

第十章 植物的成花与生殖

第一节 生殖器官的形成与性别分化

第二节 春化作用 (温度)

第三节 光周期现象 (光照)

第四节 植物的授粉与受精



第一节 生殖器官的形成与性别分化

(成花)

一、植物的发育阶段

二、植物开花的过程

三、植物成花启动的内部、外部条件

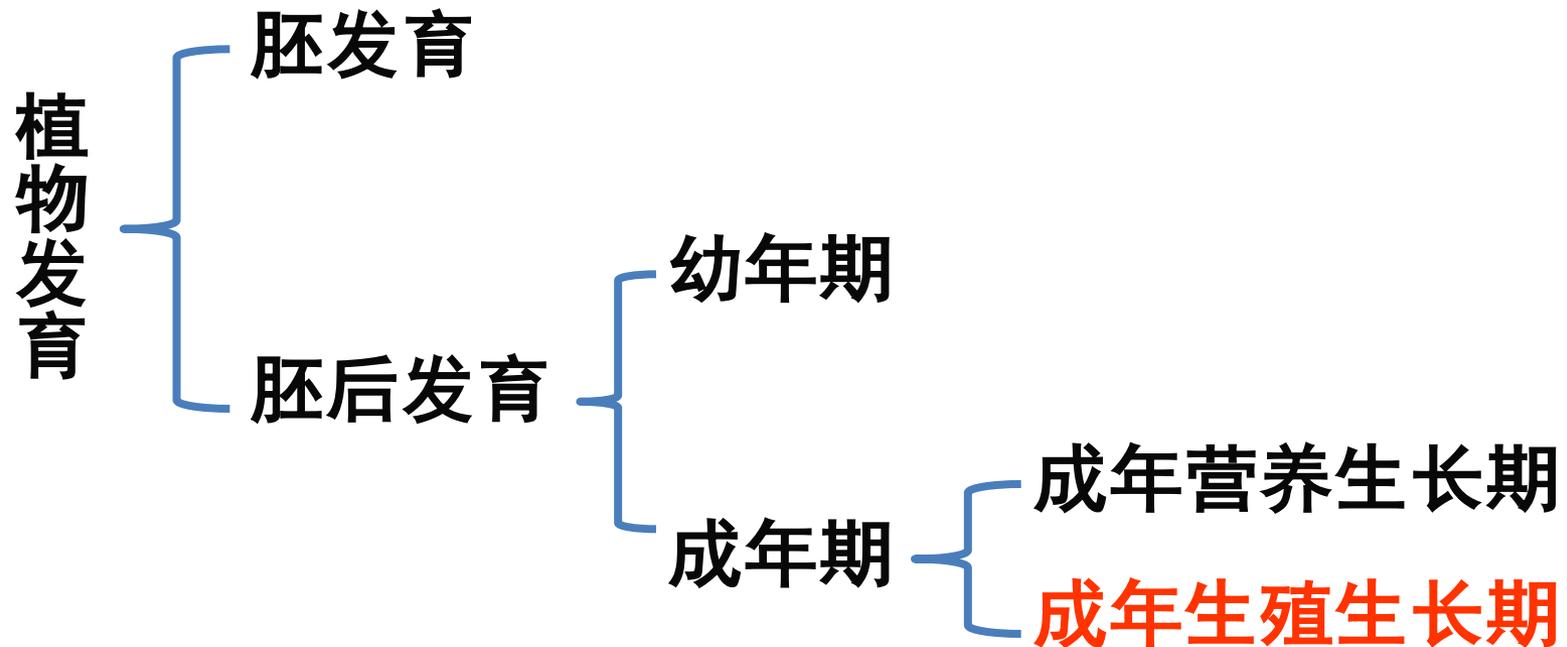
四、植物的花芽形成和分化

五、花器官发育基因控制的ABC模型

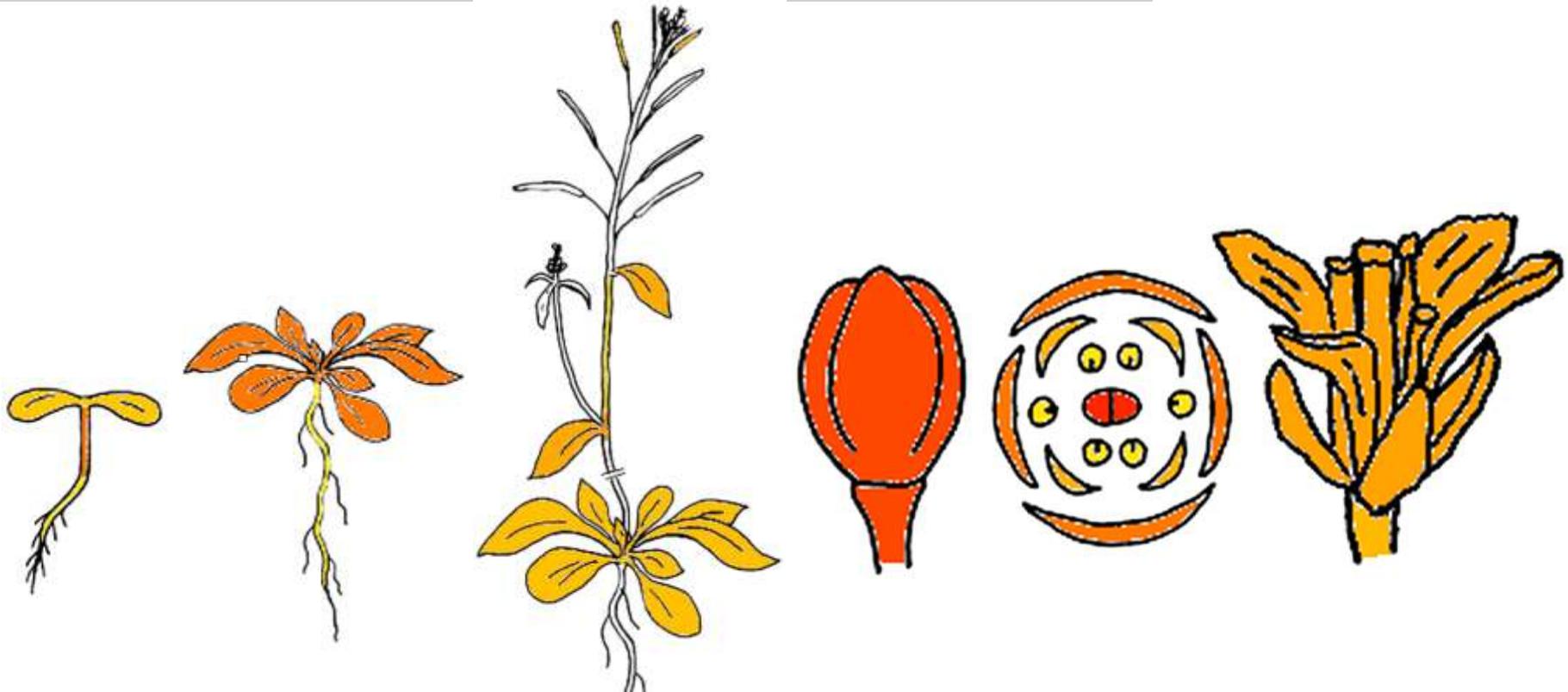
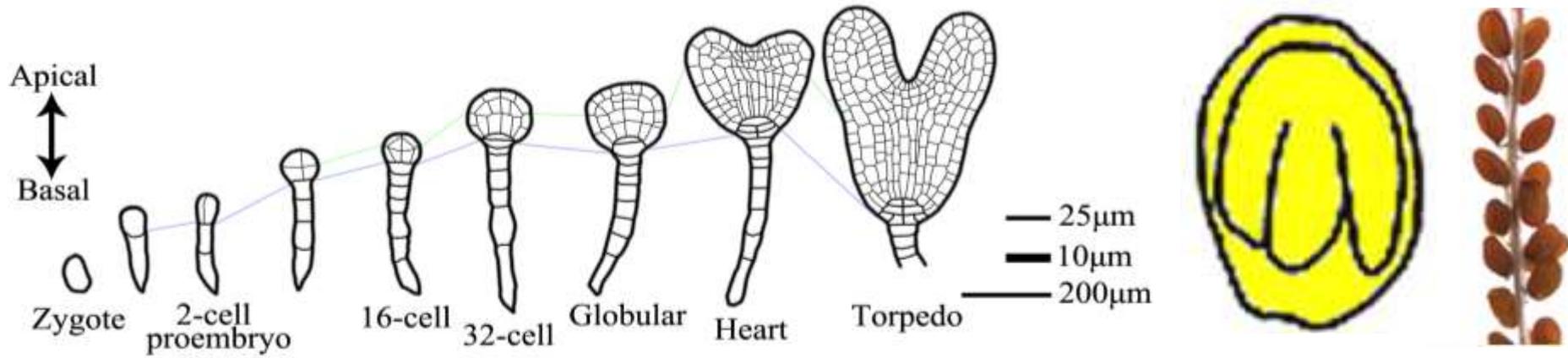
六、植物的性别分化

一、植物的发育阶段

植物的生活周期：营养生长和**生殖生长**



植物发育



(一) 幼年期

幼年期：植物具有开花能力之前的发育阶段。

在此期间, 任何处理均不能诱导开花。

◆ 幼年期长短不一：

◇ 草本植物：较短，约几天或几周。

◇ 木本植物：几年到几十年；果树：3年以上。

◇ 有些草本植物没有幼年期：花生种子的休眠芽中已出现了花序原基。

补充:

植株不同部位的成熟度不同:

基部—幼年期、中部—中间型、顶部—成年期

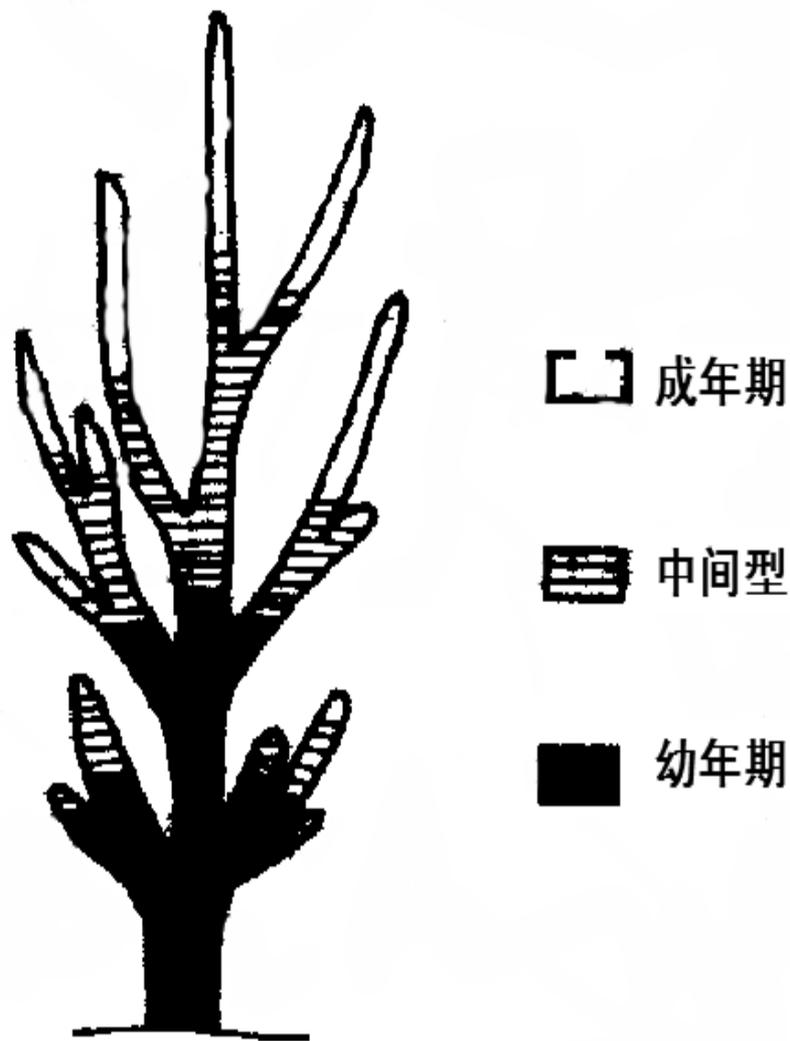
- ✓ 从茎**基部取材**插植，繁殖出的植株呈幼年特征；如从**顶端取材**插植，则长出的植株呈成年期特征；从**中部取材**，长出的植株呈成年期和幼年期混合特征。
- ✓ 植株**一旦成熟**就非常稳定，除非经过有性生殖，重新进入幼年期，否则不易转变回幼年期。



◆ 不同部位成熟度不同。

◇ 幼年期向成年期成熟方向是由**茎基**向**茎顶端**转变的。

◇ 树木：基部通常是**幼年期**，顶端是**成年期**。嫁接顶端则1~2年开花，嫁接基部开花时间更长。



树木幼年期和成年期的部位

大叶桃花心木

楝科桃花心木属



缩短幼年期, 提早成熟的途径:

- 1) **长日照处理**, 桦树在连续长日照条件下, 幼年期由5~10年缩短到不足一年。
- 2) **嫁接**, 如幼年期苹果树的芽嫁接到成熟的矮化砧木上可提前开花。
- 3) **外施赤霉素(GA_3)**, 缩短柏科、杉科植物的幼年期。



芒果树 漆树科



(二) 成年营养生长期和成年生殖生长期

成年营养生长期：植物具有感受环境信号及进行花芽分化能力的时期。

成年营养期与幼年期的区别是具有花芽分化能力。

成年生殖生长期：是指生殖器官的形成期，也就是**花、果实和种子**的形成期。



植物从幼年期向成年期转变的影响因素：

- ① 植株的大小
- ② 年龄
- ③ 叶片数
- ④ 植物的生长环境和营养状况



果皮半红就可以摘



三年以上的苗才能结果

二、植物开花的过程

开花过程包括三个阶段：

- ①**成花诱导**，经某种信号诱导后，进入成花决定态。一旦完成，不易改变。（感受）
- ②**成花启动**，分生组织经过一系列反应分化成形态上可辨认的花原基，亦称**花发端**。（响应）
- ③**花发育**，花器官的形成过程。（形成）



三、植物成花启动的内部、外部条件

植物的成花过程是对**内、外环境**信号刺激的感受和植物相关**基因**在**时间和空间**上差异性表达的结果。

植物的成花启动受一系列内、外因子的调节控制。影响植物成花启动的**内部因子**有：（1）**相关基因表达**；（2）**特定的生化反应**；（3）**昼夜节奏**；（4）**自动调节**。在某些植物中，成花启动由**外部因子**诱发，主要是**光周期**和**低温**。

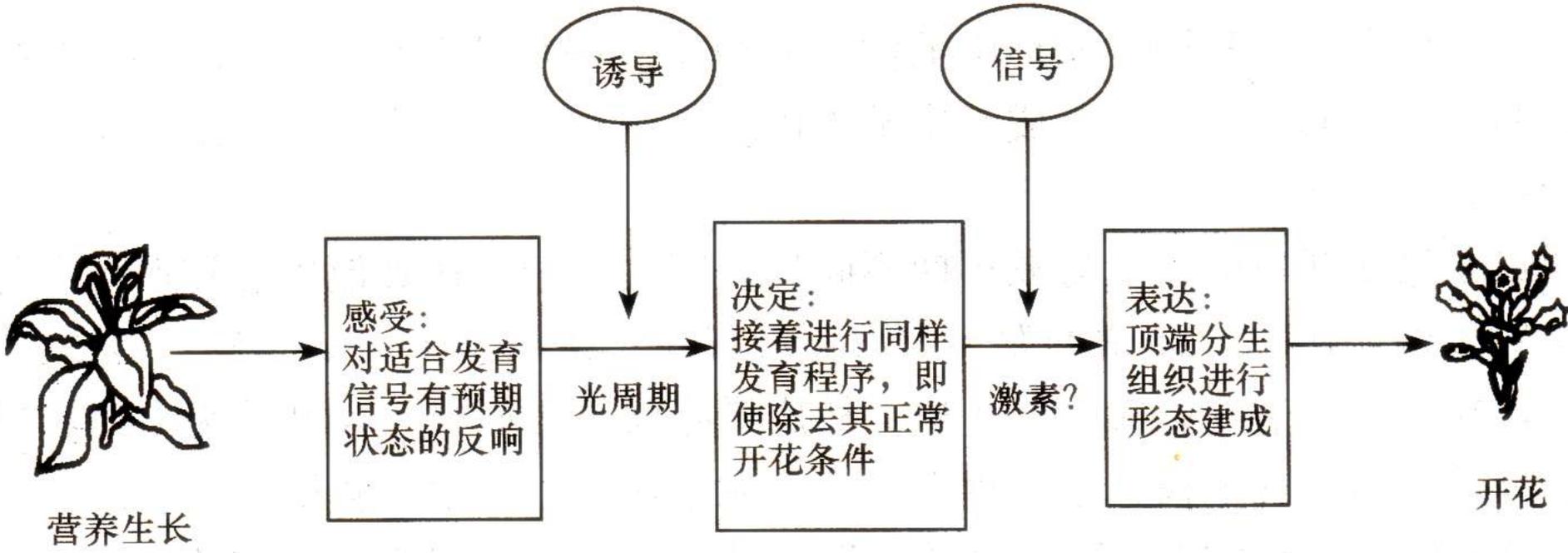


图 10-1 枝条顶端分生组织进行花形态建成



根据成花启动对环境的要求, 可将植物分为如下**三种类型**:

(1) **光周期敏感型**。以成熟叶片为感受器, 将外界光周期信号传递到生长点, 决定是否进行生殖生长或继续保持营养生长状态。

(2) **低温敏感型 (春化型)**。以生长点为感受器, 当植物长到一定大小时, 茎尖感受低温信号, 决定以后是否进行生殖生长。

(3) **营养积累型**。对光周期和低温均不敏感, 当营养生长到一定时期, 便自动进入生殖生长状态。



2006 10 6

四、植物的花芽形成和分化

花发育：花原基形成以及花芽各部分形成、分化与成熟的过程。

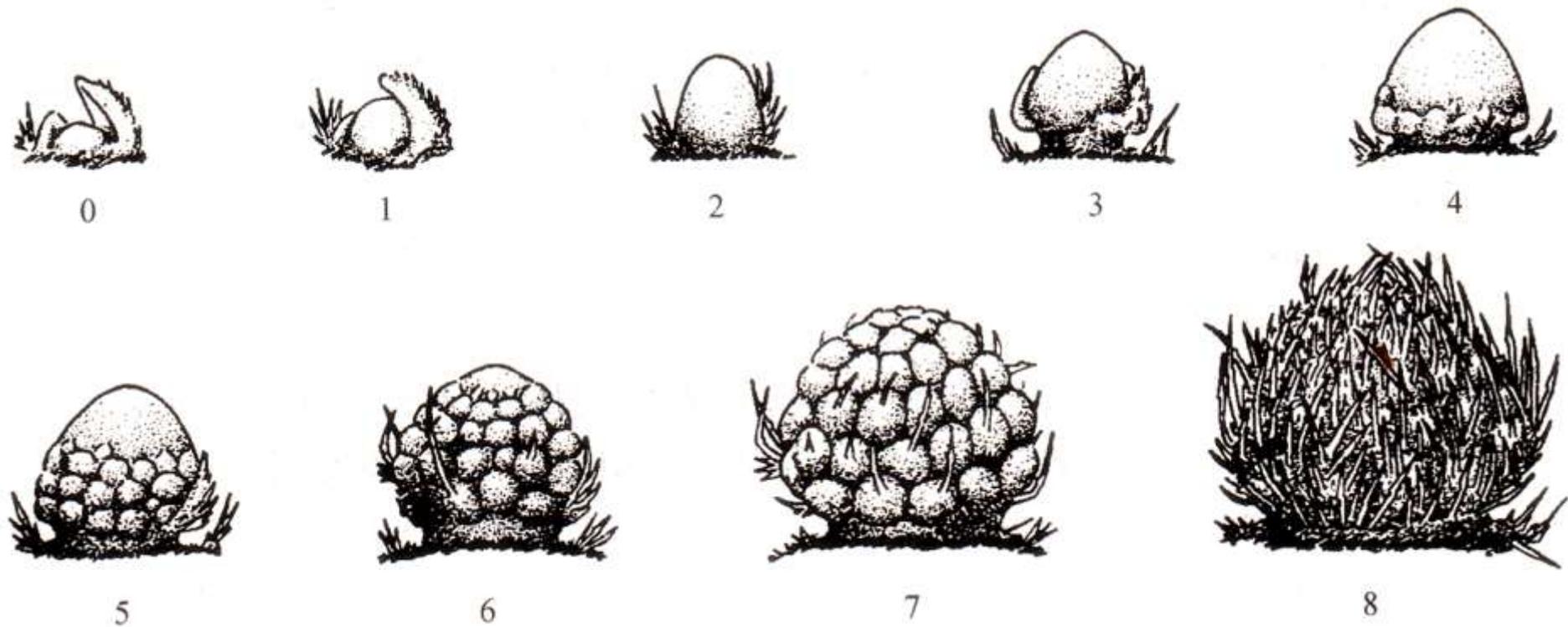
在花芽形成和分化初期,茎端分生组织在**形态上**和**生理生化**方面发生显著的变化。



