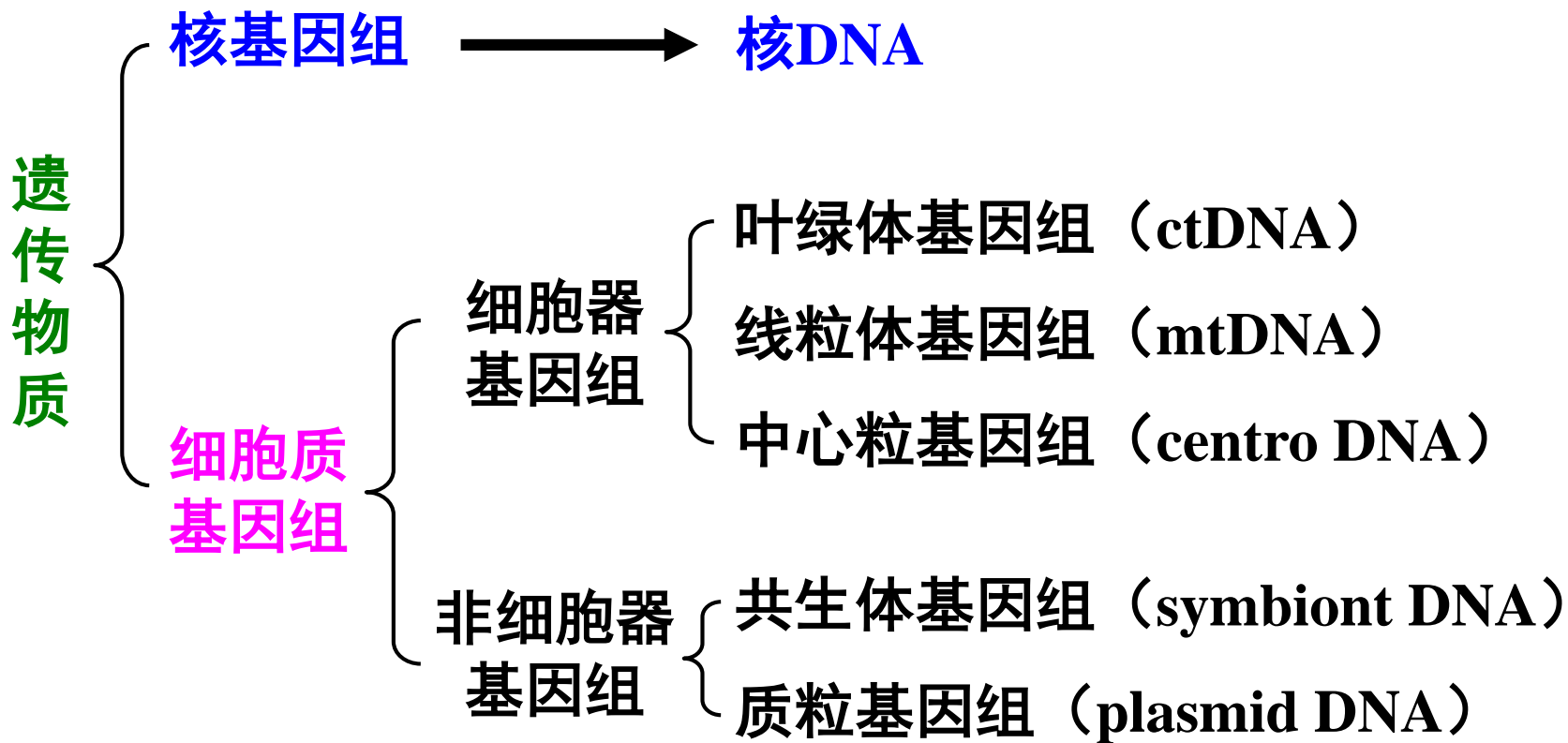


第七章 核外遗传



□ **核外遗传**：受细胞质内遗传物质控制的遗传现象，称为核外遗传，又称细胞质遗传(**质遗传**)。

□ **细胞核遗传**：受细胞核内遗传物质控制的遗传现象，称为细胞核遗传（**核遗传**）。

■ 核外遗传的特点

- ✓ 遗传物质通过细胞质从亲代传给子代；
- ✓ 正交和反交的遗传表现不同；
- ✓ 由细胞质中附加体决定的性状，其表现往往类似病毒的转导或感染，即可传递给其它细胞；
- ✓ 基因定位困难：非孟德尔遗传；



本章主要内容

- 母性影响
- 核外遗传举例
- 核外遗传与植物雄性不育性



□ 母性影响：母体中核基因的某些产物积累在卵细胞的细胞质中，使子代的表型不由自身的基因所决定，而是由母本核基因决定的一种遗传现象。

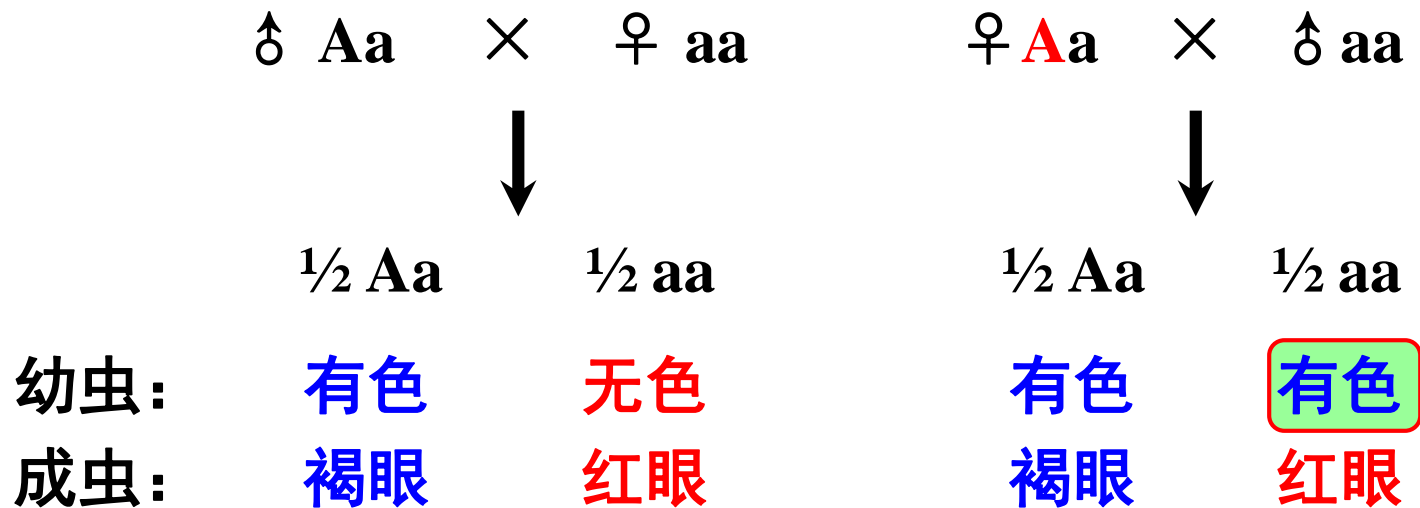
由于受控于核基因组，所以母性影响并不属于细胞质遗传的范畴

■ 短暂的母性影响

例：欧洲麦蛾**肤色/眼色**的遗传

{ **野生型(A)：** 幼虫皮肤**有色**， 成虫眼睛**深褐色**；
突变型(a)： 幼虫皮肤**无色**， 成虫眼睛**红色**；

- ✓ AA与aa杂交时，无论正交还是反交，子一代Aa
幼虫皮肤都为**有色**，成虫眼睛都为**深褐色**；
- ✓ F₁杂合体（Aa）与隐性纯合体的正反交结果不
一样；



原因: A基因产物（色素物质）在细胞质中，因此，♀ Aa的A产物在受精卵细胞质中积累，使幼虫表现为有色，但其子代aa个体无A基因，发育中细胞质中的A产物消耗完，成体为红眼。

