



普通高等教育  
“十一五”国家级  
规划教材



# 植物学

(第2版)

主编 叶创兴 朱念德 廖文波 刘蔚秋 冯虎元



# 蔡泽坪

QQ: 494266605

Tel: 13909481919

课程交流群: **316349147**



蔡泽坪

扫一扫二维码, 加我QQ。



小树

扫一扫二维码, 加入该群。

高等教育出版社

# 第四章 种子植物的 繁殖器官

2



## 第一节 花

### 第二节 雄蕊的发育和结构

### 第三节 雌蕊的发育

### 第四节 开花与传粉

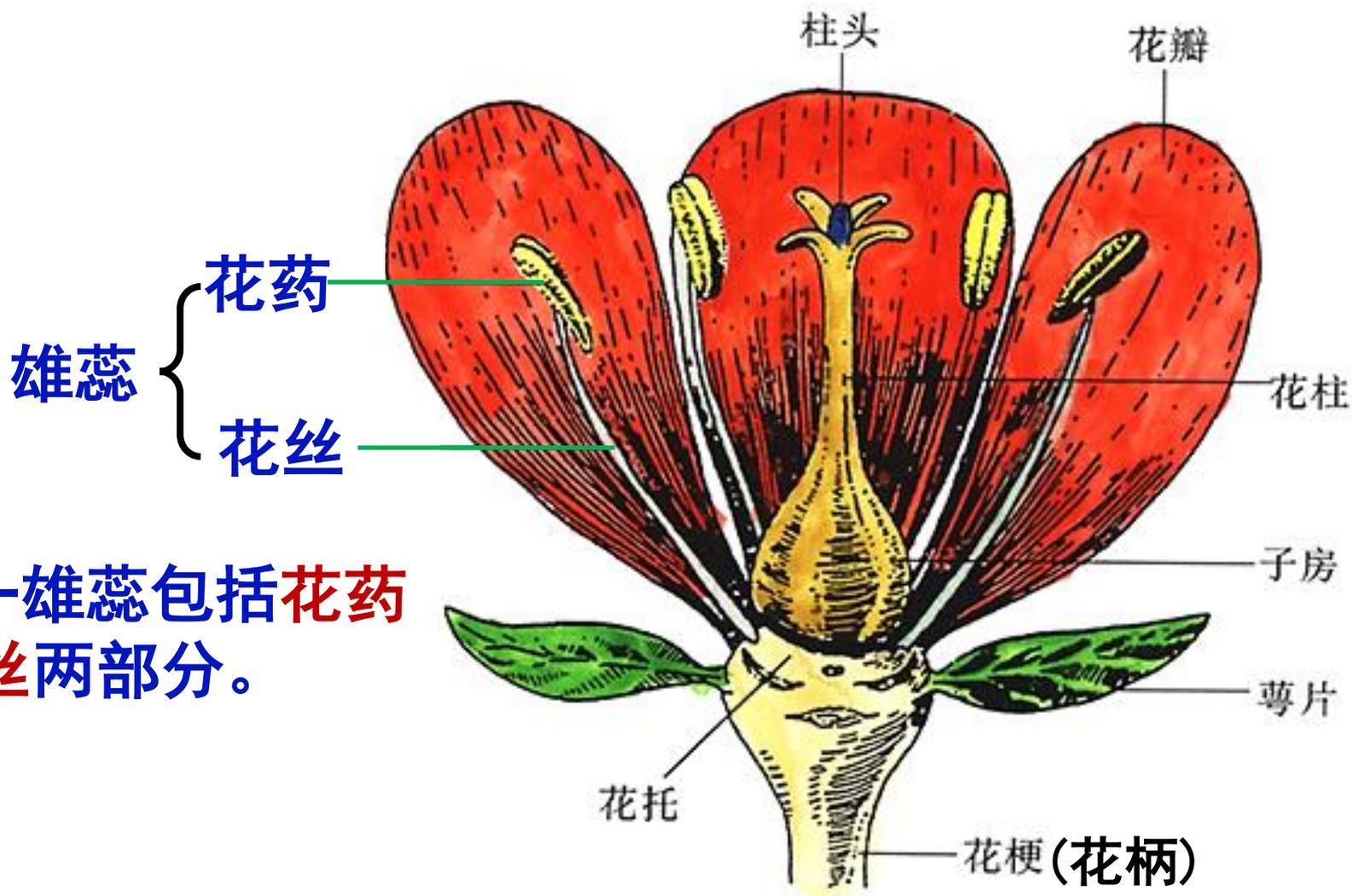
### 第五节 受精作用

### 第六节 种子和果实

### 第七节 被子植物的生活史

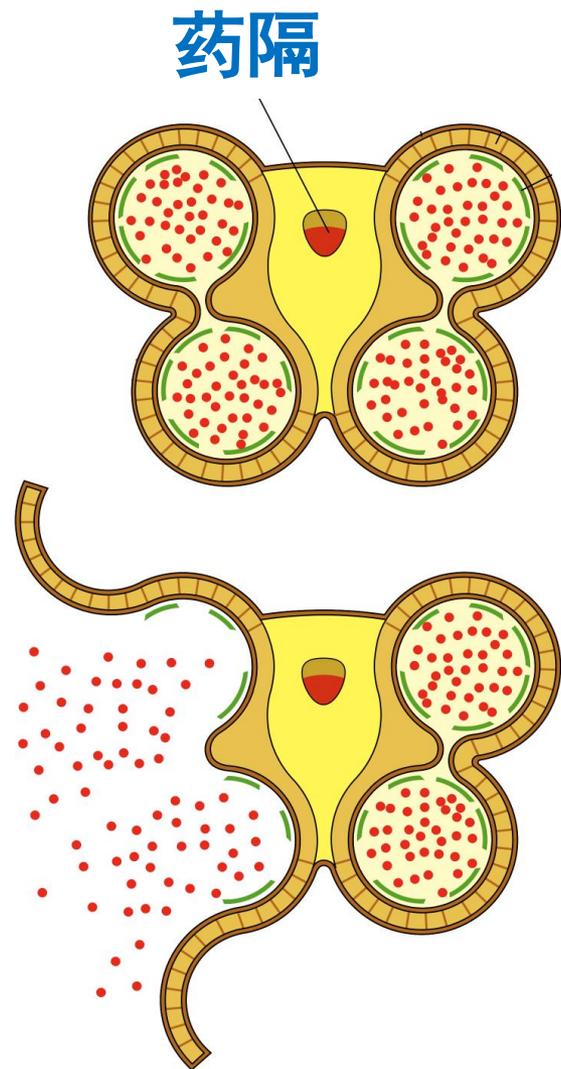
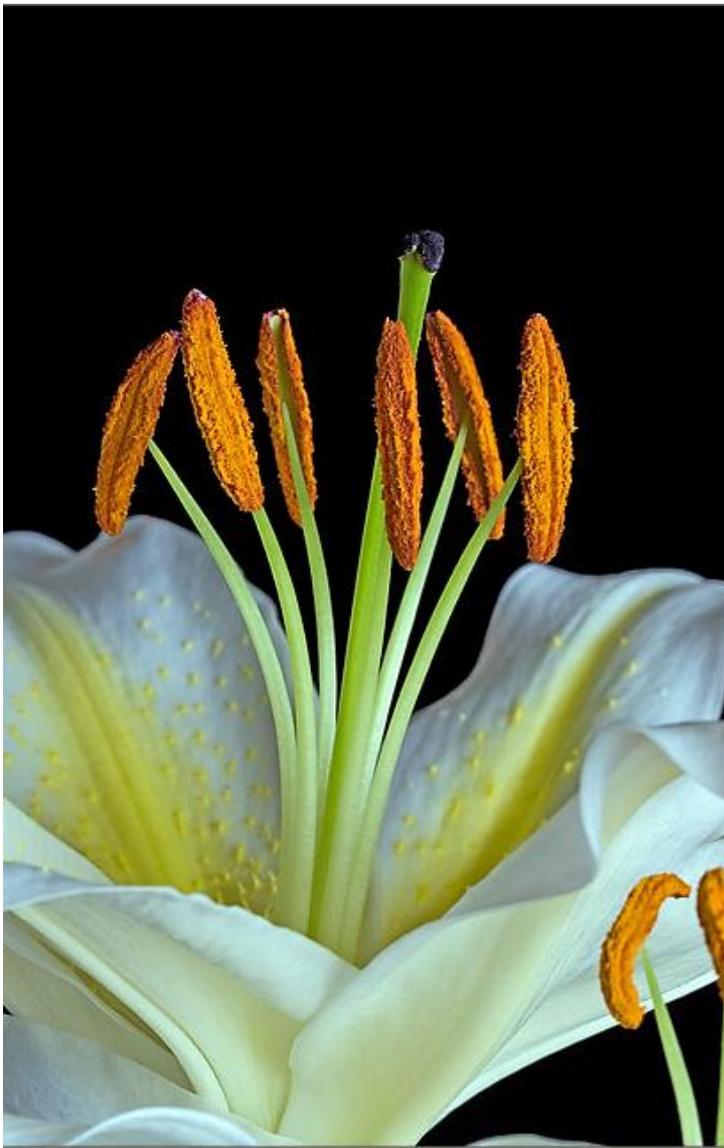
## 第二节 雄蕊的发育和结构

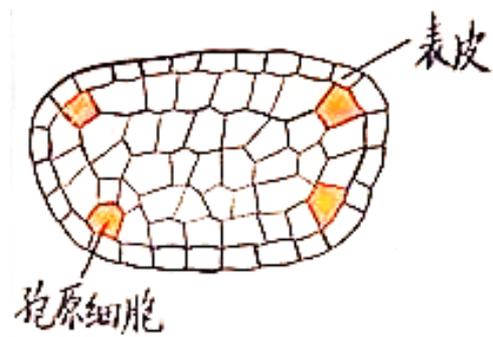
花芽分化过程中,雄蕊原基经细胞分裂、分化,体积逐渐增长,以后顶端膨大发育为花药,基部伸长形成花丝。



每一雄蕊包括花药和花丝两部分。

**花药是雄蕊的主要部分**，通常由四个(少数植物为两个) **花粉囊**组成，分为左右两半，中间由**药隔**相连。





# 一、花药的发育

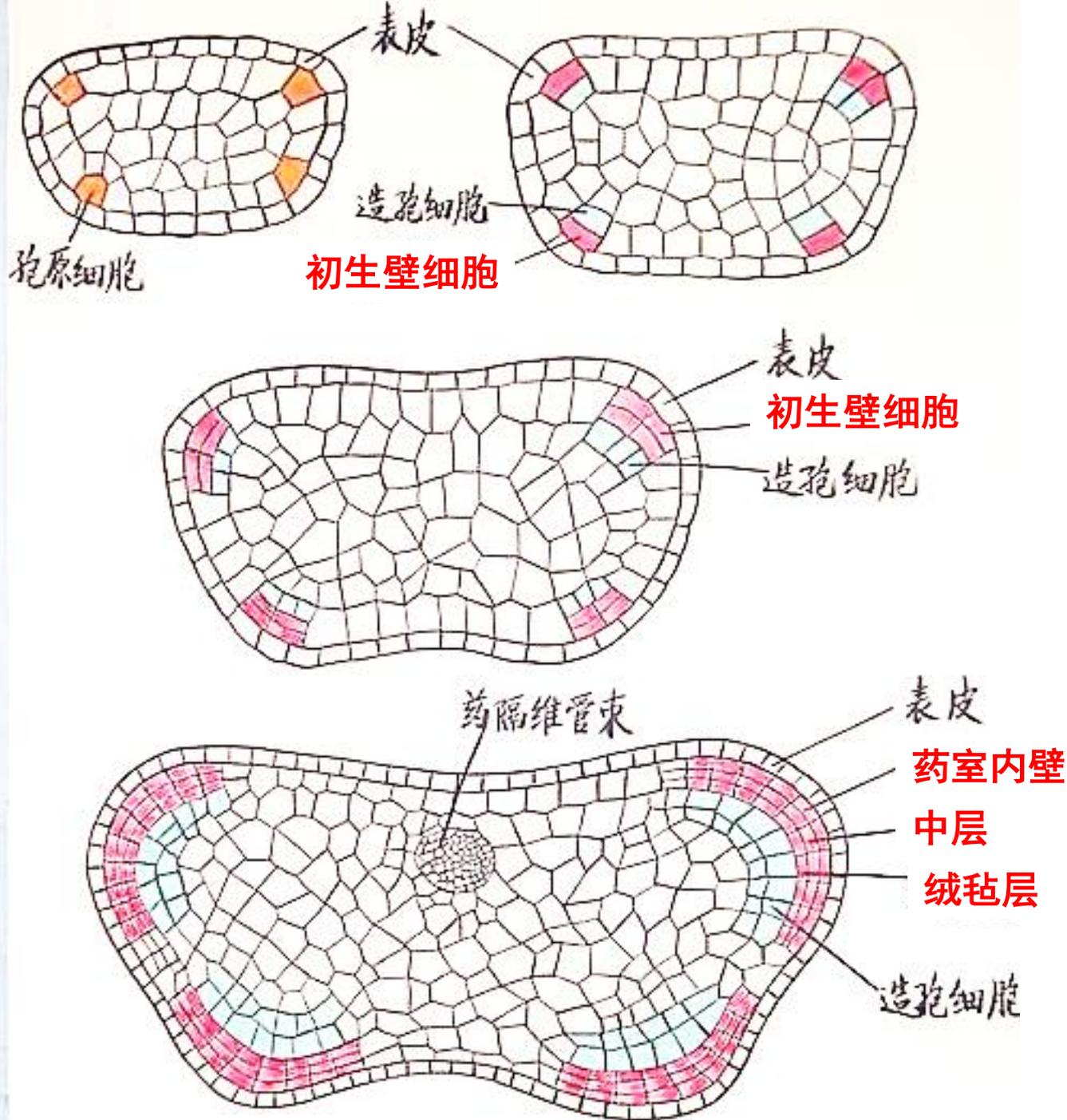
- 在花药的四个角隅处形成孢原细胞 (archesporial cell):

- 初生壁细胞 (primary parietal cell)

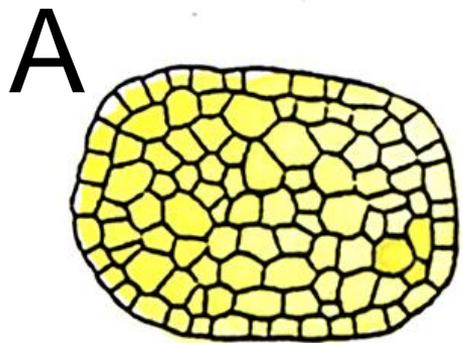
- 药室内壁 (endothecium), 在后期成纤维层 (fibrous layer);
- 中层 (middle layer), 最后解体被吸收;
- 绒毡层 (tapetum), 绒毡层细胞合成和分泌胼胝质酶, 合成RNA、蛋白质和酶, 并有油脂、类胡萝卜素和孢粉素等物质, 对造孢细胞发育成花粉具有重要作用。

- 造孢细胞 (sporogenous cell)

