个体S(rr)为母本，分别与五种可育型杂交：

♀

♂

 F_1

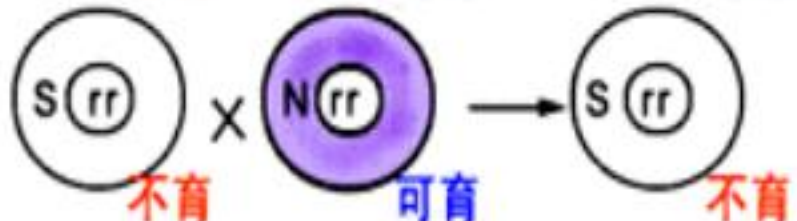
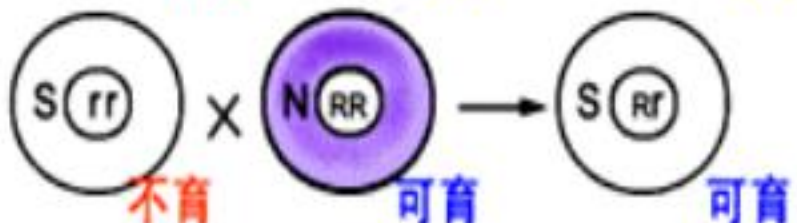
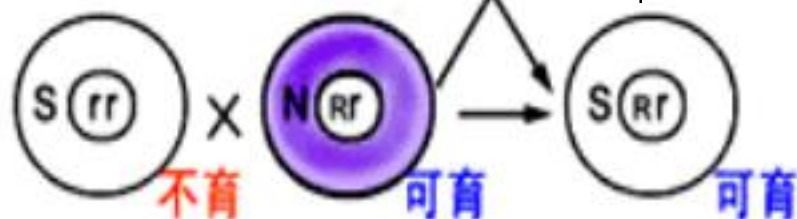
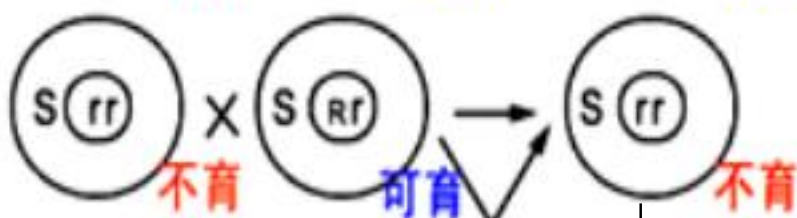
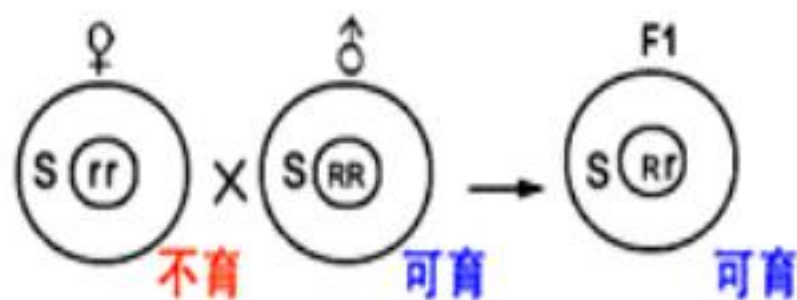
$S(rr)$ 不育 \times $S(RR)$ 可育 \rightarrow $S(Rr)$ 可育