■ 持久的母性影响

例：椎实螺的外壳旋转方向的遗传

椎实螺是一种 ♀、♂ 同体的软体动物，即可进行**异体杂交**、又可进行**自体受精**进行繁殖。



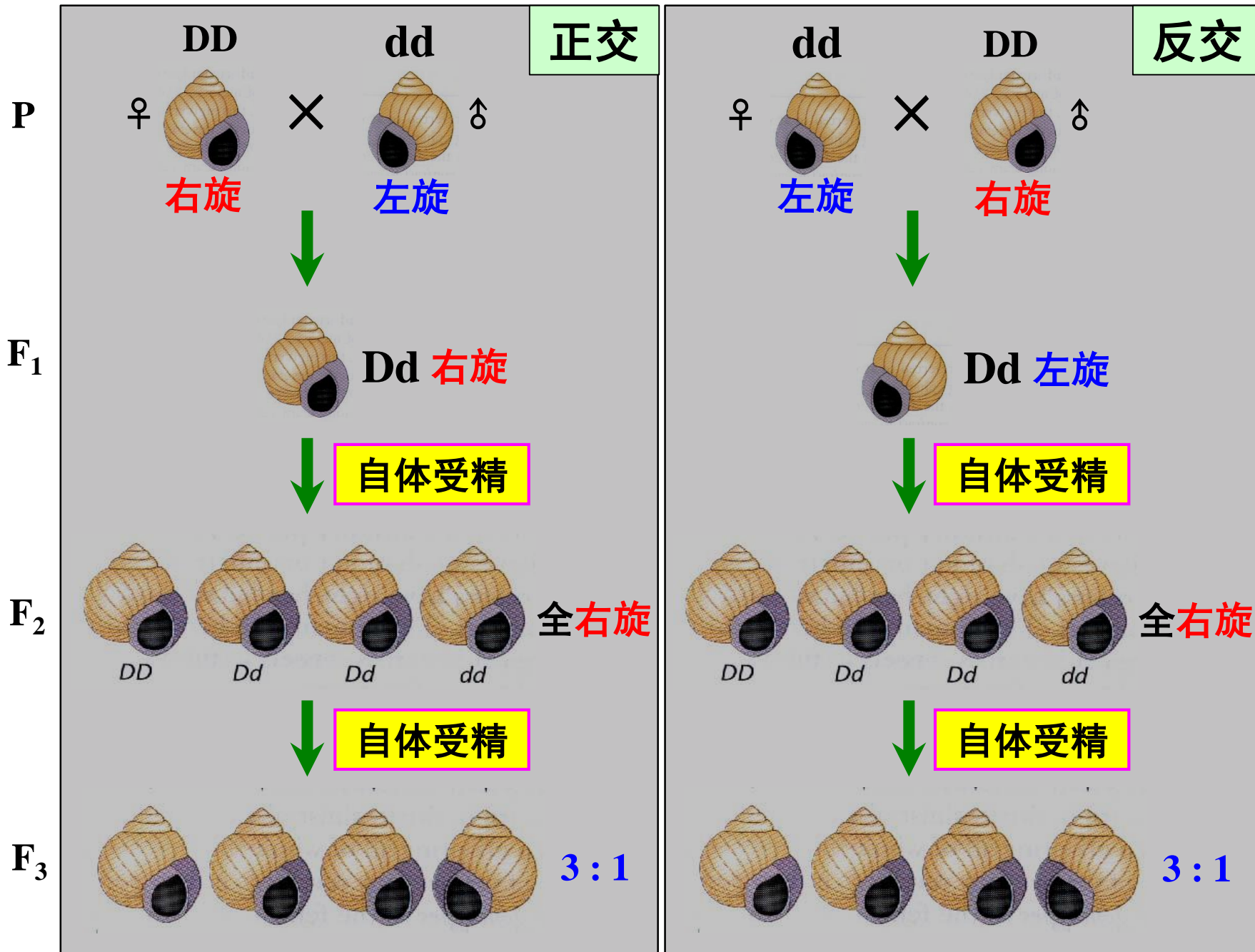
外壳的旋转方向有**左旋**和**右旋**之分，属于一对相对性状。

椎实螺

左旋（**d**）隐性

右旋（**D**）显性





特点：子代表型受**母体基因型**控制，不按自己的基因型发育，而是**按母本的基因型发育，自己的基因型推迟一代表现；**

原因：外壳旋转方向取决于**第一次卵裂**时纺锤体的取向，而纺锤体的取向又取决于受精卵中**细胞质的性质**，受精卵中细胞质的性质是由**母本基因型**（卵母细胞）决定的；

母本基因型 → 受精卵中细胞质的性质 → 第一次
卵裂时纺锤体的取向 → 外壳旋转方向

母本基因型 → 子代外壳旋转方向



本章主要内容

■ 母性影响

■ 核外遗传举例

■ 核外遗传与植物雄性不育性

核外遗传举例



- ✓ 线粒体的遗传
- ✓ 叶绿体的遗传
- ✓ 细胞内敏感物质的遗传

■ 线粒体(mitochondrion)的遗传

mtDNA的结构

- 1) 较小(植物大于动物), 双链, 裸露, 多为环状DNA;
- 2) 一个细胞内有多个线粒体, 一个线粒体有多个mtDNA分子;
- 3) mtDNA的复制方式也为半保留复制;
- 4) mtDNA的复制与核DNA的复制相对独立;
- 5) mtDNA含编码与呼吸作用相关的酶和蛋白质基因;

几种生物的mtDNA

物种	每细胞中线粒体数	mtDNA大小 (kb)	mtDNA与核DNA比值
酿酒酵母	22	84	0.18
鼠 (L细胞)	500	16.2	0.002
人 (Hela细胞)	800	16.4	0.01

线粒体的转录与翻译

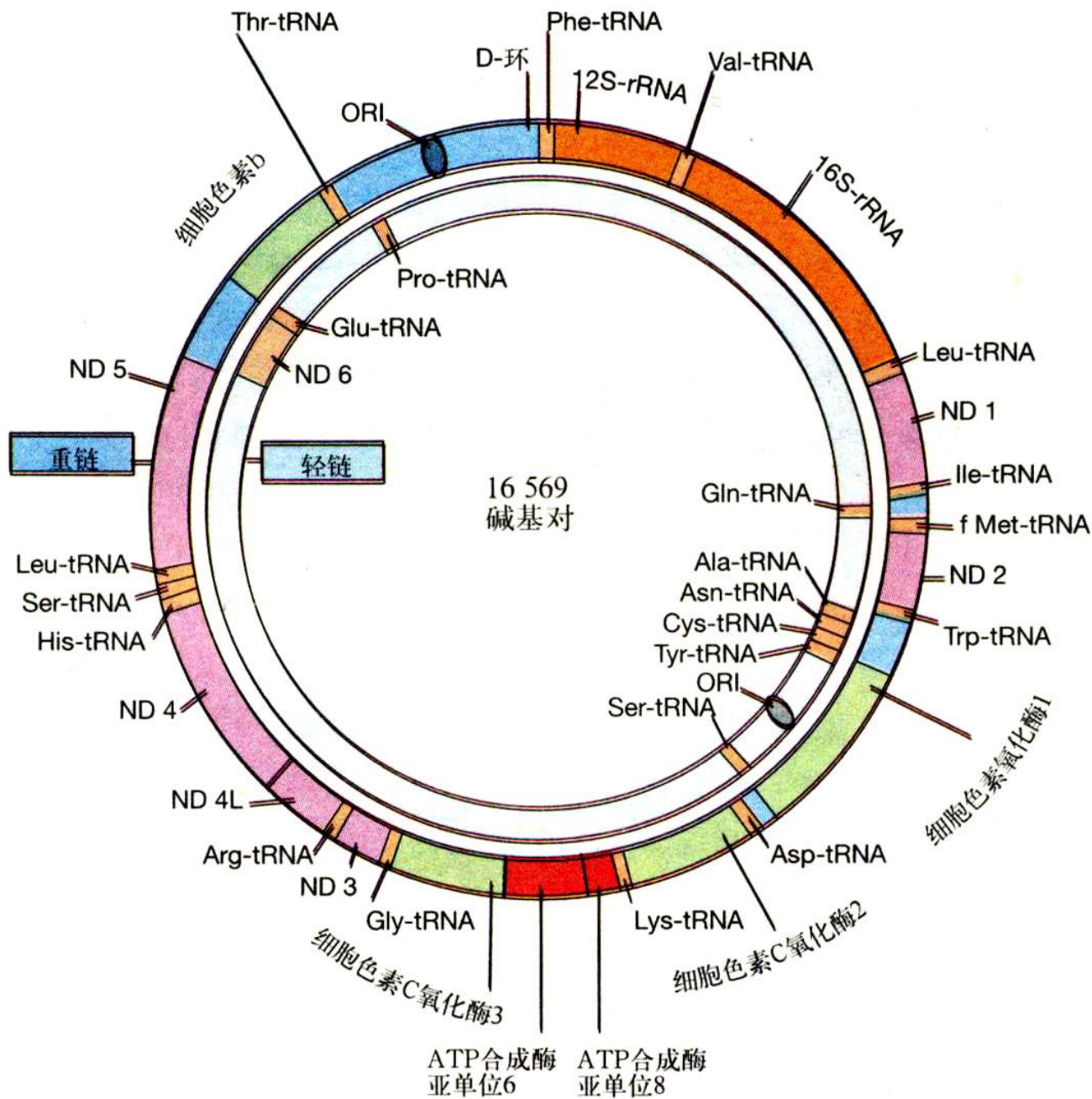
- ✓ mtDNA含有一部分自身蛋白质、rRNA、tRNA的编码基因，并拥有自身的一组密码子(大部分与核相同)；

密码子	细胞核	线粒体		
		哺乳动物	植物	酵母
UGA	终止	色	终止	色
AGA AGG	精	终止	精	精
AUA	异亮	甲硫	异亮	异亮
AUU	异亮	甲硫	异亮	甲硫
CGG	精	精	色和精	精

线粒体的转录与翻译

- ✓ 线粒体的**遗传装置**能够单独完成DNA复制、基因转录、蛋白质合成和基因重组，并**拥有自身的核糖体**；
- ✓ 参与mtDNA复制、转录、翻译及基因表达调控的很多蛋白质来自核基因编码，**对核基因具有一定的依赖性**；

线粒体是**半自主性的**，受核和线粒体
两套遗传系统的共同控制



人类线粒体基因组

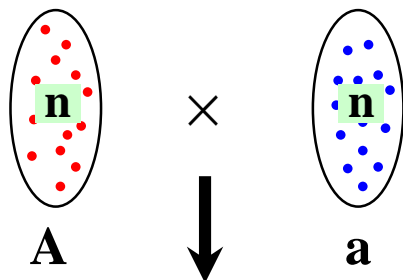
例：酵母小菌落的遗传

大菌落 → { 大菌落
小菌落 (1-2%)

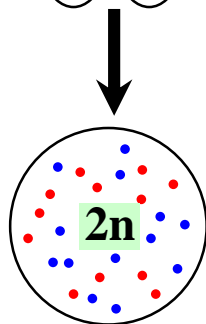
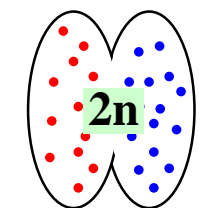
小菌落 → 小菌落



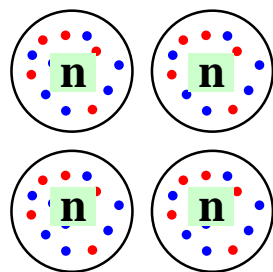
小菌落酵母细胞缺少细胞色素a、b和细胞色素氧化酶 → 不能有氧呼吸 → 不能有效利用有机物 → 产生小菌落