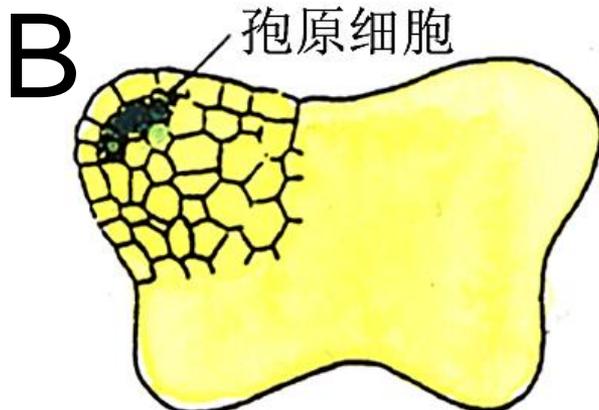
# 花药的发育过程



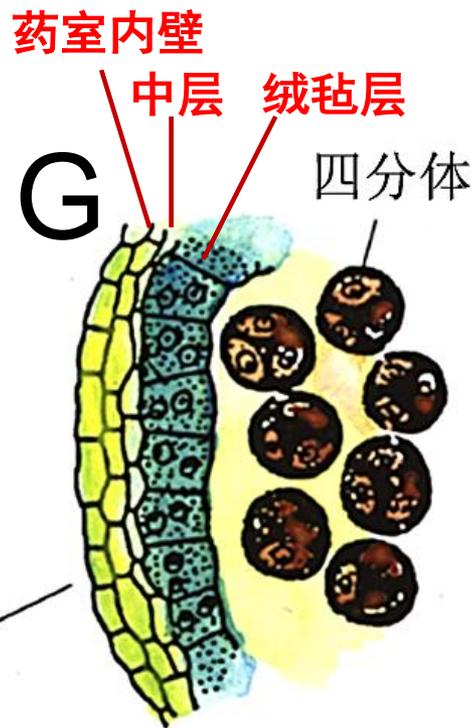
# 花药的结构和发育



未分化得幼小  
花药横切面



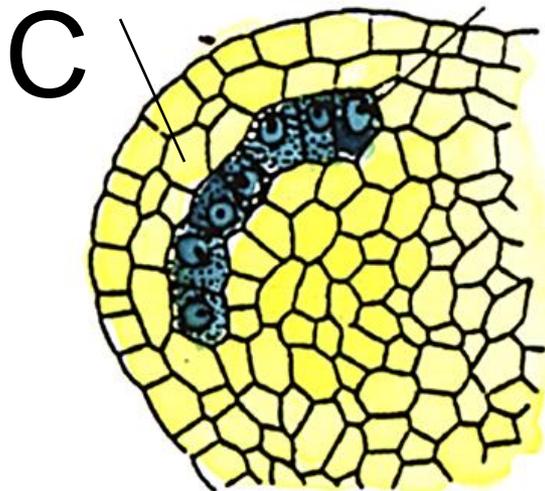
幼期花药中, 孢原  
细胞分化



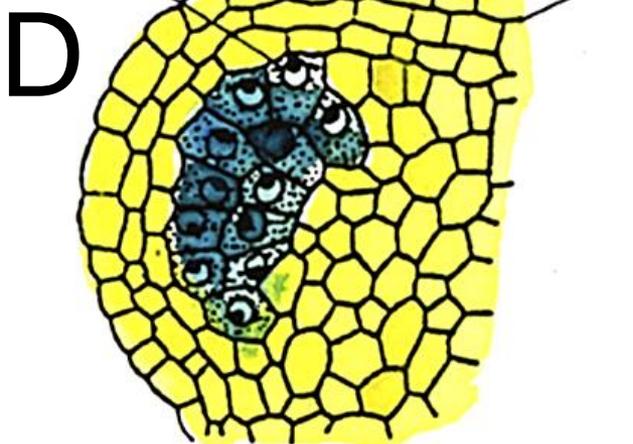
花粉四分体  
形成

**初生壁细胞**

造孢细胞

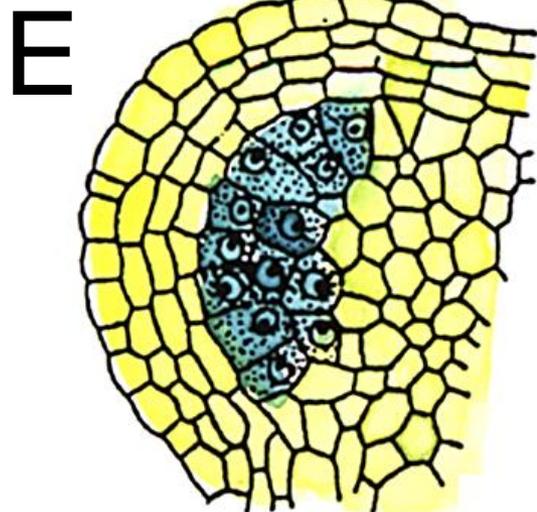


花药一角横切面,  
示初生壁细胞和造孢  
细胞分化

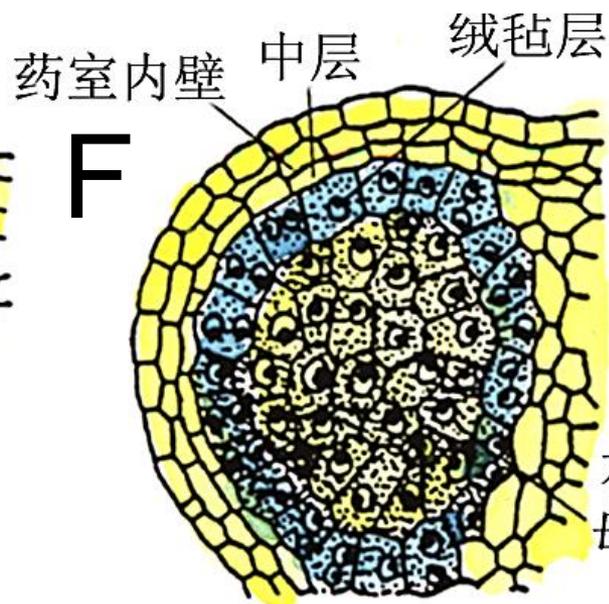


初生壁细胞平周分裂形  
成多层花粉囊壁细胞,  
造孢细胞增殖

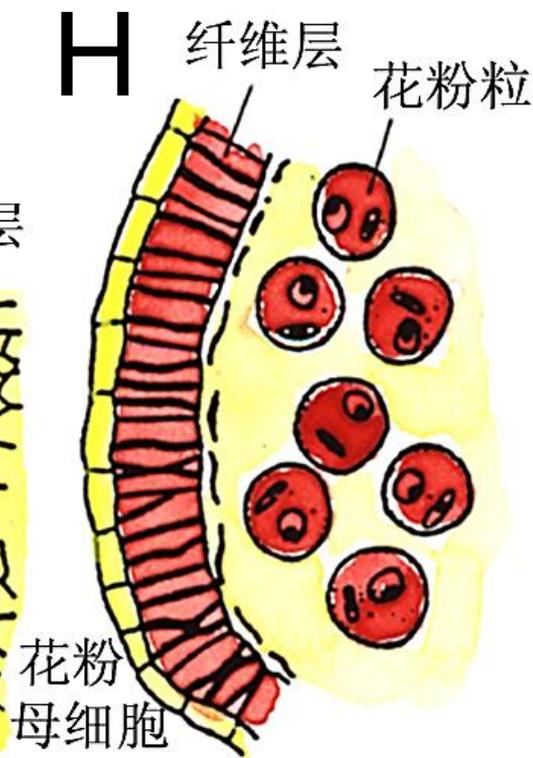
# 花药的结构和发育



初生壁 细胞平周分裂形成多层花粉囊壁细胞，造孢细胞 增殖



药室内壁、中层、绒毡层分化，花粉母细胞形成



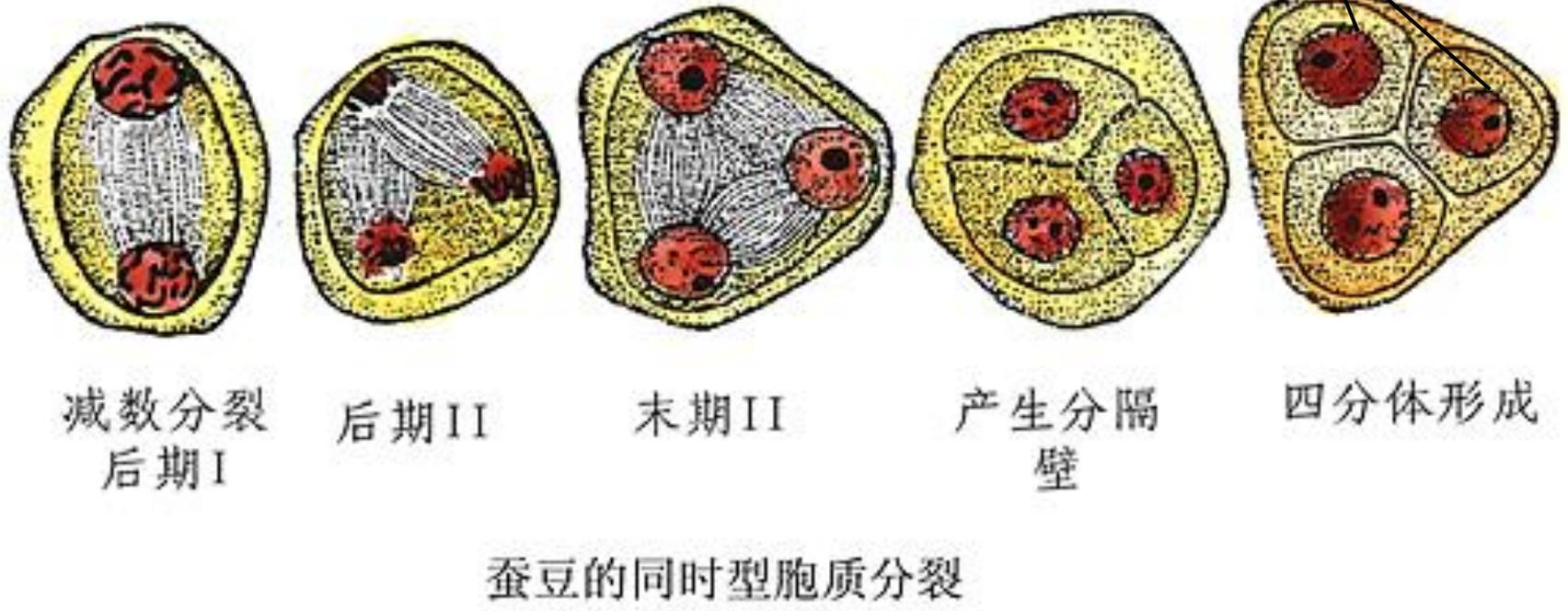
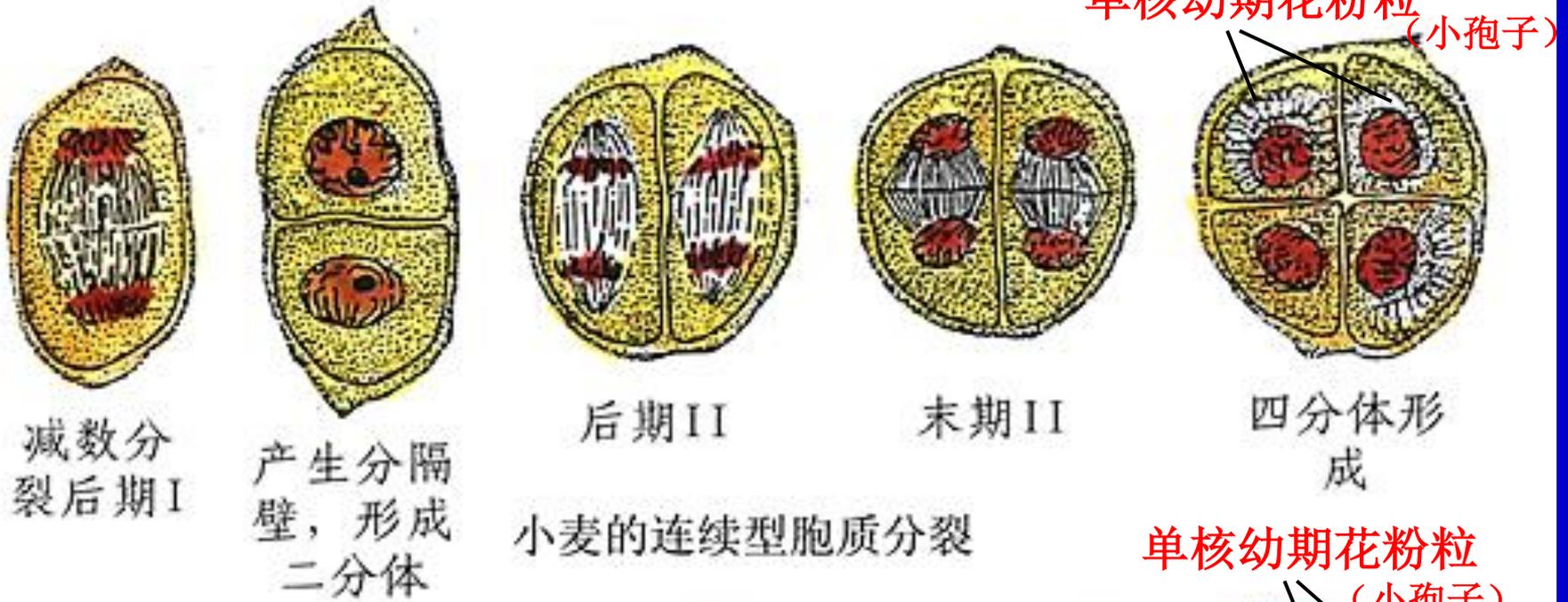
中层、绒毡层解体，药室内壁发育为纤维层，花粉成熟

## 二、花粉粒的发育

花粉粒的发育包括小孢子的产生和雄配子体的发育。

1. 小孢子 (microspore) 的发生
  - 造孢细胞分裂形成许多小孢子母细胞 (microspore mother cell) (花粉母细胞);
  - 小孢子母细胞减数分裂形成单核幼期花粉粒 (小孢子)
  - 小孢子母细胞减数分裂时的胞质分裂有**两种方式**，一种在减数分裂的先后两次核分裂时,均相继伴随胞质的分裂，另一种是第一次核分裂时不伴随胞质分裂,当第二次分裂形成四核之后,才发生胞质分裂。

小孢子母细胞减数分裂的胞质分裂类型



## 2. 雄配子体的发育

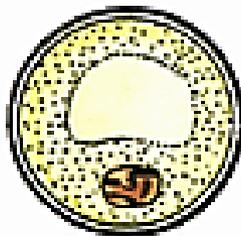
- 单核花粉粒进行一次有丝分裂，先形成两个细胞核，形成两个大小悬殊的细胞，小细胞为**生殖细胞** (generative cell)；大细胞为**营养细胞** (vegetative cell)。
- 花粉发育到含营养细胞和生殖细胞时即**2-细胞型花粉**散播，70%的种类属于这种类型。另外一些植物的花粉，其生殖细胞要进行一次有丝分裂，形成**两个精细胞**才散播，含一个营养细胞和两个精细胞，被称为**3-细胞型花粉**。

# 花粉粒的发育与花粉管的形成



单核花粉粒

(小孢子)  
单核幼期花粉粒

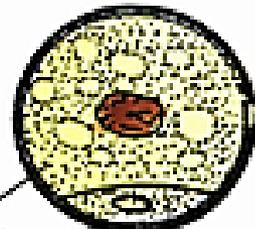


后期单核花粉粒  
(单核靠边期)



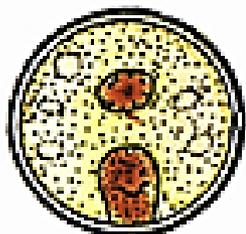
核分裂

单核花粉粒  
的核分裂

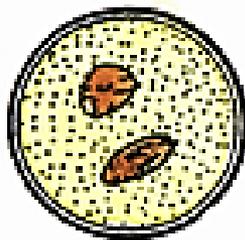


营养细胞

生殖细胞  
二细胞期, 示营养  
细胞和生殖细胞



生殖细胞开始  
与花粉内壁分离

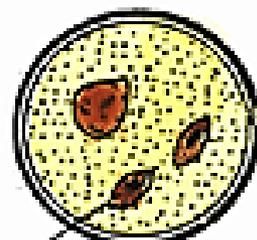


生殖细胞游离  
存在于营养细胞  
的细胞质中

30%



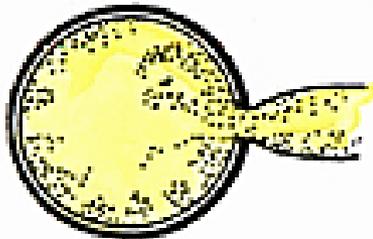
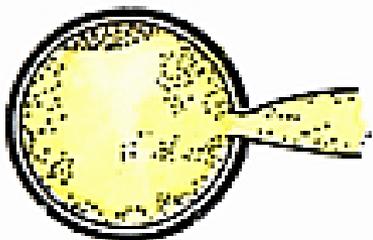
生殖细胞分裂



