



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**



高等教育出版社



蔡泽坪

扫一扫二维码, 加我QQ。



小树

扫一扫二维码, 加入该群。

# 第四章

# 种子植物的

# 繁殖器官

3



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

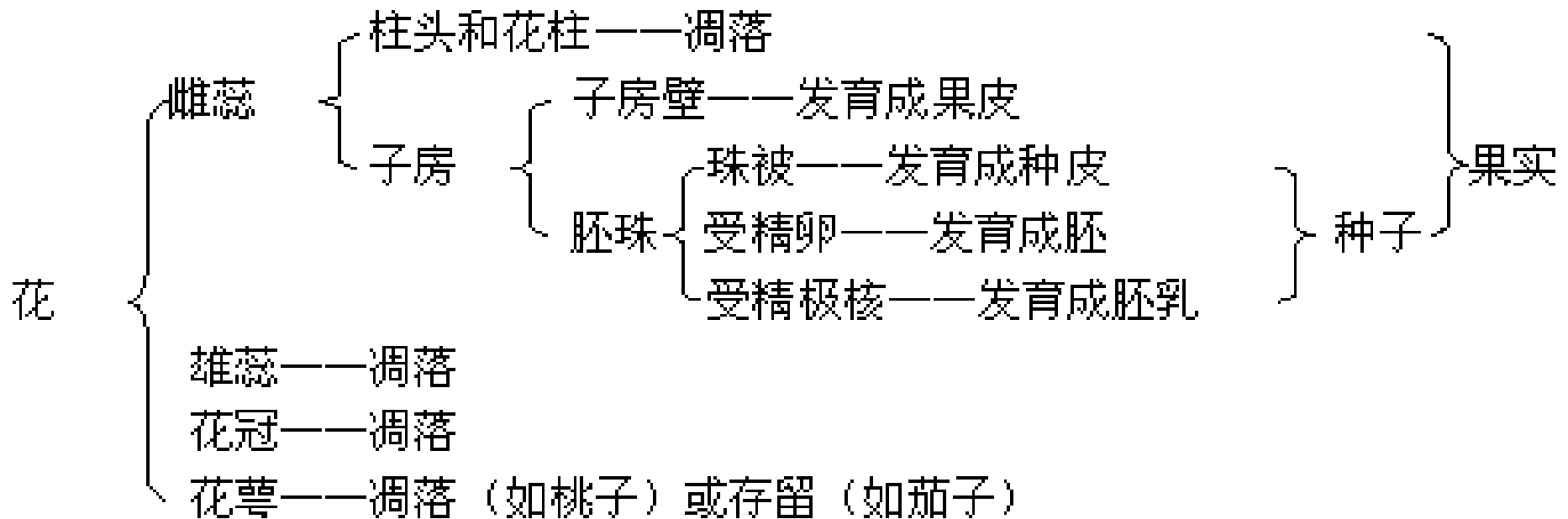