1. 形态变化

一般植物成花反应最明显的标志是**茎端分生组织**在形态上发生显著变化。不论是禾本科植物的花序分化还是双子叶植物的花芽分化，在经过**低温或光周期诱导**后，最初的形态变化都是**生长锥的伸长和表面积**的增大。





苍耳接受短日照诱导后生长锥的变化

生长锥由外向内逐渐分化形成若干轮突起，在原来形成叶原基的位置分别形成花被原基、雄蕊原基、雌蕊原基。

苍耳 菊科苍耳属



CVH



© Liu Yan



2. 生理生化变化

◆ 细胞代谢加快，RNA和蛋白质含量增加。

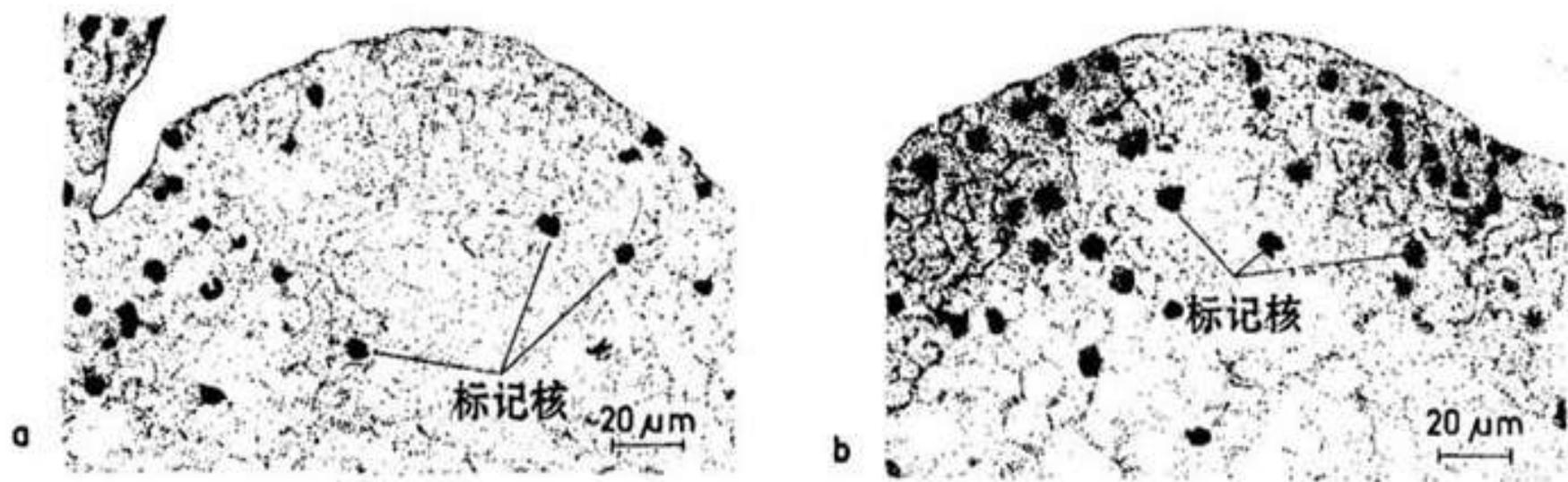


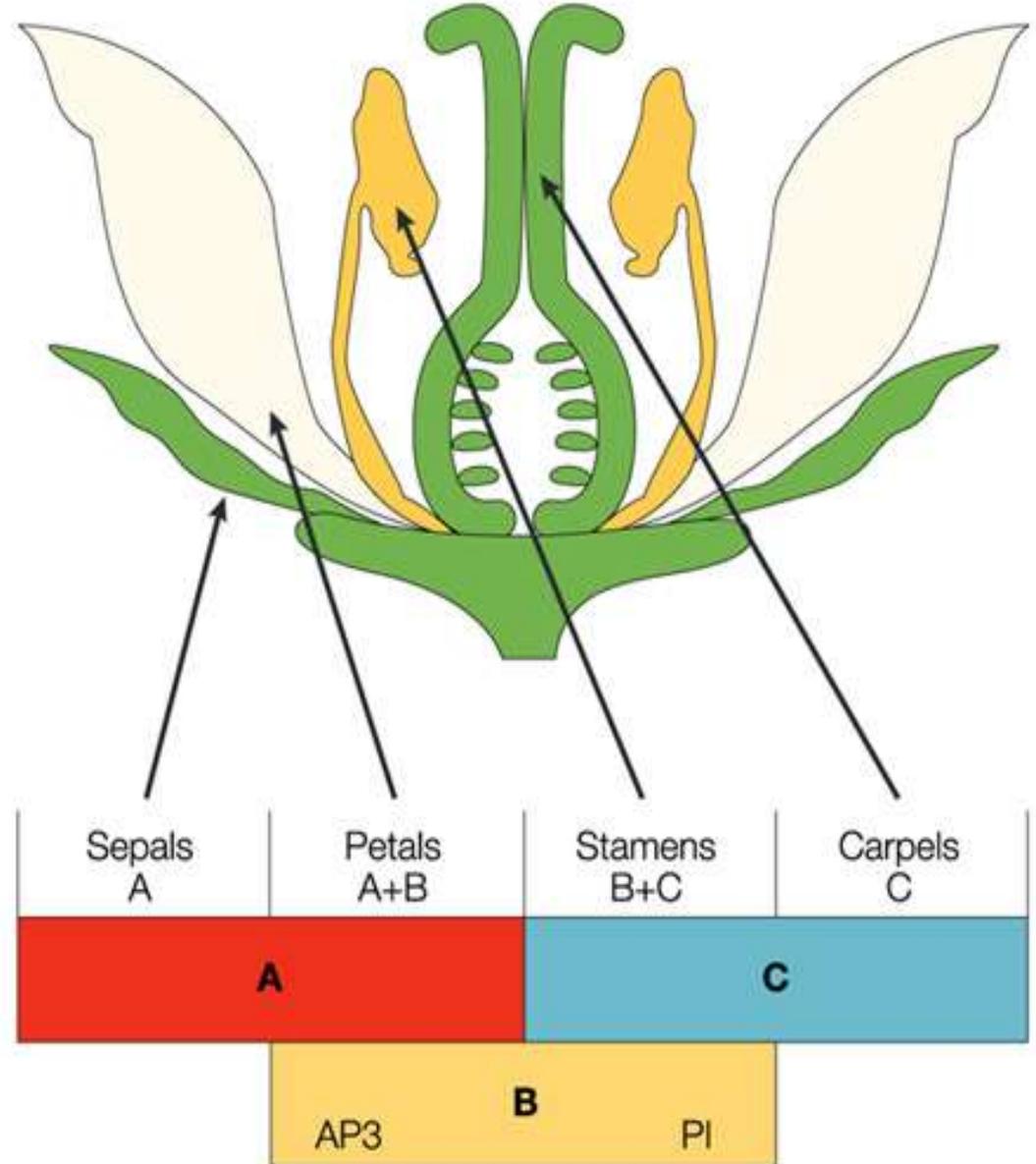
图 8-28 白芥茎尖分生组织准备分裂的细胞核放射自显影定位,正中纵切片。

a, 开花激素到达之前 b, 开花激素到达之后, DNA 复制增加

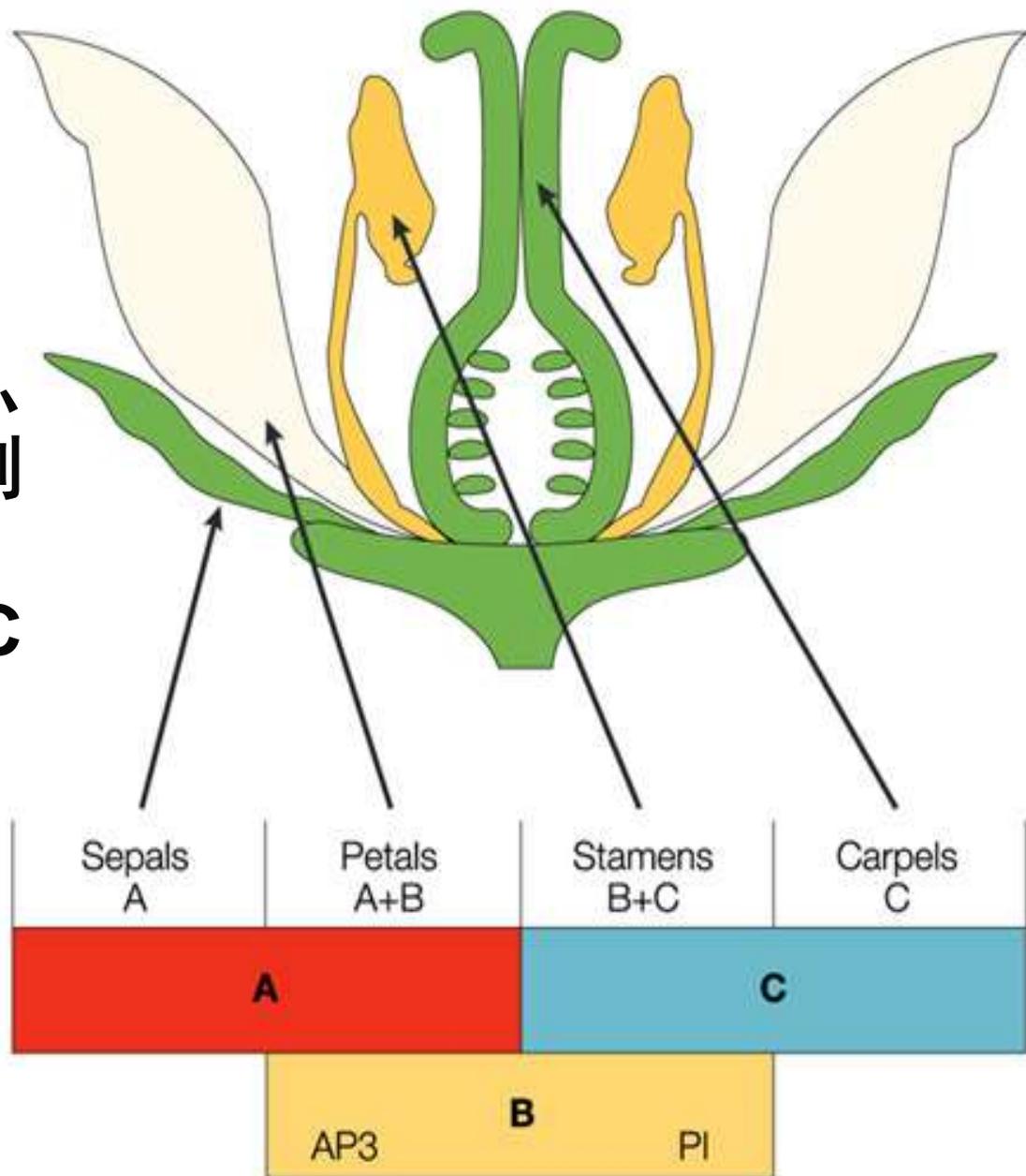
(引自 Bernier 1973)

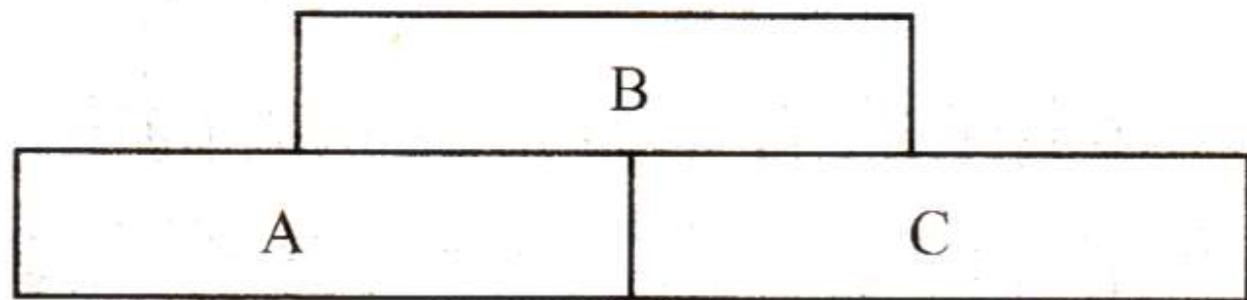
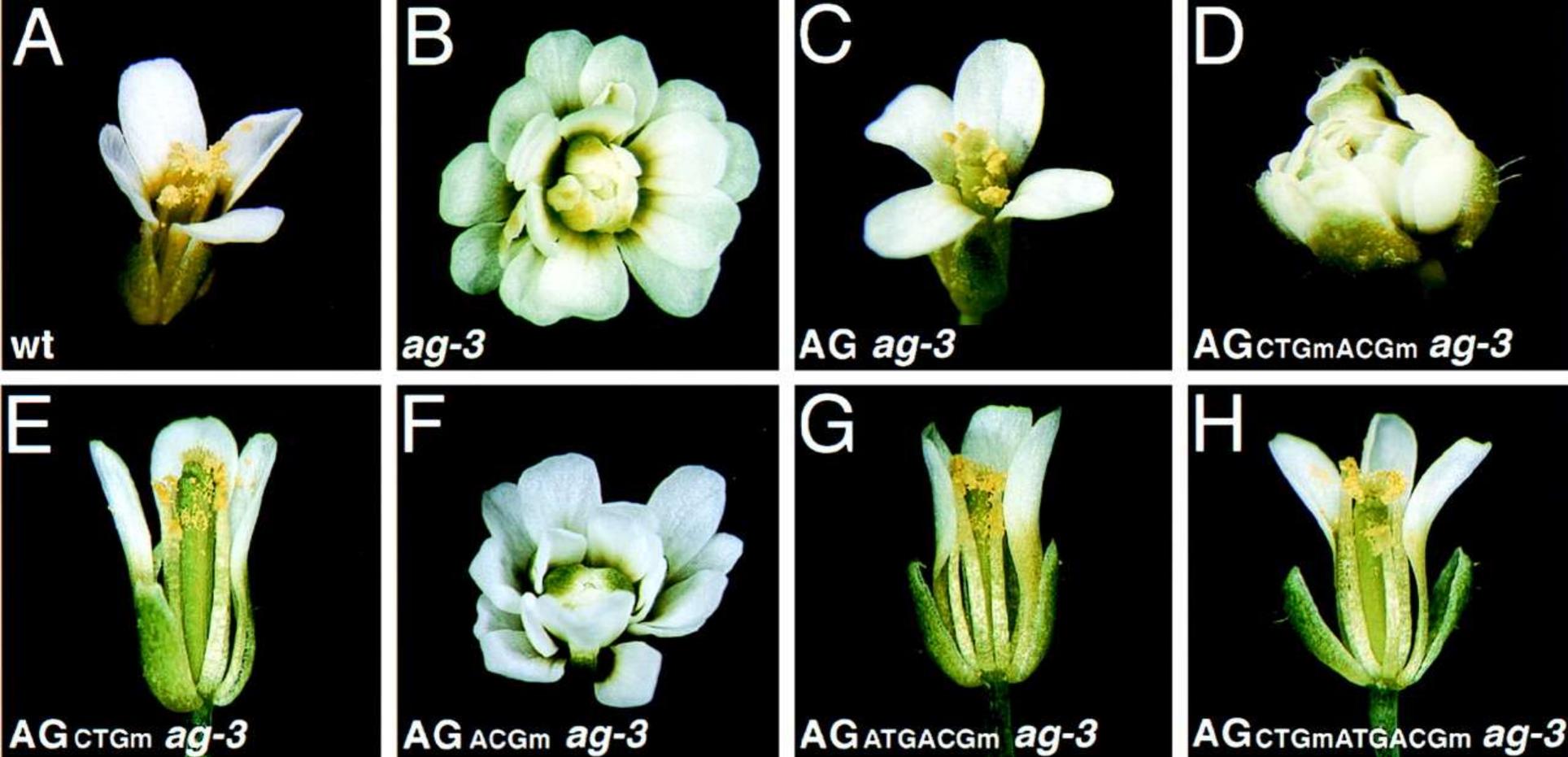
五、花器官发育基因控制的ABC模型

典型的花器官从外到内分为**花萼**、**花瓣**、**雄蕊**和**心皮**4轮基本结构,控制其发育的同源异型基因划分为**A**、**B**、**C**三大组。