精细胞

3-细胞型花粉, 其生殖细胞分裂, 形成两个精细胞

70%



生殖细胞分裂

营养细胞核

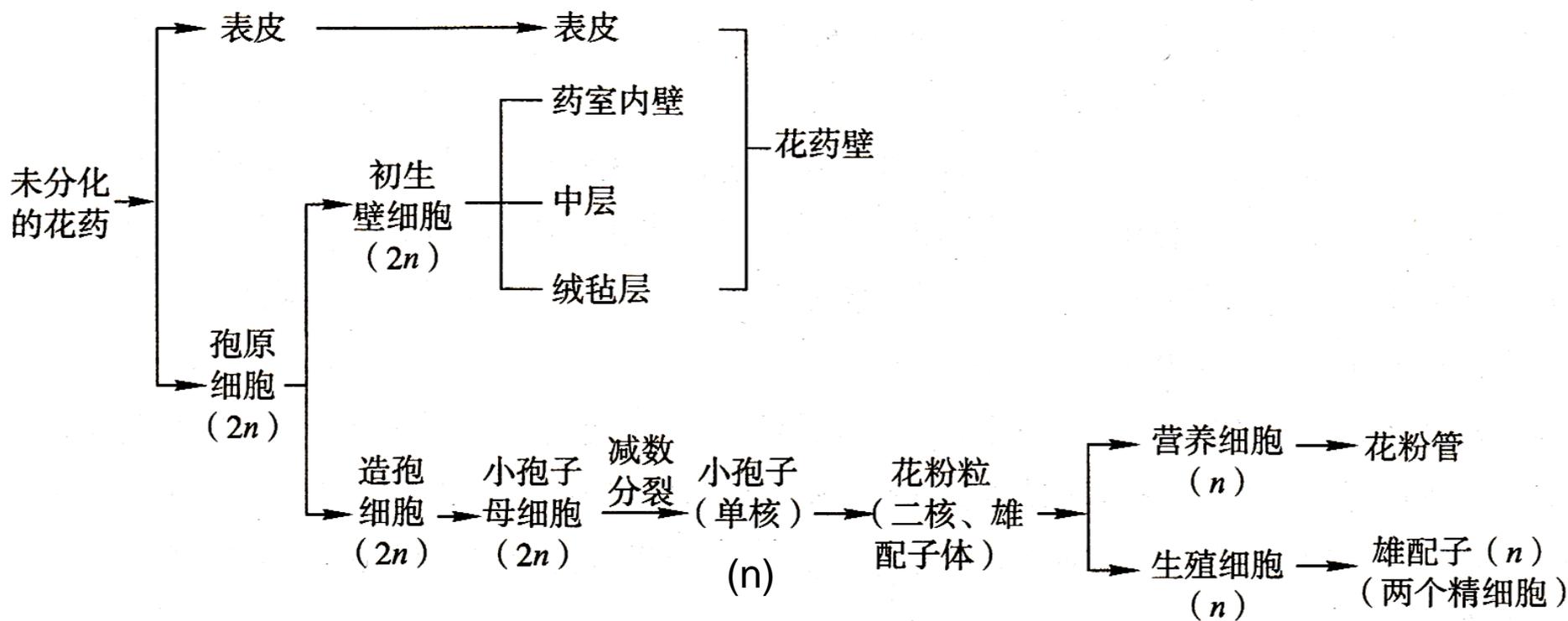


精细胞

花粉管

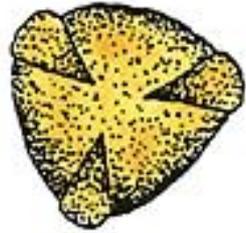
2-细胞型花粉, 其生殖细胞在  
花粉管中分裂, 形成两个精细胞

# 由孢原细胞形成到雄配子产生的分化过程概括如下：

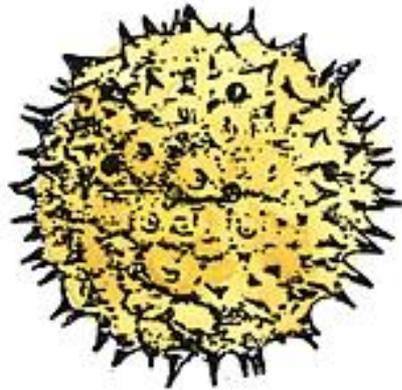


### 三、花粉粒的形态及内含物

花粉粒的形状多种多样，有圆球形、椭圆形、三角形、四方形、五边形以及其他形状。



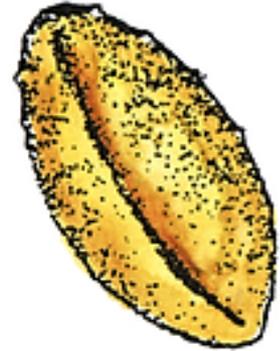
苹果



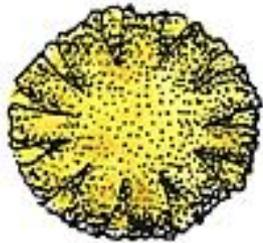
棉花



苕子



美国鹅掌楸



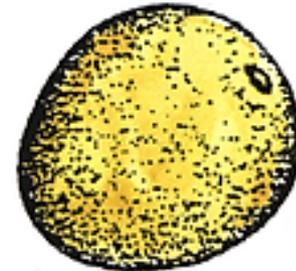
芝麻



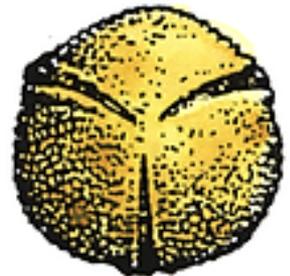
柑桔



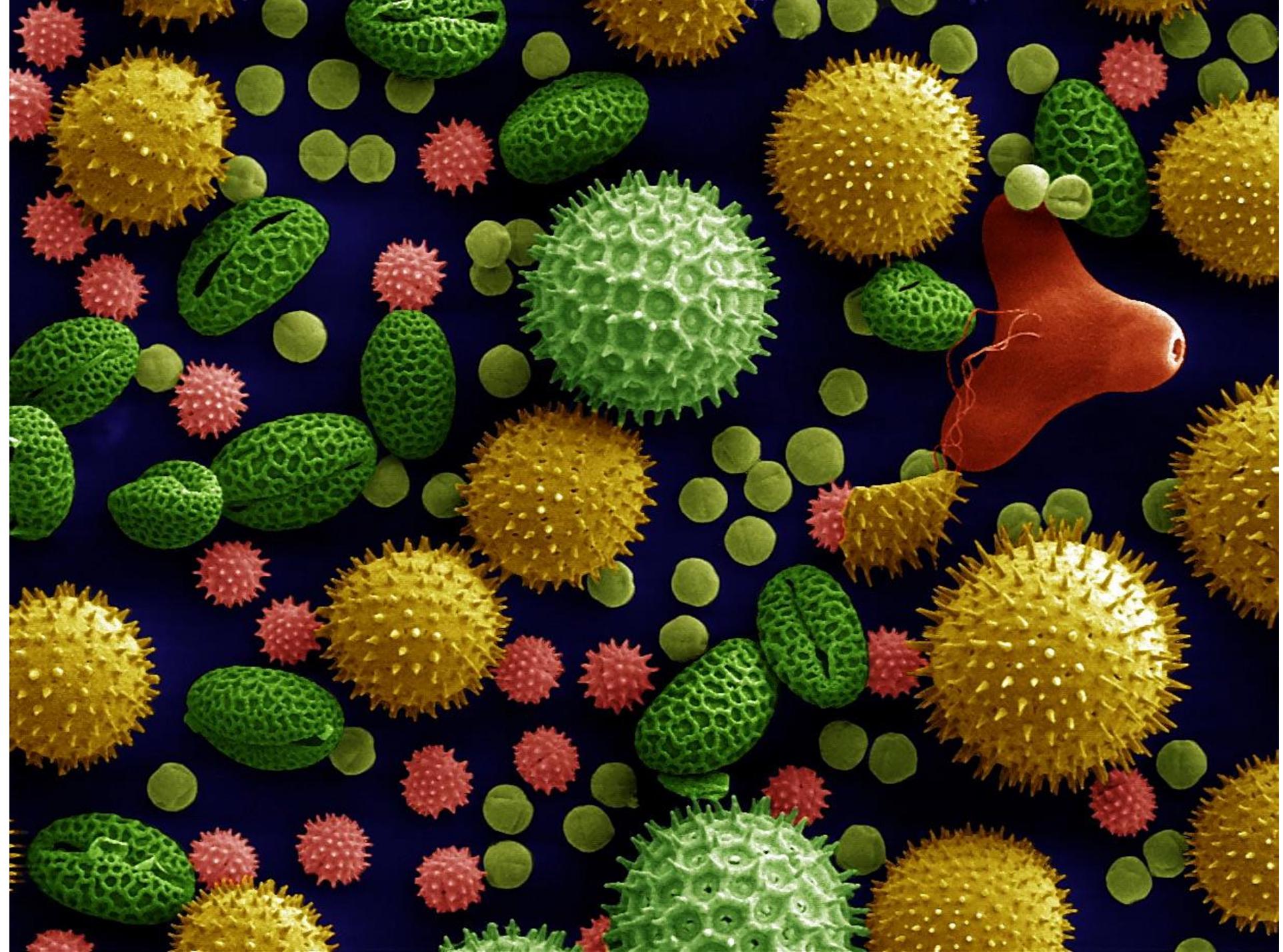
药用蒲公英



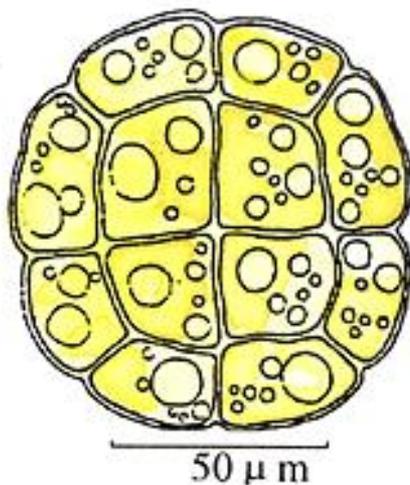
牛尾草



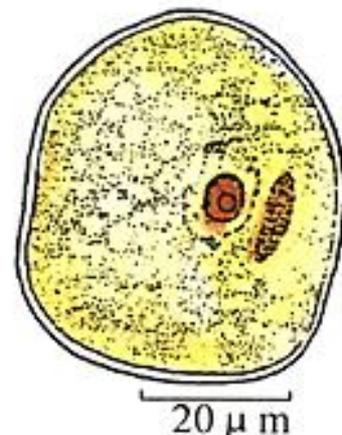
美洲山毛榉



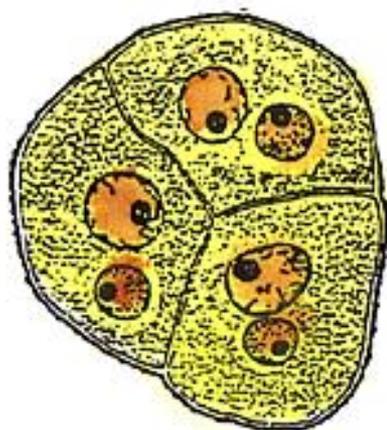
有些植物的幼期单核花粉始终保留在四分体中，发育为含4, 8, 16, 32, 64个花粉粒的**复合花粉**。



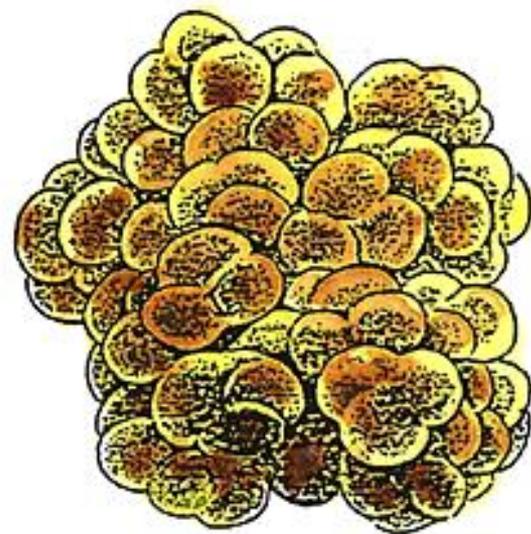
合欢的16个花粉小块  
(花粉中有许多油滴)



同左，一粒花粉放大



天麻的花粉小块



天麻的花粉小块，  
一个复合花粉

成熟花粉粒有**两层壁**。**外壁**的主要成分是**孢粉素**，其化学性质极为稳定，具抗高温高压、抗酸碱、抗酶解特性。**内壁**较薄，主要成分为**纤维素**、**半纤维素**、**果胶酶**及**活性蛋白质**。

**外壁蛋白**是由**绒毡层细胞合成**、**转运而来**；**内壁蛋白**由**花粉粒本身的细胞质合成**。**外壁蛋白**有**花粉与雌蕊组织相互识别的物质**。

## 四、花粉败育与雄性不育

由于外界条件和内在因素的影响而形成无生殖能力的花粉, 这称为**花粉败育**。

雄性不育的植物常表现为花药瘦小萎缩、花药内不产生花粉、没有生活力等。



Pollinated

Col-0



Unpollinated

Pollinated

*serk*<sup>[1]</sup> 1/2/3



Unpollinated

Pollinated

*serk*<sup>[2]</sup> 1/2/3

1 cm

---



Col-0



s<sup>[1]</sup> 2/3



s<sup>[1]</sup> 1/2/3



Col-0



$s^{[1]}123$

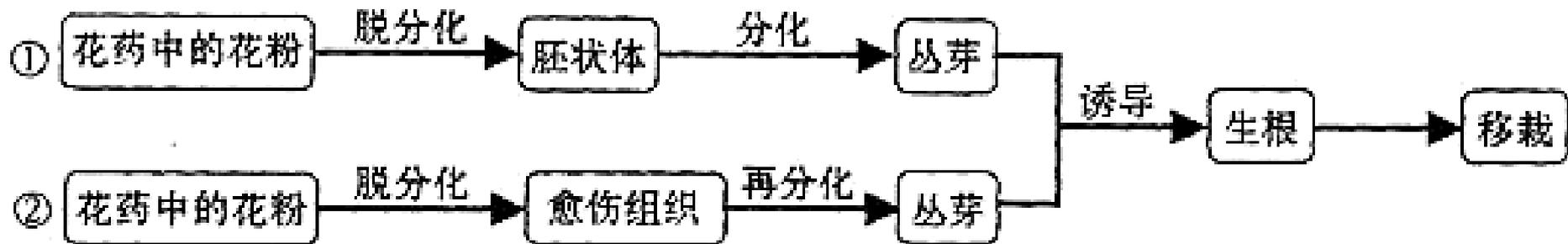


$s^{[2]}123$

200um

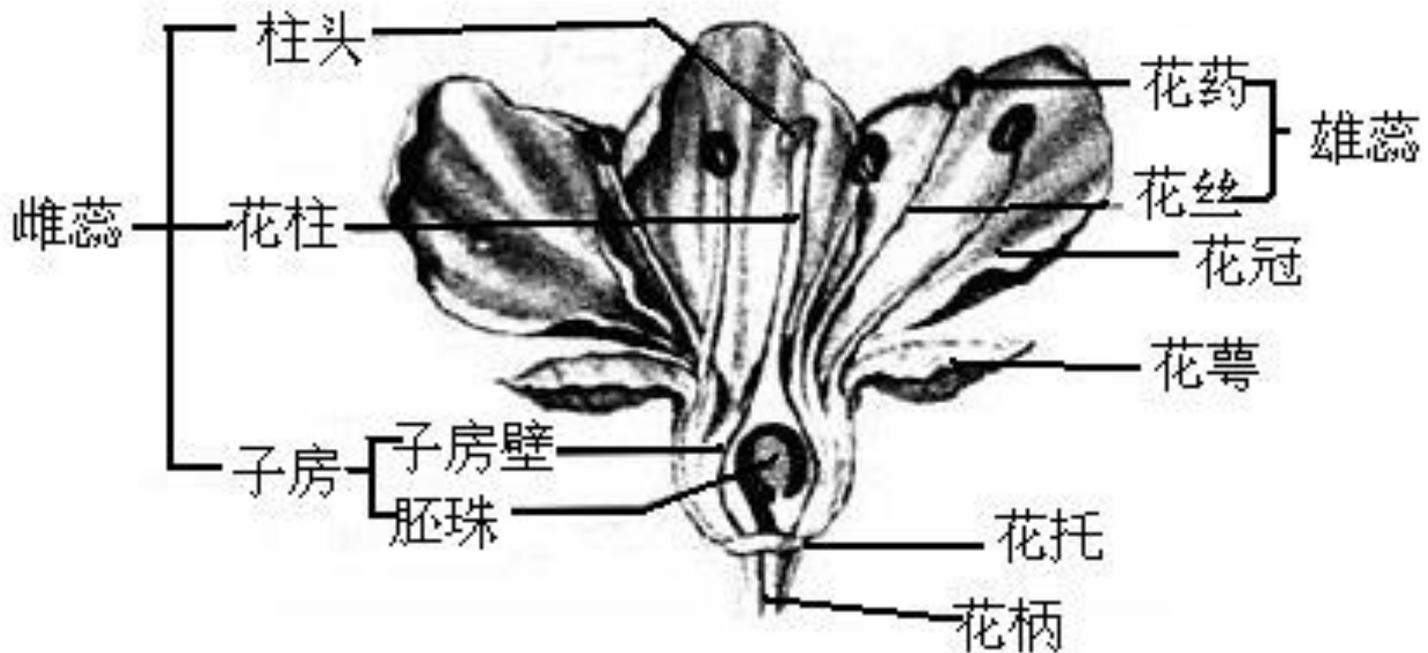
## 五、花药和花粉培养

在人工培养基上，诱导花粉偏离一般正常发育途径而转向孢子体发育，形成**胚状体** (embryoid)或**愈伤组织** (callus)，最后形成独立的**花粉植物** (pollen plant)。这种植株都是**单倍体** (monoploid)。单倍体不结实，但若在培养过程中，染色体发生加倍，即成为**纯合的二倍体** (homozygous diploid)，可正常开花、结实。