第六节 种子和果实

第七节 被子植物的生活史

# 第六节 种子和果实



受精作用完成后，胚珠发育为种子，子房壁连同其中所包被的胚珠，共同发育为果实。花的其他部分(甚至花以外的结构)也可参与果实的形成。

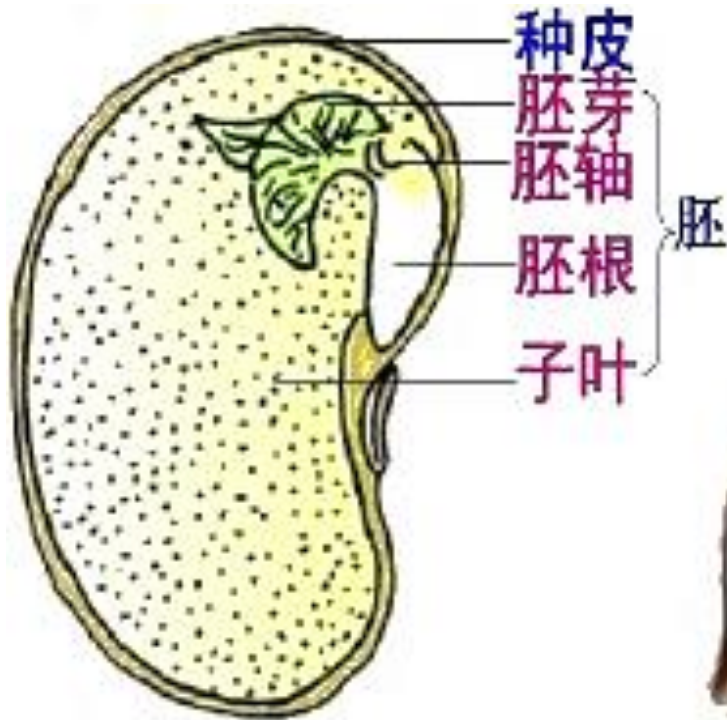


# 一、种子和幼苗

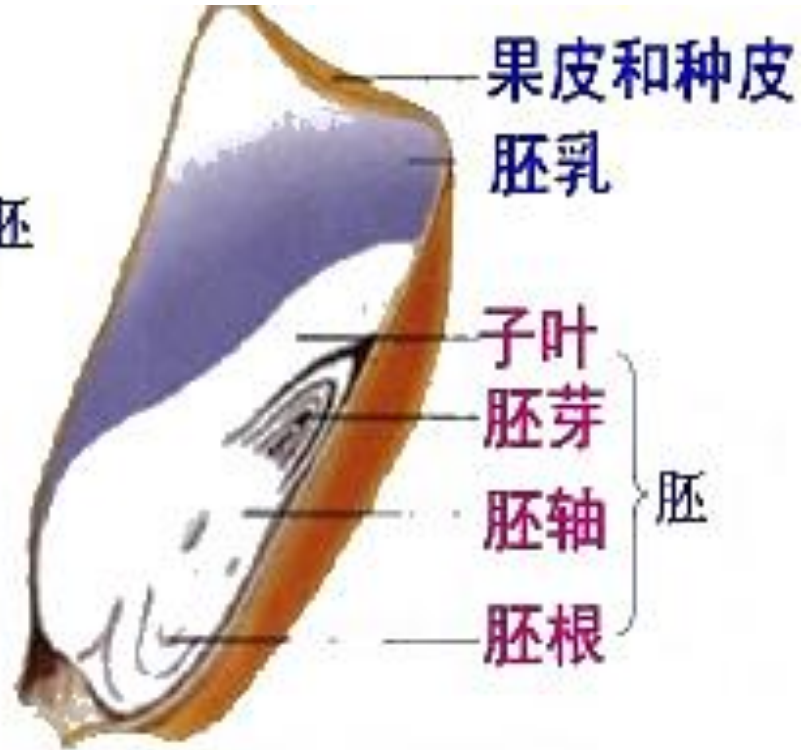