花的4轮结构花萼、花瓣、雄蕊和心皮分别由A、AB、BC、C组基因决定,而且A组与C组基因在功能上拮抗。



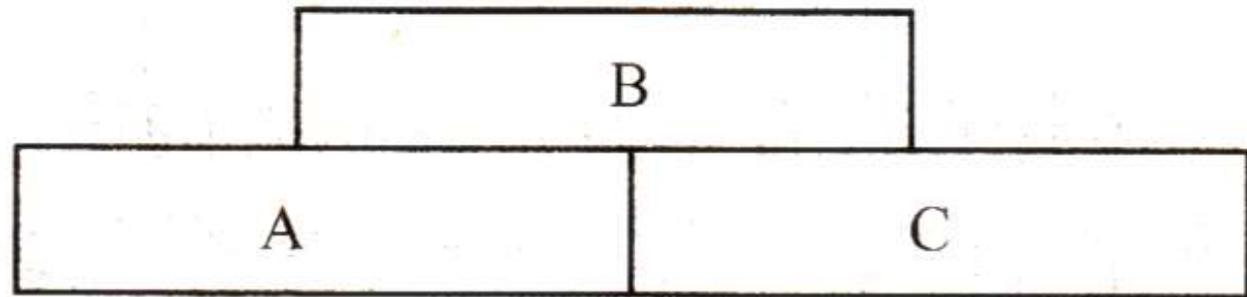
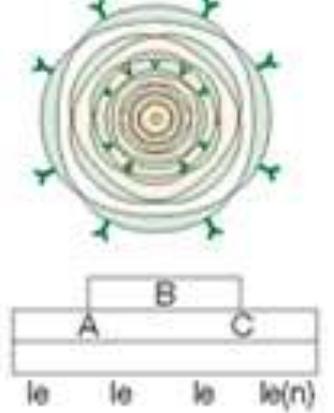
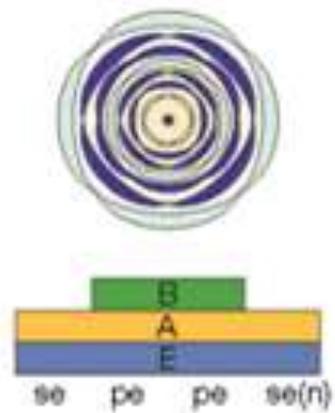
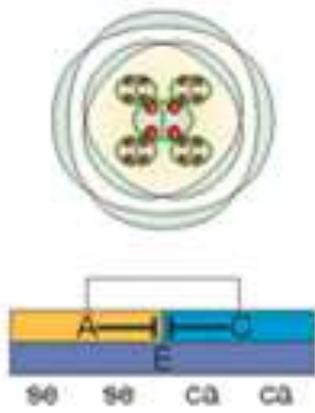
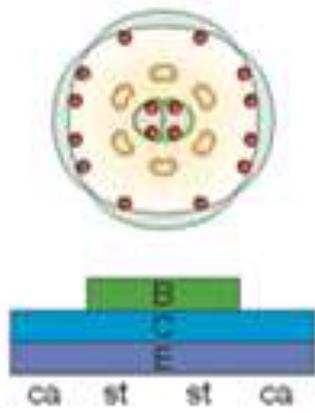
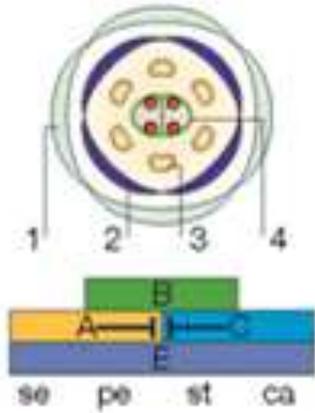
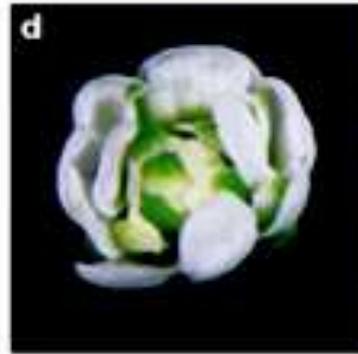
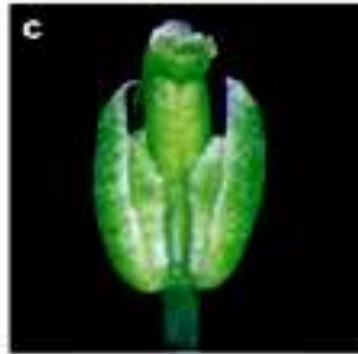
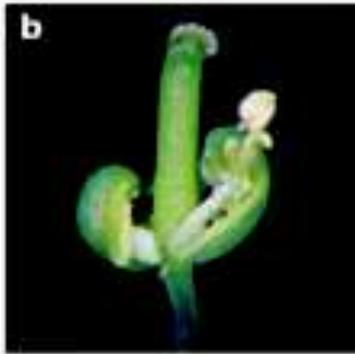
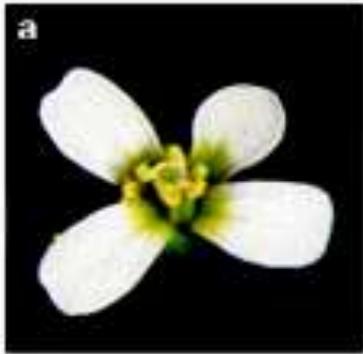


花萼

花瓣

雄蕊

心皮

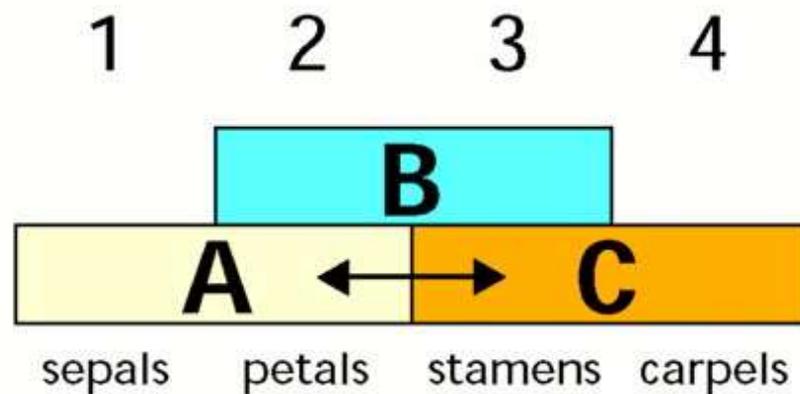
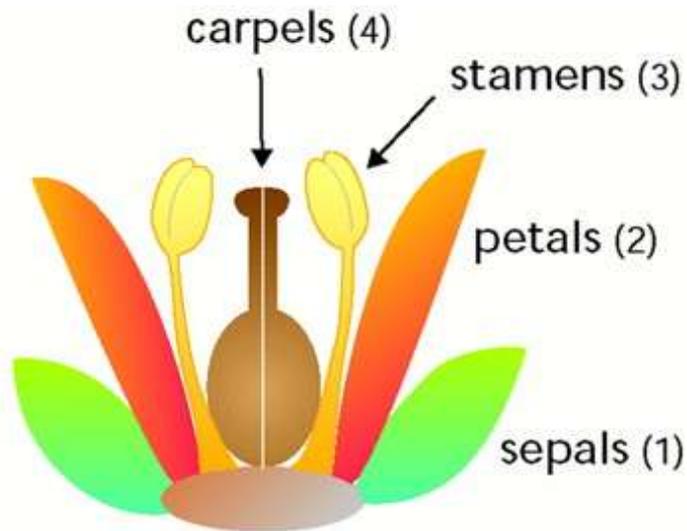
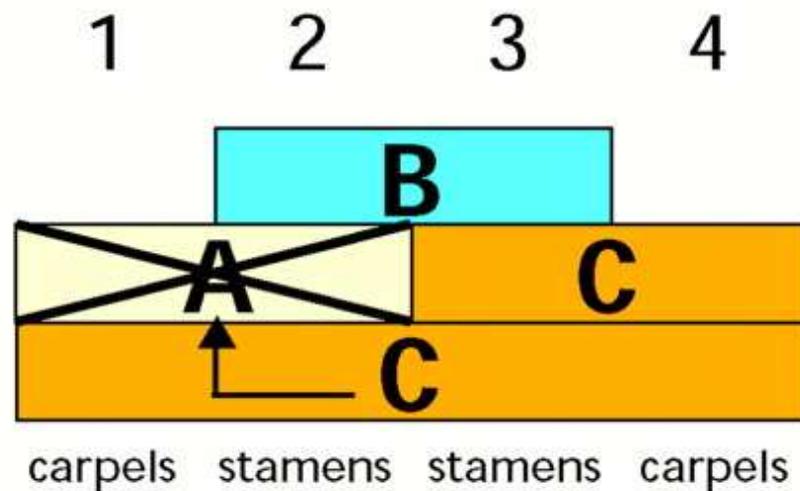


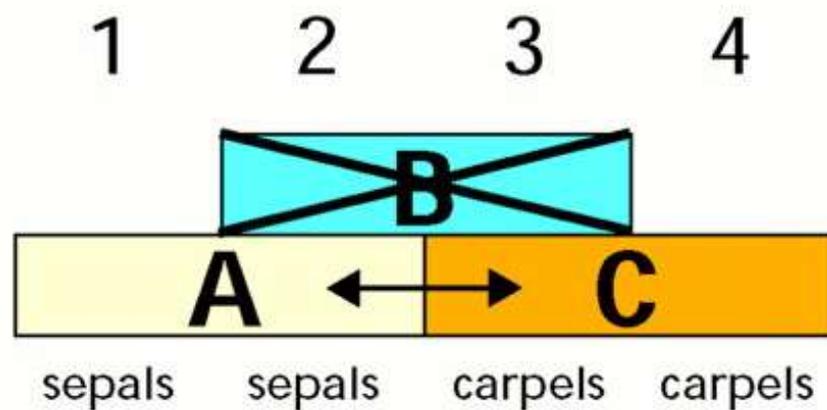
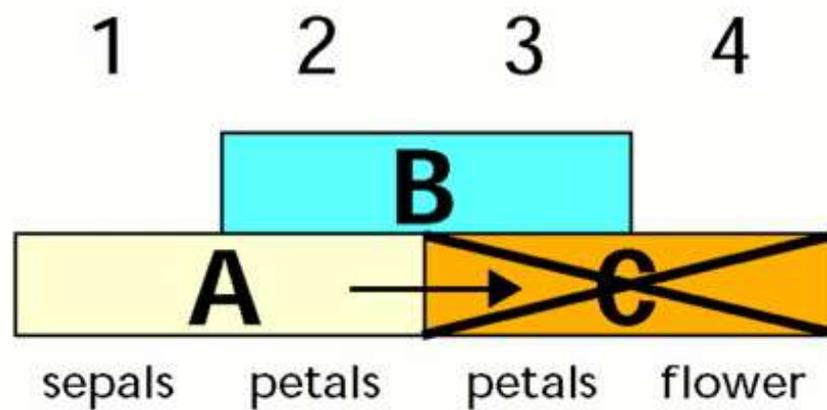
花萼

花瓣

雄蕊

心皮

A*Wild-type***B***A Mutant*

C*B Mutant***D***C Mutant*

六、植物的性别分化

（一）花的性别表现类型

雌雄同花植物：同一朵花内具有雌蕊和雄蕊，即两性花。如水稻、小麦、棉花、大豆等；

雌雄同株植物：雌、雄蕊同株却不同花。如玉米、黄瓜、南瓜、蓖麻等；

雌雄异株植物：雌花或雄花（单性花）存在于不同的植株上。如银杏、大麻、杜仲、杨、柳、番木瓜、菠菜等。



雌雄同花植物——拟南芥



雌雄同株植物——玉米



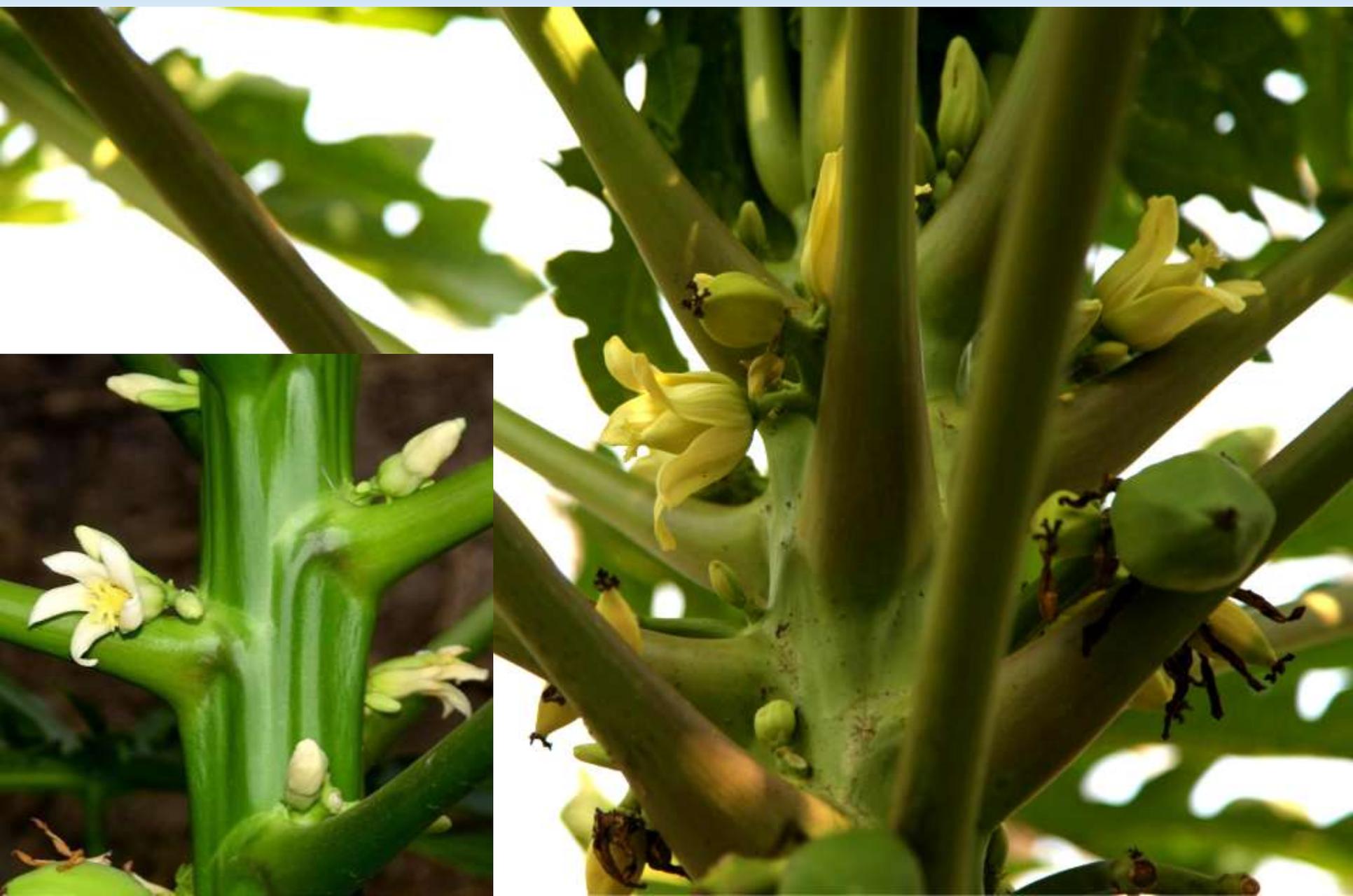
雌雄异株植物——番木瓜



Canon PowerShot G10 F4.0 1/160s ISO80



雌雄异株植物——番木瓜



(二)性染色体和性别基因

①大多数雌雄异株植物有性染色体,雄性为XY型染色体,雌性为XX型染色体。

②在性染色体上存在性别基因。



(三) 性别表现的调控

1. 植株年龄对性别表现的影响

◆ 雌雄同株异花植物

一般是雄花比雌花早出现(玉米)，然后是两性花和雄花混合出现，最后是单纯雌花出现。

不同枝蔓上的雄花与雌花比例不同，如黄瓜中雌花着生在较高的节位，而雄花着生在较低的节位(开花顺序由下而上)



2. 环境因子对性别表现的影响

(1) 光周期

◇ 光照可影响性别。

适宜光周期（短日照植物在短日、长日照植物在长日下）有利于**雌花**的发育、**非适宜光周期**可诱导产生**雄花**。

◇ 长日照植物菠菜**在长日诱导后进行短日诱导**时则可在雌株上形成雄花。



(2) 营养条件

N肥和水分充足——雌花

N少，干旱——雄花

C / N比低——提高雌花数目

(3) 温周期

低温，昼夜温差大，诱导雌花；高温诱导雄性

(黄瓜例外)

3. 生长物质对性别调控的影响

◇ 外源**IAA**、**CTK**、**ETH**一般可增加**雌花**比例，外源**GA**可增加**雄花**比例。

生长调节剂：**三碘苯甲酸**和**马来酰肼**可抑制雌花的产生；**矮壮素**抑制雄花的形成。



4. 栽培措施对性别表现的影响

- ◇ **烟熏**可增加雌花，主要是烟中有**CO**和**ETH**。
- ❖ **CO**的作用是抑制**IAA**氧化酶的活性，保持较高水平的**IAA**，有利于雌花的分化。
- ◇ **机械损伤**也可能改变某些植物的性别，如黄瓜的茎折断后长出的新蔓全开雌花。
- ❖ 这可能与植物受伤后产生的**ETH**有关。



第二节 春化作用

- 一、春化作用的类型和条件
- 二、植物感受低温的时期和部位
- 三、春化效应的生理机制
- 四、春化作用的应用



为什么苹果树不在南方种植？



春化作用(Vernalization): 低温诱导植物开花的作用。

一些**二年生植物**(如胡萝卜、萝卜、芹菜、白菜、葱、蒜、荠菜、甜菜、鸢尾、郁金香、天仙子等)和**冬性一年生植物**(如冬小麦、黑小麦等)在花原基分化之前需要低温的诱导，否则不开花或开花延迟。



春化作用的**感受时期**：从种子萌发后到植物营养体生长的任何时期。

春化作用的**感受部位**：只发生在能够分裂的细胞内，如茎尖生长点或正在分生的组织。

去春化：在春化完成之前，如果把春化植物放到25-45°C高温下(或缺氧)，则低温的效果减弱甚至清除。

再春化：去春化的植物重返低温，可重新继续春化。

一、春化作用的类型和条件

植物对低温要求可分为二类：

相对低温型：

低温处理可促进开花，一般冬性一年生植物属于此类型。

绝对低温型：

植物开花对低温的要求是绝对的，若不经低温处理，这类植物则绝对不开花。



春化作用的条件:

(1) 低温和持续时间

春化温度

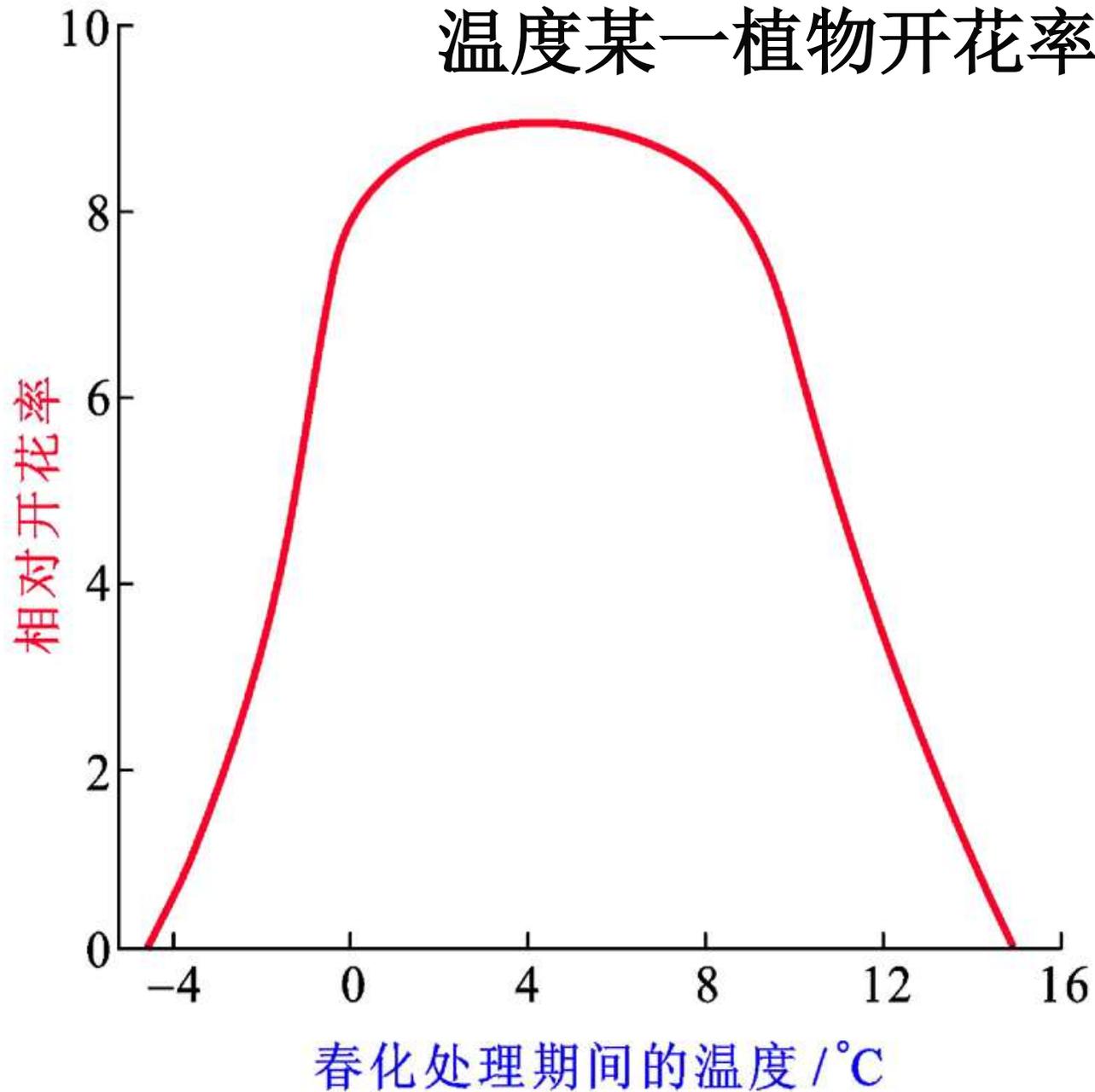
0-15°C。最适(最有效)温度为0-2°C。

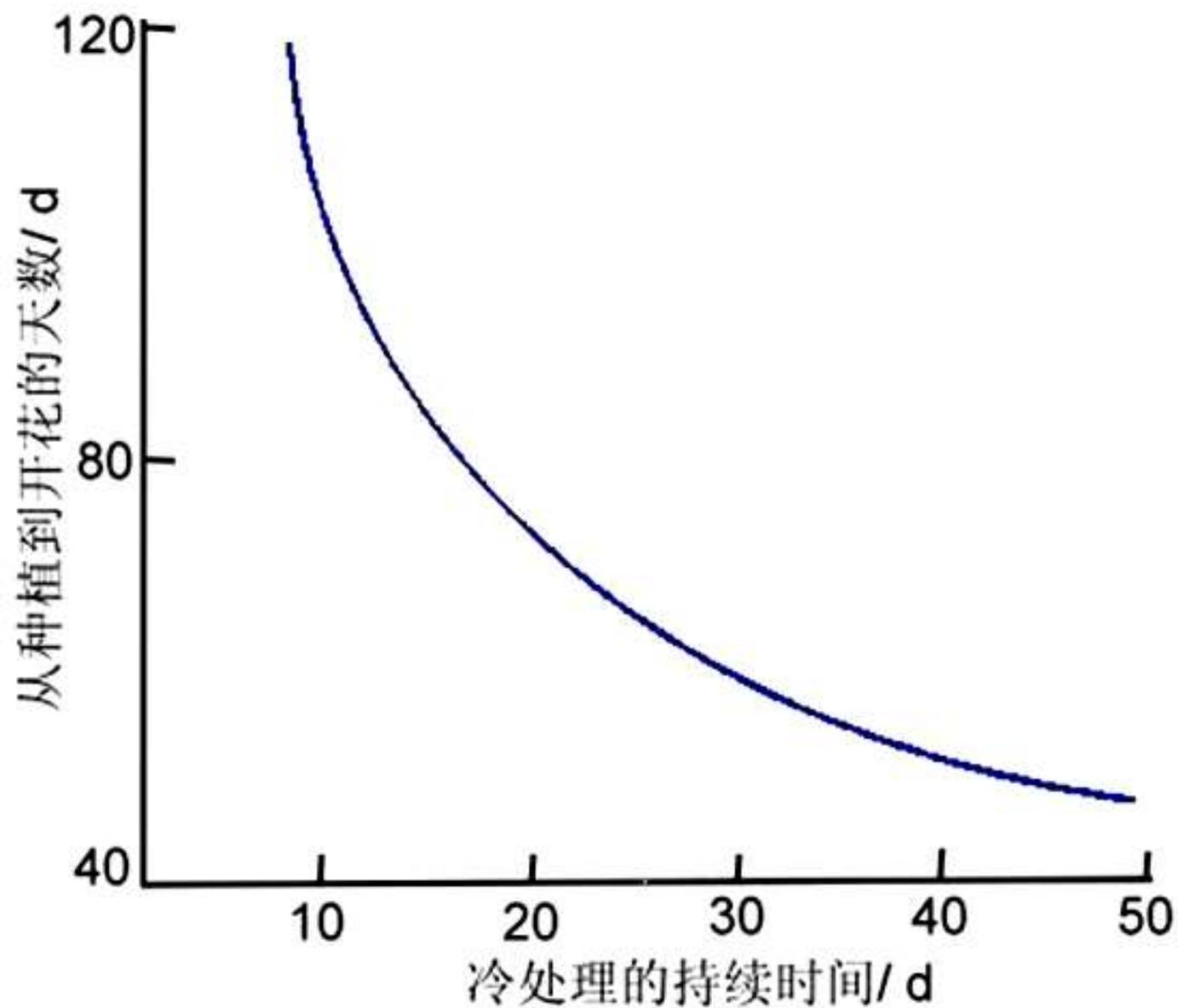
春化处理时间

一般冬性愈强, 要求的春化温度愈低, 春化的时间也愈长。

春化效应随低温处理时间延长而增加。

温度某一植物开花率的影响





冬黑麦种子低温处理时间对开花的影响

(2)水分：干燥种子不能通过春化，而吸涨的小麦种子可以感受低温而通过春化。

(3)氧气：植物在缺氧时不能完成春化。

(4)养分：春化时还需要有充足的营养物质。

(5)光照：

◇ 一般在春化前有充足的光照可以促进二年生和多年生植物通过春化。

可能与光照可以缩短幼年期，有利于**贮藏充足的营养有关。**

二、植物感受低温的时期和部位

感受低温的敏感期和部位因植物种类而异。

糖甜菜母株：**正发育的种子**如遇低温可完成春化，播种后会提前开花。

冬小麦：**吸胀萌动种子**即可感受低温完成春化（**种子春化**）。

有些植物萌动种子不能进行春化，只有当**绿色植株**长到一定大小后才能通过春化（**绿体春化**）。



感受部位：

种子春化：胚

绿体春化：茎尖生长点(茎尖分生组织)



三、春化作用的生理机制

关于低温刺激效应是原位效应还是能在植物体内传导，有**两种截然不同的实验结果**。

(1) 能够在植株间传递。春化处理后植物体内可能形成了开花刺激物—**春化素**（**嫁接试验**）

(2) 通过**细胞分裂**传递。未春化的萝卜嫁接到已春化的萝卜植株上，不能开花。



四、春化作用在农业上的应用

1. 调种引种

北种南引，可能只进行营养生长，不开花结实；南种北引，缩短营养生长期，提前开花。

2. 调节播期

对萌动的种子进行低温处理，使之完成春化作用。

春化补种冬小麦时“闷麦法”

育种工作中利用春化处理，可在一年中培育3-4代冬作物，加速育种过程。



3. 控制花期

低温处理可**促进**石竹等花卉的花芽分化。

利用**去春化抑制**某些植物开花。

如越冬贮藏的**洋葱鳞茎**在春季种植前高温处理以解除春化，防止它在生长期抽薹开花而获得大的鳞茎，增加产量。



忽如一夜春风来千树万树梨花开





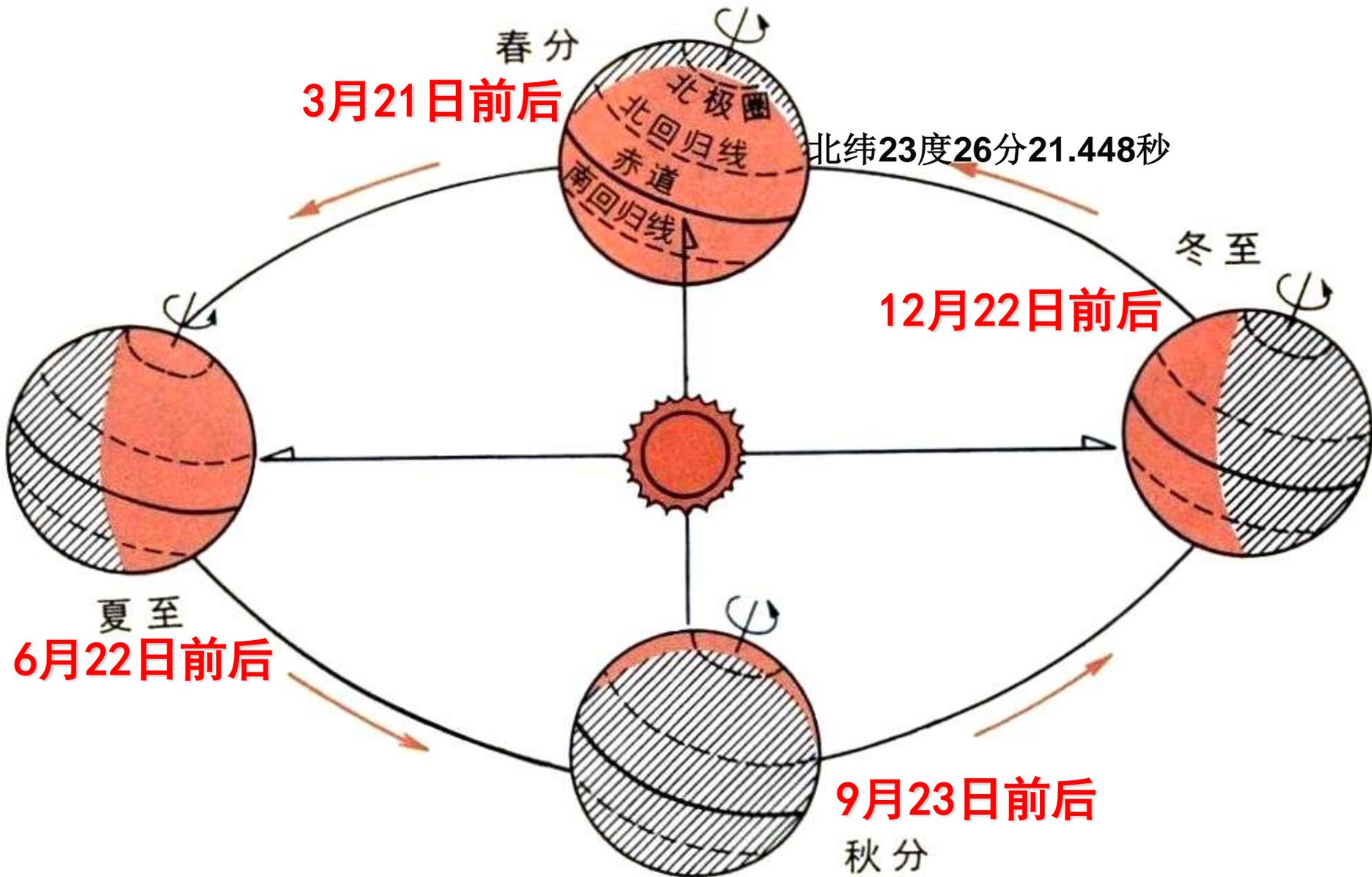
第三节 光周期现象

- 一、植物对光周期反应的类型
- 二、植物感受光周期的时期和部位
- 三、影响植物光周期诱导的因素
- 四、光周期诱导的机理
- 五、光周期现象在农业上的运用



季节划分是以地球围绕太阳公转轨道上位置确定的

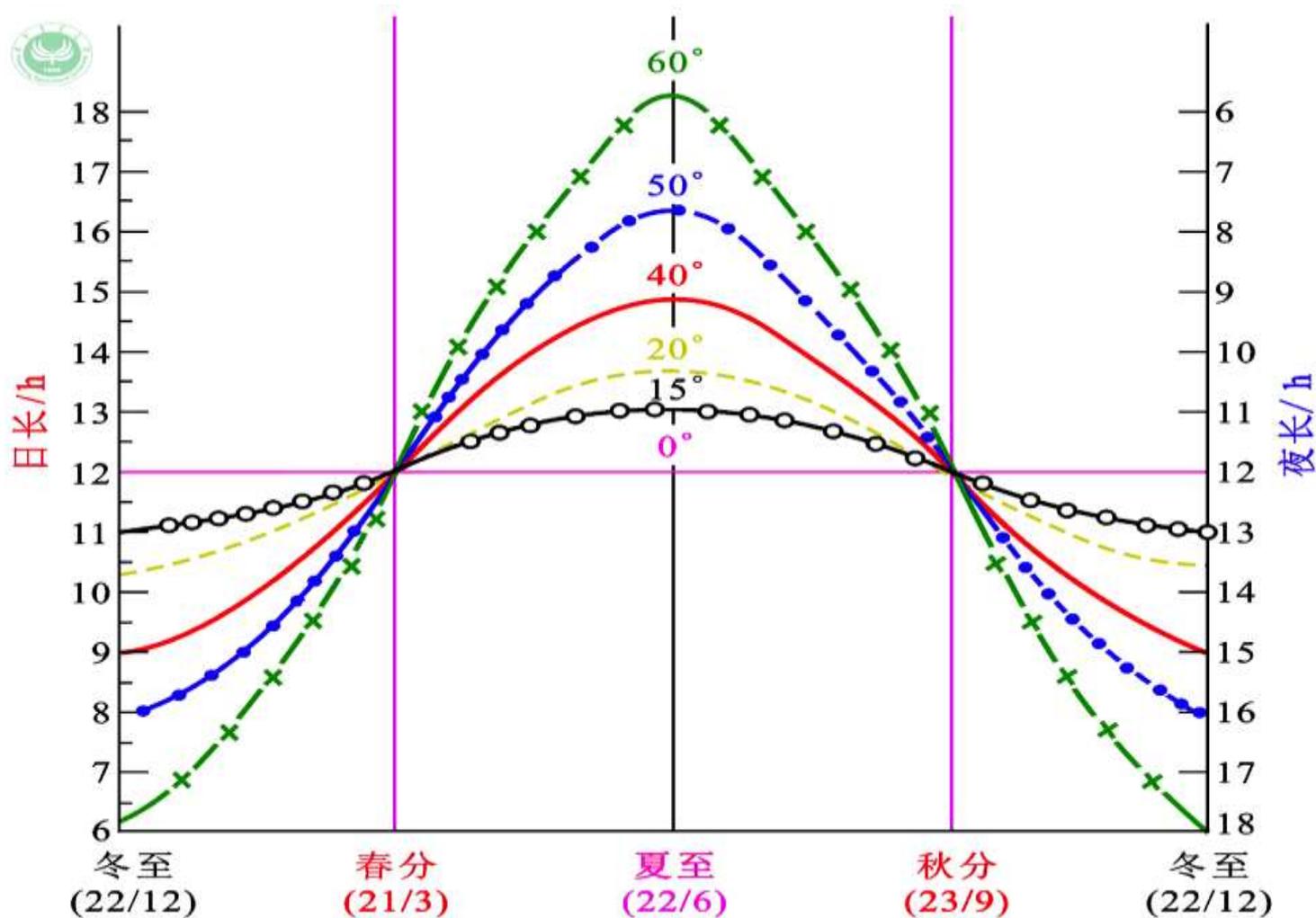
北半球是夏季，南半球是冬季



植物的季节特色



地球上不同纬度的温度、雨量、日照长度等随季节发生着有规律的变化。经过长期的适应，其生长发育形成了温周期性和季节周期性。



一天之中白昼与黑夜的相对长度称为**光周期**。
植物在生长发育过程中，必须经过一定时间的**光周期**后才能开花，否则一直处于营养生长状态。

植物开花对昼夜长短的反应称为**光周期现象**。除开花外，植物的休眠，落叶，以及鳞茎、块茎、球茎等地下贮藏器官的形成也受到日照长度的调节。



一、植物对光周期反应的类型

(一) 光周期反应类型

临界日长：短日植物能够开花所必需的最长日照，或长日植物开花所必需的最短日照。

不同植物临界日长不同。同一植物的不同品种对日照要求也不同。



长日植物 (LDP) :

昼夜周期中日照长度**长于**某一临界值才能开花的植物。
延长日照长度可提早开花。如小麦、大麦、油菜、菠菜、甜菜、天仙子、胡萝卜等

短日植物 (SDP) :

昼夜周期中日照长度**短于**某一临界值才能开花的植物。
适当缩短光照或延长黑夜可提早开花。如大豆、菊花、苍耳、日本牵牛、烟草。



日中性植物(DNP)：

在任何日照条件下都能开花的植物。对日照要求范围较广，一年四季能开花。如番茄、黄瓜、茄子、辣椒、棉花及一些水稻、玉米品种。





2006 10 6

判断一种植物是长日植物还是短日植物，不能以日照绝对长短为准，而是依据植物开花时需要超过还是短于某个临界值。

如苍耳 (SDP) 必须小于 15.5 h 开花，天仙子 (LDP) 必须在大于 11 h 才开花。

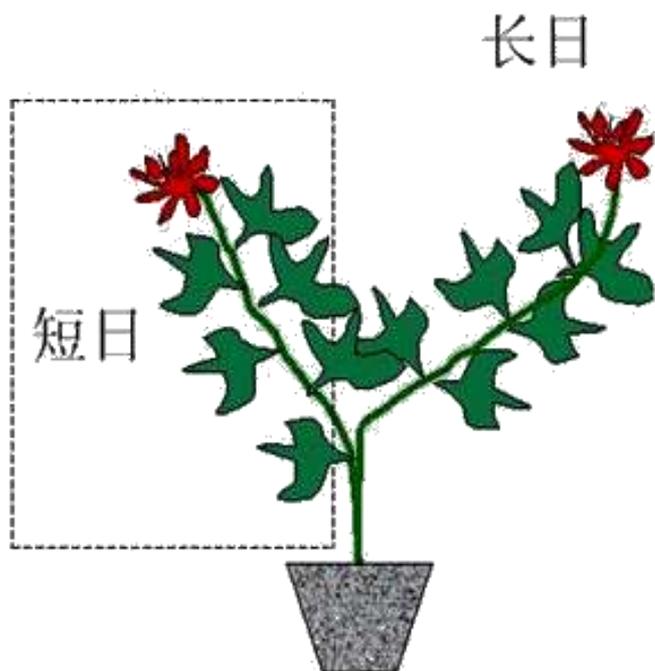


许多植物属于典型的长日植物和短日植物，都有明确的临界日长，称为**绝对长日植物**或**绝对短日植物**。

但有一些植物的光周期反应没有明确的临界日长，在长时间不适宜的日照长度下，也能或多或少形成一些花，称为**相对长日植物**或**相对短日植物**。

二、植物感受光周期的时期和部位

光周期诱导：植物只要得到足够天数的适合光周期，以后再放置于不适合的光周期条件下仍可开花的现象。



菊花1个枝条短日处理
引起长日下枝条开花。

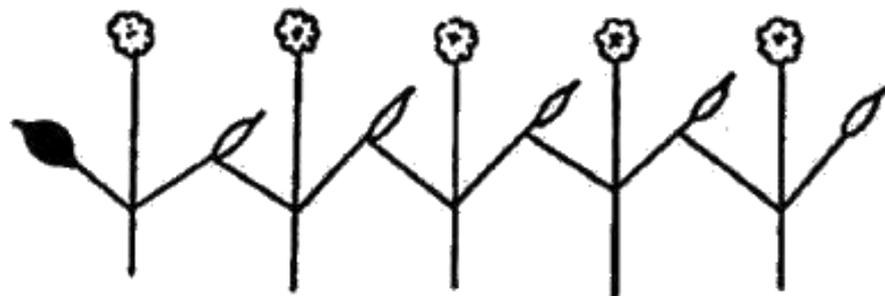
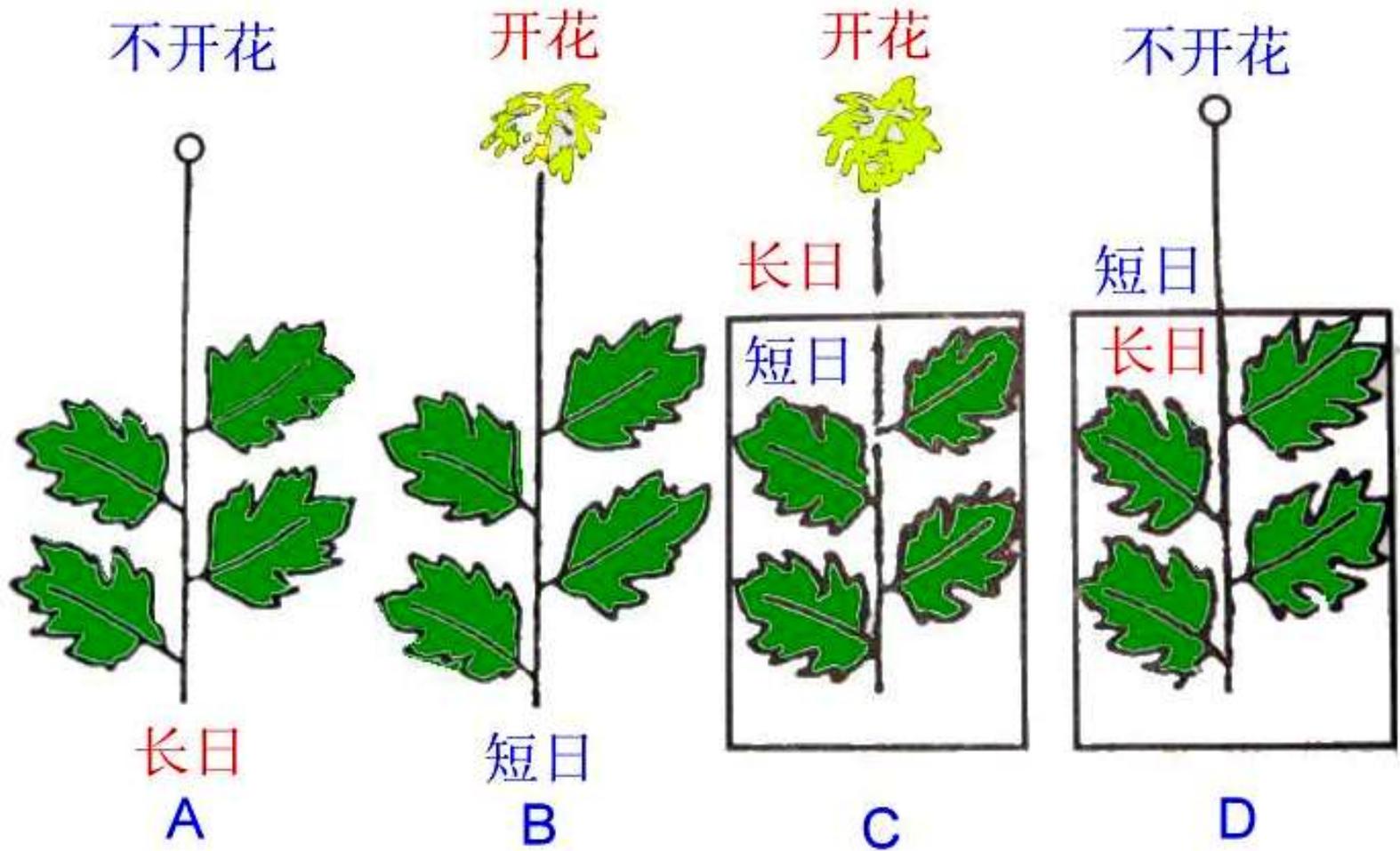