$S(rr)$ 不育 \times $S(Rr)$ 可育 \rightarrow $S(rr)$ 不育

$S(rr)$ 不育 \times $N(Rr)$ 可育 \rightarrow $S(Rr)$ 可育

$S(rr)$ 不育 \times $N(RR)$ 可育 \rightarrow $S(Rr)$ 可育

$S(rr)$ 不育 \times $N(rr)$ 可育 \rightarrow $S(rr)$ 不育



可将各种杂交组合归纳为以下三种情况：

①. $S(rr) \times N(rr) \rightarrow S(rr)$ 中， F_1 表现不育。

其中： $N(rr)$ 个体具有保持母本不育性在世代中稳定的能力，称为**保持系(B)**，用于繁殖不育系。

$S(rr)$ 个体由于能够被 $N(rr)$ 个体所保持，其后代全部为稳定不育的个体，称为**不育系(A)**。

②. $S(rr) \times N(RR)$ 或 $S(RR) \longrightarrow S(Rr)$ 中, F1全部正常可育。

$N(RR)$ 或 $S(RR)$ 个体具有恢复育性的能力, 称为恢复系(R), 用于生产杂交种。

③. $S(rr) \times N(Rr)$ 或 $S(Rr) \longrightarrow S(Rr) + S(rr)$ 中, F1表现育性分离。

$N(Rr)$ 或 $S(Rr) + S(rr)$ 具有杂合的恢复能力, 称恢复性杂合体。

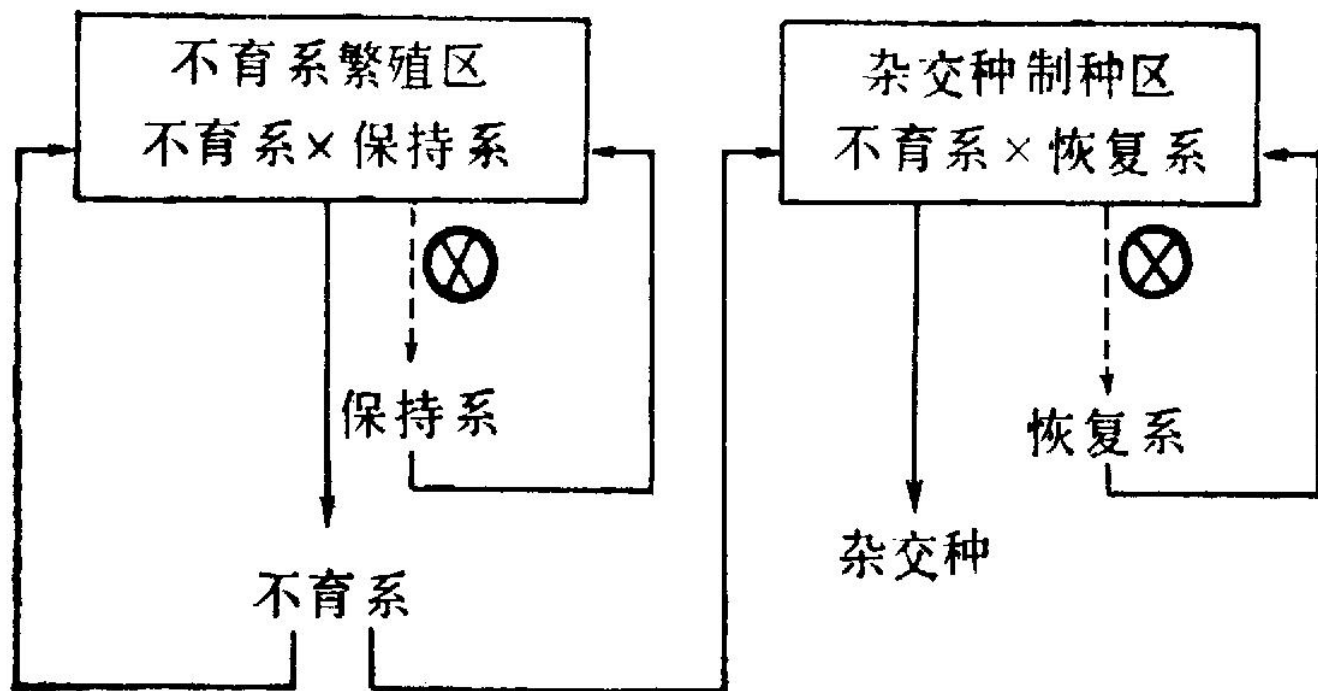
(5) 生产上的应用:

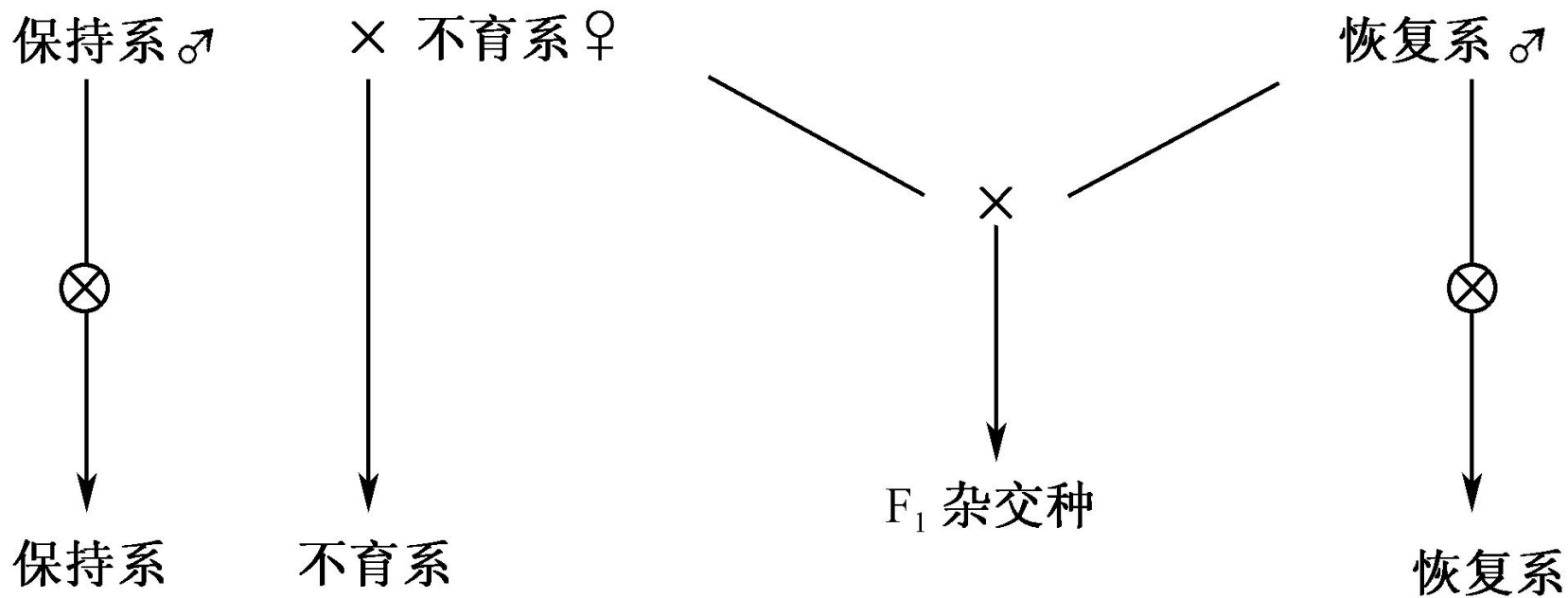
质核型不育性由于细胞质基因与核基因间的互作, 故既可以找到**保持系**→ 不育性得到保持、也可找到相应**恢复系**→ 育性得到恢复, 实现**三系配套**。

同时解决不育系繁种和杂种种子生产的问题:

繁种: $A \times B \rightarrow A$

制种: $A \times R \rightarrow I$



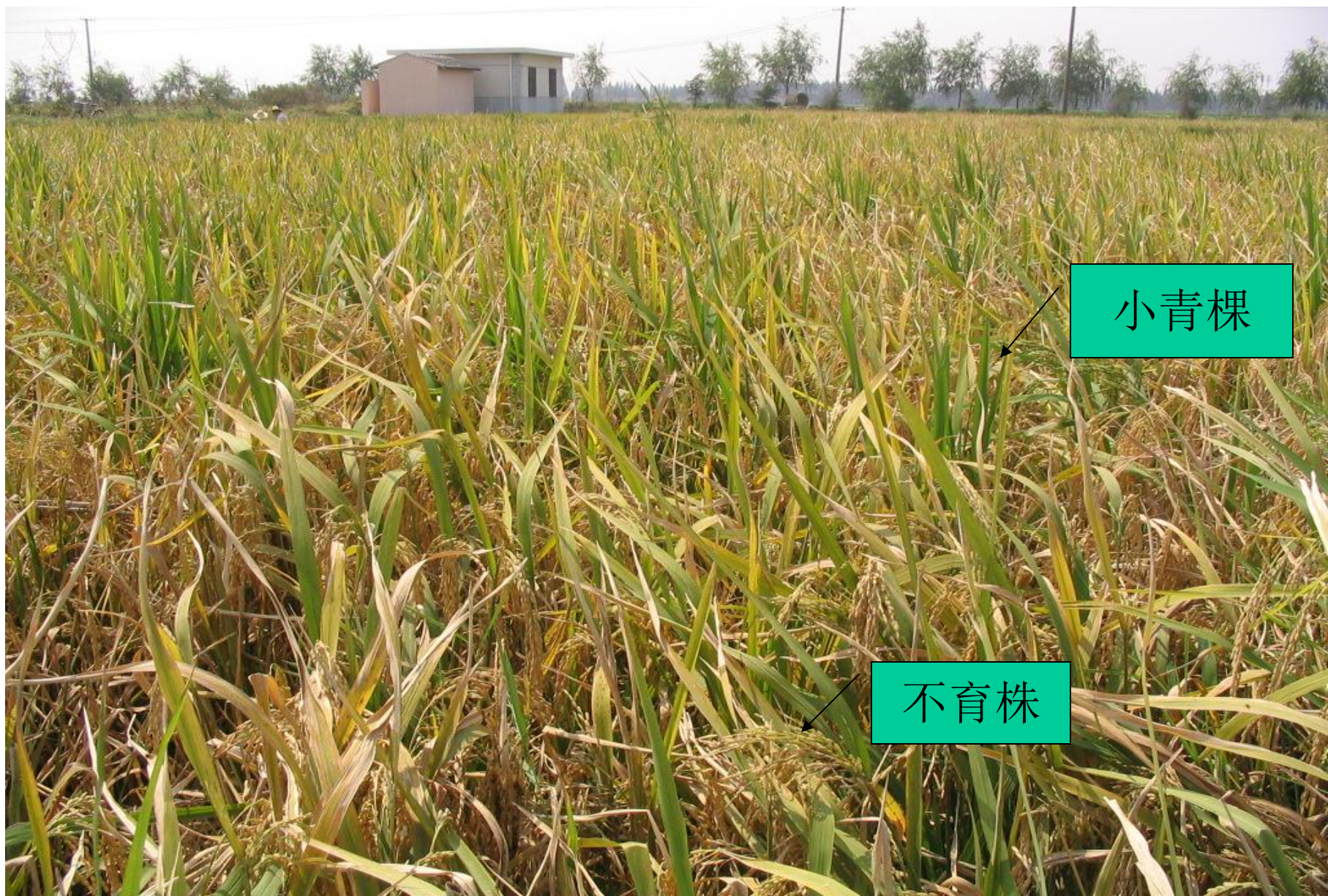


三系法杂交制种示意图

Collaboration between China and IRRI on Hybrid Rice



汕优63F2代分离表现（2004，江浦）



小青棵

不育株

水稻三系杂种优势的利用：

1973年，实现水稻三系配套、并成功的应用于大田生产。

1981年，获得国家第一个**特等发明奖**，以第一个农业技术专利转让美国。

1991年，杂交稻种植面积为26083.5万亩(1738.9万公顷)，增产效果明显(50~75kg/亩)。

1997年，杂交稻种植面积为25987.5万亩(1732.5万公顷)，约占水稻种植面积的62.84%，总产12236.34万吨，单产**468.67公斤/亩**(7.03吨/公顷)，比全国水稻平均产量增11.17%。**杂交稻制种**156.9万(10.46万公顷)，制种平均产量为181.33公斤/亩(2.72吨/公顷)。

杂交水稻已获得：

- ①. 1981年获得我国第一个特等发明奖；
- ②. 1985年获得联合国知识产权组织发明和创造金质奖；
- ③. 1987年获得联合国教科文组织巴黎总部颁发的1986~1987年度一等科学奖；
- ④. 1988年获得英国郎克基金会一等奖；
- ⑤. 1993年获得菲因斯特世界饥饿奖（由美国民间组织设立）；
- ⑥. 1998年6月24日由国家国资局授权的湖南四达资产评估所认定：国家杂交稻工程技术研究中心“袁隆平”品牌价值为1000亿元。
- ⑦. 8117小行星被命名为“袁隆平”星；
- ⑧. 2001年2月获首届国家最高科技奖。