## (一) 种子的形成和结构

**有胚乳种子**：由胚、胚乳和种皮三部分组成。

**无胚乳种子**：由种皮和胚两部分所组成。



菜豆种子结构



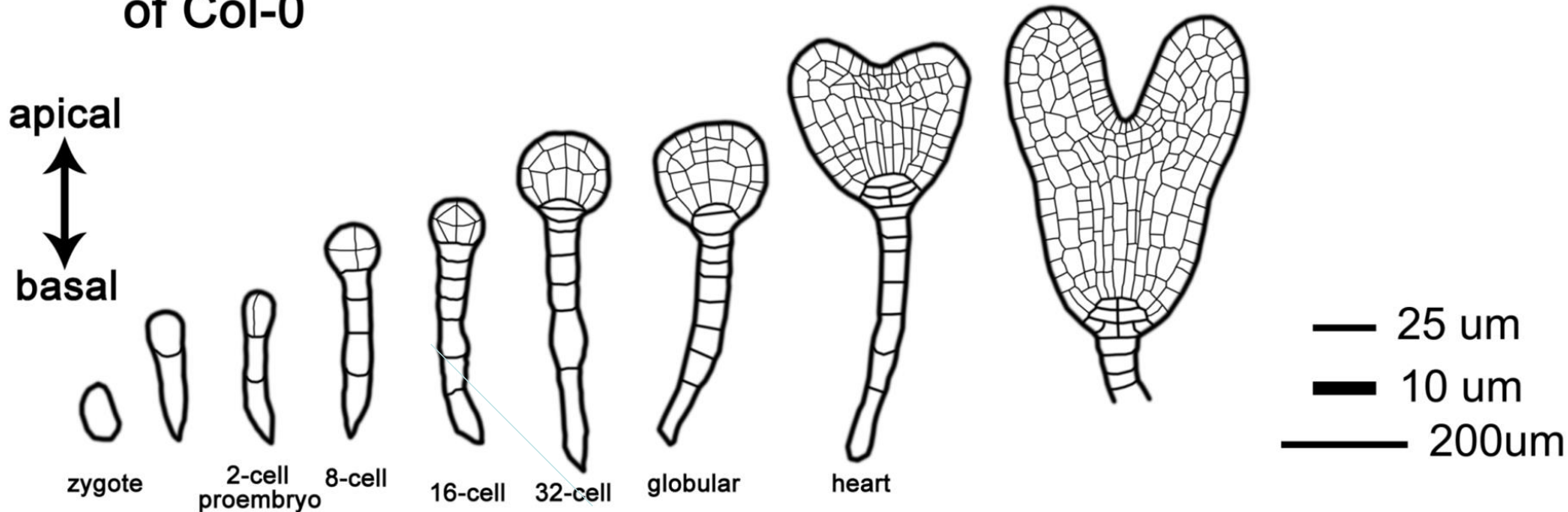
玉米种子结构

# 1. 胚的发育

**原胚 (proembryo):** 从形成两个细胞开始直至器官分化之间的阶段。

▲ **合子第一次分裂是横分裂**，形成大小不等的两个细胞——**顶细胞**和**基细胞**。