图 8-13 苍耳叶子被诱导后,其开花刺激物可通过嫁接辗转传递至多个植株。

1叶合适光周期引起嫁接
苍耳全体开花

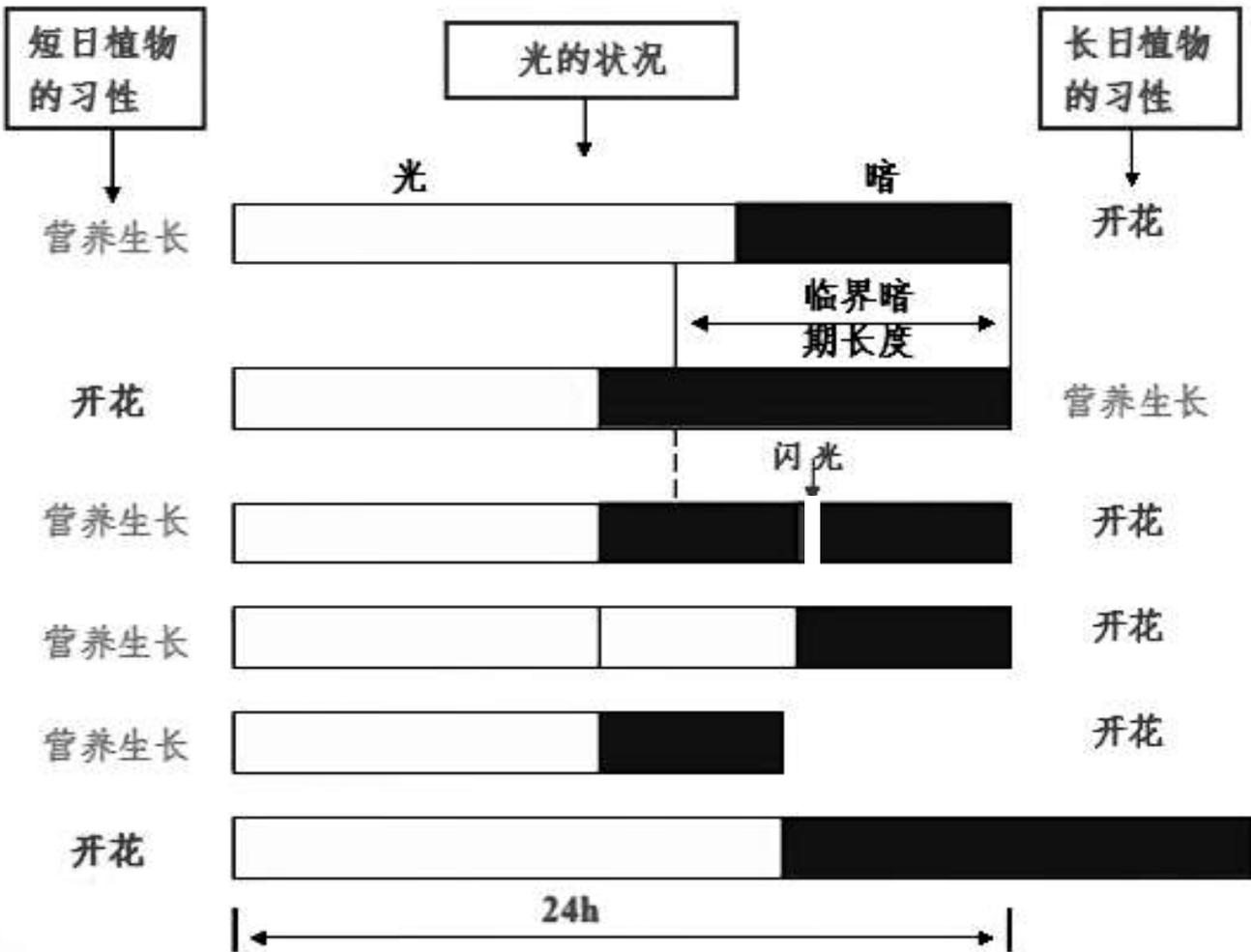
叶片是植物感受光周期刺激的主要部位。



叶片在光周期反应中的作用

三、影响植物光周期诱导的因素

1. 暗期在光周期诱导中的作用



暗期长短对开花的影响

短日植物开花需要暗期大于临界夜长，长日植物开花需要暗期小于临界夜长。

短日植物实际为长夜植物，长日植物实际为短夜植物。

2. 光周期诱导的周期数

植物开花所需要光周期诱导的周期数因植物种类而异。

有些植物如苍耳、日本牵牛、毒麦、菠菜等只需要一个光周期（1d）的诱导，天仙子需要2-3d，大麻4d，胡萝卜15-20d。



四、光周期诱导的机理

1. 光周期信号从叶片传递到茎尖分生组织

接受光周期的部位是叶，而诱导开花部位是茎尖端生长点。因此必**有一个信号传导过程**。

嫁接实验：

◇ **同种植物间嫁接**：苍耳嫁接实验适宜光周期诱导产生的某种物质可使其它没有受到适宜光周期诱导的苍耳开花。

◇ **异种植物间的嫁接**：经SD处理的SDP长寿花可以诱导与之嫁接在一起的LDP蝎子掌在SD条件下开花。

SD

韧皮部运输

诱导叶



苍耳嫁接实验

SD

长寿花的花
SDP



不同光周期反应类型的植物所产生的开花刺激物的性质没有区别。

2. 光周期诱导植物产生成花刺激物质

嫁接试验说明，叶片感受适宜的光周期诱导之后，产生成花物质，并可通过嫁接在植株间进行传导。

(1) 植物感受光周期后所产生的成花物质能够传导

(2) 无论长日植物或短日植物所产生的成花物质没有什么区别。



3. 光周期诱导解除或拮抗植物开花抑制物质

◆植物本可以开花，由于非诱导条件下**产生抑制物**阻碍开花，**诱导条件使抑制剂不能产生或使其降解**而开花。

◆例：LDP天仙子，不管日照长度如何，如把全部叶片都去除并供给糖分时，植株就开花。这表明开花**抑制物可能存在于叶片中**。

◆嫁接实验：如受体植物(砧木)上有叶子存在就会减少受体(接穗)的开花。



4. 植物激素参与光周期诱导的调节

GA:影响成花效应最大，促进一些**LDP**在短日照下开花，可代替低温促进多种植物成花。

IAA:抑制**SDP**植物成花。如**IAA**浸泡抑制苍耳开花。

IAA能促进一些**LDP**（天仙子）开花。

CTK:能促进一些**SDP**和**LDP**开花。

ABA:可代替短日照促使一些**SDP**植物在长日照下开花，使毒麦、菠菜等**LDP**的成花受抑制。

ETH:能有效诱导菠萝成花。



5. 碳水化合物可能参与光周期诱导的调节

◆认为：植物经光周期诱导后明显提高了叶片和茎尖的糖类水平，进而引起茎尖端由营养生长向生殖生长转变。

植物体内糖类与含氮化合物的比值(C/N)较大时植株开花，当比值较低时植物不开花或延迟开花。

◆现象：砍伤、绞缢等使植株上部C/N比增加，提高开花。大量施用氮肥时使C/N比下降从而延迟开花。



五、光周期现象在农业上的应用

1. 育种

育种时花期不遇，无法进行有性杂交。人工控制光周期，可使两亲本同时开花，便于杂交。

通过**人工光周期诱导**，可以加速良种繁育，缩短育种年限。

SDP水稻和玉米可在海南岛加快繁育种子，**LDP**小麦夏季在黑龙江、冬季在云南种植，一年内可繁殖**2-3**代，加速育种进程。



2 引种

引种需要注意：（1）了解被引种品种的光周期反应特性（长日植物、短日植物或日中性植物）；（2）了解作物原产地与引种地生长季节日照条件的差异。

南方→北方引种：开花期要**延迟**。但可能遇到低温，因此适宜引种**早熟品种**。

北方→南方引种：开花期**提前**。宜引种**晚熟品种**，但短的营养期不利于物质积累，因而可能导致减产。



全国各地大豆在北京种植时的开花情况

原产地及 纬度	广州 23°	南京 32°	北京 40°	锦州 41°	佳木斯 47°
品种名称	番禺豆	金大 532	本地大豆	平顶香	满仓金
原产地播种期	—	5月下旬	4月30日	5月19日	5月17日
原产地开花期	—	8月23日	7月中旬	7月29日	7月5日
北京播种期	4月30日	4月30日	4月30日	4月30日	4月30日
北京开花期	10月15日	9月1日	7月19日	7月2日	6月5日
原产地播种到开花 的天数/天	—	90	80	71	55
北京播种到开花的 天数/天	168	124	80	63	36

3. 维持营养生长

◆ 收获营养体的作物，可通过控制光周期抑制其开花，提高产量。

如SDP烟草，原产于热带或亚热带，引种至温带时，可提前至春季播种，利用夏天的长日照和高温多雨气候，促进营养生长。

◆ 麻类植物(SDP)，南种北引时可推迟开花，麻秆生长较长，提高纤维产量和质量。

(不想让植物开花)



4. 控制开花

光周期的人工控制可以促进或延迟开花。

- ◆ 控制花期，解决花期不遇问题，便于杂交授粉。
- ◆ 提前开花：

SD可使SDP提早开花，如菊花(SDP)原在秋季开花，现经人工处理(遮光成短日照)在六七月就可开花。如延长光照则推迟开花。

(想让植物开花)



第四节 植物的授粉与受精

一、花粉生理

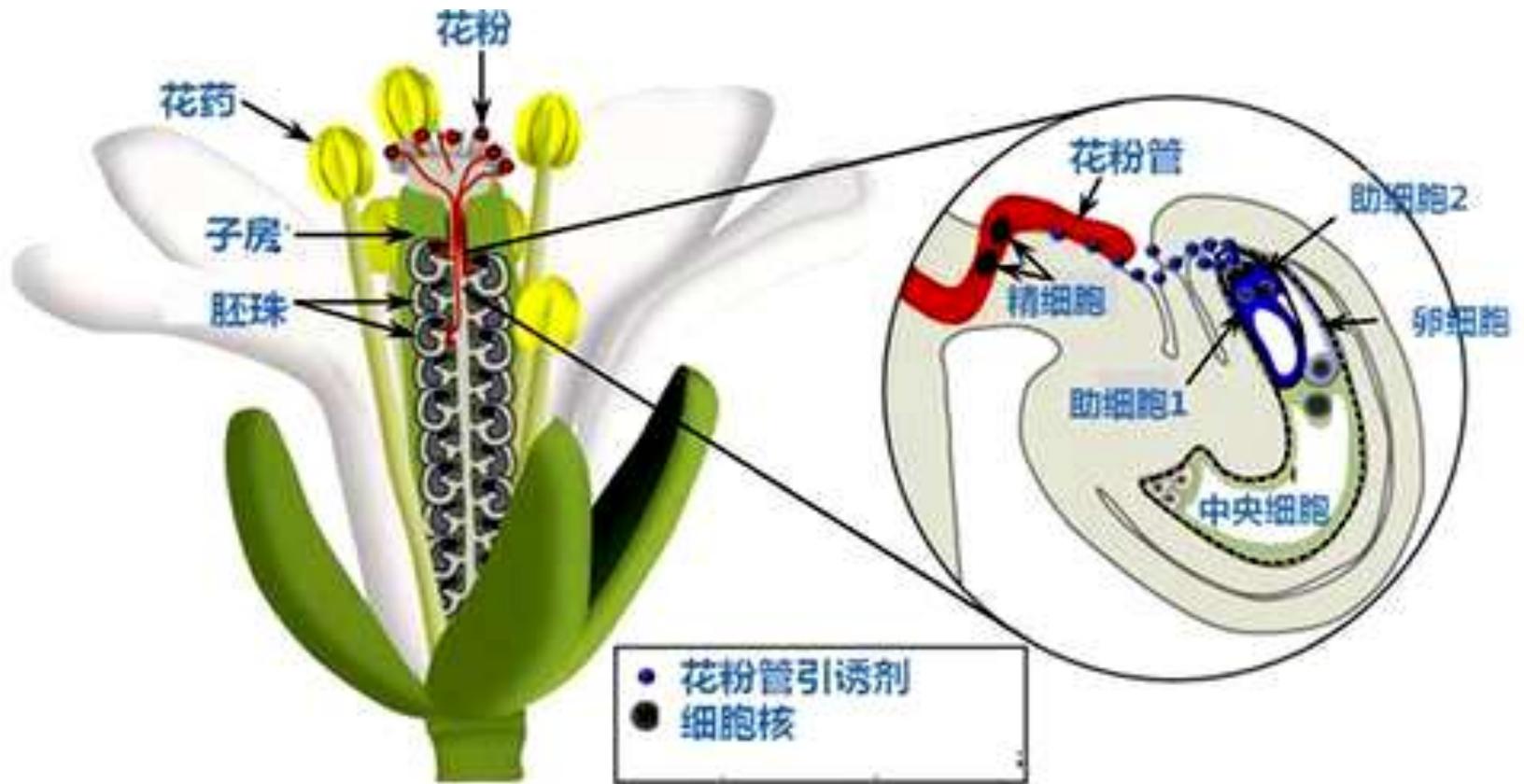
二、柱头生理

花粉和柱头的生理活性是影响受精的关键因素之一

三、花粉与柱头识别的机制和花粉萌发生理

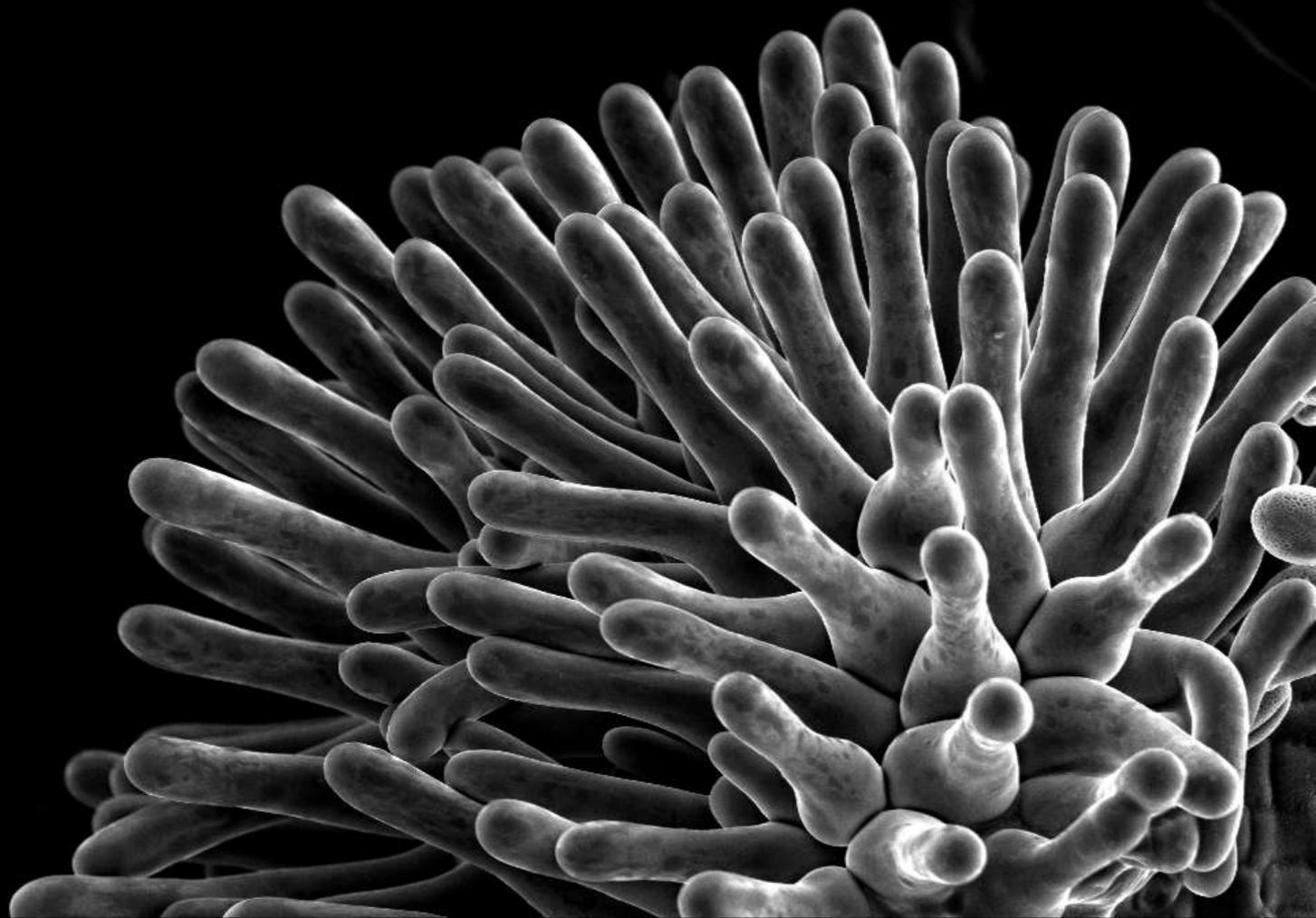
四、受精生理

受精作用：植物开花后，经花粉在柱头上萌发，花粉管伸长进入胚囊，精子和卵细胞完成融合的过程。



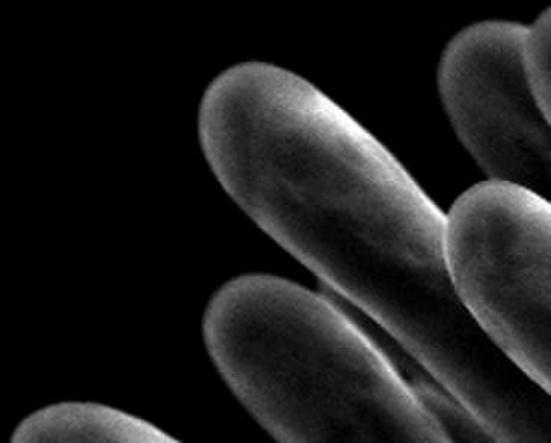
(当植物受精后，**受精卵**发育成**胚**，**中央细胞**发育成**胚乳**，**胚珠**发育成**种子**，**子房壁**发育成**果皮**。)