# 第三节 雌蕊的发育

雌蕊的发育主要是**胚珠的发育**和**胚珠内胚囊的发育**, 伴随着胚珠内胚囊的发育, 子房膨大, 花柱伸长, 柱头形成。



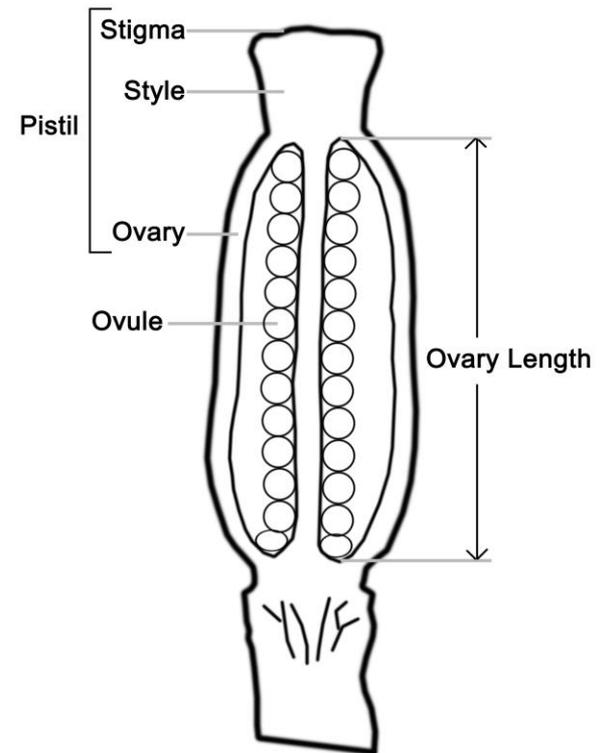
花的结构

# 一、雌蕊的结构

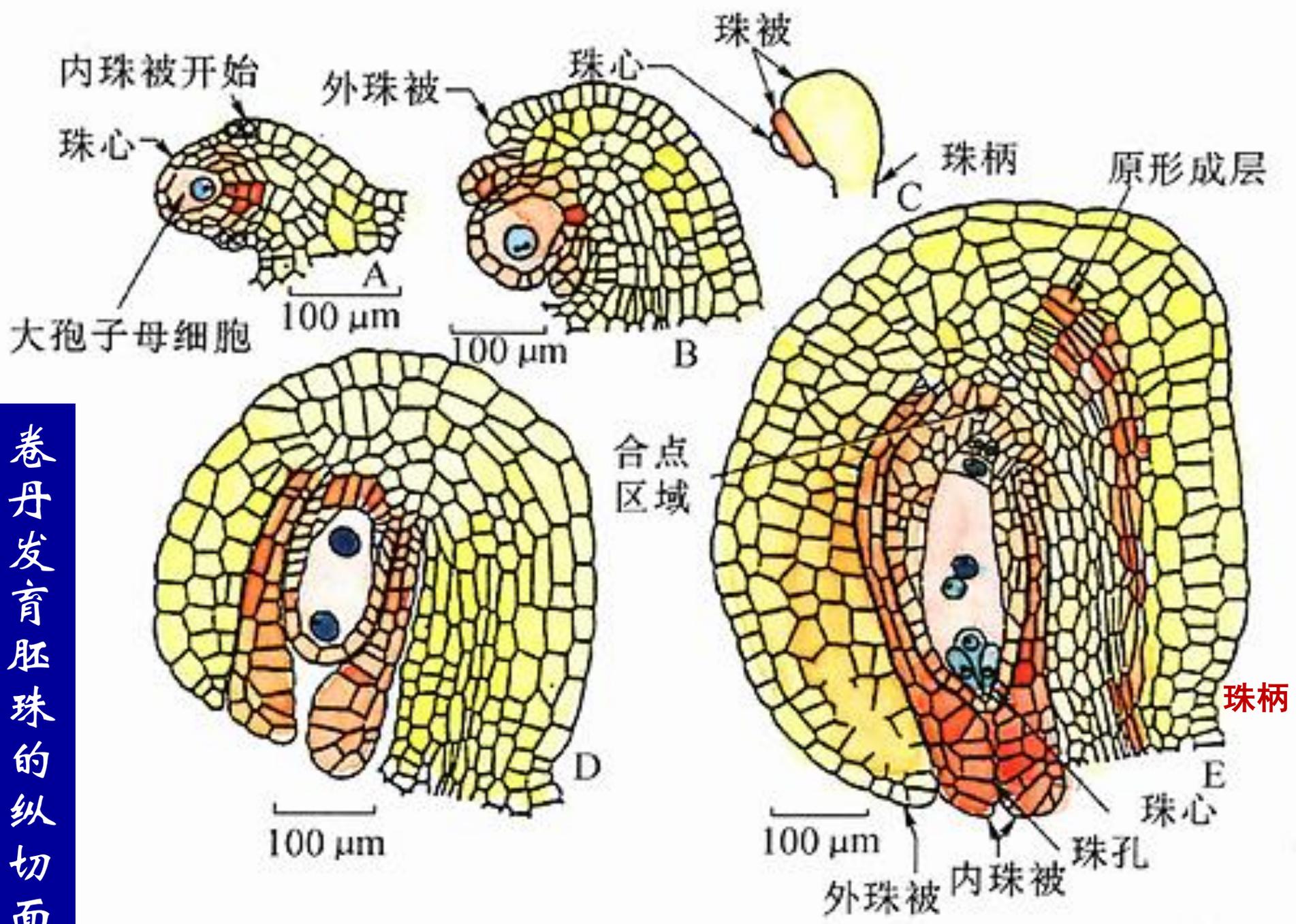
- **柱头**：接纳花粉。
- **花柱**：连接柱头和子房。花柱中央具**花柱道或引导组织** (transmitting tissue)。
- **子房**：子房壁，胚珠。胚珠是形成雌性生殖细胞的地方。

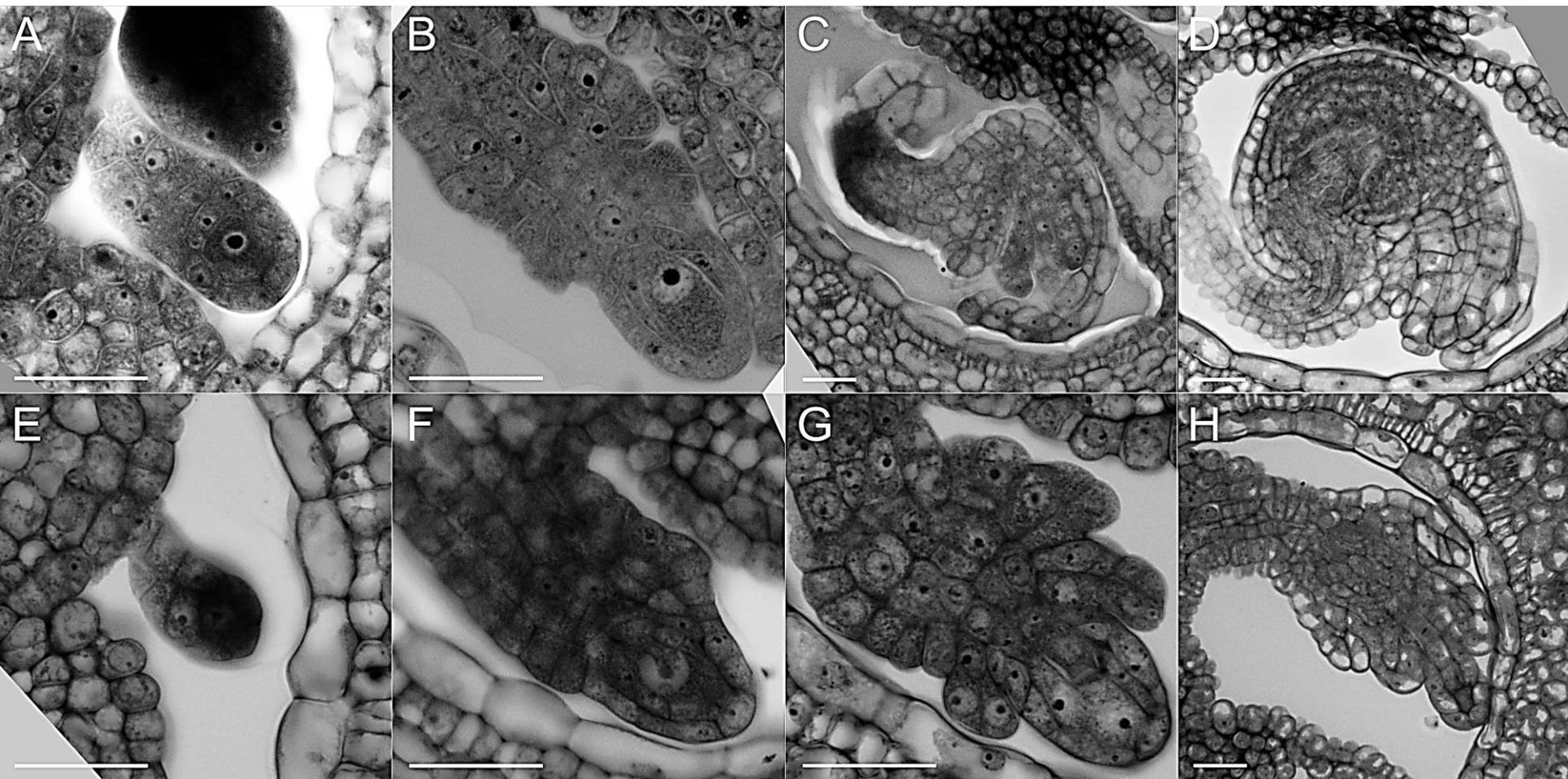
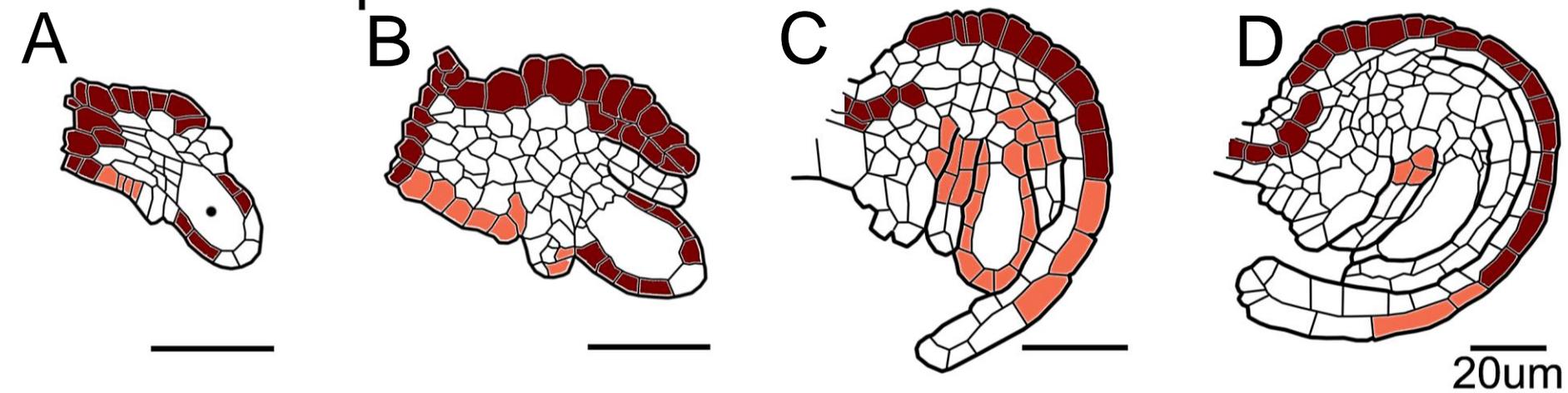
# 二、胚珠的发育，**胚珠原基**发育：

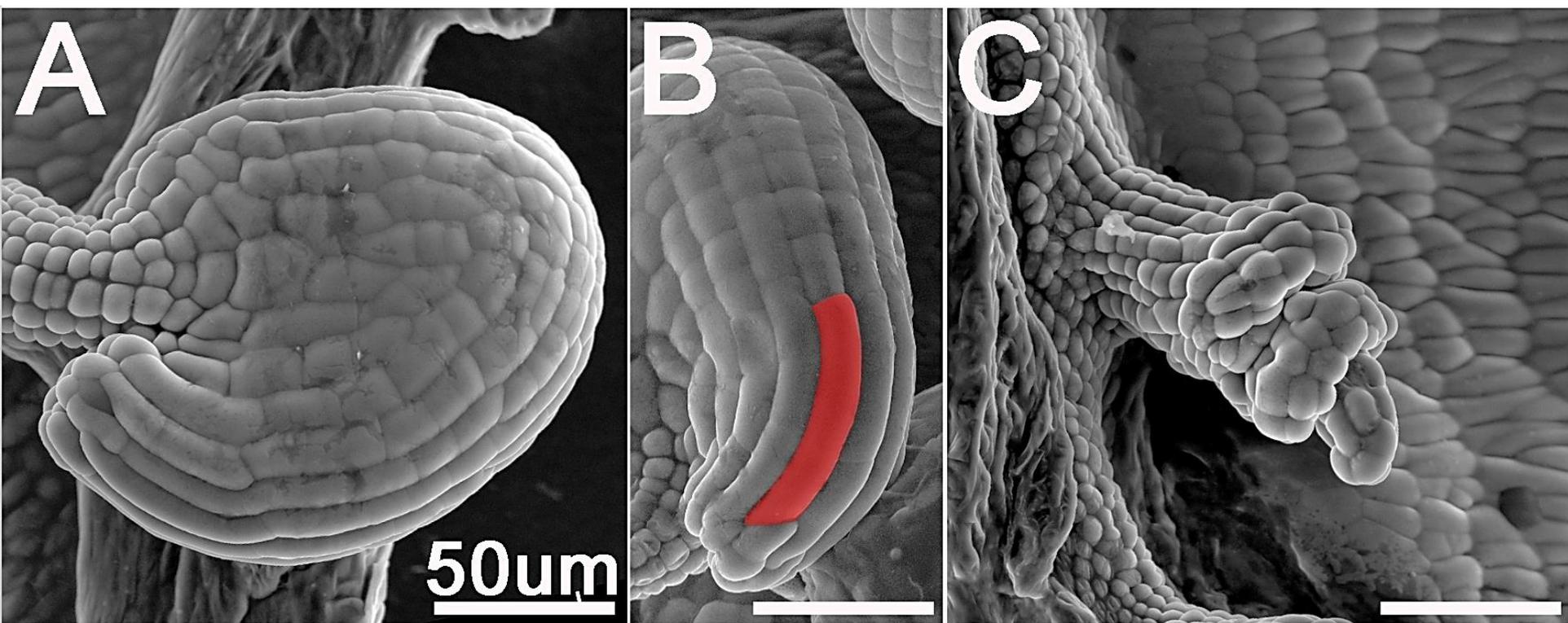
- **珠心**(nucellus)
- **珠柄** (funiculus)
- **珠被** (integument) ， 珠被1或2层。
- **珠孔** (micropyle)
- **合点** (chalaza)



卷丹发育胚珠的纵切面







电子显微镜下的拟南芥胚珠

- **胚珠主要类型：**

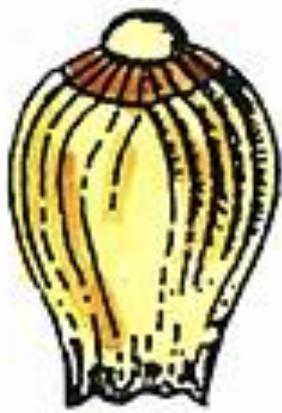
(1) **直生**胚珠 (orthotropous)