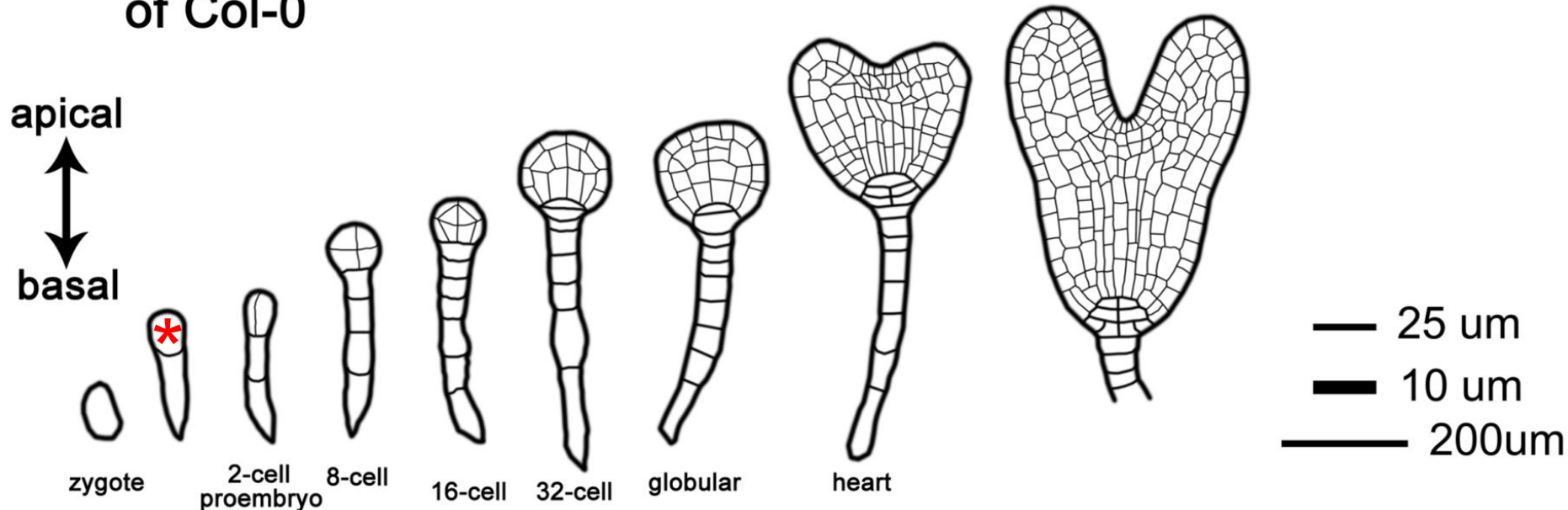
Embryo Development  
of Col-0



**顶细胞(apical cell):** 形成胚体的大部分结构。

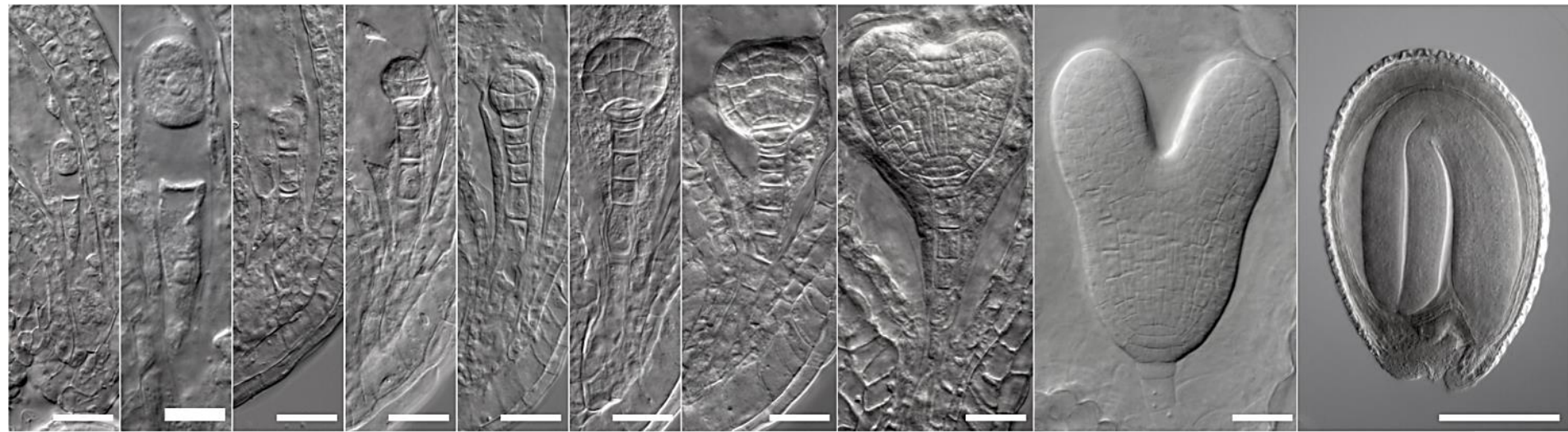
**基细胞(basal cell):** 经过分裂成为胚柄 (suspensor);  
胚柄是暂时性的结构。