A和a代表
不同的交
配型



减数分裂



小菌落突变株的三种类型

分离型小菌落(segregational petite): 核基因突变

中性型小菌落(neutral petite) (p^0): mtDNA大部分丧失

抑制型小菌落(suppressive petite) (p^-): mtDNA产生抑制基因

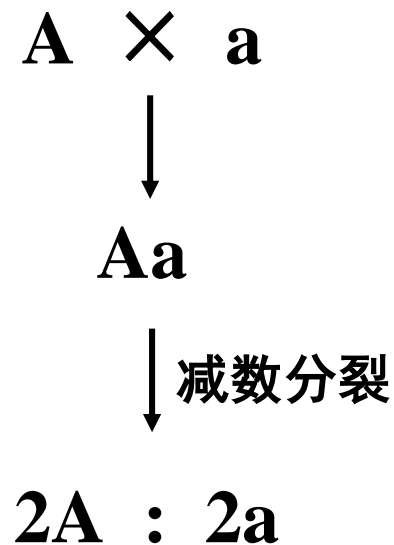
与野生型mtDNA (p^+)杂交:

分离型小菌落: 野生型 : 小菌落 = 1 : 1

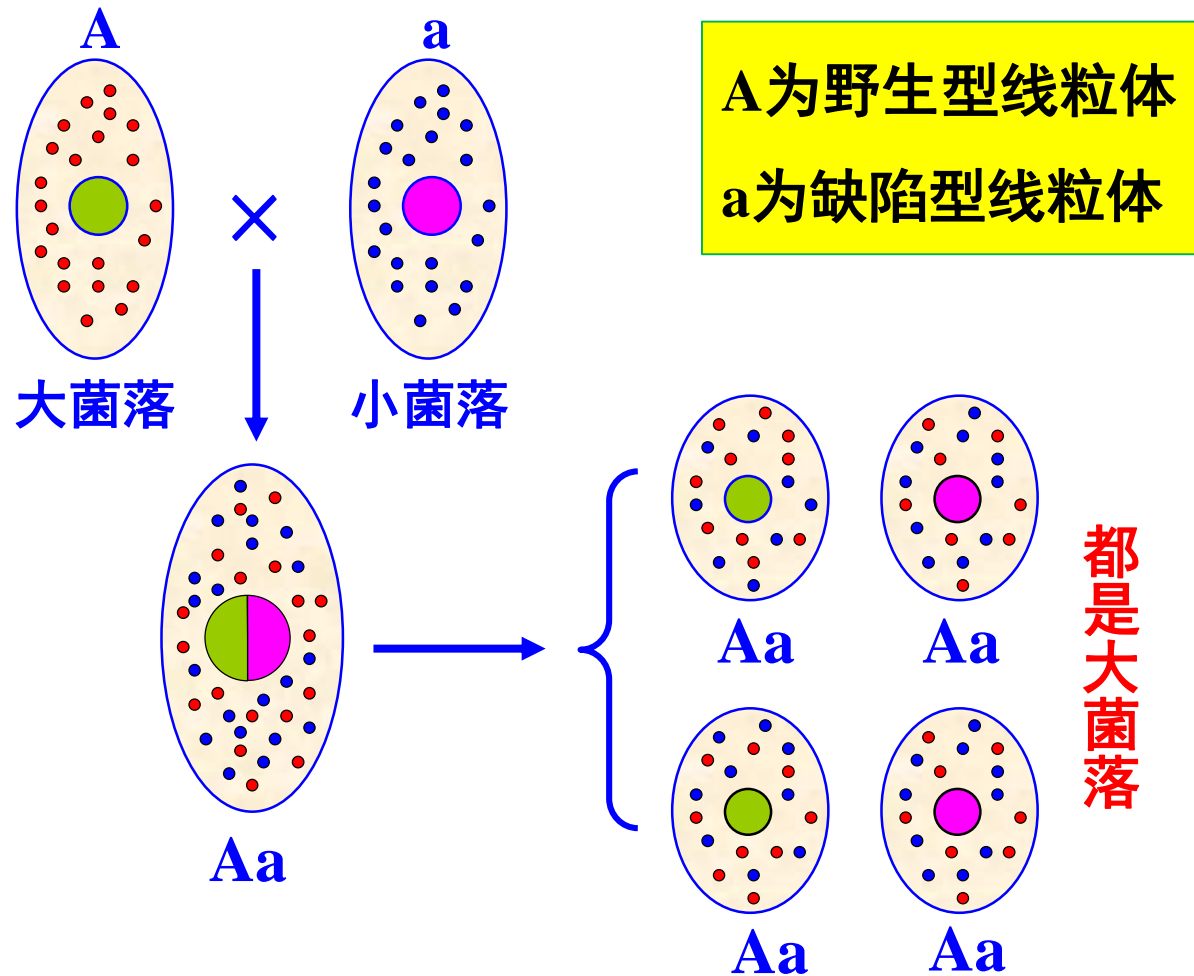
中性型小菌落(p^0): $p^+ \times p^0$: 野生型 : 小菌落 = 4 : 0