(2) **倒生**胚珠 (anatropous ovule)

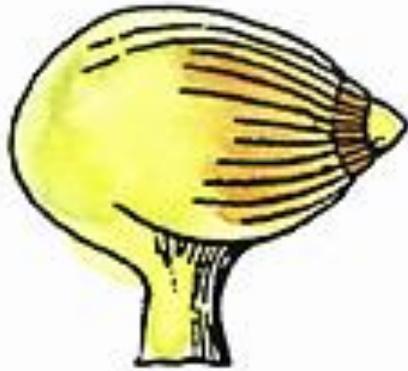
(3) **横生**胚珠 (hemiantropous ovule)

(4) **弯生**胚珠 (campylotropous ovule)

(5) **曲生**胚珠 (amphitropous ovule)



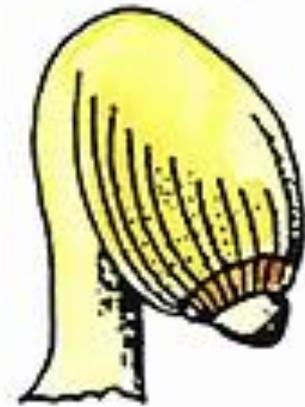
直生胚珠



横生胚珠



弯生胚珠



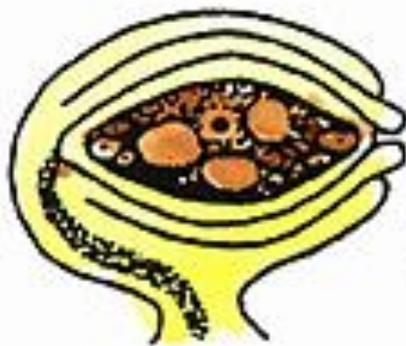
倒生胚珠

(珠孔向上，珠孔、珠心纵轴、合点和珠柄成一直线)

胚珠外形



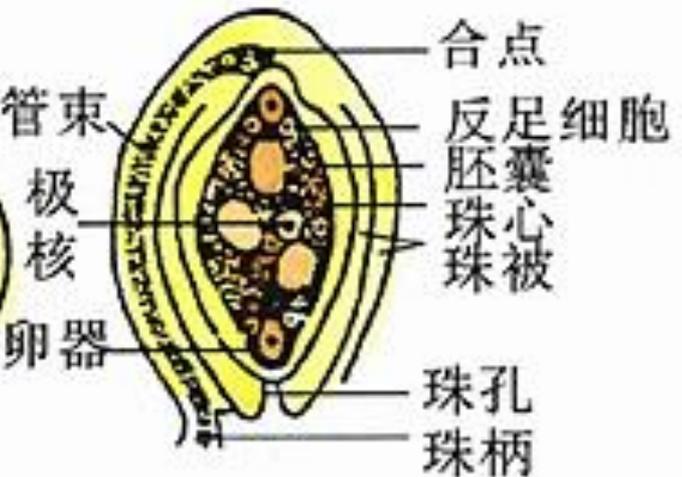
直生胚珠



横生胚珠



弯生胚珠

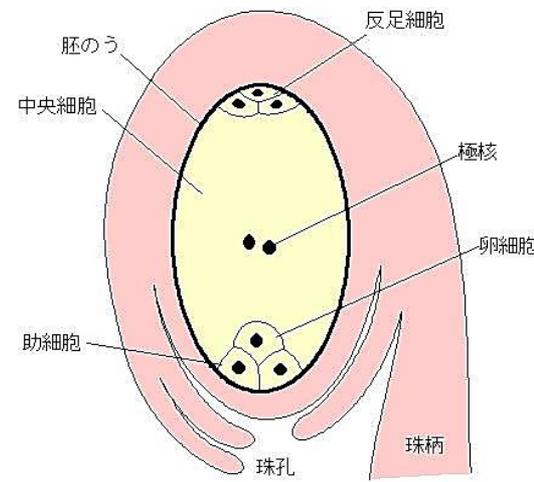


倒生胚珠

胚珠纵切

# 胚珠的类型和结构

# 三、胚囊的形成



- 孢原细胞：

- 周缘细胞：参与珠心组成

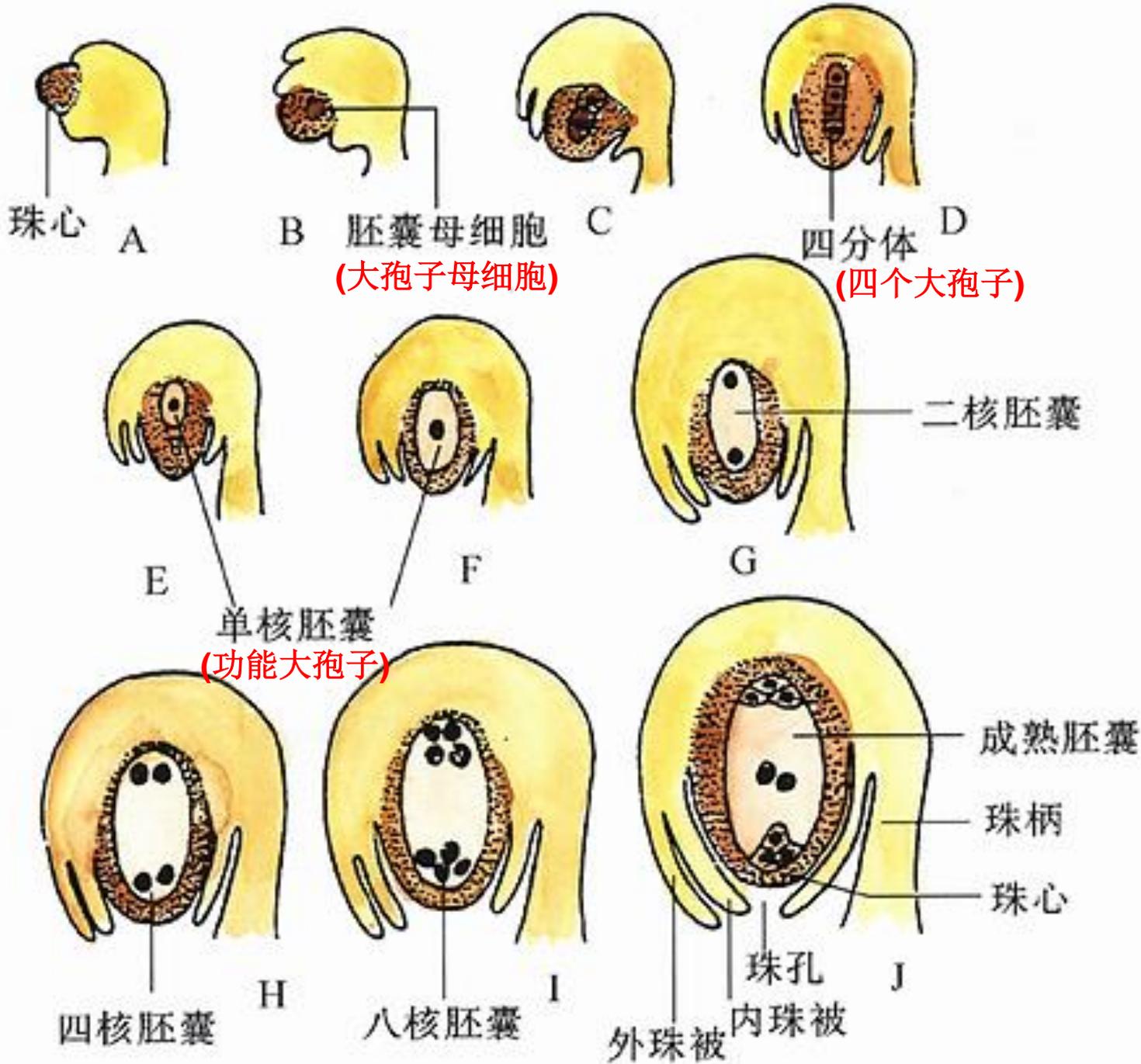
- 造孢细胞：发育为胚囊

- 胚囊母细胞 (embryo sac mother cell)(也叫**大孢子母细胞**)减数分裂：

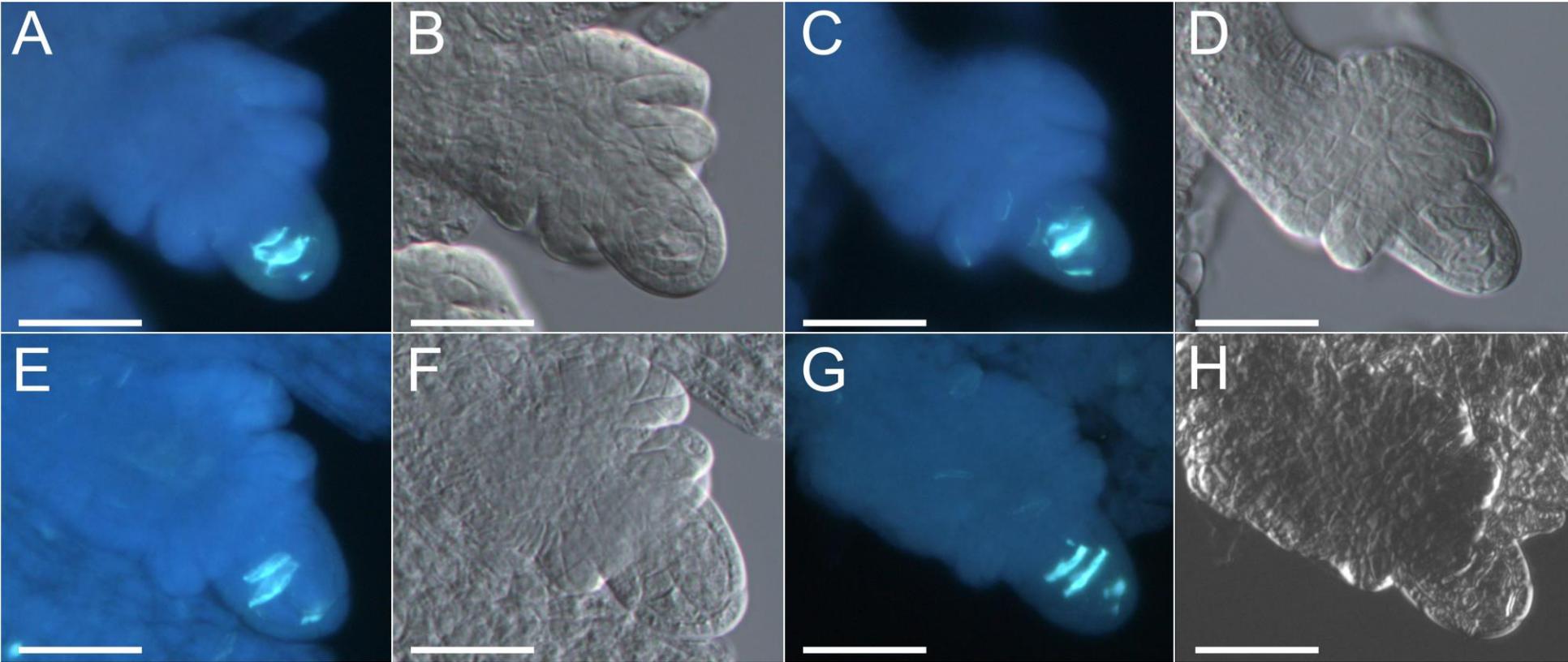
- 形成**四个大孢子**，常**纵行排列**，一般珠孔端的三个退化，仅合点端的一个为**功能大孢子**，以后发育为**胚囊**。

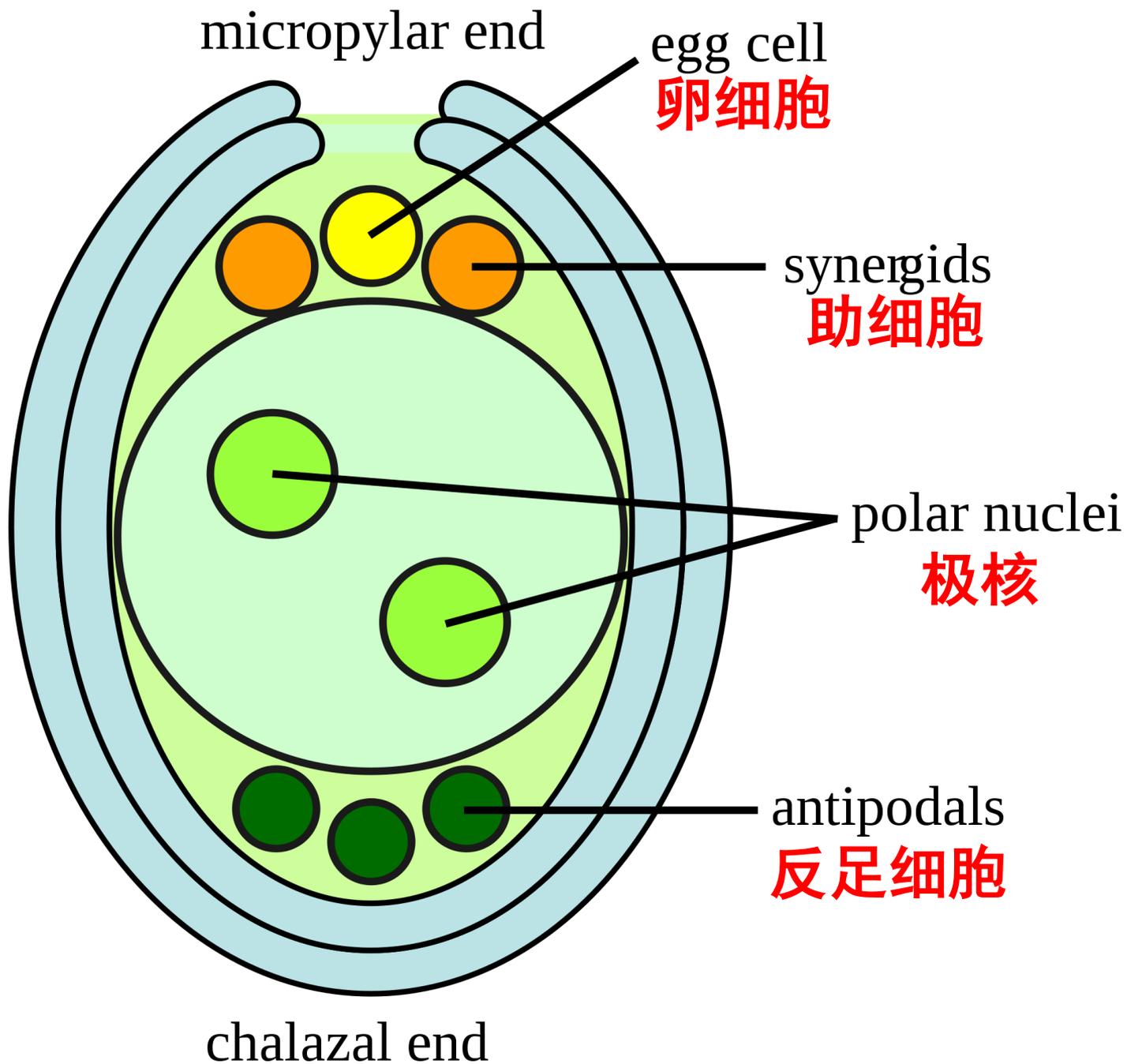
- **单核胚囊**：连续三次核有丝分裂，形成了**八核胚囊**：**2极核** (polar nuclei)组成**中央细胞**(central cell)；**卵细胞** (egg cell)；**2助细胞**(synergids cell)；**3反足细胞** (antipodal cell)。 **7细胞8核**的成熟胚囊是被子植物的**雌配子体** (female gametophyte)，卵细胞是**雌配子** (female gamete) 。