## Embryo Development of Col-0

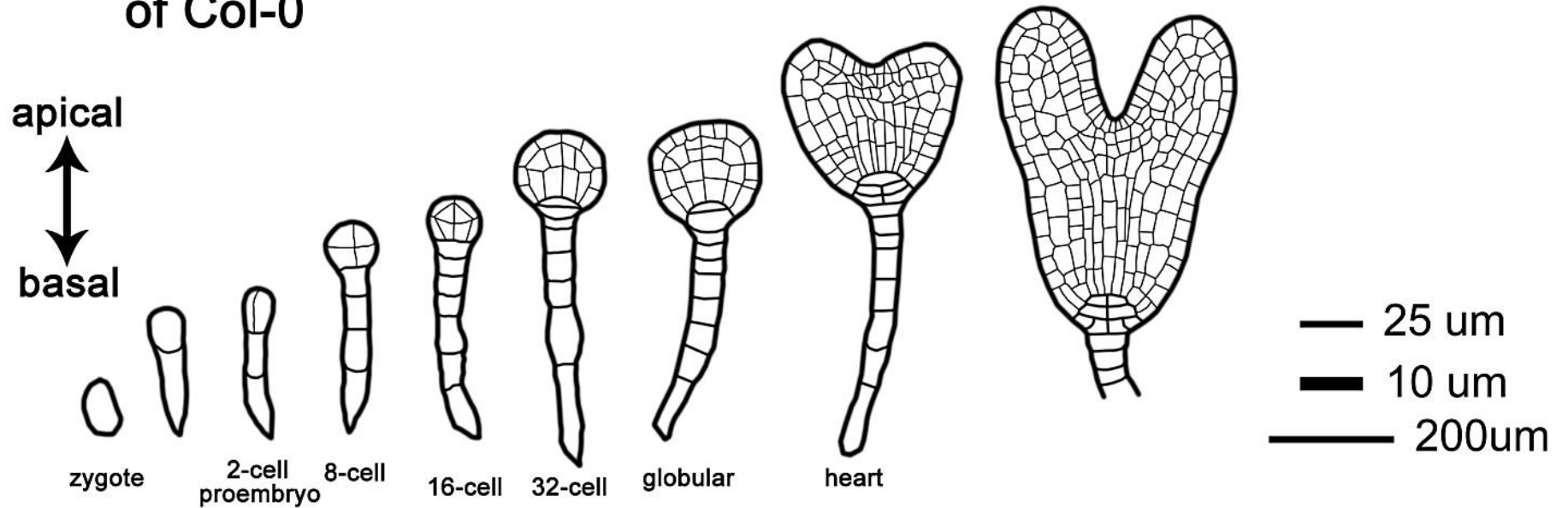




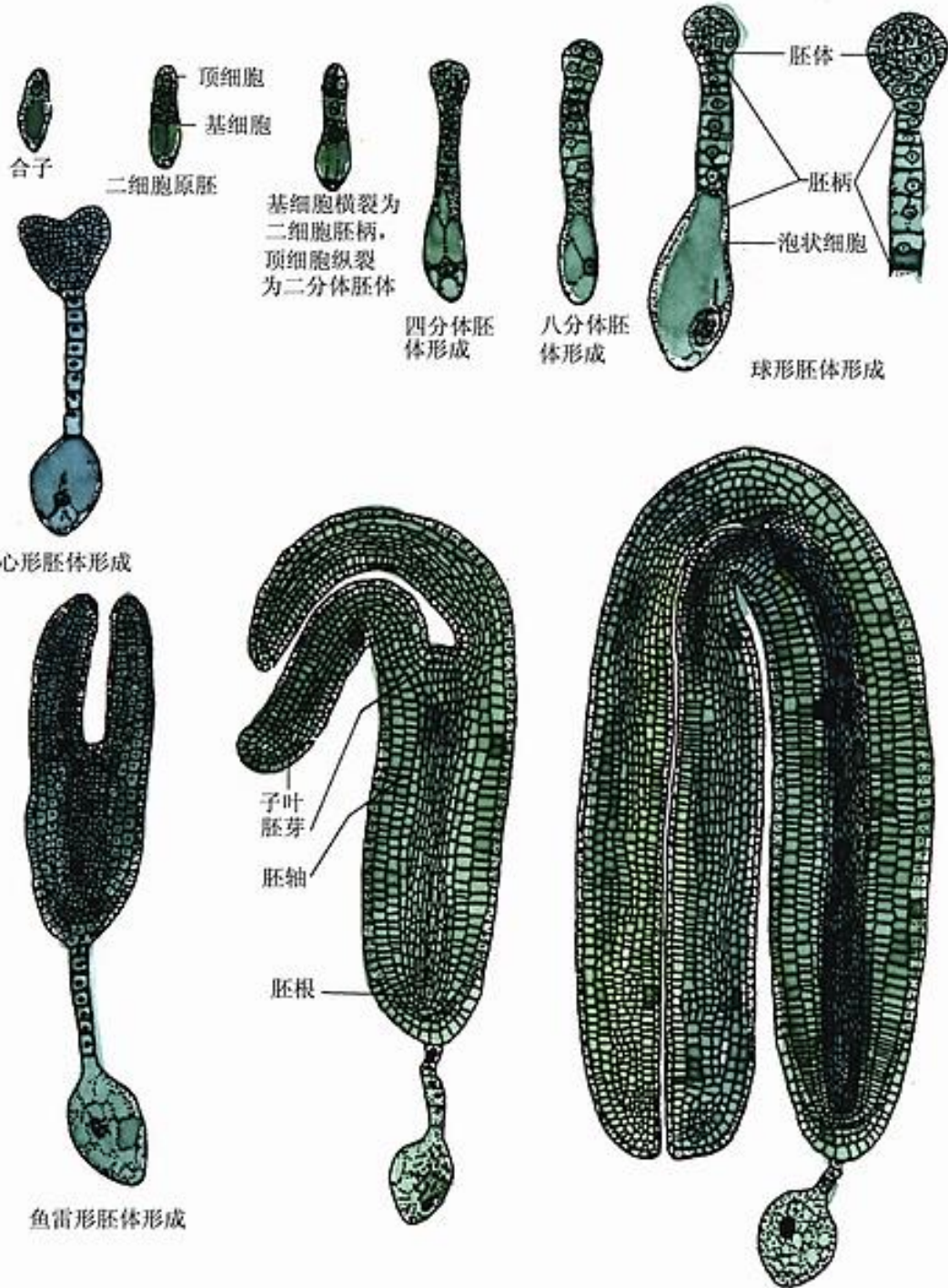