抑制型小菌落(p^-): $p^+ \times p^-$: 野生型 : 小菌落 = 0 : 4

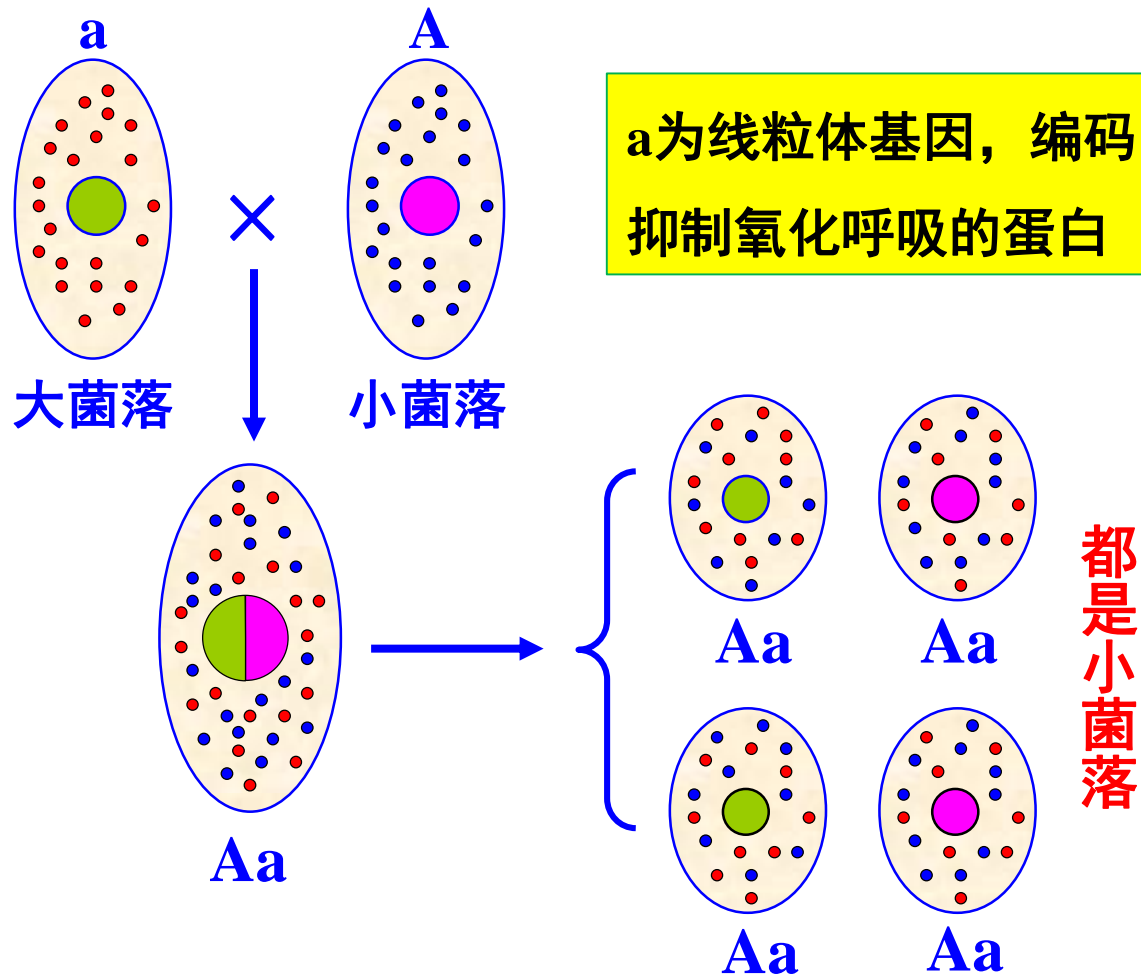
分离型小菌落：核基因突变导致线粒体有氧呼吸所需蛋白缺陷



中性型小菌落：mtDNA大范围缺陷，甚至缺失



抑制型小菌落：mtDNA突变产生抑制基因



■ 叶绿体(chloroplast)的遗传

cpDNA的结构

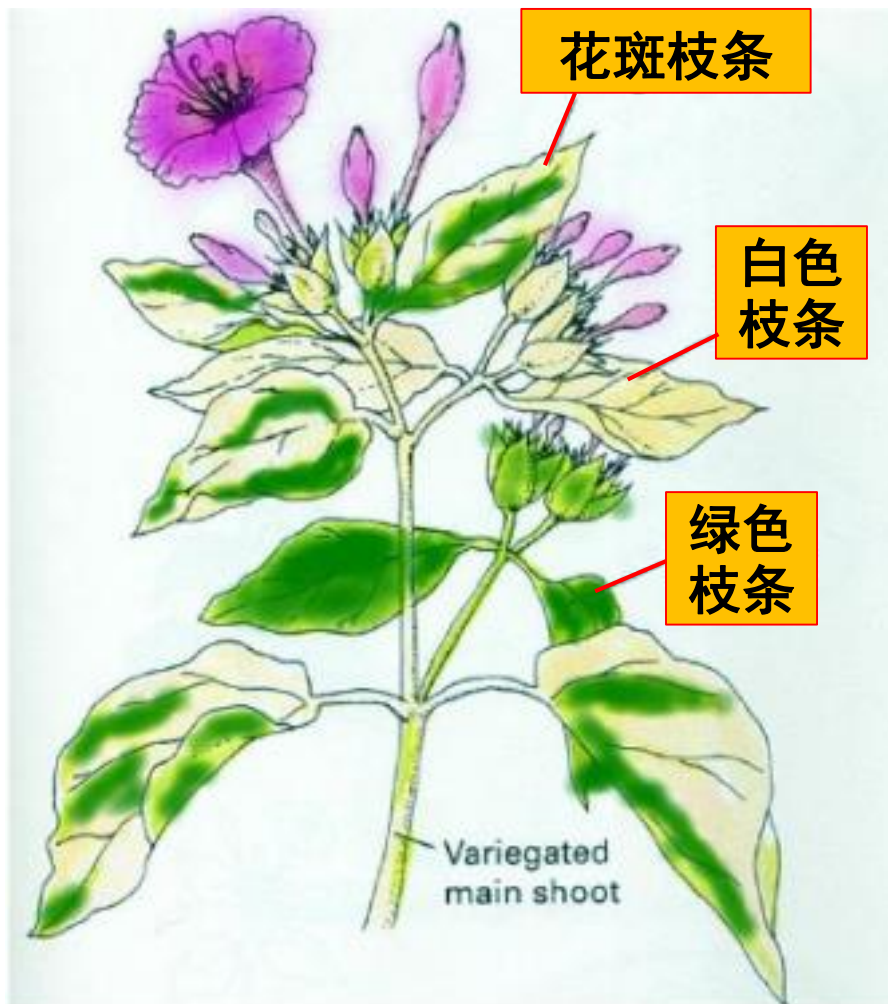
- 1) 120 ~ 200 kb, 双链环状DNA, 裸露;
- 2) 一个细胞含有一个或上百个叶绿体, 一个叶绿体有多个cpDNA分子;
- 3) 含有有两个大的反向重复序列;
- 4) cpDNA的复制方式也为半保留复制;
- 5) cpDNA的复制与核DNA的复制相对独立;
- 6) cpDNA含编码与光合作用相关的酶和蛋白质基因;

叶绿体的转录与翻译

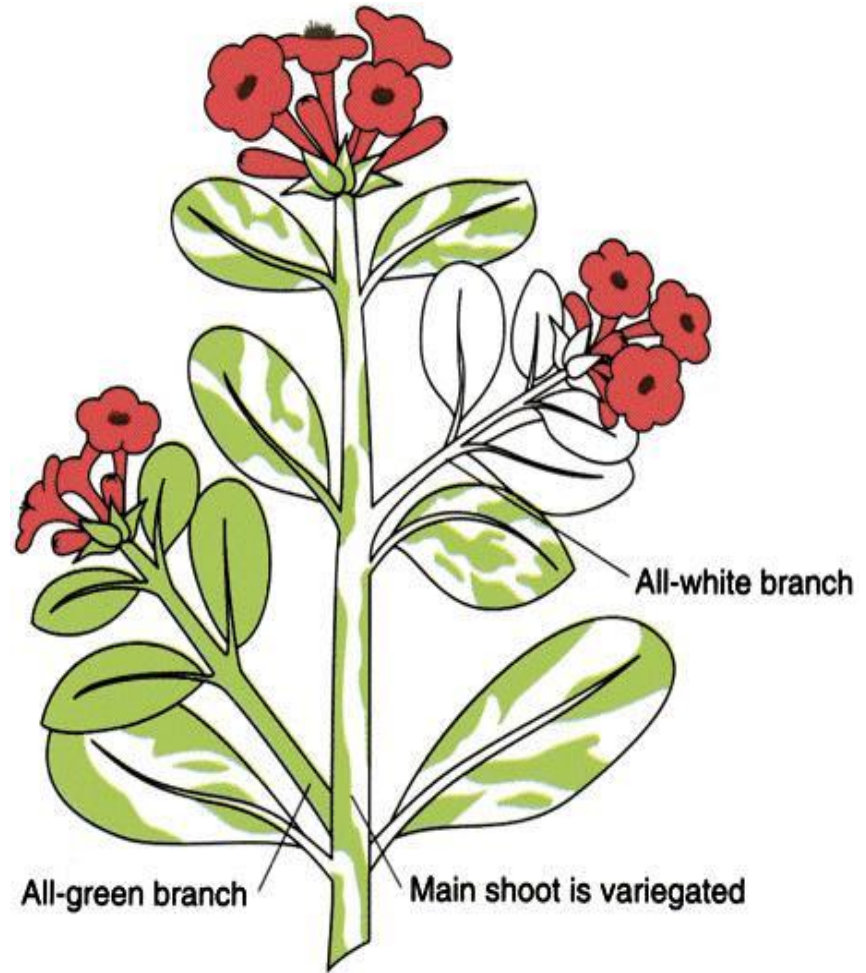
- ✓ cpDNA含有一部分自身蛋白质、rRNA、tRNA的编码基因，并且**密码子与核密码子相同**；
- ✓ 叶绿体的遗传装置能够单独完成DNA复制、基因转录、蛋白质合成，并拥有自身的核糖体；
- ✓ 蛋白由自身编码、核基因编码和二者共同编码，因此对核基因具有一定的依赖性；

叶绿体是**半自主性**的，受核和叶绿体
两套遗传系统的共同控制

例一：紫茉莉花斑性状的遗传



紫茉莉花
斑植株着生有
绿色、白色和
花斑三种枝条。



1909年，德国生物学家柯伦斯(Carl Correns)

柯伦斯杂交试验

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	白色
绿色	白色、绿色、花斑	绿色
花斑	白色、绿色、花斑	白色、绿色、花斑 (不成比例)

规律：杂种植株的表现完全由**母本枝条决定**，与提供花粉的父本无关。

原因

细胞学研究表明：

绿细胞中含有正常的叶绿体

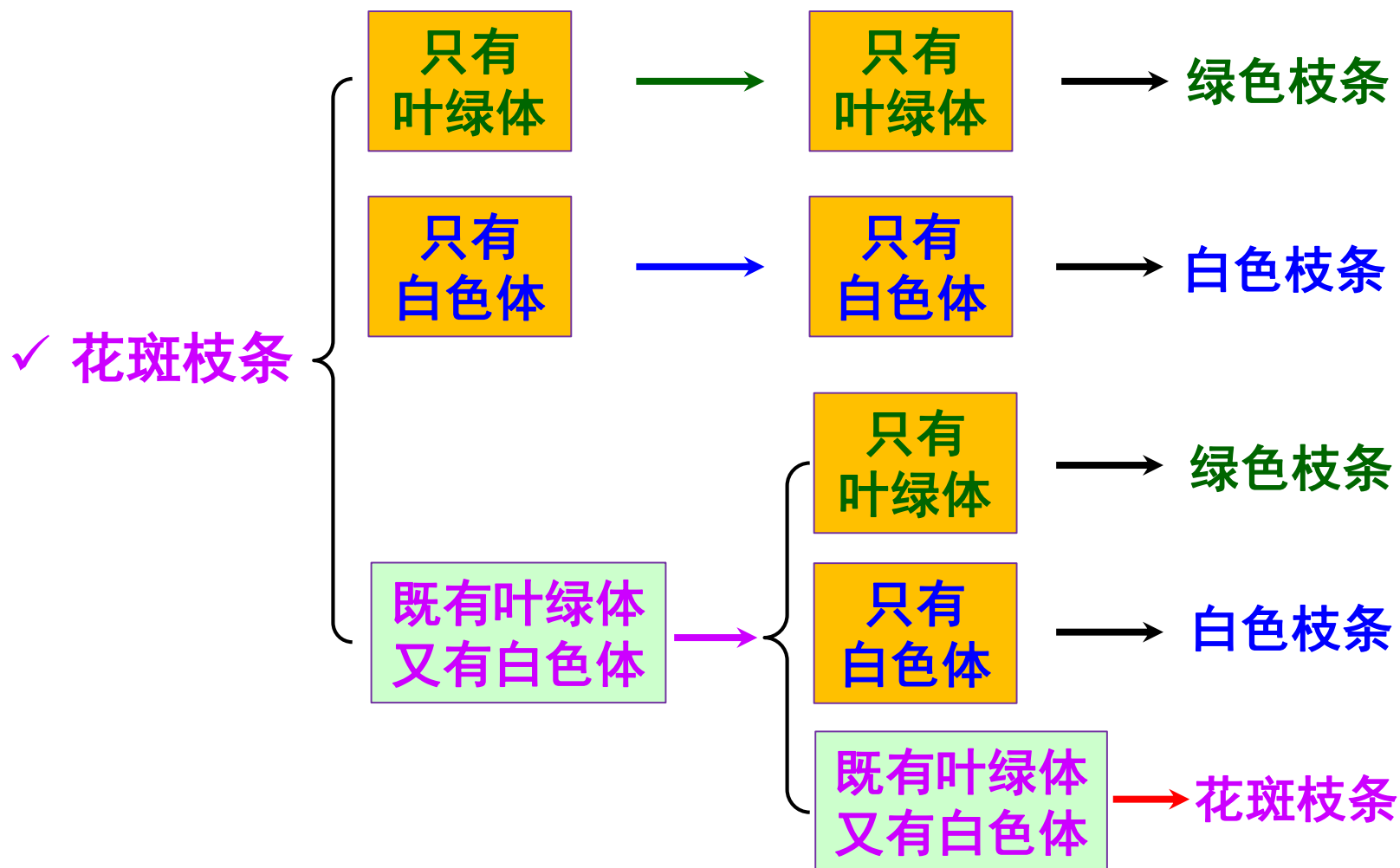
白细胞中只含白色体无叶绿体

绿白组织交界区域：某些细胞内既有叶绿体又有白色体

受精时，由于精子几乎没有细胞质，所以枝条的颜色完全由卵细胞（母本）的细胞质决定

- ✓ 绿色枝条产生的卵细胞中只有叶绿体，因而受精卵中只有叶绿体，子代均为绿色枝条。
- ✓ 白色枝条产生的卵细胞中只有白色体，因而受精卵中只有白色体，子代均为白色枝条。