中国工程院院士，
杂交稻之父





- 2004年10月14日，在美国艾奥瓦州得梅因市，中国水稻专家袁隆平（左）和塞拉利昂水稻专家蒙蒂·琼斯博士共同获得**世界粮食奖**。两人还共同获得了这一奖项的25万美元奖金。世界粮食奖设立于1986年，由总部设在美国艾奥瓦州得梅因市的世界粮食奖基金会每年颁发一次，授予“在为人类提供营养丰富、数量充足的粮食中作出突出贡献的个人”。此奖被看作是**国际上在农业方面的最高荣誉**。

4. 水稻的光（温）敏核不育（遗传生理型）：

* 水稻的光敏核不育材料：

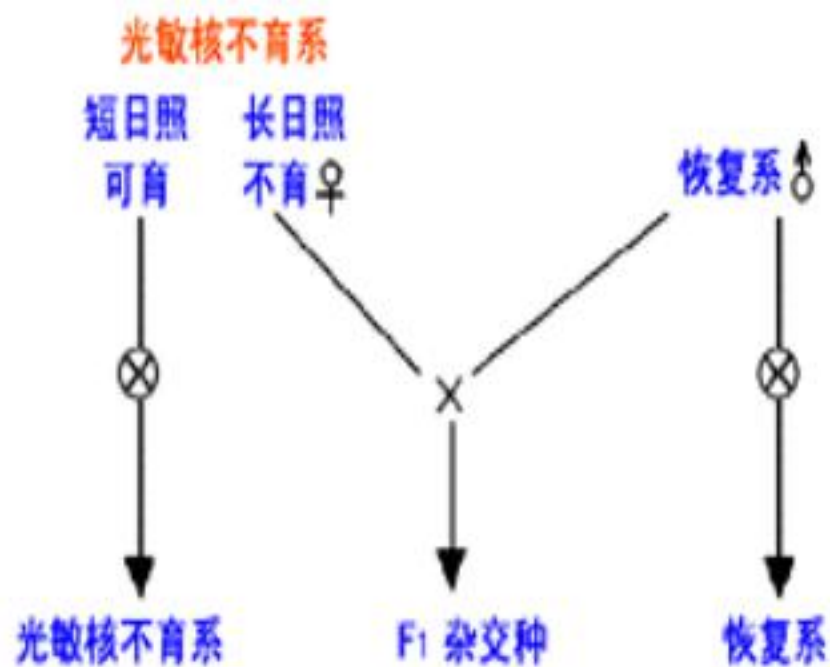
长日照条件下为不育(>14h, 制种)；

短日照条件下为可育(<13.45- 14h , 繁种)。

* 水稻的温敏核不育材料：

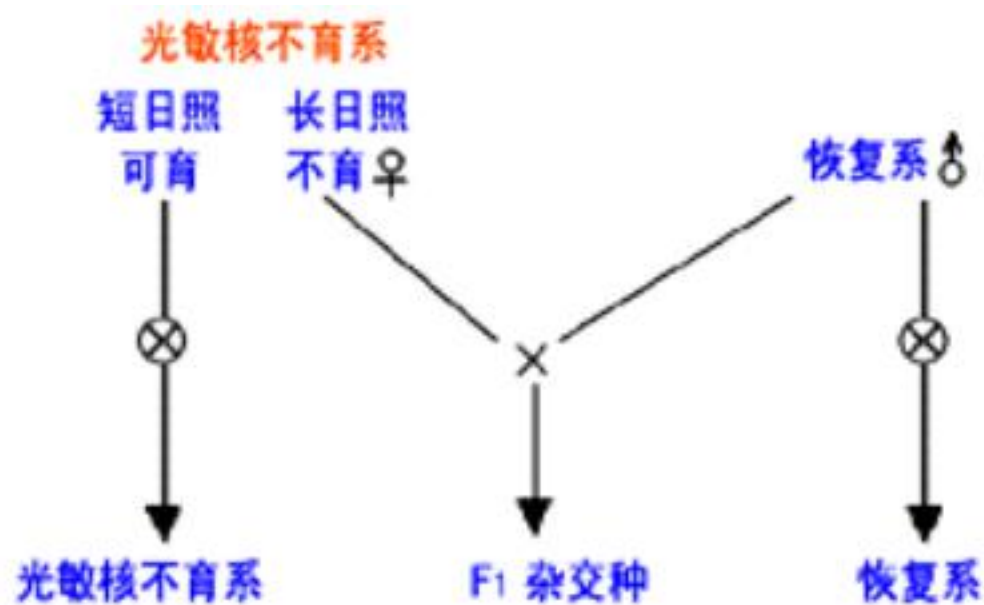
>28℃, 不育；

<23-24℃育性转为正常。

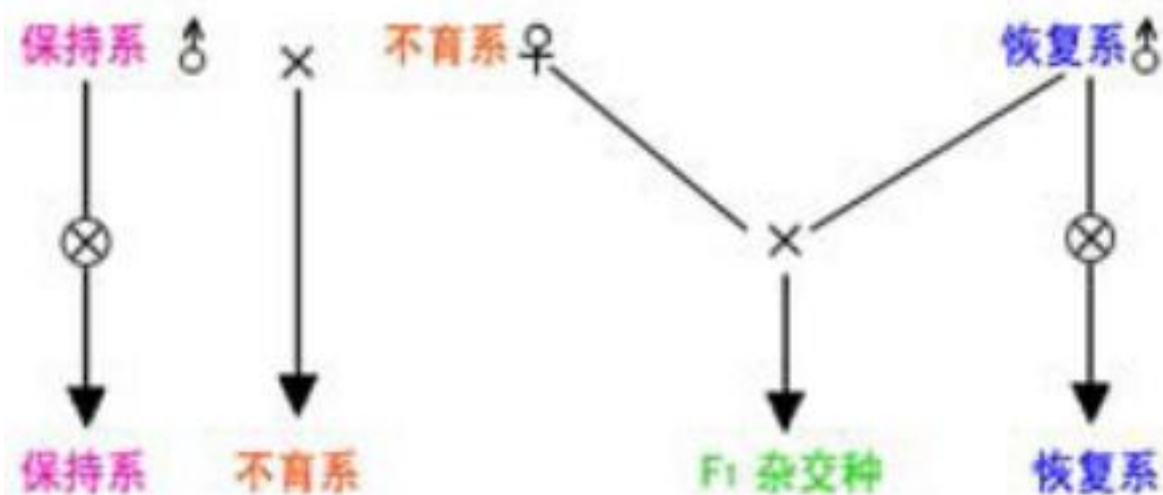


两系法——基于光敏核不育水稻的杂交制种示意图





两系法——基于光敏核不育水稻的杂交制种示意图



应用三系法配制杂交种示意图

5. 质核互作不育型遗传特点（P245）：

(1) 孢子体不育和配子体不育