# 双子叶植物拟南芥的胚胎发育



## Embryo Development of Col-0

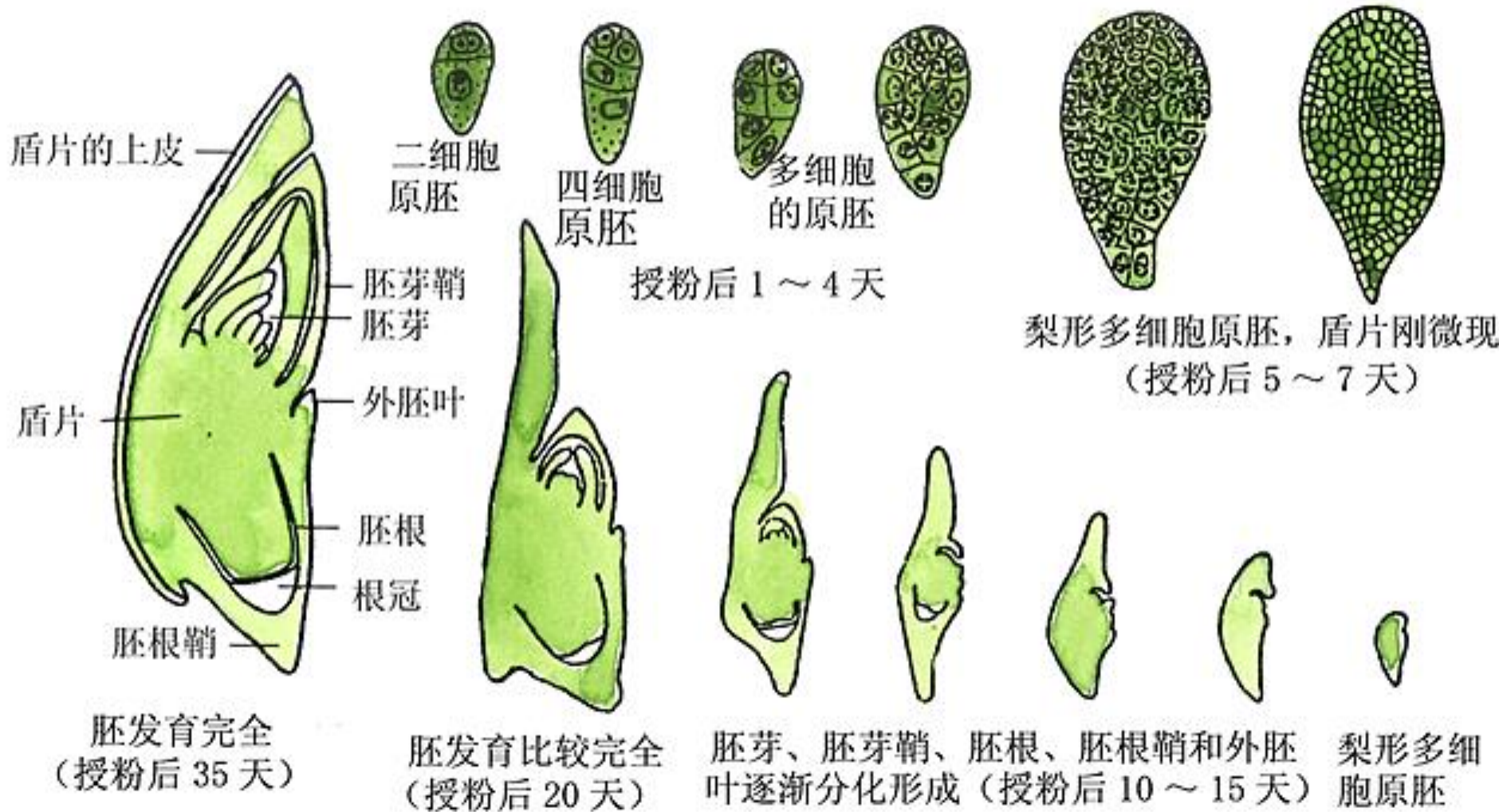