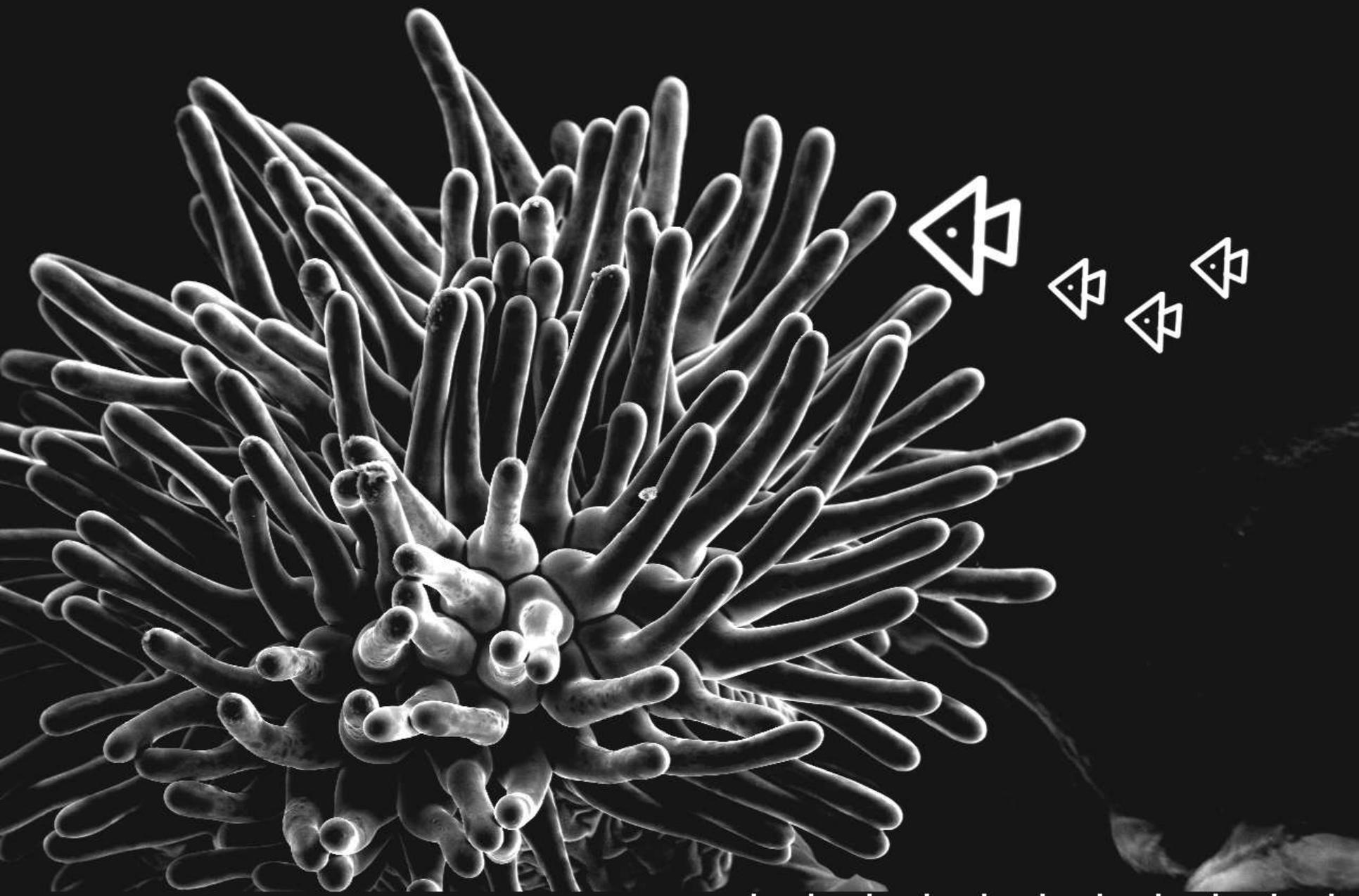
柱头



S-3400 15.0kV 17.5mm x270 SE 6/17/2011

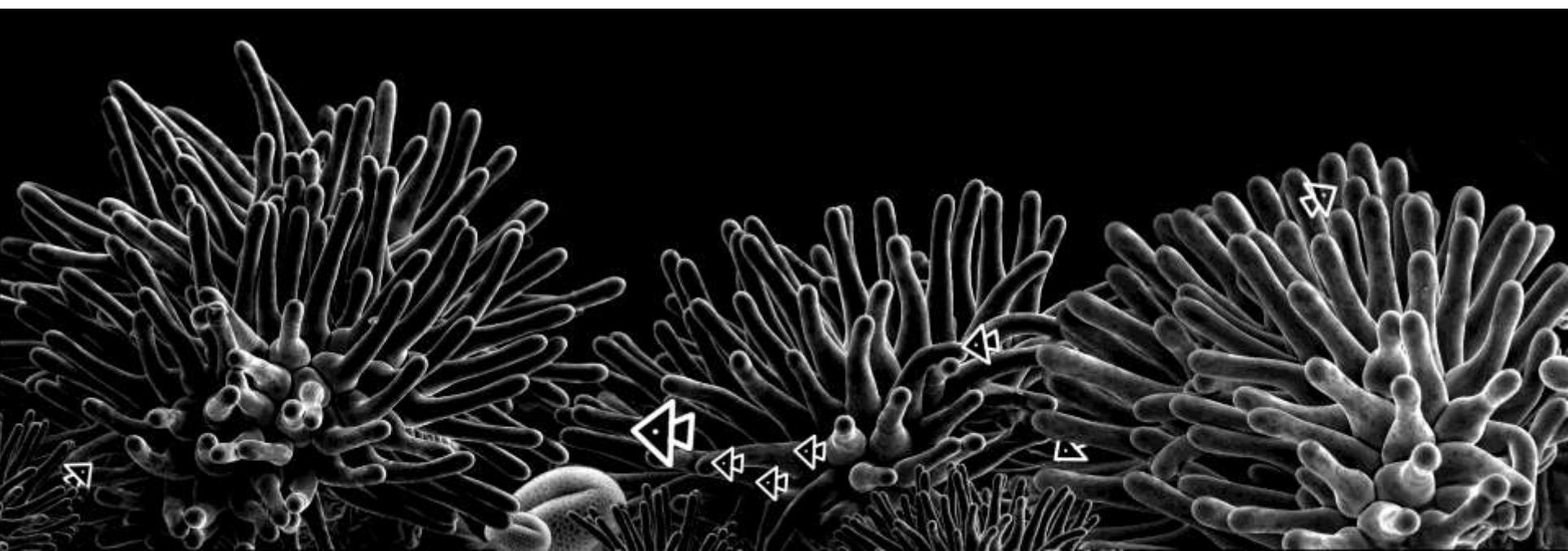
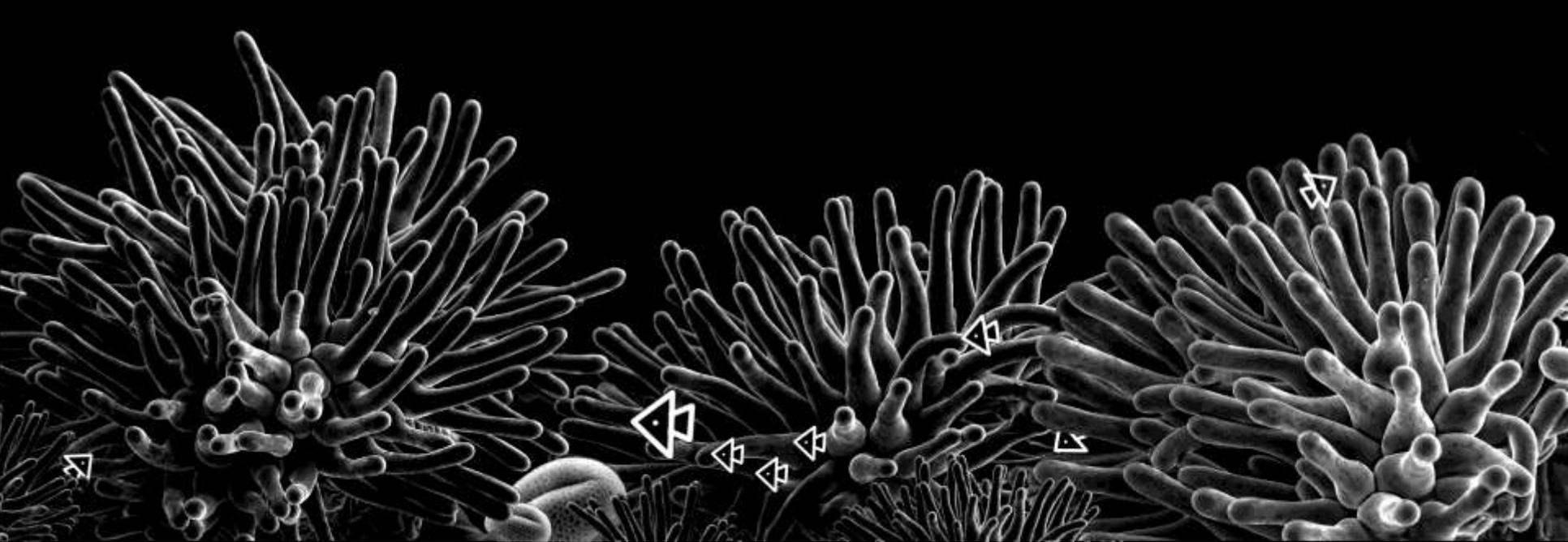
200um