孢子体不育：是指花粉的育性受孢子体(即植株)基因型所控制，而与花粉本身所含基因无关。

孢子体基因型为 rr \longrightarrow 花粉全部败育；

孢子体基因型为 RR \longrightarrow 花粉全部可育；

孢子体基因型为 Rr \longrightarrow 产生的花粉中有 R 也有 r ，但均可育，自交后代分离。

②.配子体不育：是指花粉育性直接受花粉本身的基因所决定。

配子体内核基因为 R' \rightarrow 该配子可育；

配子体内核基因为 r' \rightarrow 该配子不育。

如果植株的基因型为 $R' r'$ 则产生的花粉是半不育的，表现为花粉育性分离。

(2) 胞质不育基因的多样性与核育性基因的对应性

- 胞质不育基因的多样性
 - 同一种植物中可能存在多种不育胞质类型.
 - 各种不育胞质分别是由不同的细胞质基因突变引起
 - 细胞质中存在多个与配子育性有关的基因

•核育性基因的对应性

- 对于每一种不育胞质都**对应**存在一个(多个)核基因R可以弥补胞质基因突变，产生可育花粉
- 细胞核中也存在多个与花粉育性有关的基因
- 对于每一种不育类型而言，都需要**某一特定的恢复基因**来恢复，因而反映出恢复基因有某种程度的**专效性或对应性**