# 胚珠和胚囊的发育过程



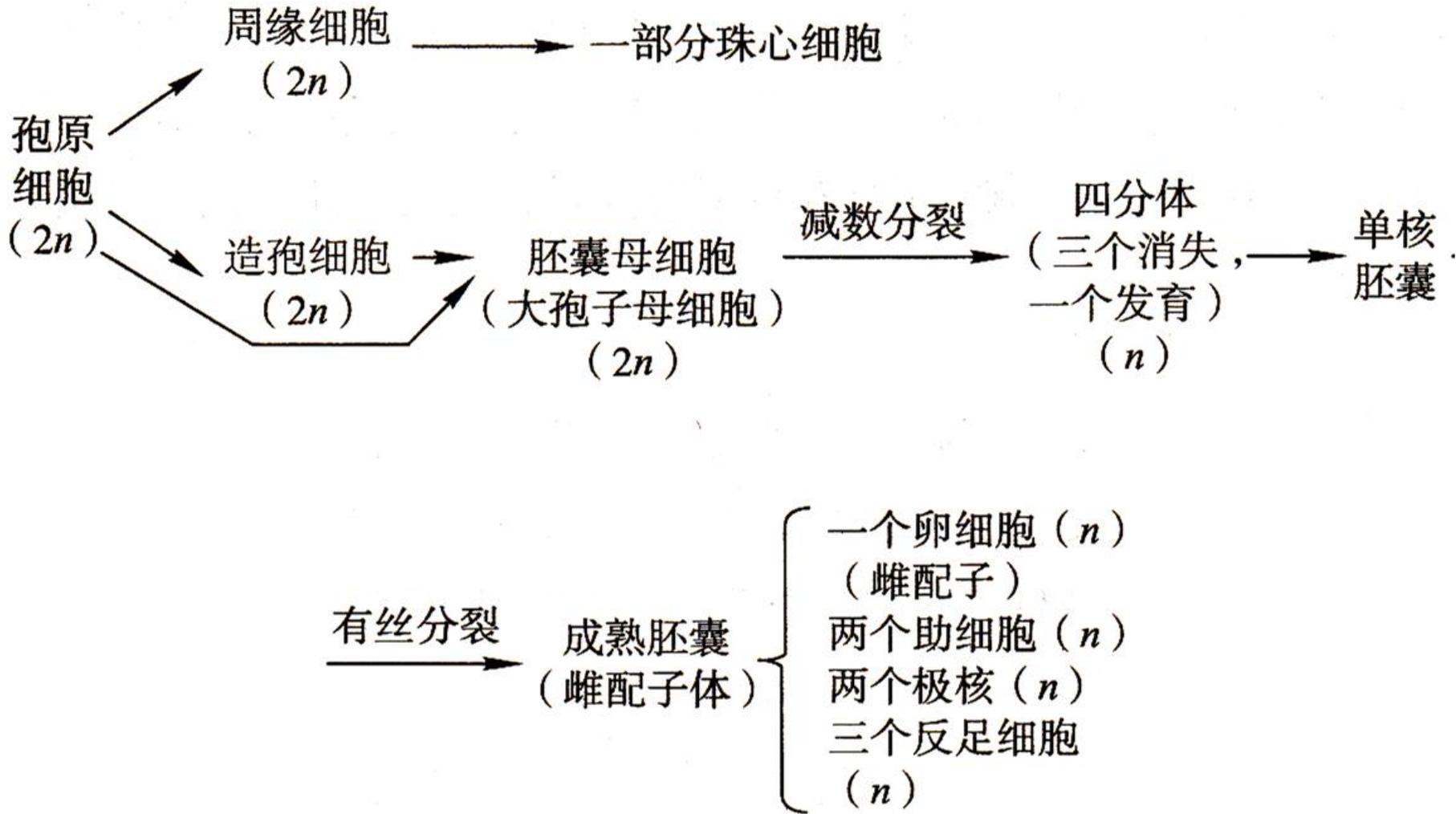
# 通过苯胺蓝染色观察大孢子母细胞分裂





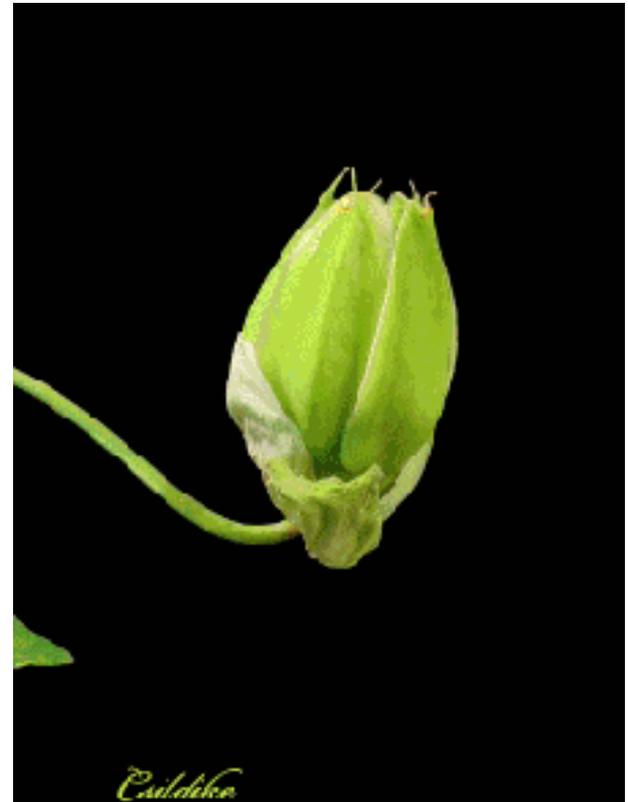
成熟胚囊模式图

# 胚囊发育过程图解



## 第四节 开花和传粉

当植物花的各部分发育成熟后，就进入开花传粉阶段。开花时，花被展开，雄蕊和雌蕊露出，以利于传粉。



# 一、开花

- 各种植物在开花年龄和开花季节上常有差别。一、二年生植物，一生中仅开花一次。多年生植物要生长多年才开花。大多数多年生木本植物和草本植物到达成熟期后，能年年开花。
- 植物的花期长短有差异，有的仅几天；有的可持续1~2个月或更长时间；有些热带植物，可终年开花(可可、柠檬、桉树等)。
- 各种植物的开花习性和遗传特性有关，但常因纬度、海拔高度、坡向、气温、光照、湿度等环境条件的影响而变化。

**大多数多年生木本植物和草本植物到达成熟期后, 能年年再次开花。**



## 贝叶棕 棕榈科贝叶棕属

大约40年开花一次，一生只开一次花，然后结果，果熟即整株死亡去，留下"儿孙满园"。这在植物学上叫做"**一次性花果植物**"。



西双版纳傣族自治州政府门前的贝叶棕

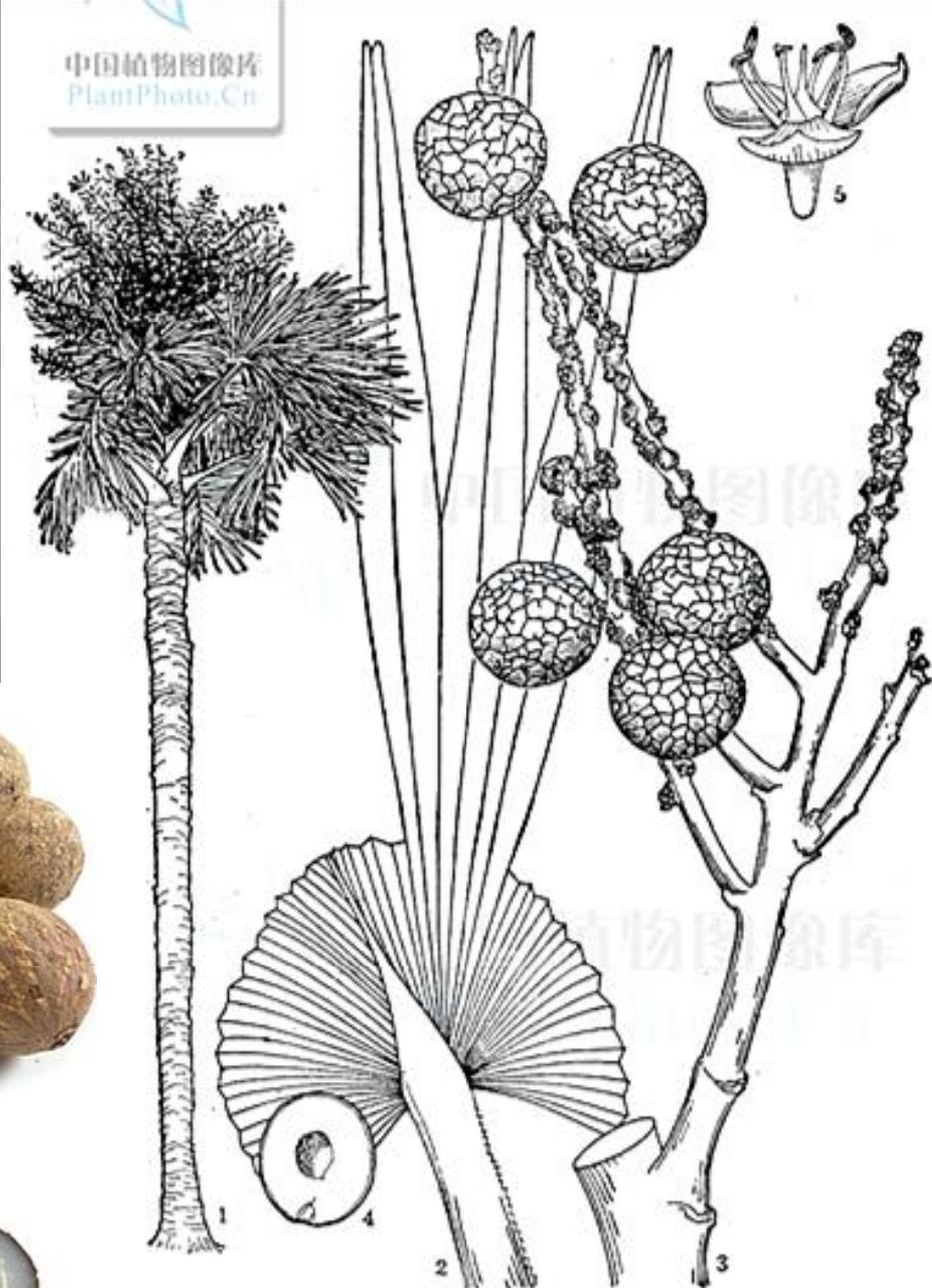




花序顶生、大型、直立，圆锥形







表面看就是一个种子，不起眼而且粗糙，剖开就是象巧克力色花纹的皮，最里面的是白色。



表皮剖开图



砍开截面图

# 菩提根的制作过程

*Corypha umbraculifera* Linn.: 1.植株形态; 2.叶片一部分; 3.果序一部分; 4.果实。(刘 楷绘)



¥42800.00 

彩翠谷 白菩提根手链朱砂原籽手工打磨木质佛珠工艺品男女式民族风 礼物 20毫米



¥12500.00 

名古缘 天然7\*9mm菩提根手链 108颗菩提根手串 蜜蜡随形吊坠

## 二、传粉

### (一) 自花传粉与异花传粉

1. **自花传粉**(self pollinating): 雄蕊的花粉落到同一朵花的雌蕊的柱头。严格的自花传粉植物有自我受精的能力而这种植物异花传粉则不能受精。

闭花受精可避免花粉粒为昆虫所吞食,或被雨水淋湿而遭到破坏,是对环境条件不适于开花传粉时的一种合理的适应现象。

2. **异花传粉** (cross pollinating)：一朵花的花粉传到另一朵花雌蕊的柱头上的过程。**异株**间的传粉和**异品种**间的传粉也称异花传粉。

从进化意义看，异花传粉比自花传粉优越。

异花传粉**适应性**：

- ①花单性。
- ②两性花，但雌雄蕊异熟。
- ③雌雄蕊**异长**或**异位**。
- ④柱头的**选择性**。

## (二) 风媒传粉与虫媒传粉

1. **风媒传粉** (anemophily): 依靠风为传粉媒介; **风媒花** (anemophilous flower)

风媒花特征:穗状、柔荑花序, 不鲜艳, 无香味, 无蜜腺; 花粉粒小而轻, 光滑而干燥。

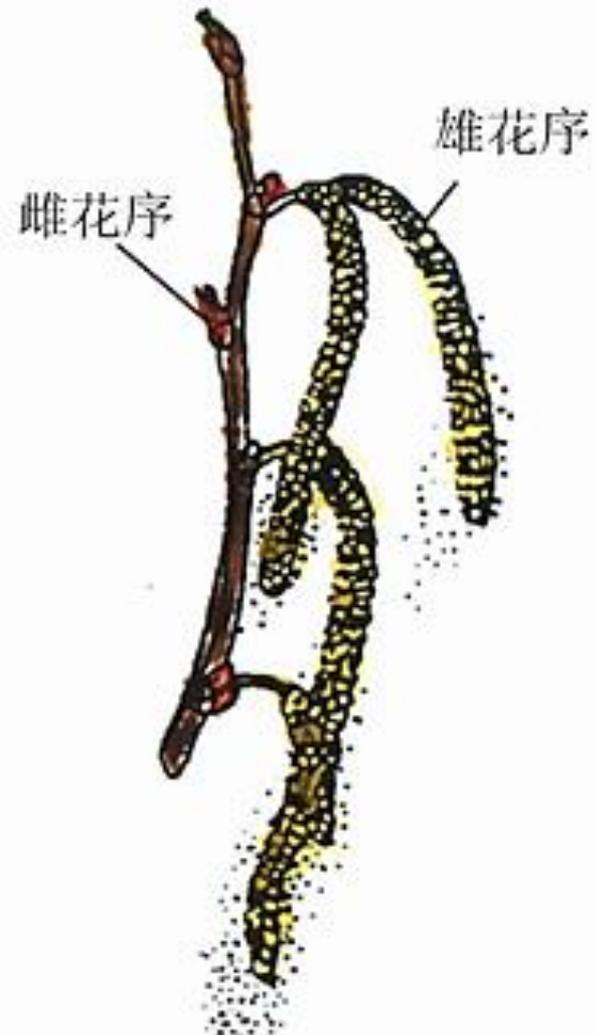
2. **虫媒传粉** (entomophily): 借助昆虫为传粉媒介; **虫媒花** (entomophilous flower)。

虫媒花特征和传粉的昆虫适应关系: **色、香、蜜**具备。

风媒和虫媒并不是绝对的。

3. **水媒传粉** (hydrophily)