原始生殖细胞 $\xrightarrow{\text{随机分配}}$ 卵细胞 $\xrightarrow{\text{受精}}$ 子代



例二：衣藻的核外遗传（1954年Ruth Sager等）

野生型是链霉素-敏感型（ sm^s ）。

Mt 代表交配型，不同交配型间可以杂交：

$sm^r Mt^+ \times sm^s Mt^- \rightarrow$ 全部后代（>95%） sm^r

$sm^s Mt^+ \times sm^r Mt^- \rightarrow$ 全部后代（>95%） sm^s

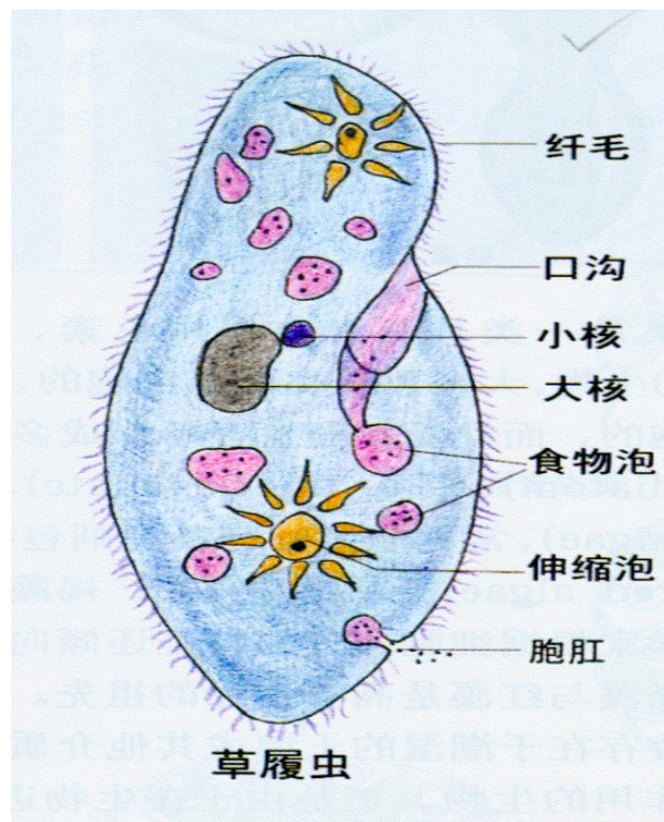
原因： Mt^+ 中存在限制-修饰酶系，使来自 Mt^- 的cpDNA降解

■ 细胞内敏感物质的遗传

例：草履虫放毒型的遗传

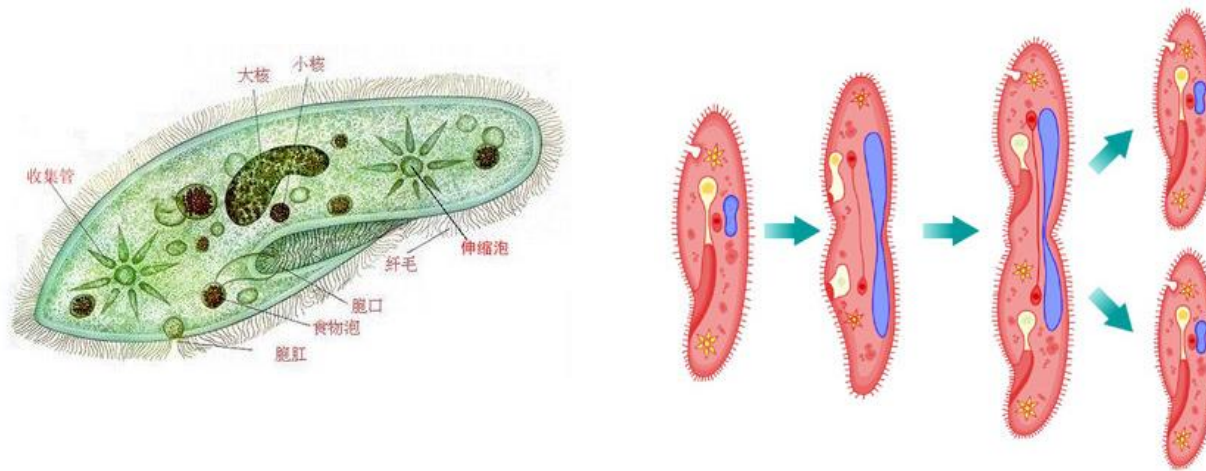
草履虫 (*Paramecium aurelia*) 是一种常见的原生动物，种类很多；