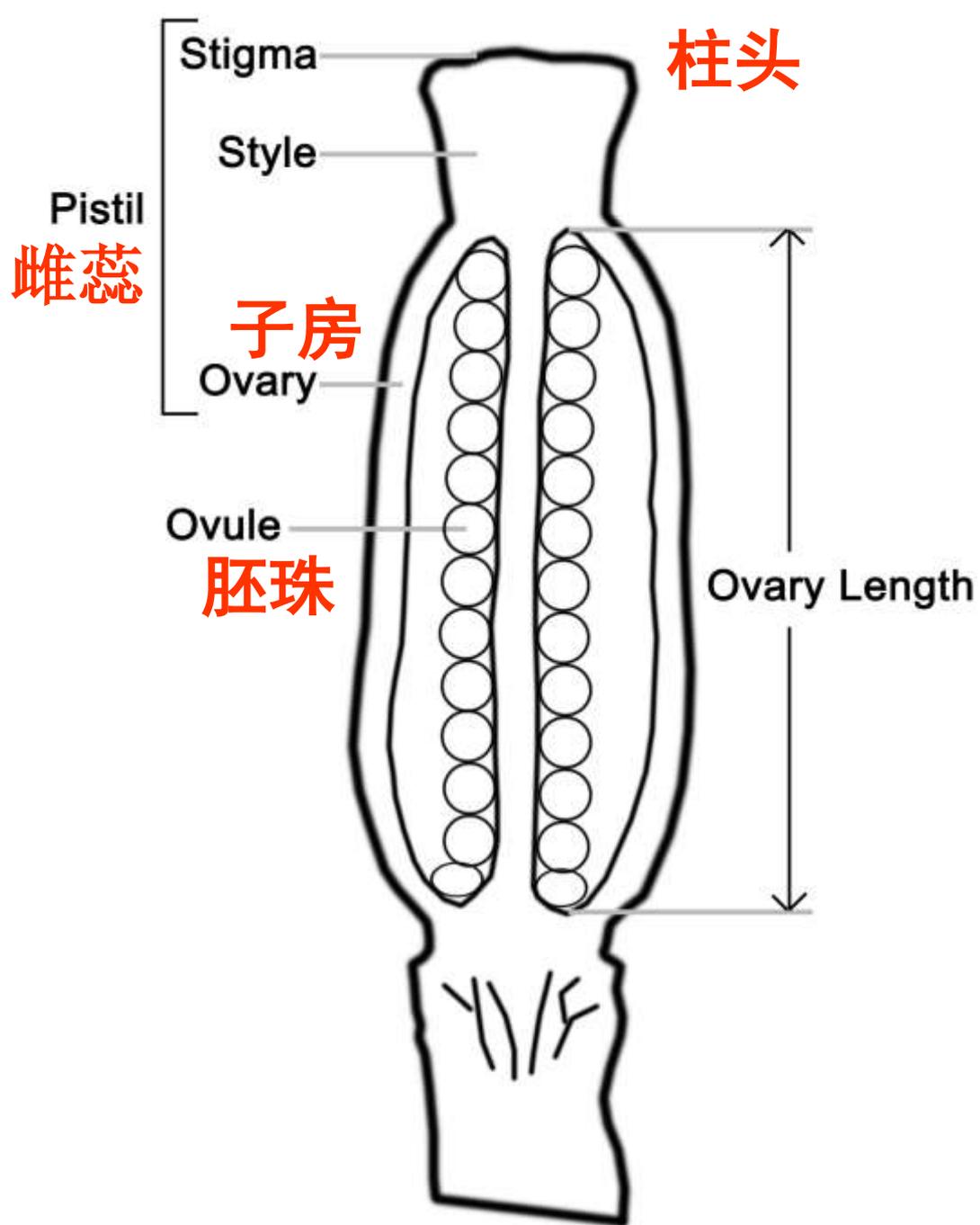


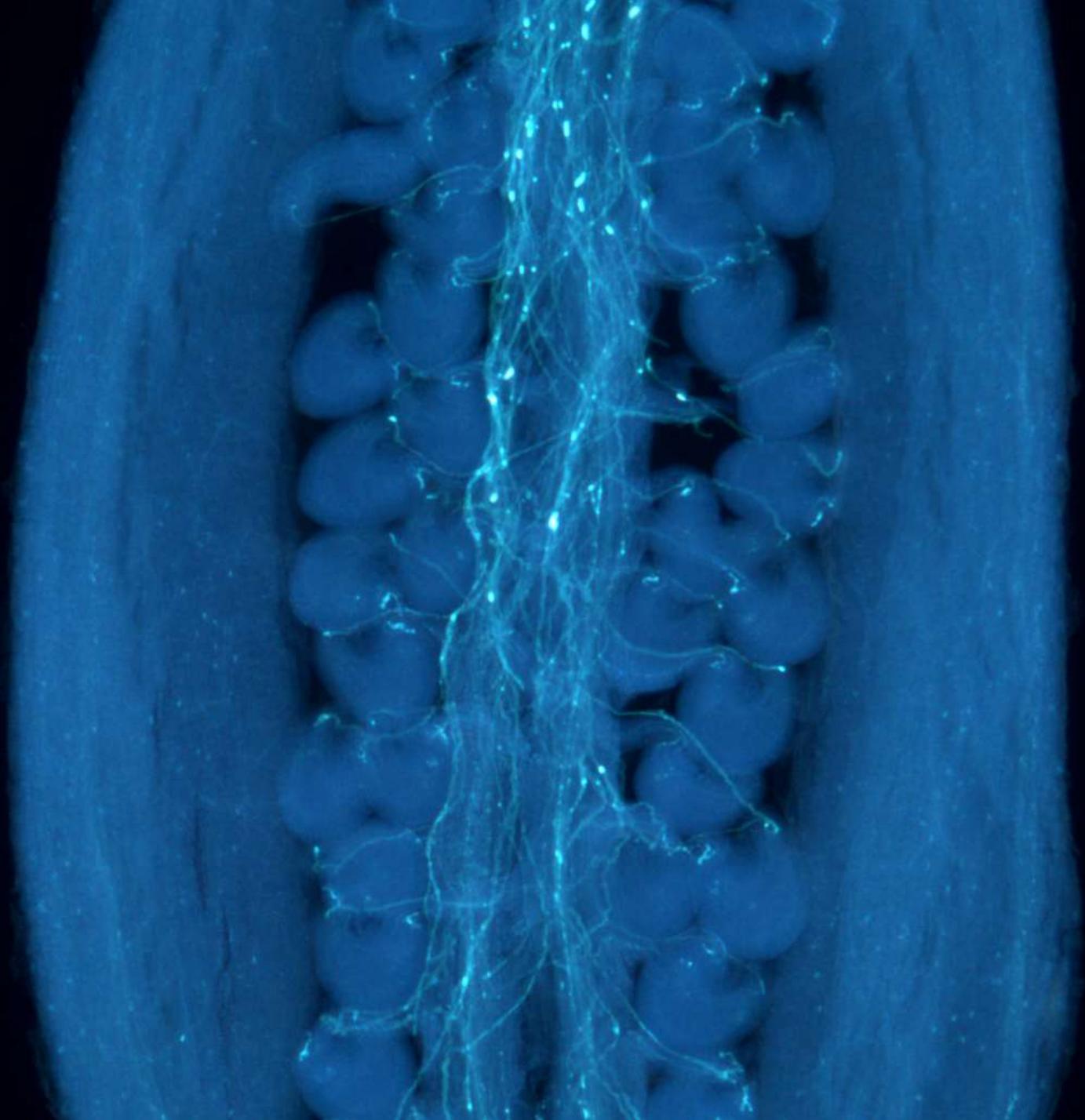


S-3400 15.0kV 20.2mm x180 SE 6/16/2011

300um



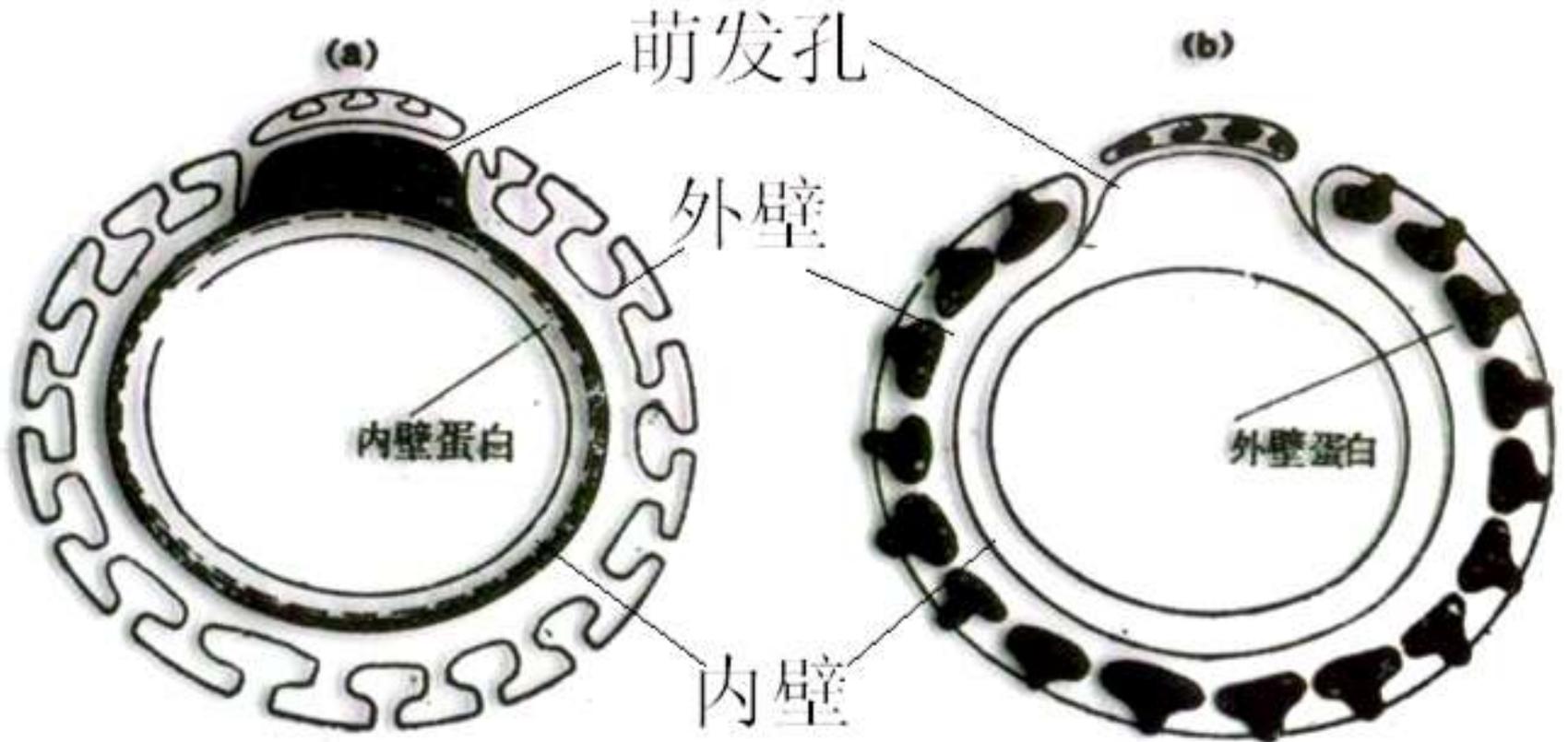




一、花粉生理

1. 花粉的结构

外壁：纤维素、孢粉素（坚固）
内壁：果胶和纤维素（亲水性强）



花粉内壁蛋白和外壁蛋白



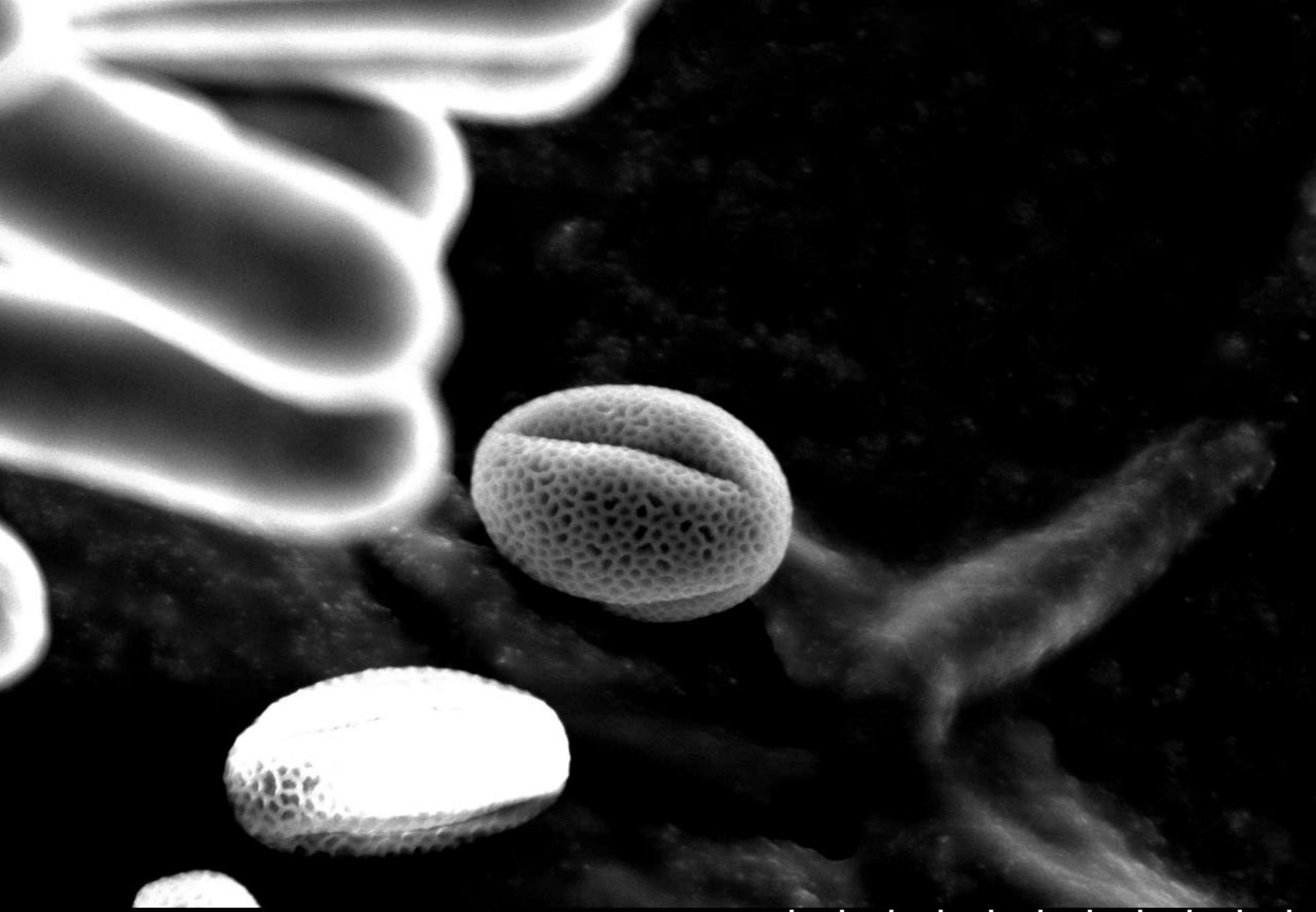
正常



突变体

200um





S-3400 15.0kV 21.2mm x1.20k SE 6/18/2011

40.0um

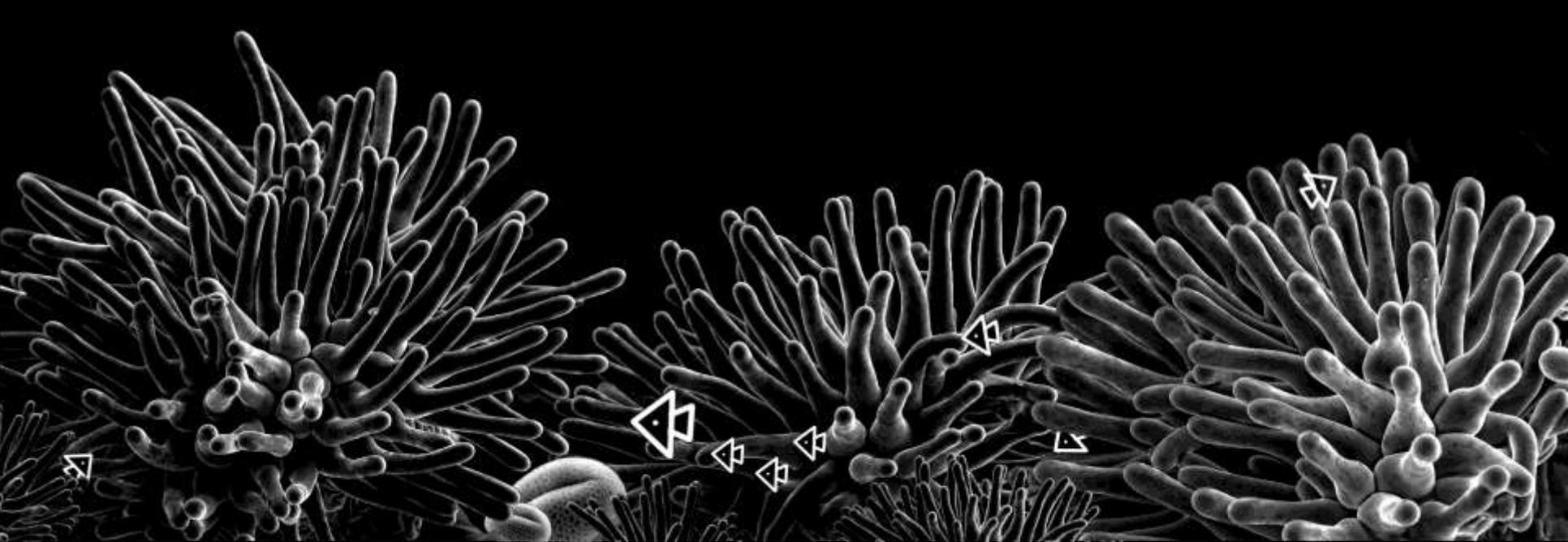
2.花粉的化学组成

- (1) 水：新鲜花粉的含水量为12%~20%，干燥花粉仅含约6.5%的水。
- (2) 蛋白质：含组成蛋白质的所有氨基酸。
- (3) 糖和脂类
- (4) 矿质元素
- (5) 激素：生长素、赤霉素、细胞分裂素和芸薹素等。
- (6) 色素：花色素苷、花黄色素或类胡萝卜素。
- (7) 维生素类：作为酶的辅基,在花粉中广泛分布。

二、柱头生理

花粉形成之后，借助于地心引力、风、昆虫、鸟和其他动物等各种媒介，传播到柱头上，并在柱头上萌发，这就是授粉过程。授粉能否正常进行，与柱头的授粉能力、花粉与柱头的相互识别及花粉萌发和花粉管生长等有密切关系。





1. 柱头的生理特点

构成：乳突状或毛状细胞，呈毛刷或羽毛状。

成熟的柱头可分两类：

- **湿润型：**柱头表面有由表皮细胞产生的分泌物；黏着花粉、促进花粉萌发和花粉管生长，并对花粉发生识别和选择作用。
- **干燥型：**不产生分泌物，但表皮细胞外表面有蛋白质膜存在，对花粉有识别作用。



2. 柱头的生活力与授粉能力

柱头的授粉能力和持续时间长短与柱头的生活力有关。

柱头的生活力一般比花粉长，开花后即可授粉；先升后降。



三、花粉与柱头识别机制和花粉萌发生理

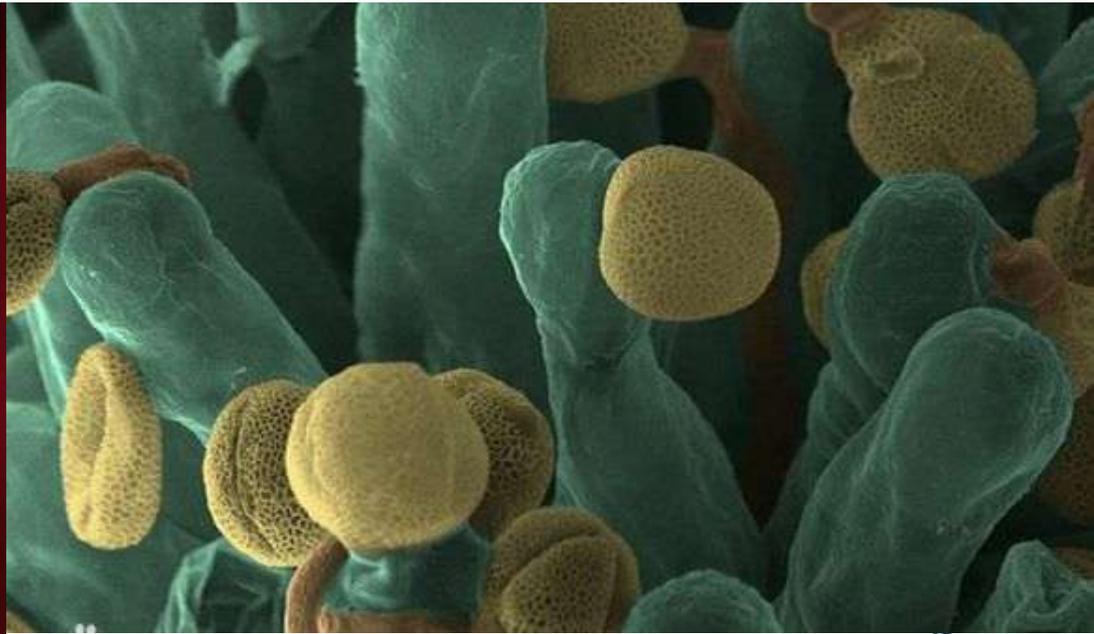
落在柱头上的各种花粉能否萌发并完成受精作用,取决于花粉与柱头之间的“**亲和性**”。

细胞相互识别是亲和性的前提。

这种信息可以通过**物质的或化学的信号**加以表达。



若具有亲和性,花粉与柱头能相互识别;若没有亲和性,花粉与柱头相互排斥。

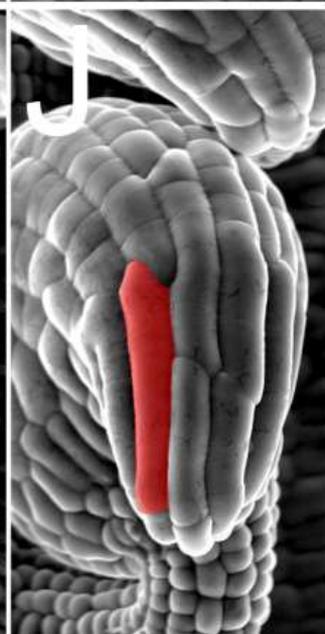
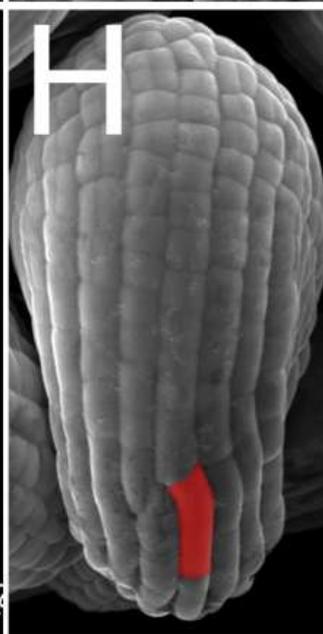
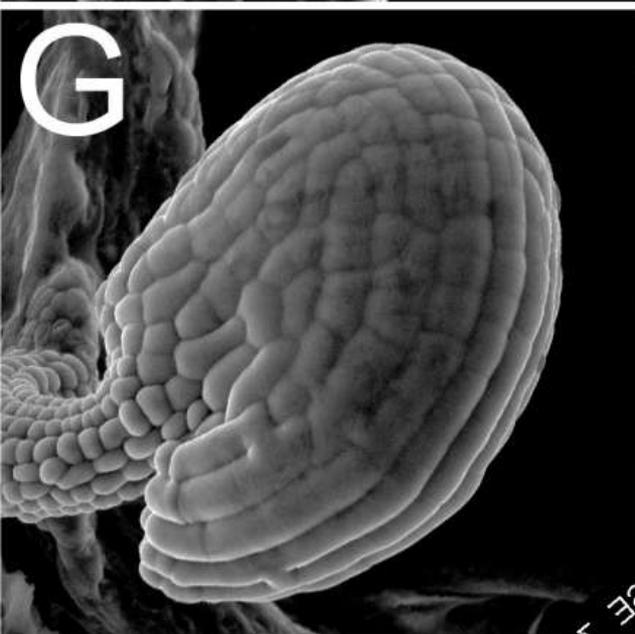
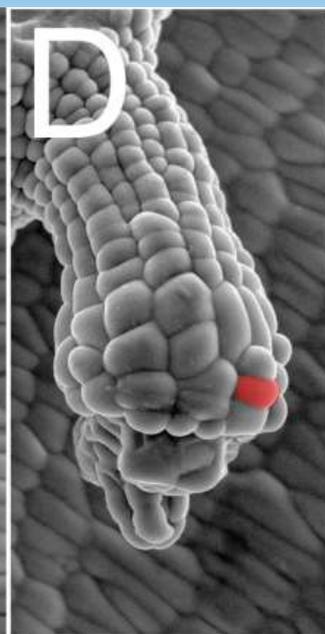
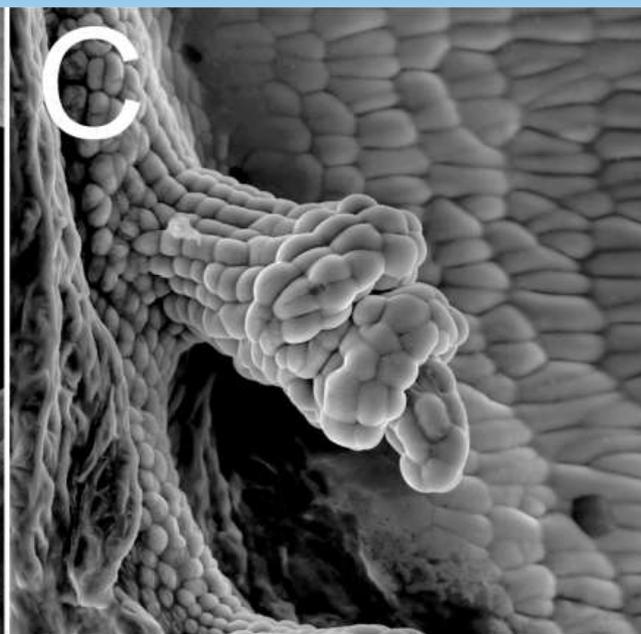
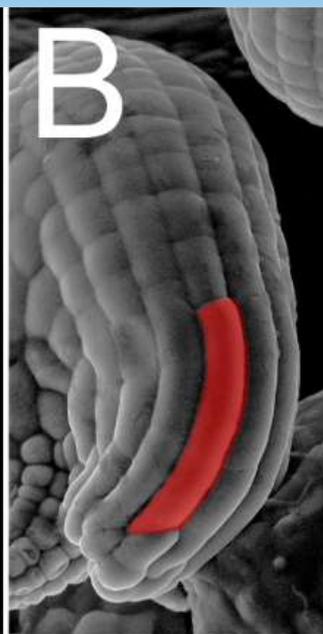
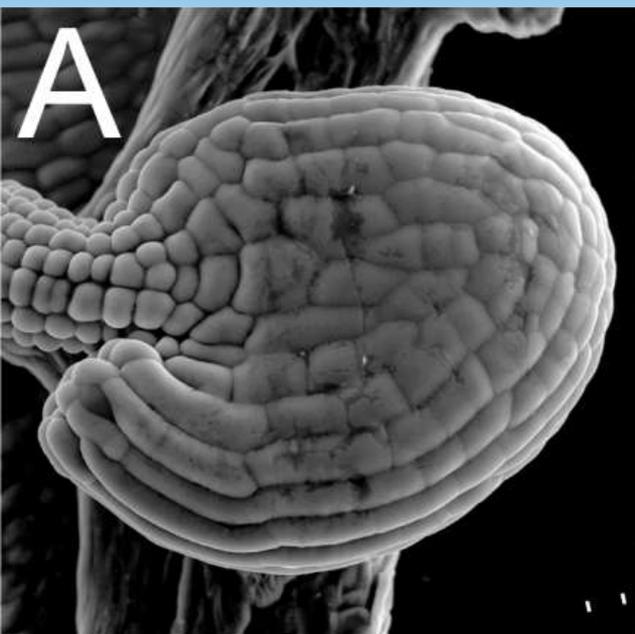