4. **鸟媒传粉** (ornithophily)。



松属花枝, 雄花序散出花粉, 靠风传播



黑麦开花期的复穗状花序



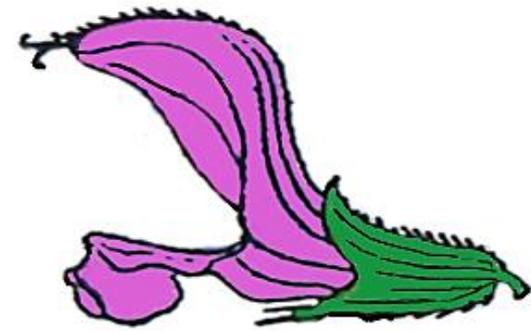
黑麦的小穗, 雄蕊从小花中伸出散粉

# 风媒传粉

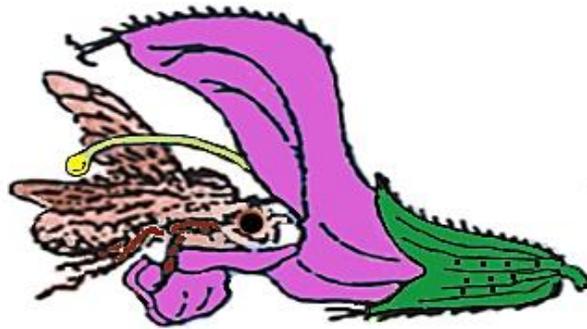


山龙眼科的柔荑花序

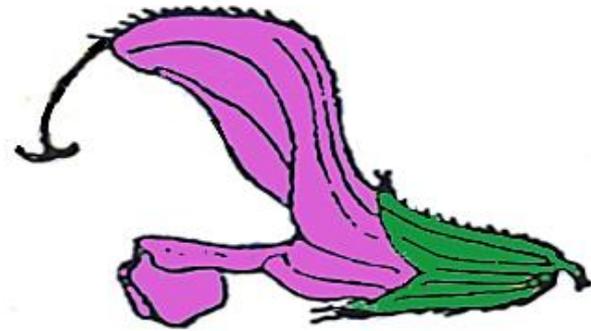
# 鼠尾草的虫媒传粉



雄蕊成熟花的外形



雄蕊成熟的花, 昆虫在授粉,  
示扑打在虫背上的花药



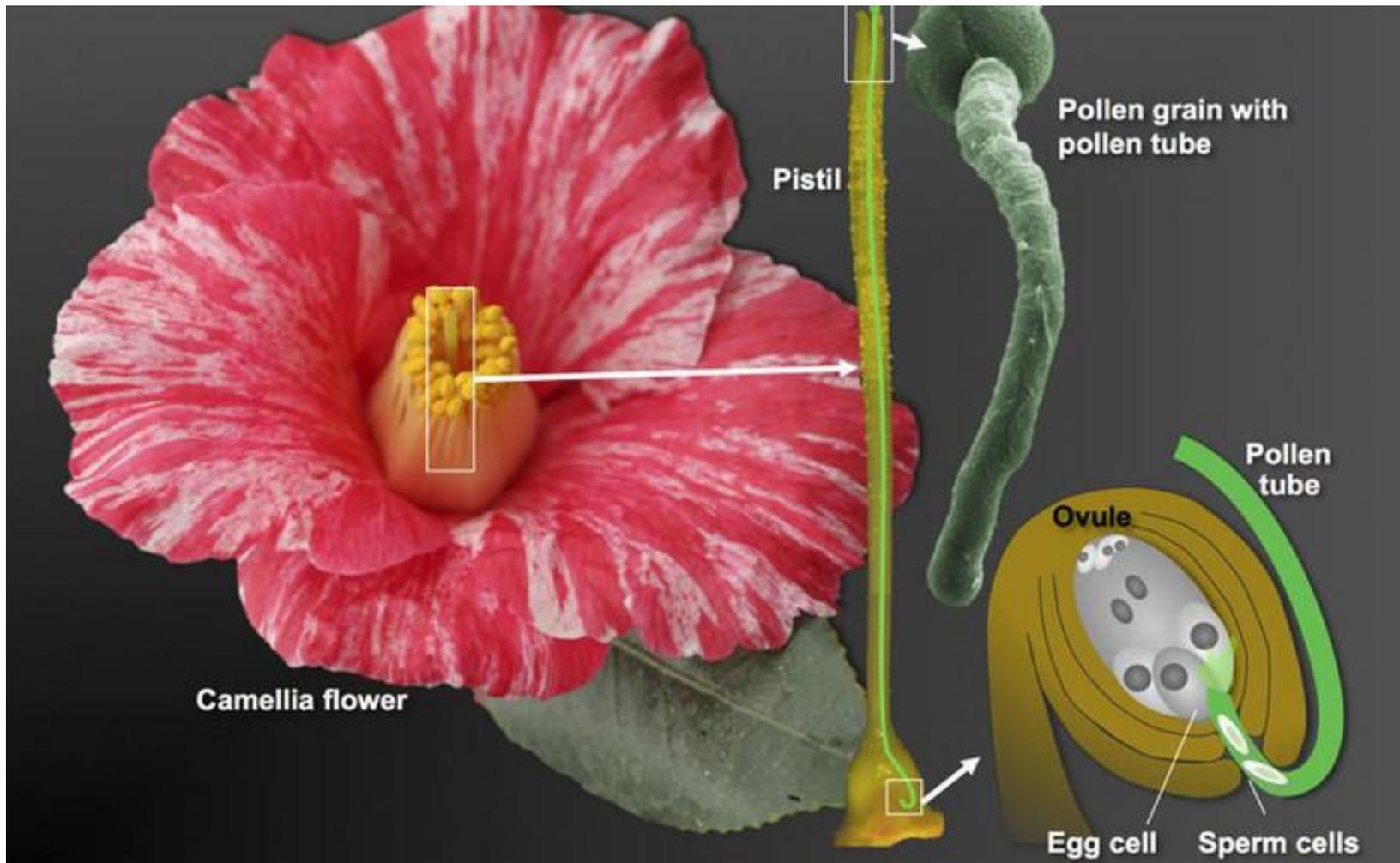
雌蕊成熟的花



花冠基部剖面,  
示部分药隔和退化的花粉囊  
及药隔运动的情况

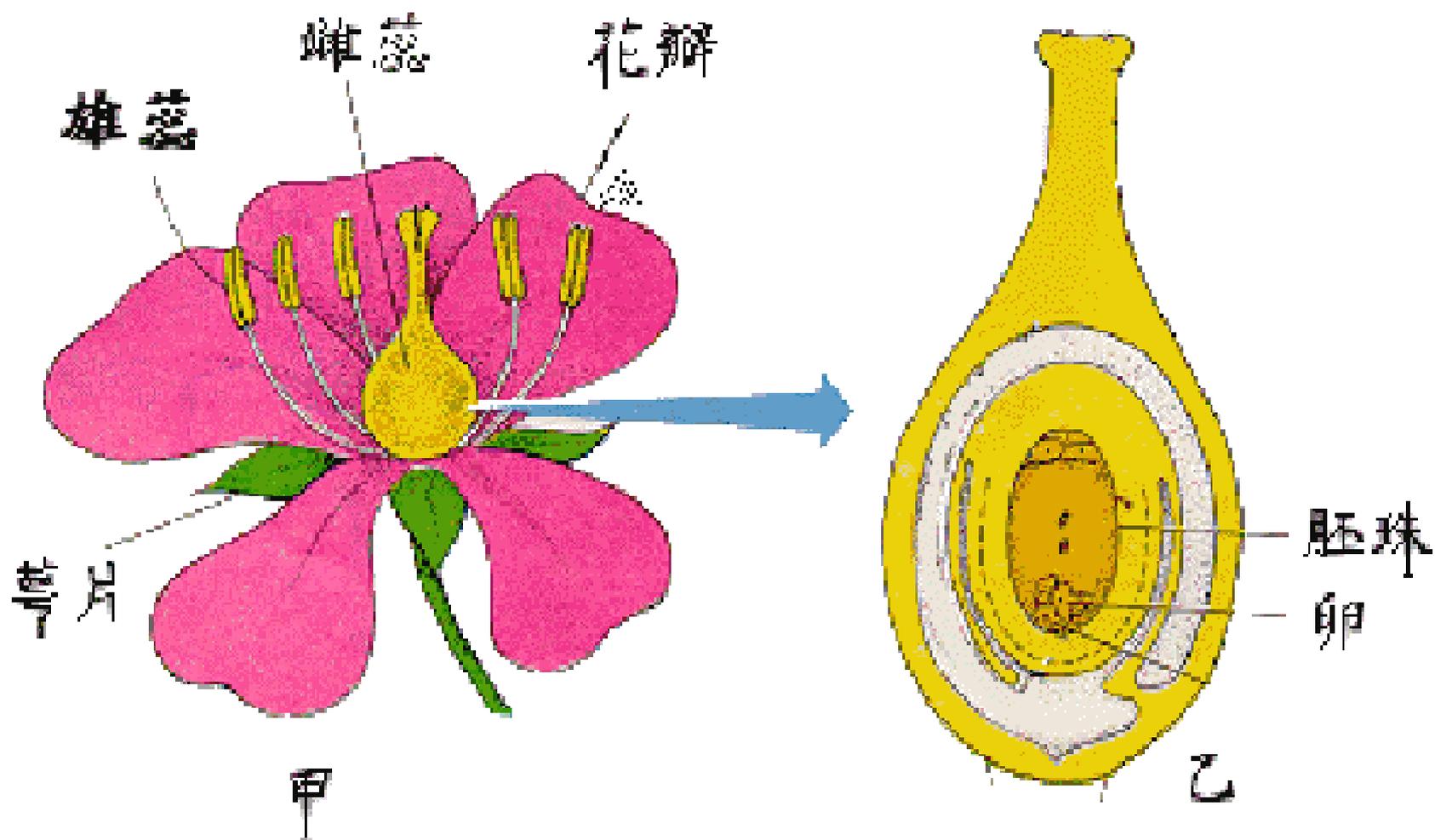
# 第五节 受精作用

- **受精作用 (fertilization):** 雄配子 (精细胞)和雌配子 (卵细胞)互相融合的过程。



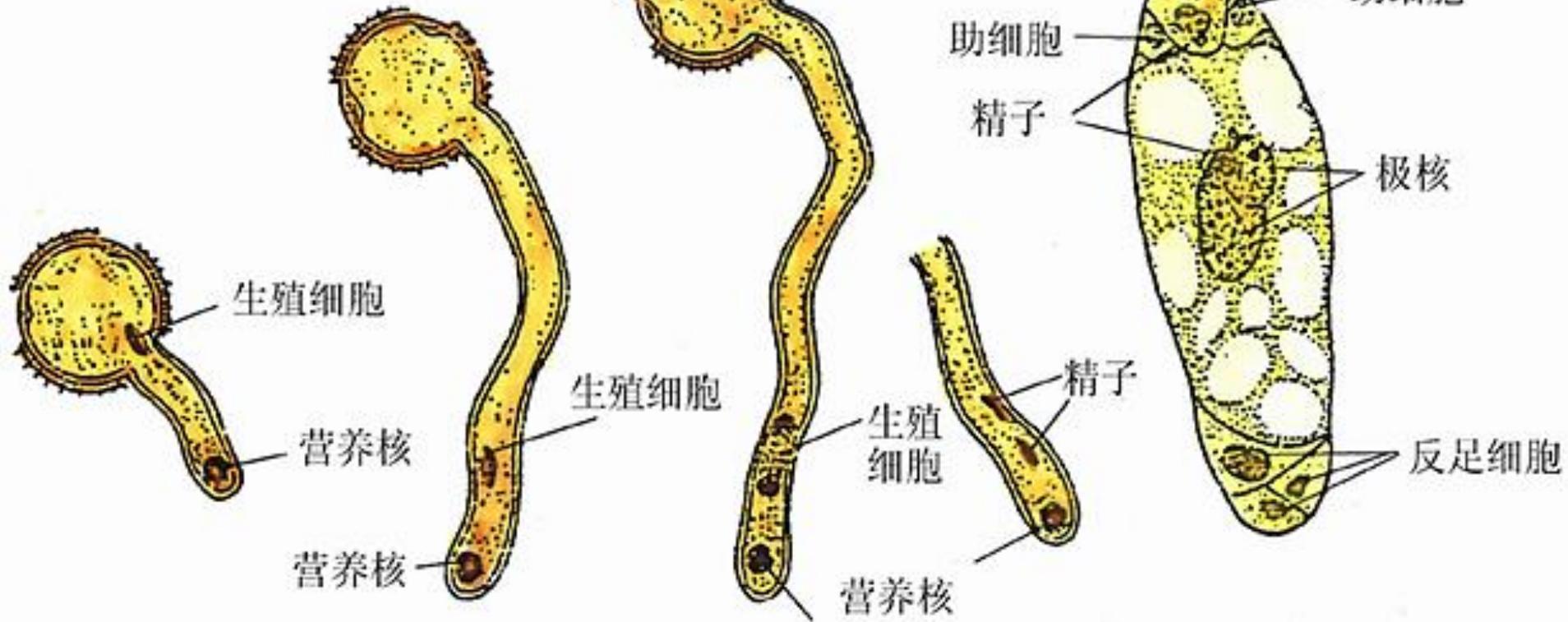
# 一、花粉粒的萌发与生长

- **花粉管 (pollen tube)**自花粉萌发孔突出，伸长。
- 花粉管穿过柱头沿着花柱向子房方向生长。
- 花粉管在生长过程中，花粉粒中的内容物几乎全部集中于花粉管的顶端。如果是**二细胞花粉粒**，生殖细胞在花粉管中再分裂一次，形成两个精细胞。
- 花粉管通过花柱进入子房以后，进入胚囊：
  - ①**经珠孔进入**。
  - ②**经合点进入**，称为**合点受精 (chalazogamy)**。
  - ③**经珠柄或珠被进入**，称**中部受精 (mesogamy)**。
- 花粉管无论由何种途径，总能准确地进入胚囊。
- 花粉管生长的速度因植物种类和环境条件不同常有差别。（**小麦水稻20-30min，栓皮栎14个月**）



甲，花的構造。 乙，雌蕊縱切面

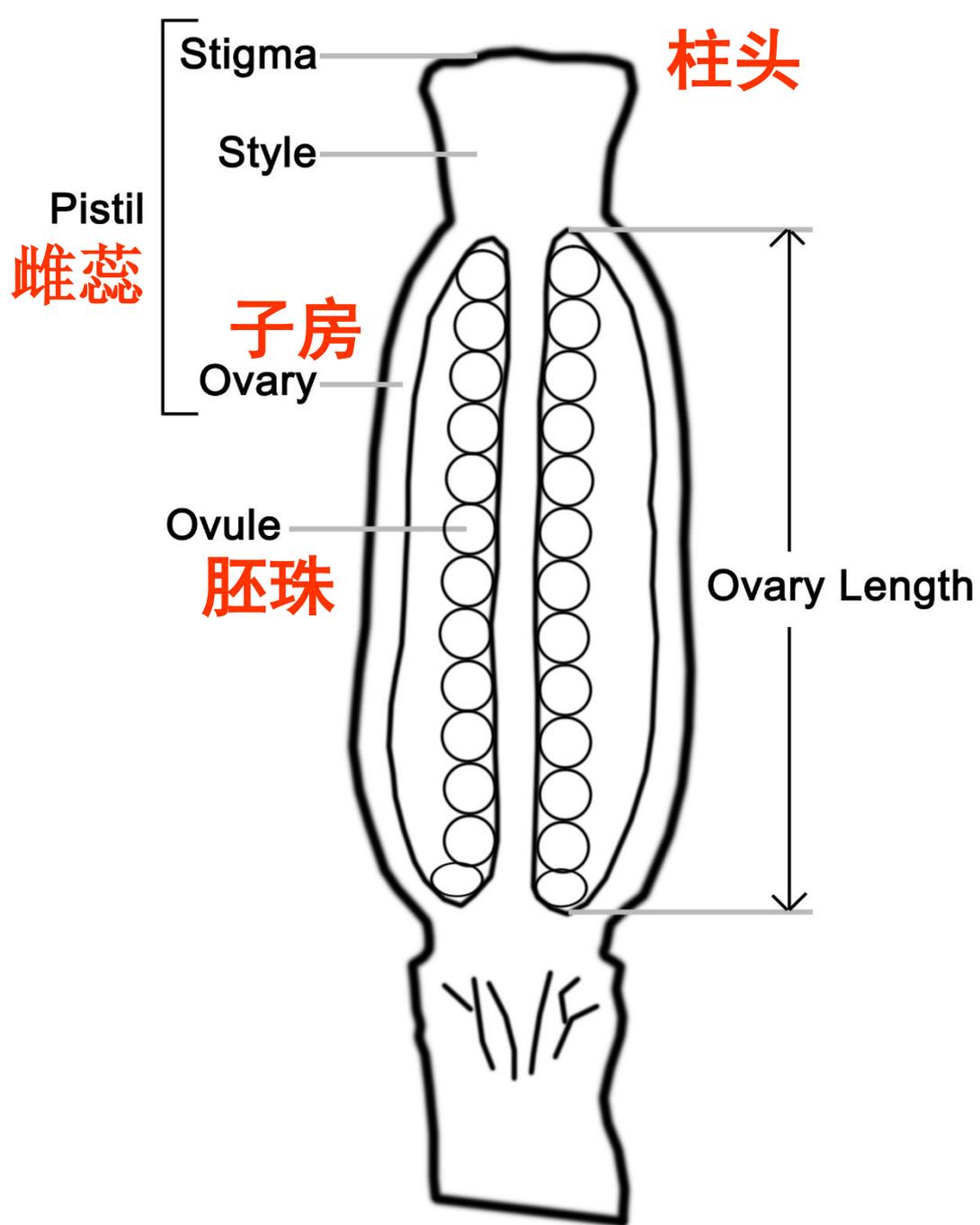
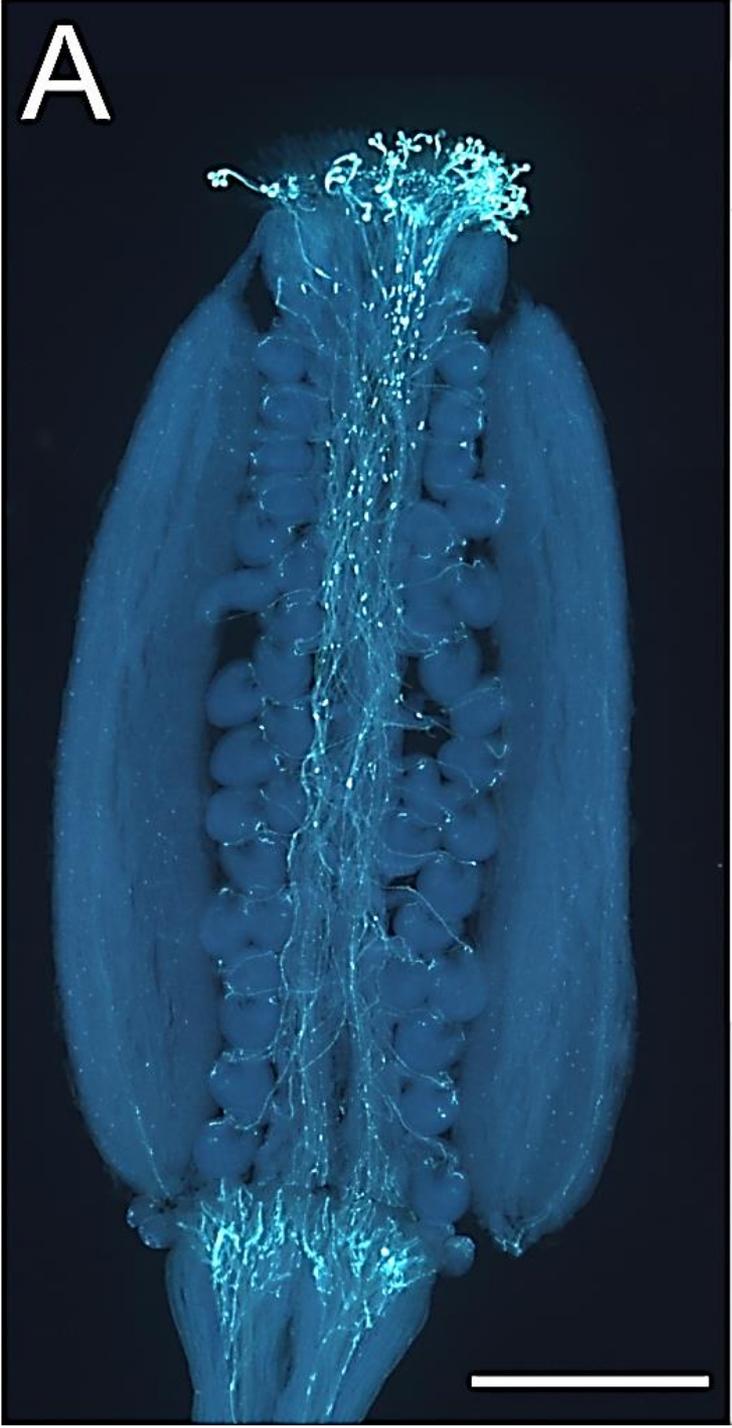
# 二细胞花粉粒