- ✓ 大核(1个)：多倍体，主要负责营养；
- ✓ 小核(2个)：二倍体、主要负责遗传；



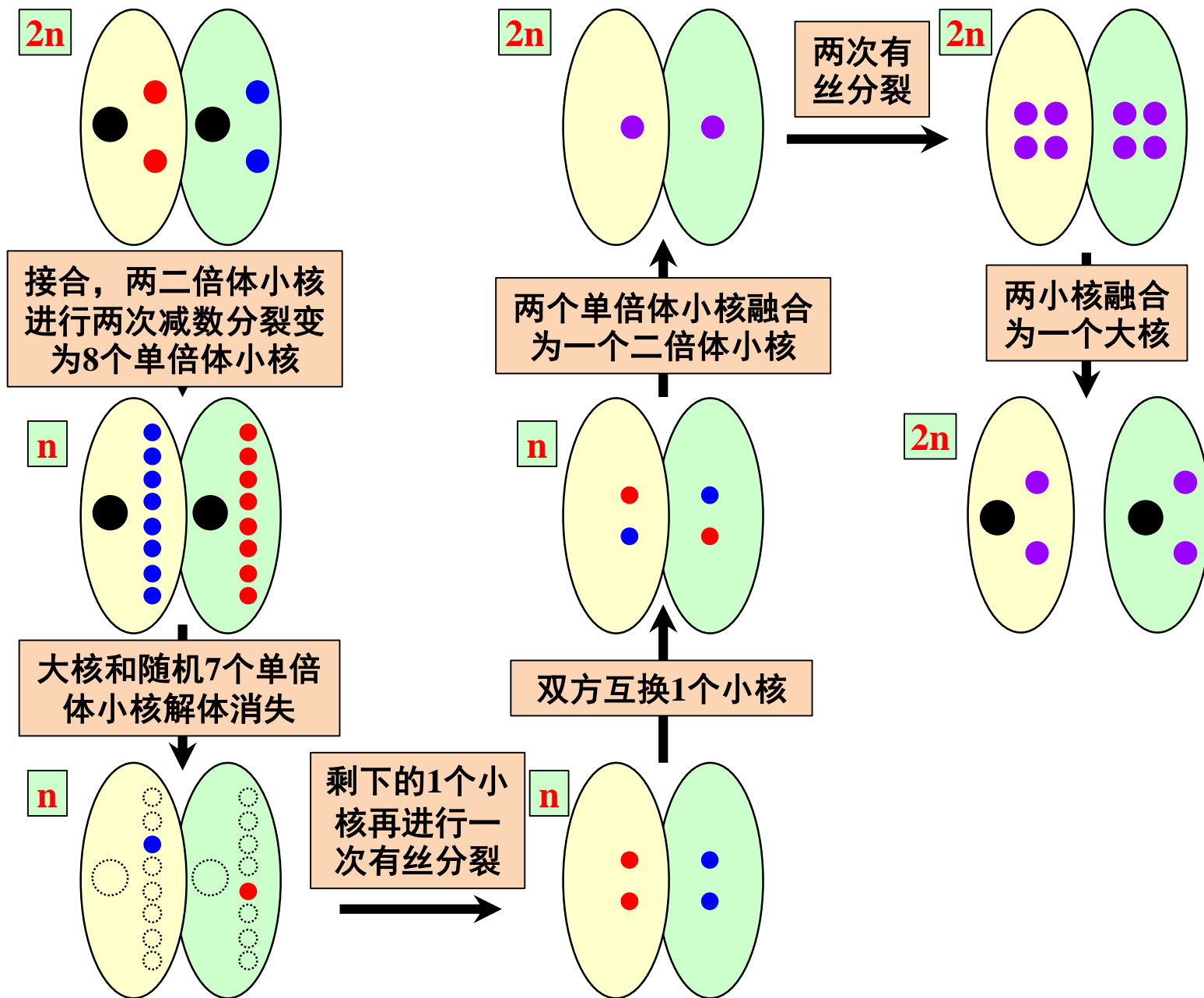
草履虫的繁殖：

(1). 无性生殖：一个个体经有丝分裂成两个个体。

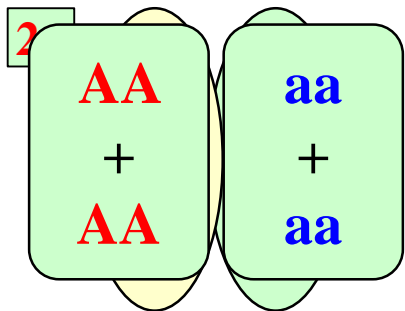


(2). 有性生殖：接合生殖和自体受精

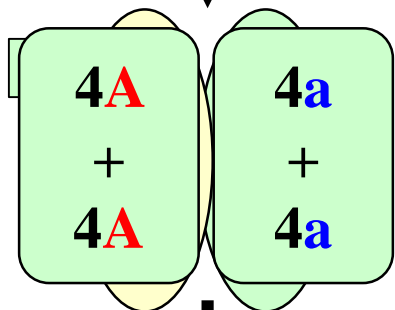
接合生殖



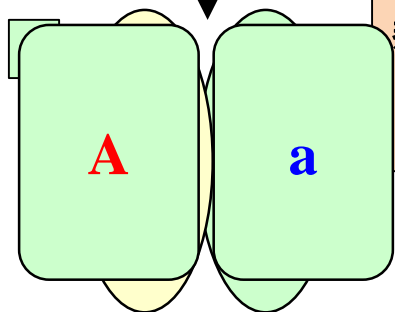
接合生殖



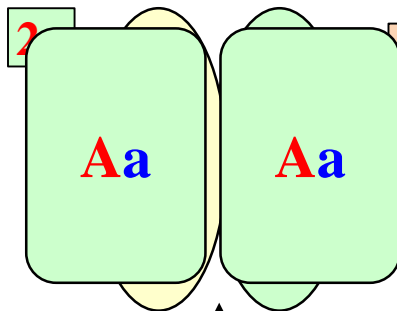
接合，两二倍体小核进行两次减数分裂变为8个单倍体小核



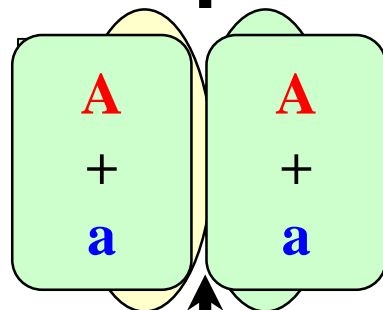
大核和随机7个单倍体小核解体消失



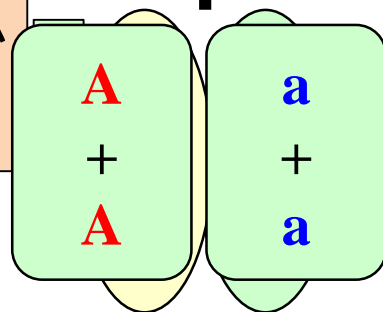
剩下的1个小核再进行一次有丝分裂



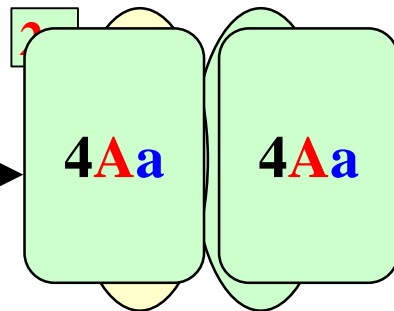
两个单倍体小核融合为一个二倍体小核



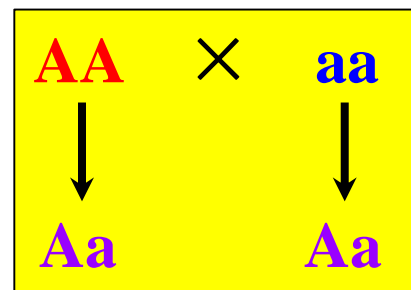
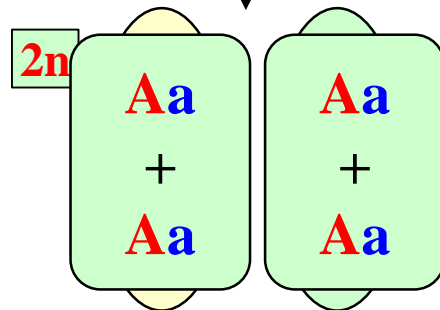
双方互换1个小核



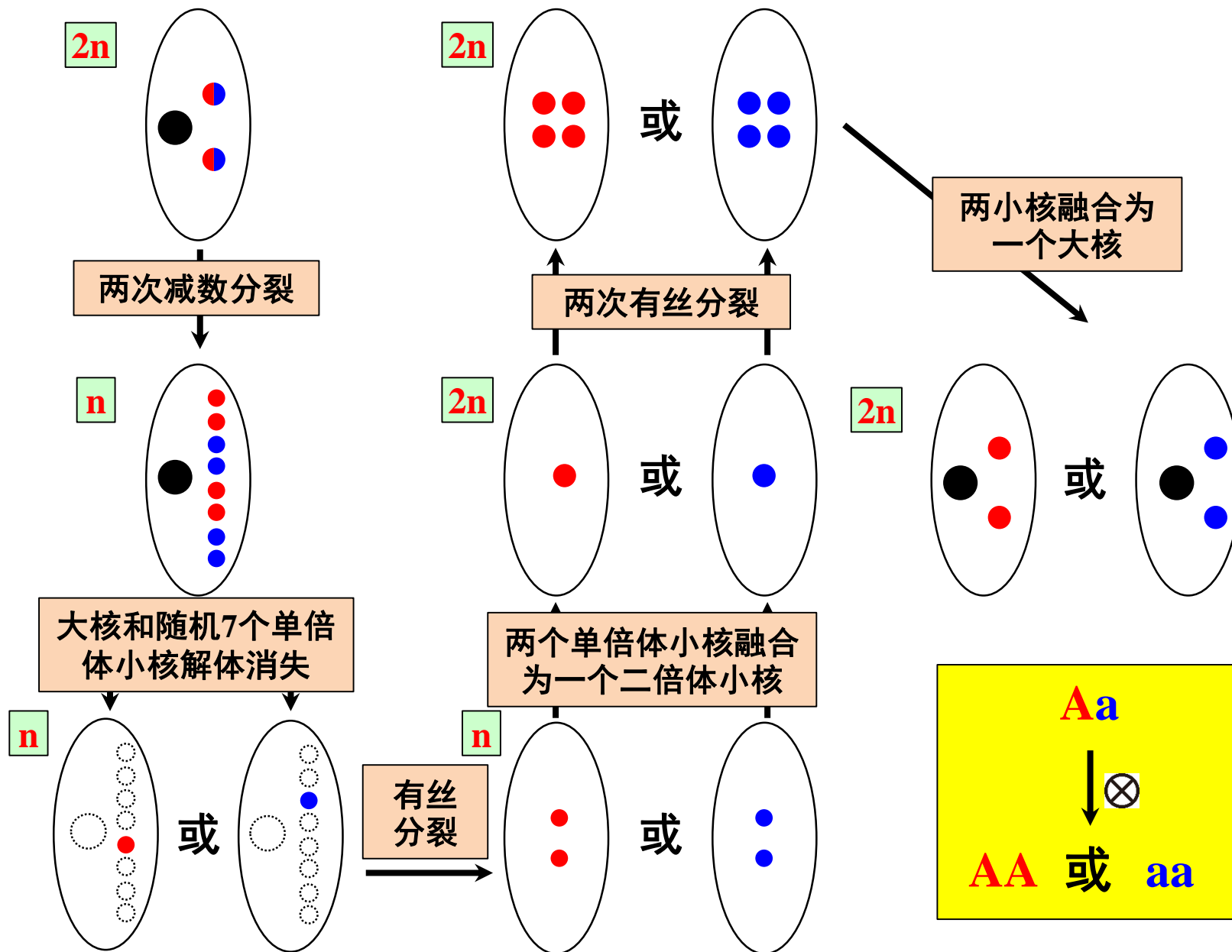
两次有丝分裂



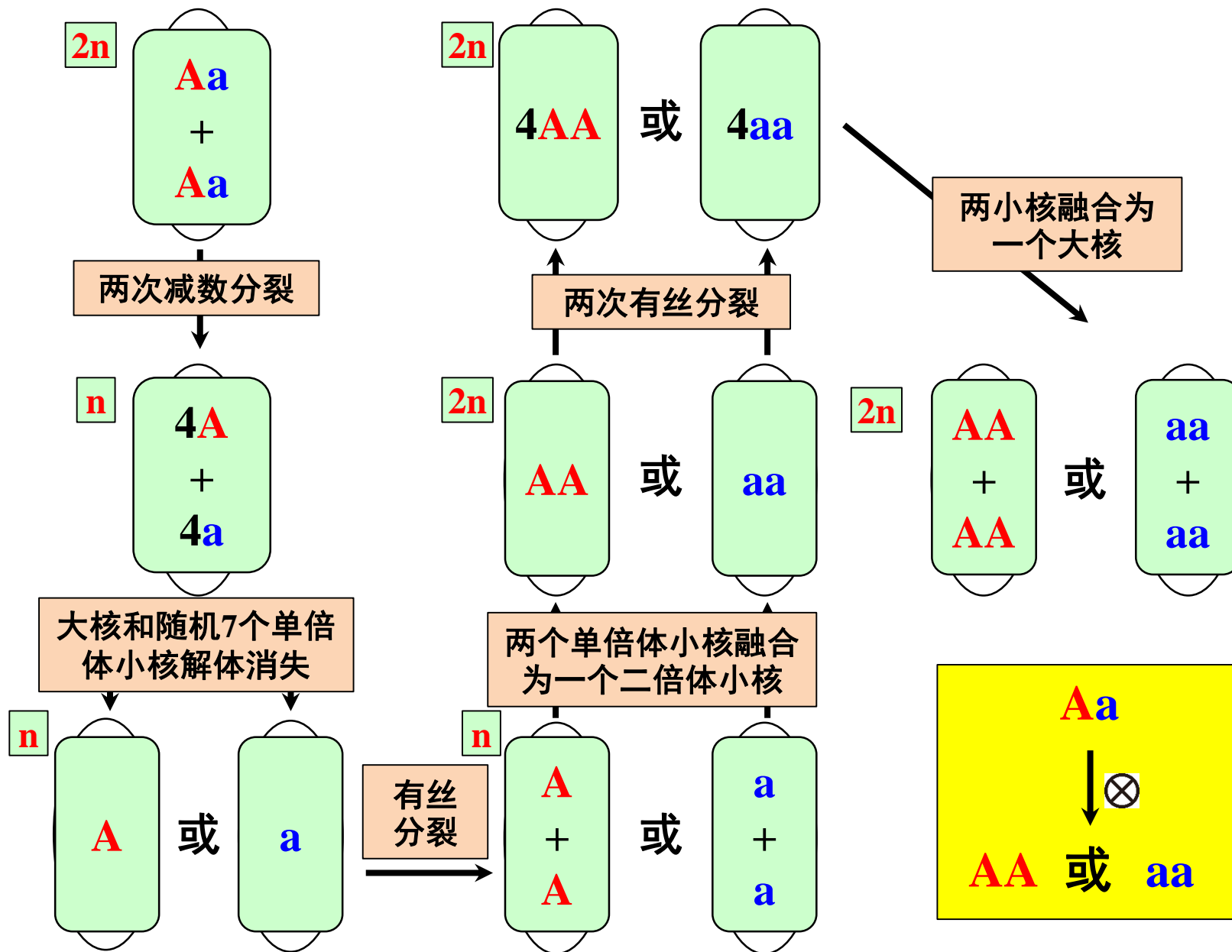
两小核融合为一个核



自体受精



自体受精



草履虫放毒型遗传:

卡巴粒: 位于细胞质, 内含DNA, 含有毒素基因

K基因: 位于核内, 维持卡巴粒的稳定

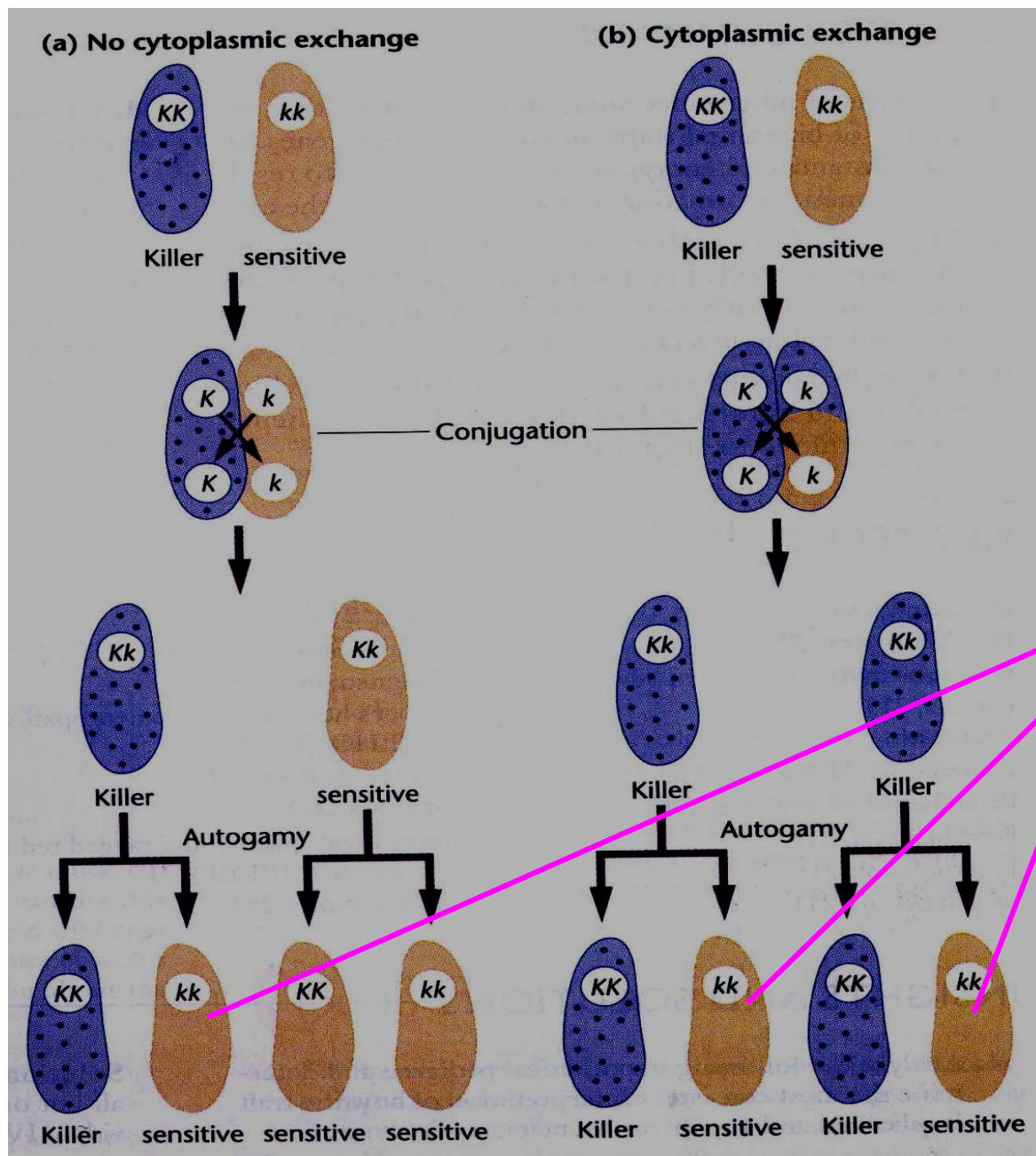
放毒型: $KK(Kk)$ + 卡巴粒

敏感型 $\left\{ \begin{array}{l} kk + \text{卡巴粒(很快丢失)} \\ KK(Kk) + \text{无卡巴粒} \end{array} \right.$

放毒型 可以产生毒素杀死无毒的**敏感型**

短
暂
接
合

自
交



长
时
接
合

刚开始时是放毒型，5~8代后变为敏感型

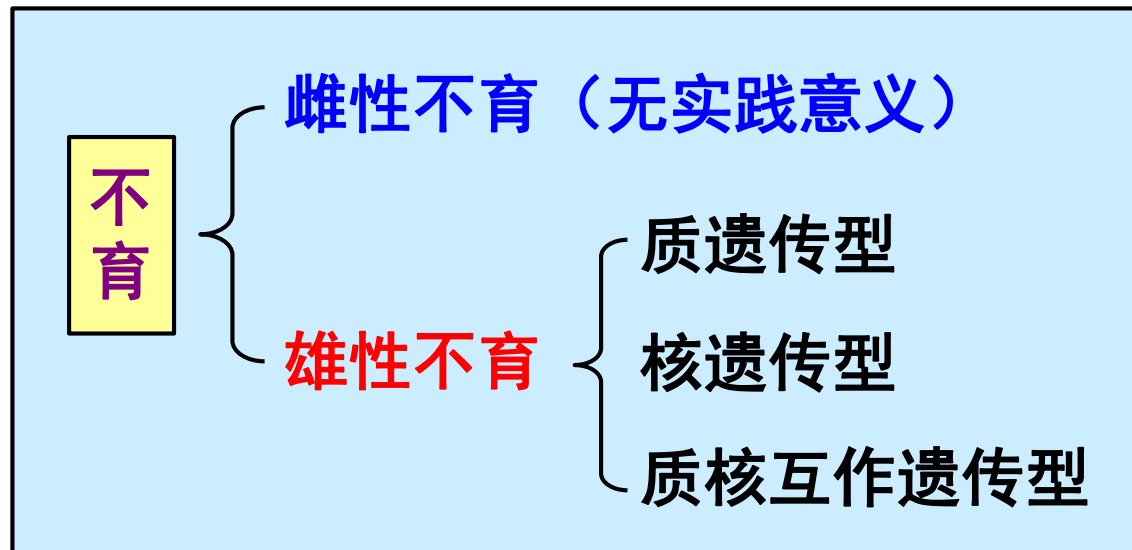
卡巴粒的稳定依赖于核基因**K**的存在，
因此，卡巴粒所携带的基因的遗传方式
是一种**核质互作遗传**；



本章主要内容

- 母性影响
- 核外遗传举例
- 核外遗传与植物雄性不育性

核外遗传与植物雄性不育性



雄性不育的特征是**雄蕊发育不正常**，不能产生有功能的花粉（雄配子），但其**雌蕊发育正常**，能接受正常花粉而受精结实。

杂种优势



母本

F₁杂交种

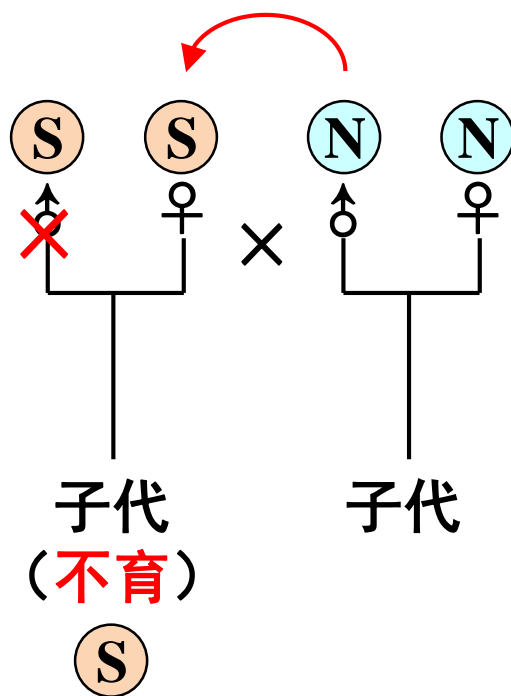
父本

在农业生产中，经常利用杂交获取**杂种优势**，以快速有效的提高作物的经济特性。但很多主要的农作物（如水稻）均为雌雄同体，多数情况下更偏向于自交，从而限制了杂种优势的利用。