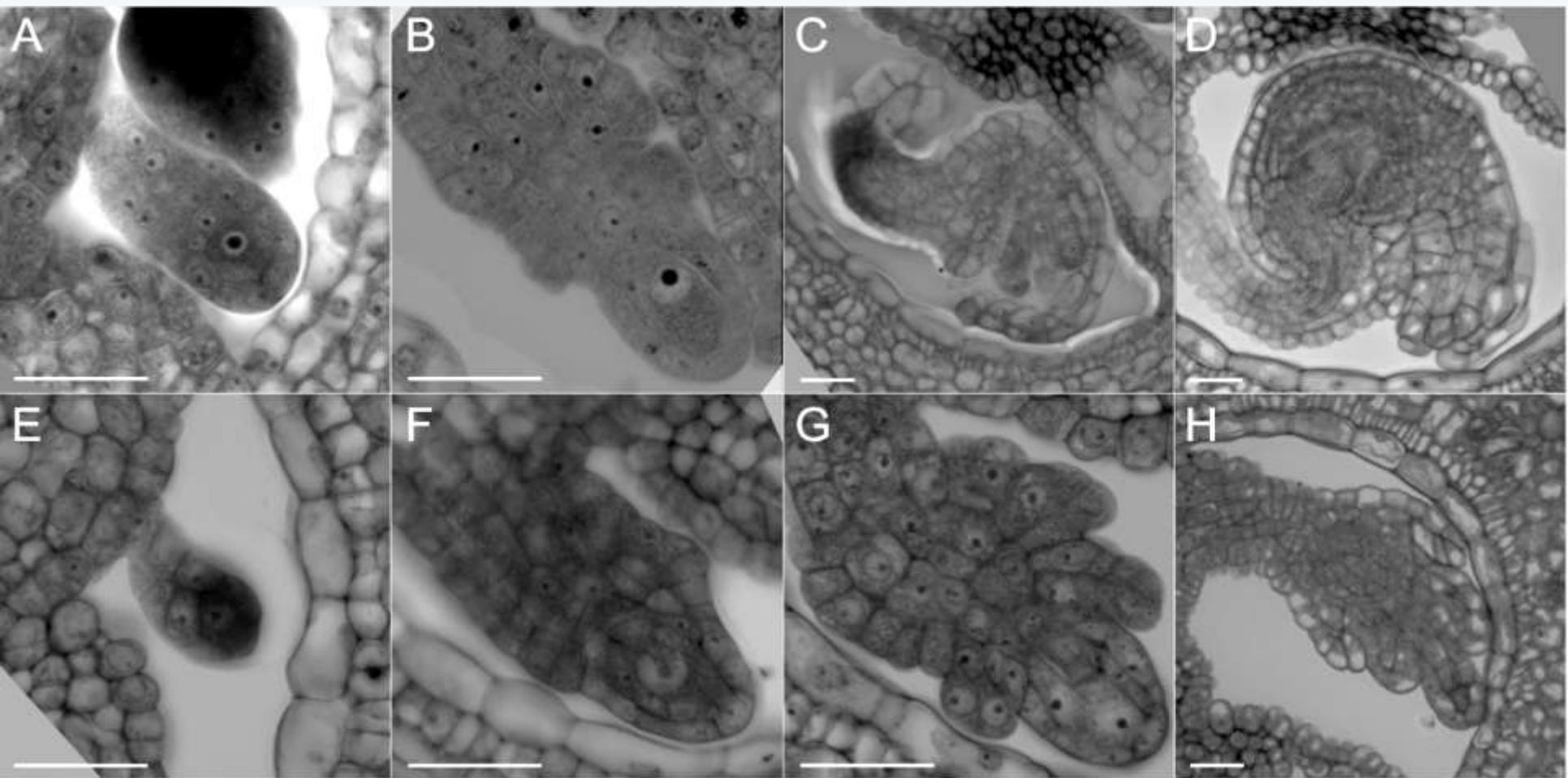
四、受精生理

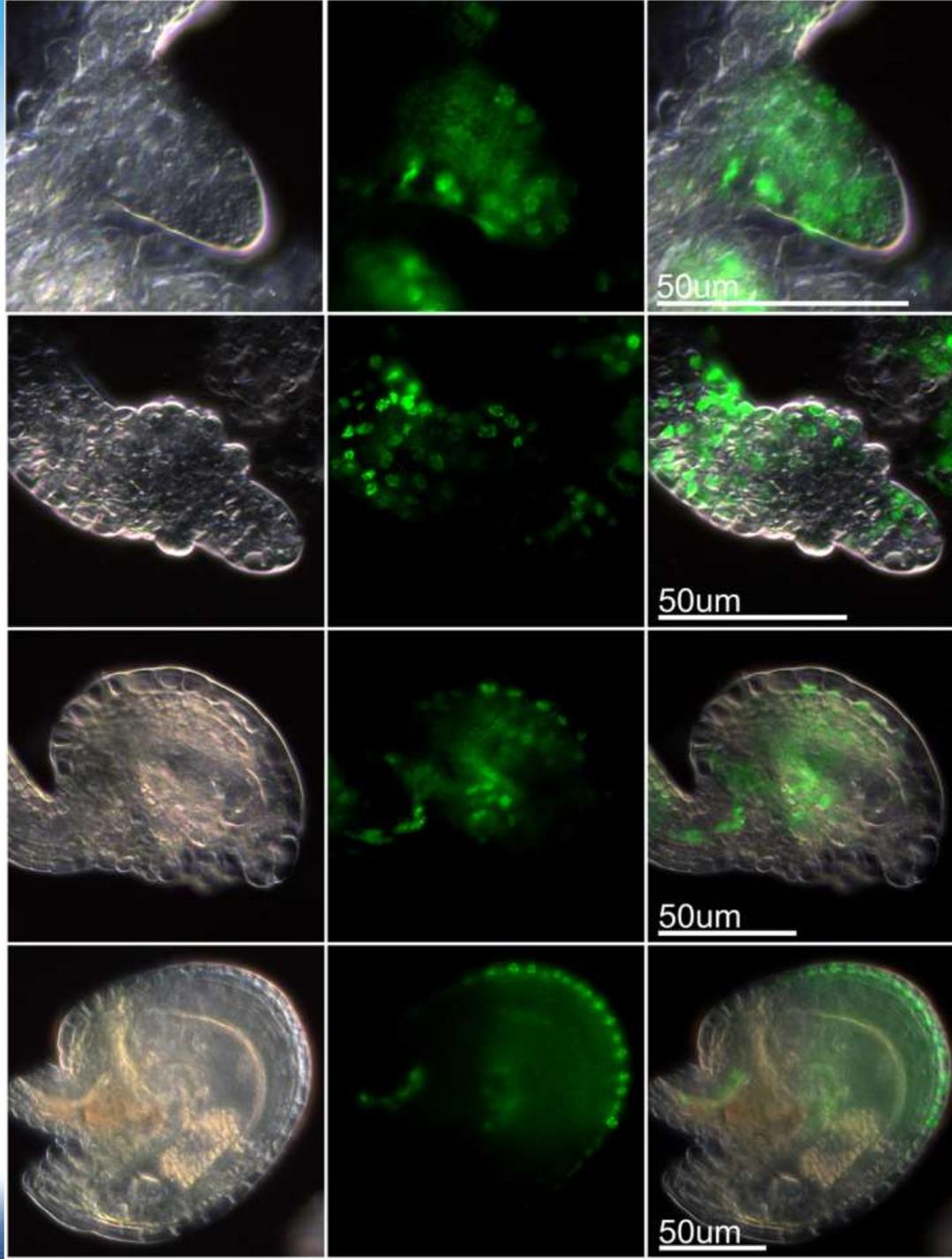
受精作用：雌、雄性细胞,即卵细胞与精子相互融合的过程。

双受精



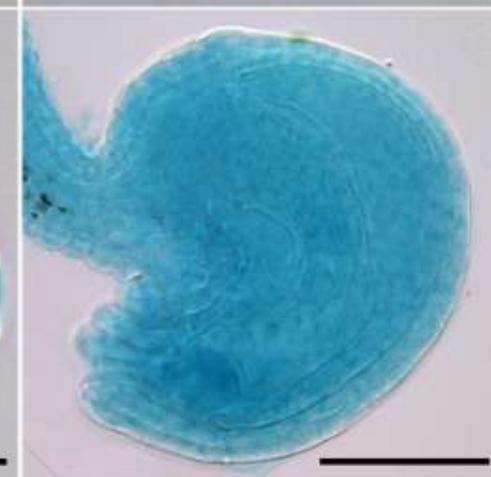
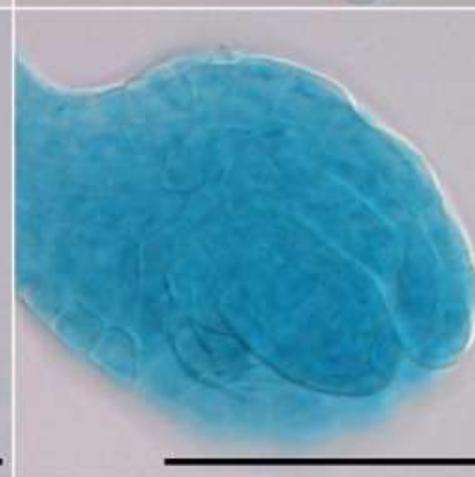
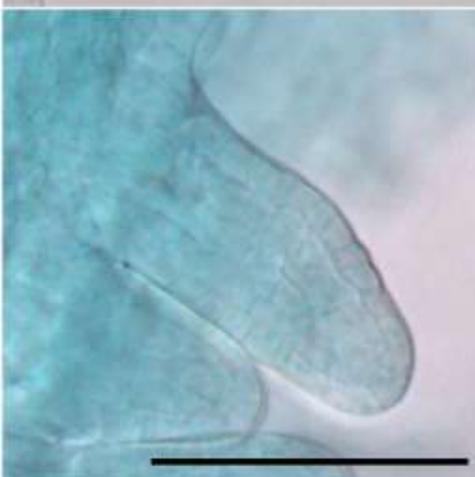
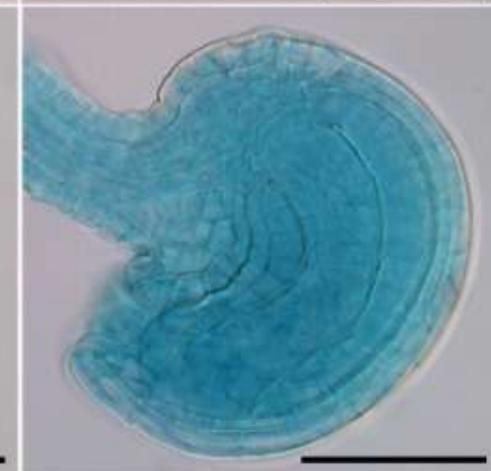
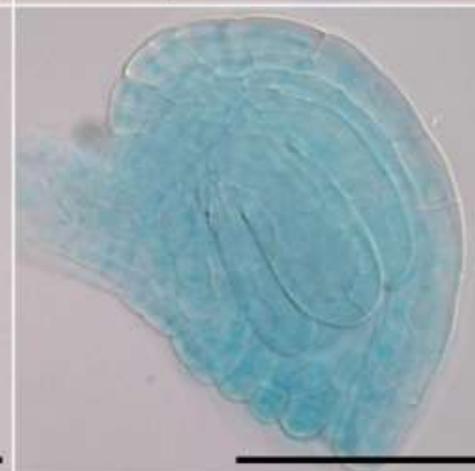
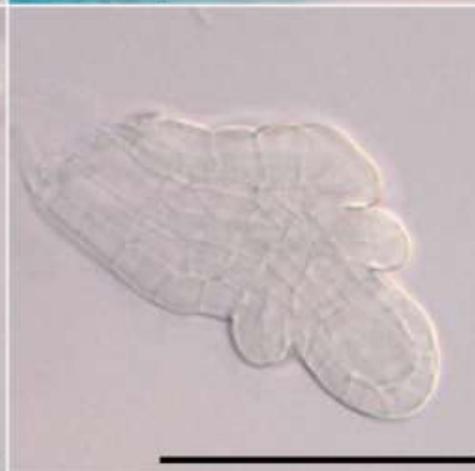
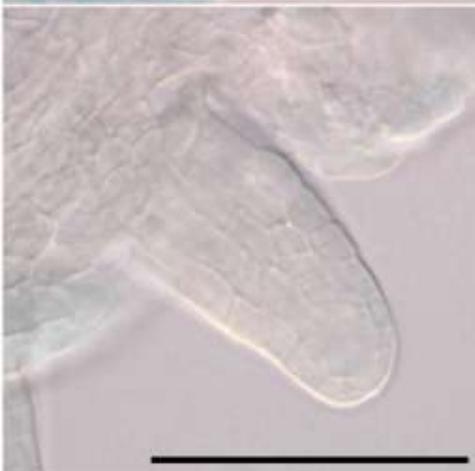
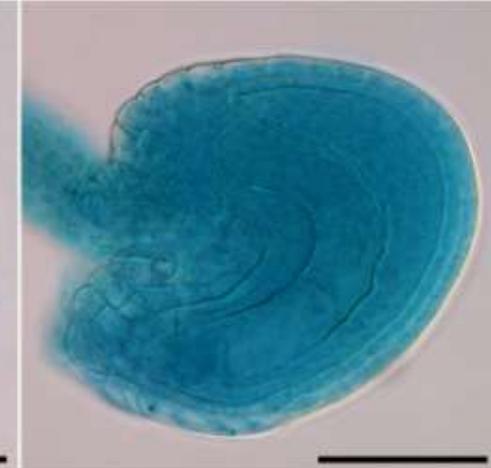
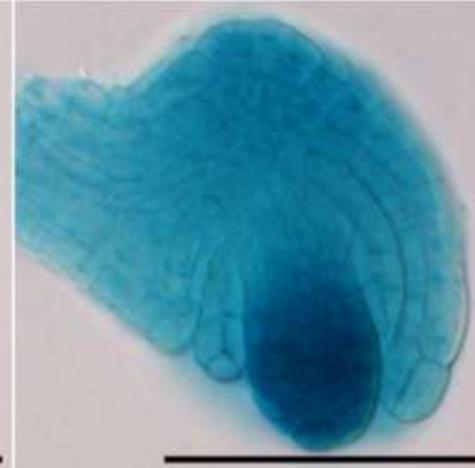
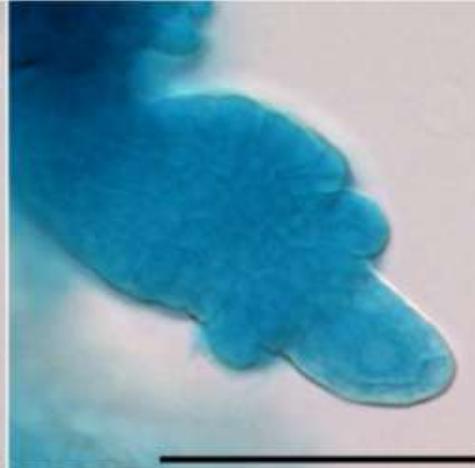
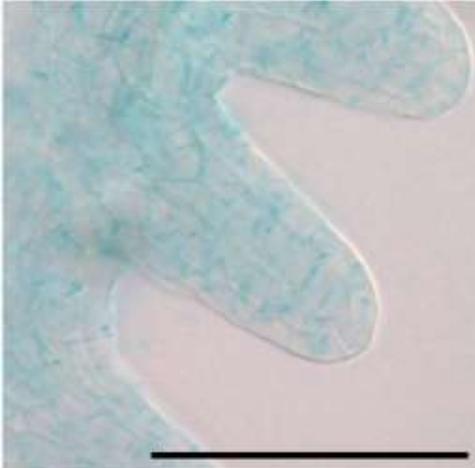


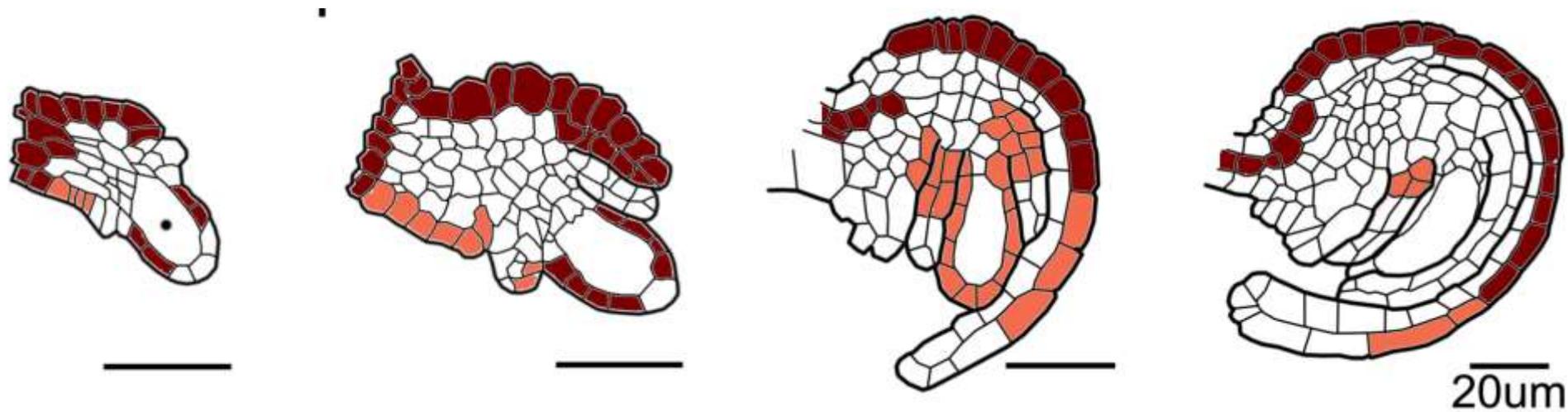




技学院







花开放（花粉成熟）

传粉

落在柱头

花粉萌发（长出花粉管）

伸长到胚囊

精子

精子

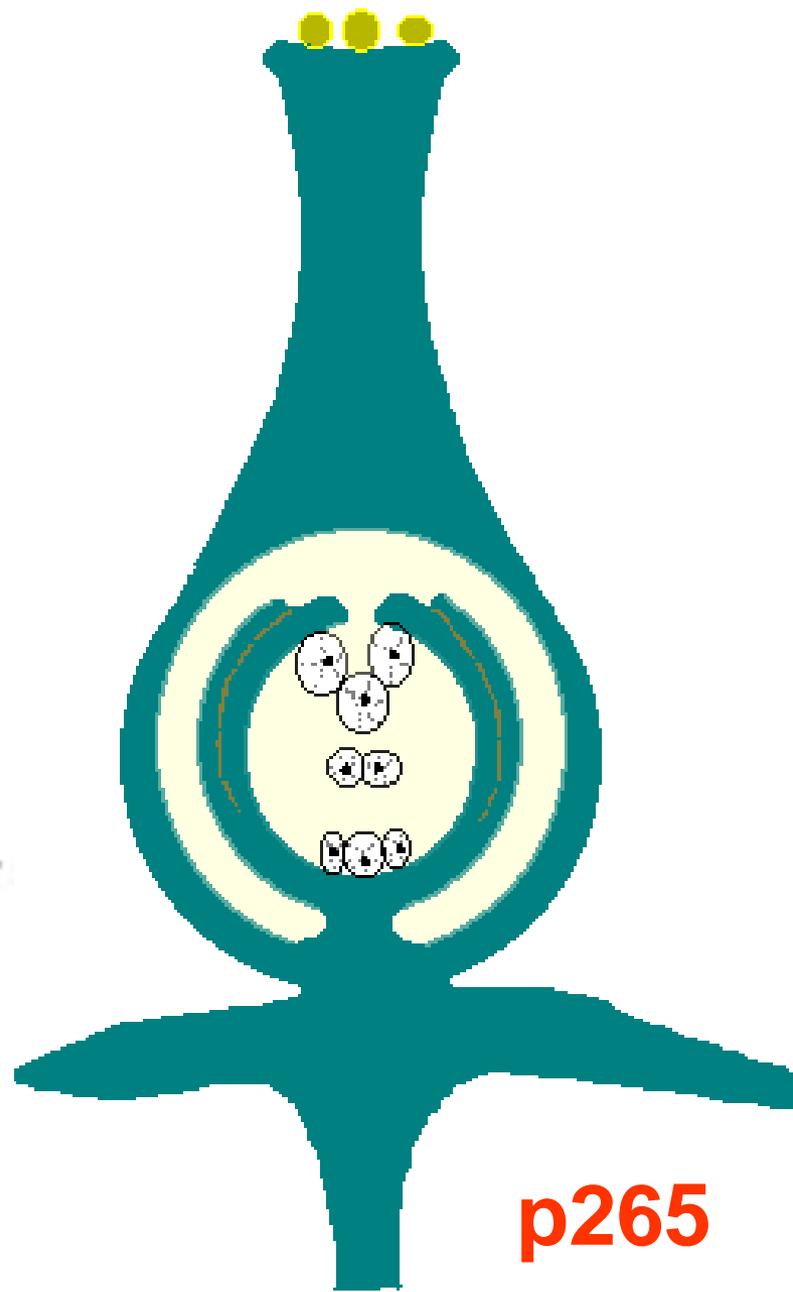
双受精

与卵细胞结合
(受精卵)

与两个极核结合
(受精极核)

发育成胚
(植物幼体)

发育成胚乳
(储存营养)



p265