玉米自交系对3组雄性不育细胞质的恢复性反应

自交系名称	细胞质组			恢复特性
	T	C	S	
Ayx187y-1	恢复	恢复	恢复	能恢复3组
0h43	不育	恢复	恢复	能恢复2组
NyD410	恢复	不育	不育	能恢复1组
Co150	不育	恢复	不育	能恢复1组
0h51A	不育	不育	恢复	能恢复1组
SD10	不育	不育	不育	保持3组

(3).单基因不育性和多基因性不育性:

核遗传型不育性: 多数表现为单基因遗传;

质核互作型: 既有单基因控制、也有多基因控制。

①.单基因不育性: 指1~2对核内主基因与对应的不育胞质基因决定的不育性。

不育 × 可育



F1



F2

②.多基因不育性：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。有关基因的表现型效应较弱，但有累加效应，随着恢复基因的增加其育性上升。

如小麦T型不育系和高粱的3197A就属于这种类型。

三、雄性不育性的发生机理：

1. 核不育型：

核基因单独控制假说，即 M_s （可育） \rightarrow ms （不育）。

核基因决定着育性，其不育性彻底；但保持不育特性困难。

可利用一些苗期的标记性状与不育基因的连锁来识别不育（ $msms$ ）与可育（ $Msms$ ）。

如：玉米的核不育黄绿苗标记体系，三叶期黄绿苗的植株为不育系、绿苗的可作为保持系。



2. 质-核互作遗传型:

(1). 胞质不育基因的载体:

- ▶ **线粒体**基因组DNA(mt DNA)是胞质不育基因的载体:

不育系**线粒体亚显微结构**和**分子组成**等与正常植株（如保持系）有所不同，由mt DNA 翻译合成的**蛋白质**也有所不同。

- ▶ **叶绿体**DNA(ct DNA)是雄性不育的载体:

不育系和保持系之间在**叶绿体超微结构**和**ct DNA**上存在着明显不同，而叶绿体基因组的某些变异可以破坏叶绿体与细胞核及线粒体间的固有**平衡**→导致不育。

(2). 质核基因互作雄性不育性机理主要有以下几种假说：

①. 质核互补控制假说：

不能形成淀粉酶或其它一些酶 → 认为质不育基因存在于线粒体上。

当mt DNA某个或某些节段发生变异、质基因由N → s时，线粒体mRNA所转录的不育性信息使某些酶不能形成，或形成某些不正常的酶，从而破坏花粉形成的正常代谢过程。

mt DNA发生变异后→是否一定导致花粉败育，还与核基因的状态有关：

一般情况下，只要质核双方一方带有可育的遗传信息，无论是N或R→均能形成正常育性的花粉。

R可补偿s的不足、N可补偿r的不足。只有s与r共存时，由于不能互相补偿→表现不育。

②.能量供求假说:

假定**供能水平**高低**取决于mt DNA**，而**耗能水平**的高低则**决定于核基因**。

高供能母本、低耗能父本，由于杂种的供能高而耗能低

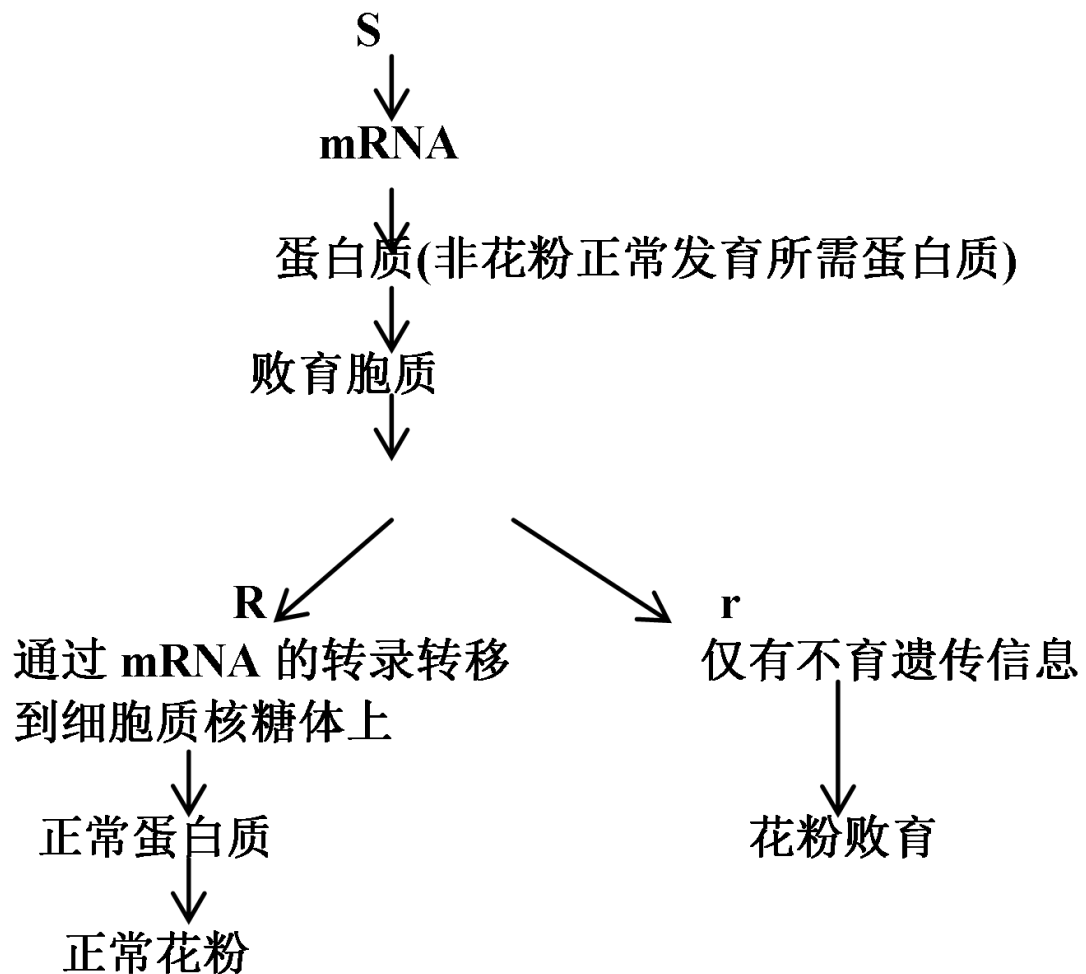
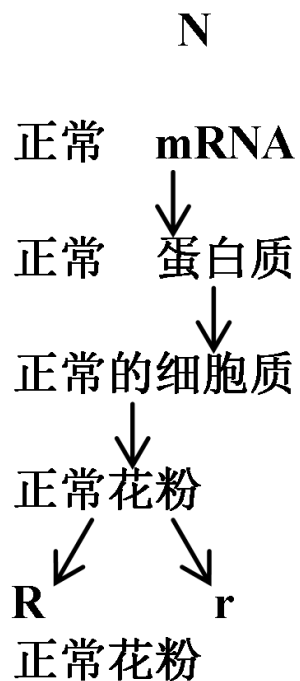
→ 育性正常；

低供能母本、高耗能父本，得到的核质杂种由于能量供求

→ 不平衡 → 表现雄性不育。

③亲缘假说

亲缘关系较远的亲本间杂交，杂种后代核质基因间不协调，并进而导致生理不协调，达到一定程度后雄配子发育异常。



- 本章重点

- 1、细胞质遗传的概念及特点；
- 2、细胞质遗传与核遗传的差异；
- 3、母性影响和细胞质遗传的区别。

作业

9. 在玉米中，利用细胞质雄性不育和育性恢复基因制造双交种，有一种方式是这样的：先把雄性不育自交系 A [$S(rr)$] 与雄性可育自交系 B [$N(rr)$] 杂交，得到单交种 AB。把雄性不育自交系 C [$S(rr)$] 与雄性可育自交系 D [$N(RR)$] 杂交，得到单交种 CD。然后再将两个单交种杂交，得到双交种 ABCD。问：双交种的基因型和表现型有哪几种？比例如何？