天然的**雄性不育植株（系）**则能够有效阻断自交，为杂交提供了条件。

■ 植物雄性不育性的类别

✓ **质不育型**：由细胞质中的基因决定不育



特点：不育性只能被保持而不能被恢复

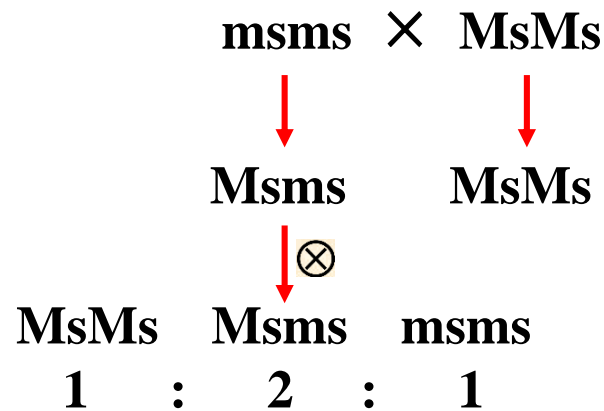
✓ **核不育型**：由细胞核中的基因决定不育

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。

这种不育性能被相对显性基因Ms所恢复，杂合体(Msms)后代呈简单的孟德尔式的分离。

✓ **核不育型**：由细胞核中的基因决定不育



用普通遗传学的方法不能使**整个群体保持这**
种不育性，这是核不育型的一个重要特征。

特点：不育性**只能被恢复**而不能被保持

目前发现的**光、温敏核不育材料**提供了一种
解决上述问题的可能性：

水稻**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**(<14h, **繁种**)

水稻**温敏**核不育材料：

> 28°C为**不育**(**制种**)

< 23-24 °C为**可育**(**繁种**)



✓ **质-核不育型**：由**细胞质基因**和**细胞核基因**互作控制的**不育类型**。

遗传特点：

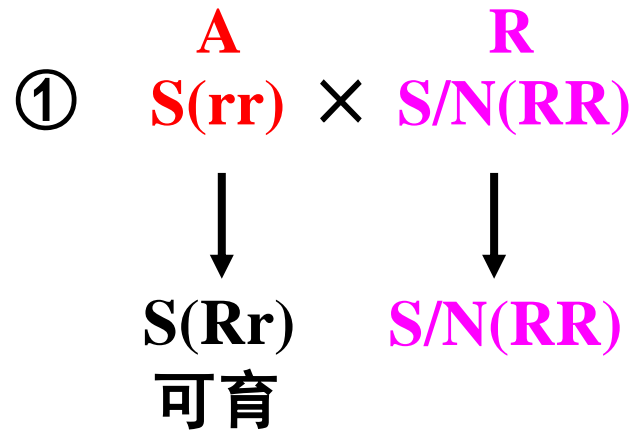
细胞质 { 不育基因为**S**
可育基因为**N**

细胞核 { 不育基因为**r**
可育基因为**R**

遗传特点：无论细胞质还是细胞核，**只要存在可育等位基因则表现为可育**，因此不育系的基因型为**S(rr)**。

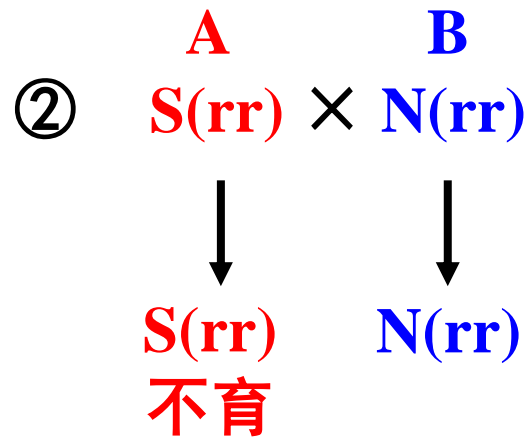


不育系**S(rr)** 存在以下两种杂交情况：



S(RR)和**N(RR)**能够恢复**S(rr)**的育性，因此
称为**恢复系 (R)**。

不育系**S(rr)** 存在以下两种杂交情况：



能够保持**S(rr)**不育性的**N(rr)**称为**保持系 (B)**。

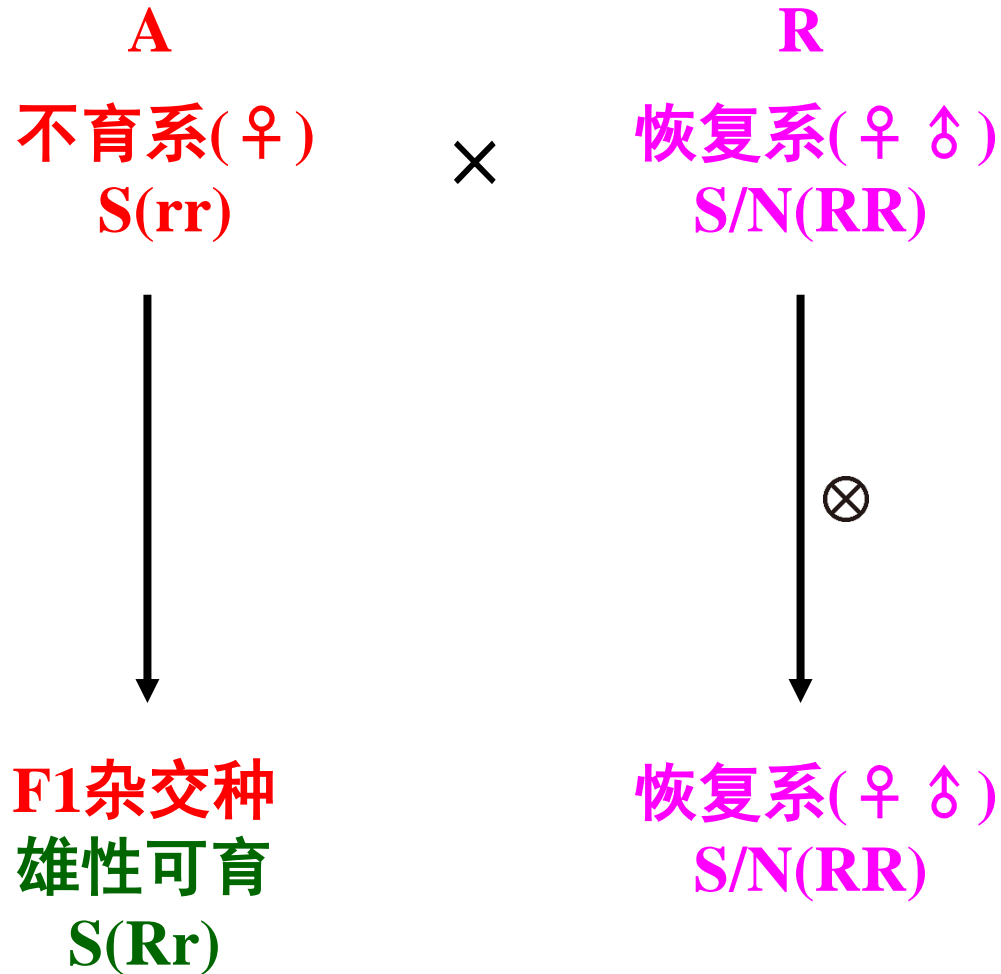
■ 二区三系制种法

三系：①雄性不育系、②保持系、③恢复系

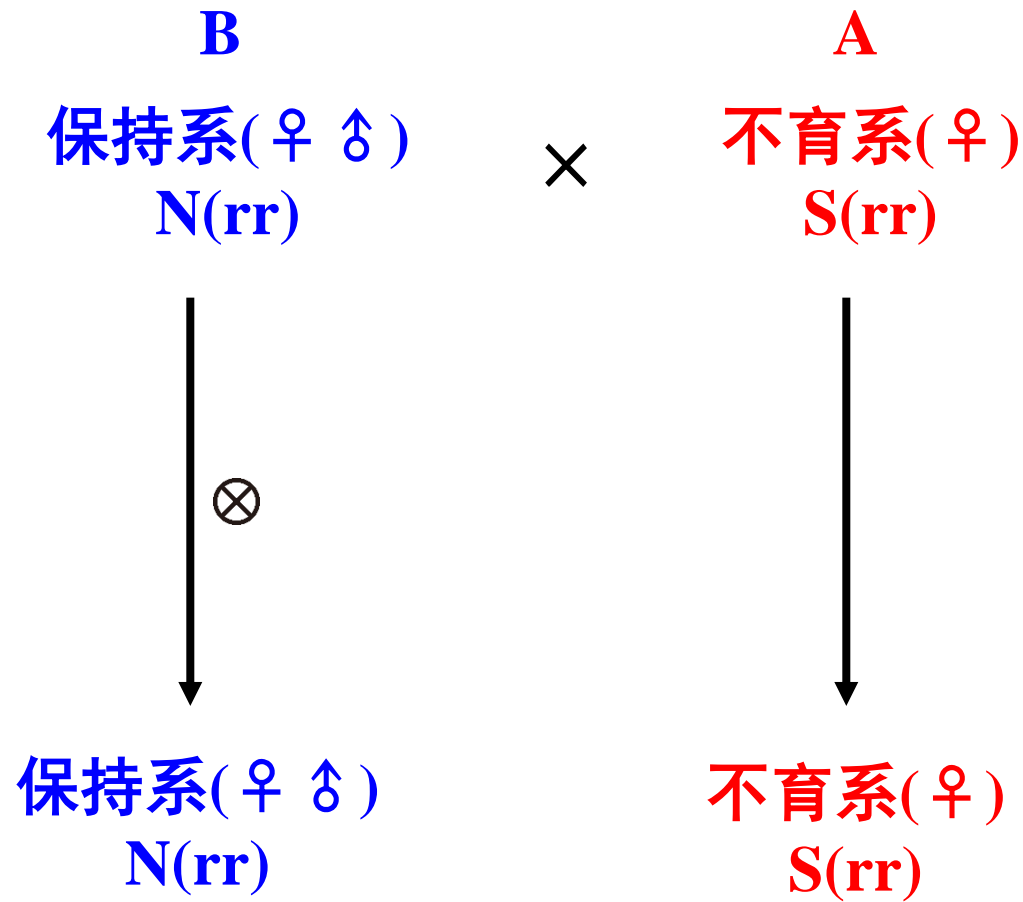
二区：①制种区

②不育系-保持系繁殖区（**繁种区**）

制种区



繁种区



二区三系配套制种图示