# 芥菜胚的发育



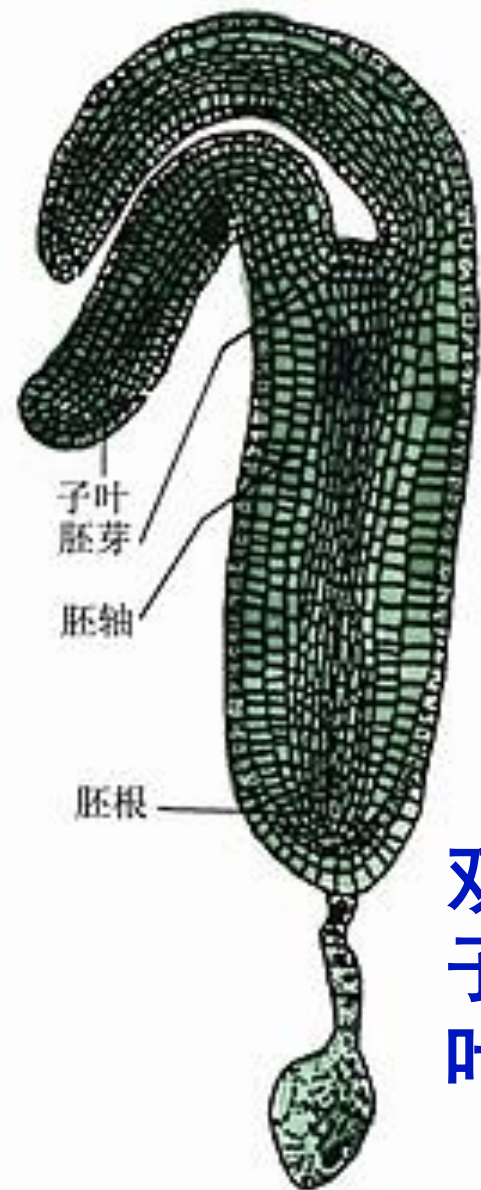
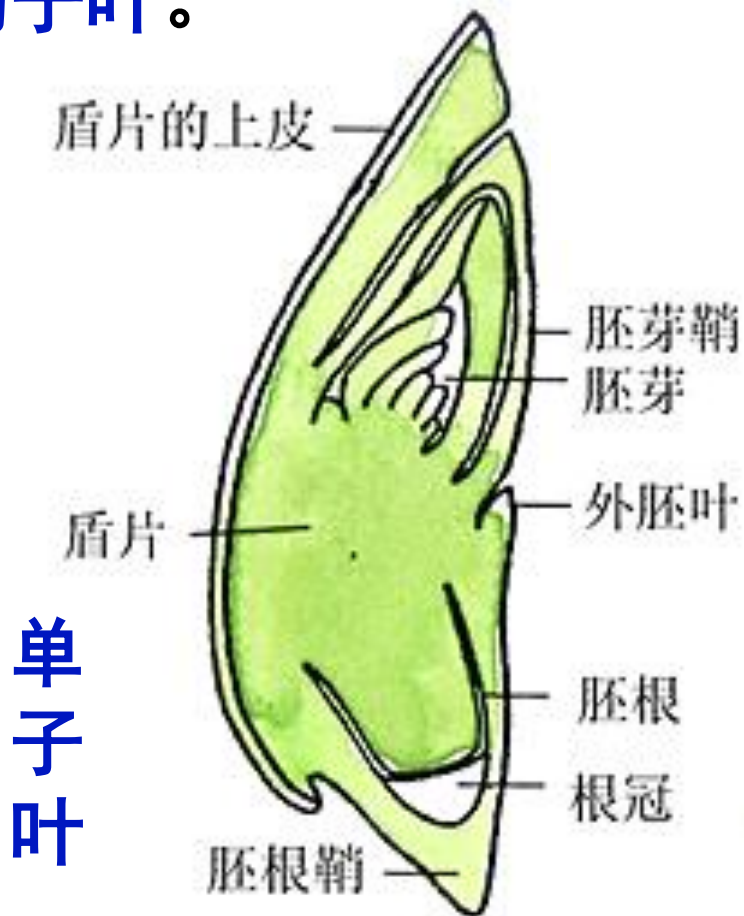