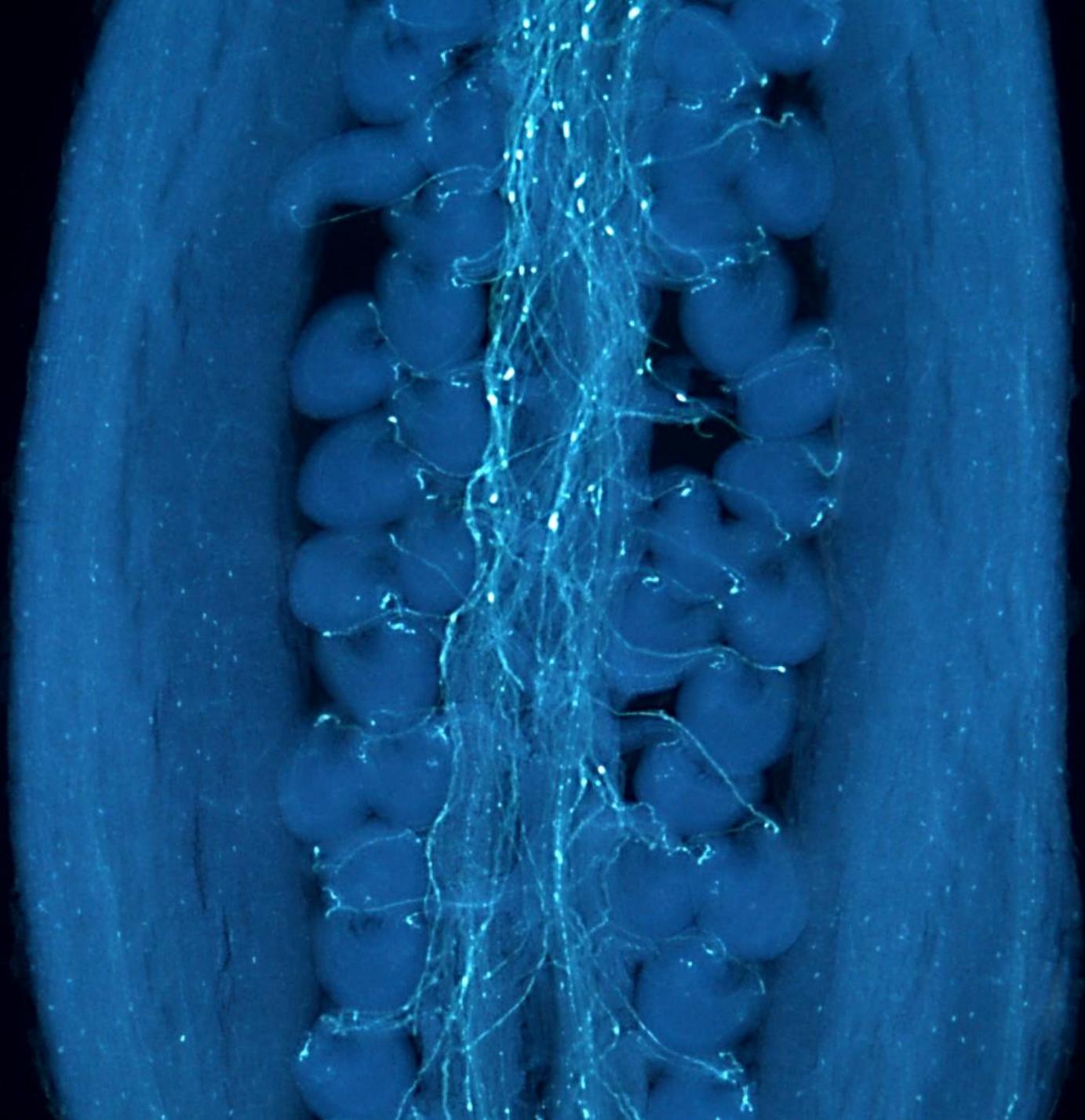


花粉管的生长和精子的形成

头巾百合的双受精

# 精子的形成和双受精



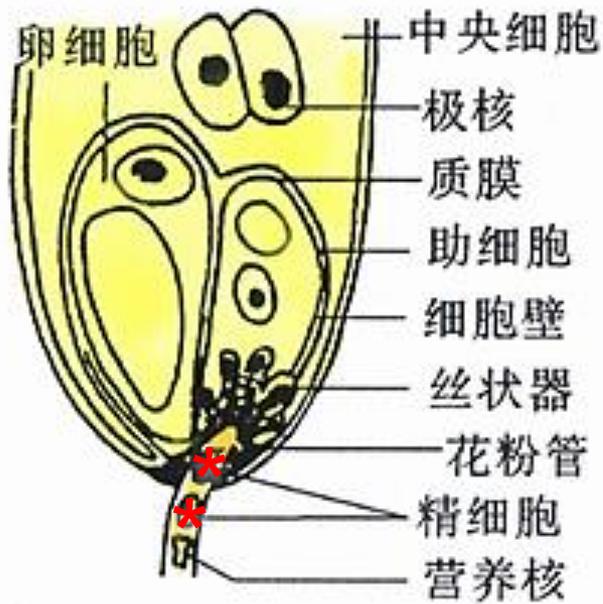


## 二、双受精作用

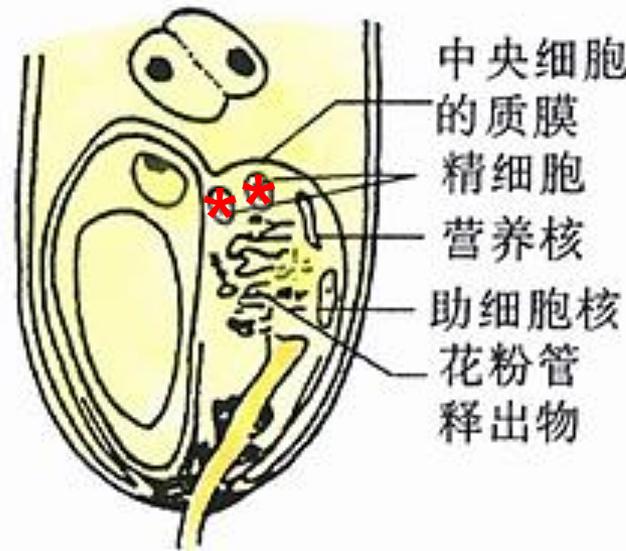
### 1. 双受精过程:

- **双受精作用 (double fertilization)**: 两个精细胞, 其中一个精细胞与卵细胞融合, 另一个精细胞与中央细胞的两个极核融合。是被子植物有性生殖中的特有现象。
- 双受精过程: 精核进入卵细胞后, 精核与卵核和核质相融, 成为合子, 发育成胚。另一个精细胞进入中央细胞后, 其精核与极核的融合, 形成三倍体的初生胚乳核, 发育成胚乳。

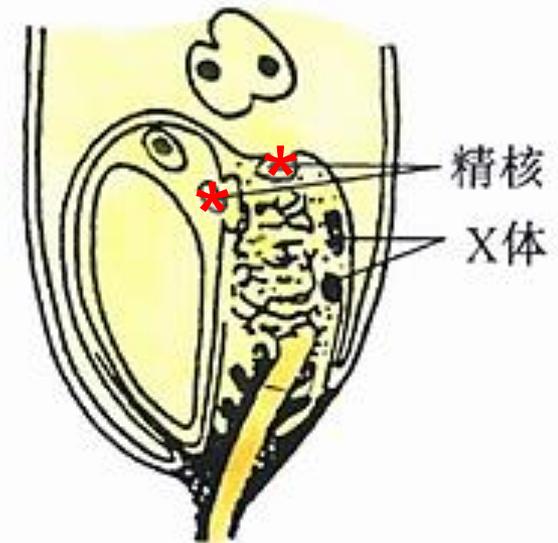
# 被子植物双受精作用中精细胞转移至卵细胞和中央细胞图解



花粉管进入胚囊



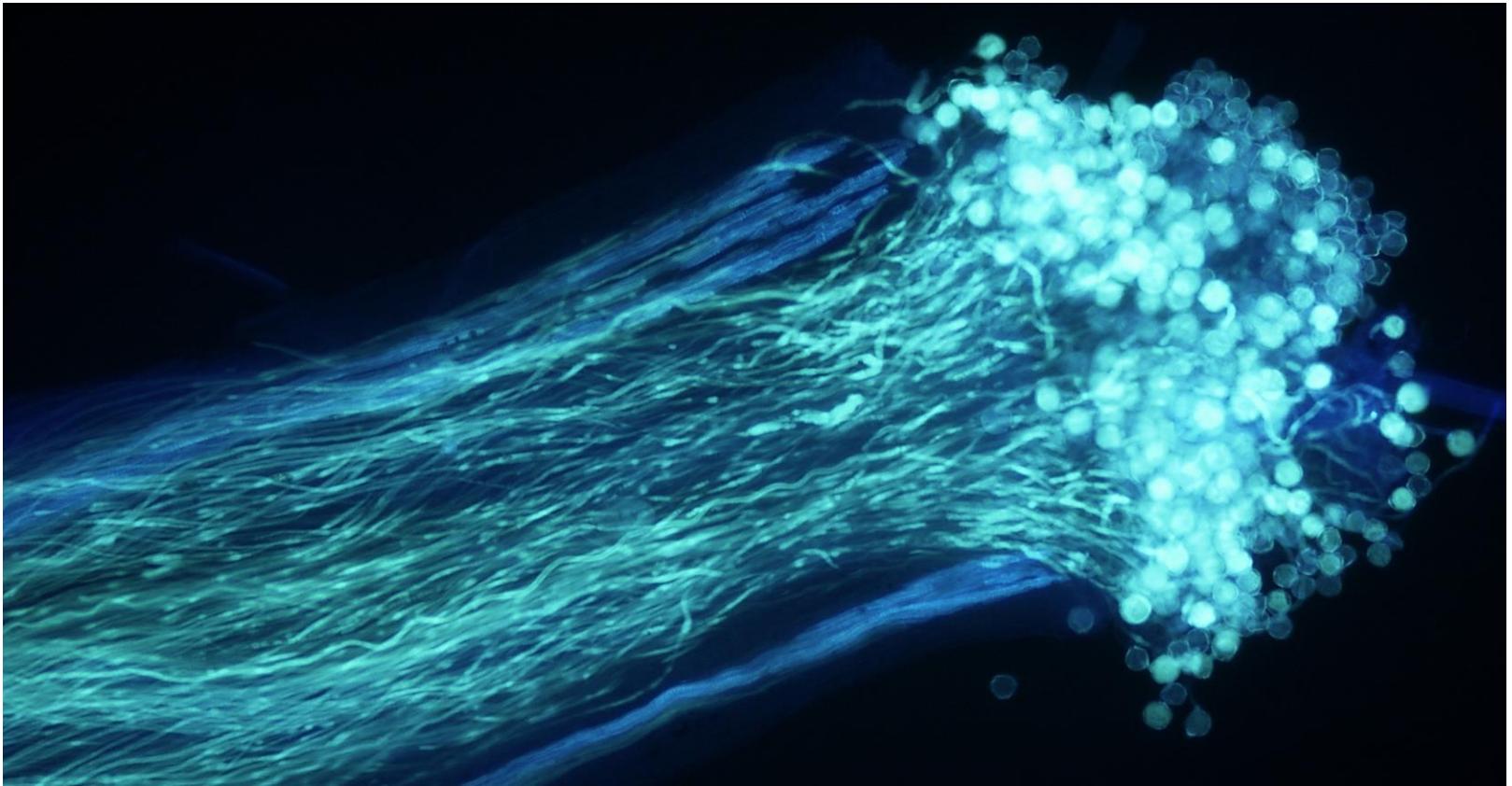
花粉管释放出内容物



两个精细胞分别转移至卵和中央细胞附近 (X体: 退化的营养细胞和退化的助细胞核)

## 2. 受精的选择性：

- 传粉开始，柱头与花粉之间相互识别；
- 伸入花柱中花粉管通常只有生活力强、生长迅速的一条进入胚囊；
- 卵细胞又总是选择生理上和遗传上最适合的精细胞来完成受精过程。



### 3. 双受精作用的生物学意义

- A、经过双受精形成一个二倍体的合子，使植物原有染色体的数目得以恢复，保持了物种的相对稳定性；
- B、通过父、母本具有差异的遗传物质的重组，使合子具有双重遗传性，既增强了后代个体的生活力和适应性，又为出现新的变异提供了基础。
- C、三倍体的胚乳，同样兼有双亲的遗传性，更适合作为新一代胚的养料，使子代的生活力更强，适应性更广。
- D、被子植物的双受精，加上其他各种形态构造上的进化适应，使它们成为地球上适应性最强、构造最完善、种类最多、分布最广、在植物界中占绝对优势的类群。

# 三、无融合生殖和多胚现象

## 1. 无融合生殖

- 有些植物的胚囊里，不经精卵融合而产生胚，这种现象称为**无融合生殖** (apomixis)。
- (1)**孤雌生殖** (parthenogenesis): 即卵细胞不经受精作用，直接发育成胚的现象。
- (2)**无配子生殖** (apogamy): 由胚囊中卵细胞以外的**非生殖细胞**不经受精发育产生胚的一种无融合生殖
- 上述两种方式所产生的胚以及由胚发育成的植株都是单倍体。
- (3)**无孢子生殖** (apospory): 在被子植物中，发生在通常由**珠心细胞起源**的胚囊中的一种无融合生殖。

## 2. 多胚现象

- 一般每一胚珠中的受精卵仅发育形成一个胚，但有时在一个胚珠中产生两个或两个以上的胚的现象，称为**多胚现象** (polyembryony)。

### 多胚现象来源：

- **合子胚**本身分裂成二至多个胚；
- 有的在一个胚珠中形成**两个胚囊**而形成多胚；
- 由胚囊内的**其它细胞**经受精形成多胚；
- 胚囊中的**助细胞和反足细胞**不经受精也发育成胚，这种胚是单倍性的；
- **珠心或珠被细胞**形成**不定胚** (adventive embryo)。