# 单子叶植物胚的发育，以小麦胚的发育为例：



无论是双子叶植物还是单子叶植物，它们的成熟胚都分化出**胚芽**、**胚轴**、**胚根**和**子叶**四个部分。

主要差别是**单子叶植物胚的子叶原基不均等的发育，只形成一个明显的子叶。**





## 2. 胚乳的发育

▲裸子植物的胚乳，是由雌配子体发育成的，为单倍体；

▲被子植物的胚乳 (endosperm)是极核受精后发育而成的，是三倍体。胚乳的发育先于胚的发育。

胚乳发育有三种形式：（根据是否存在游离核时期）

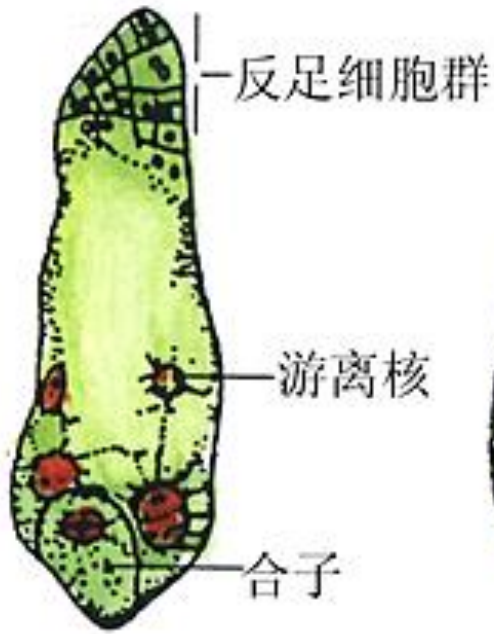
(1)核型 (nuclear type)胚乳

(2)细胞型 (cellular type)胚乳

(3)沼生目型(helobial type)胚乳（介于核型和细胞型之间）

沼生目型胚乳只限于沼生目种类如泽泻、慈菇、紫萼等。

# 玉米核型胚乳的发育过程



合子和少数胚乳  
游离核（传粉 26  
~ 34 小时后）



游离核分裂（传  
粉后 3 天）

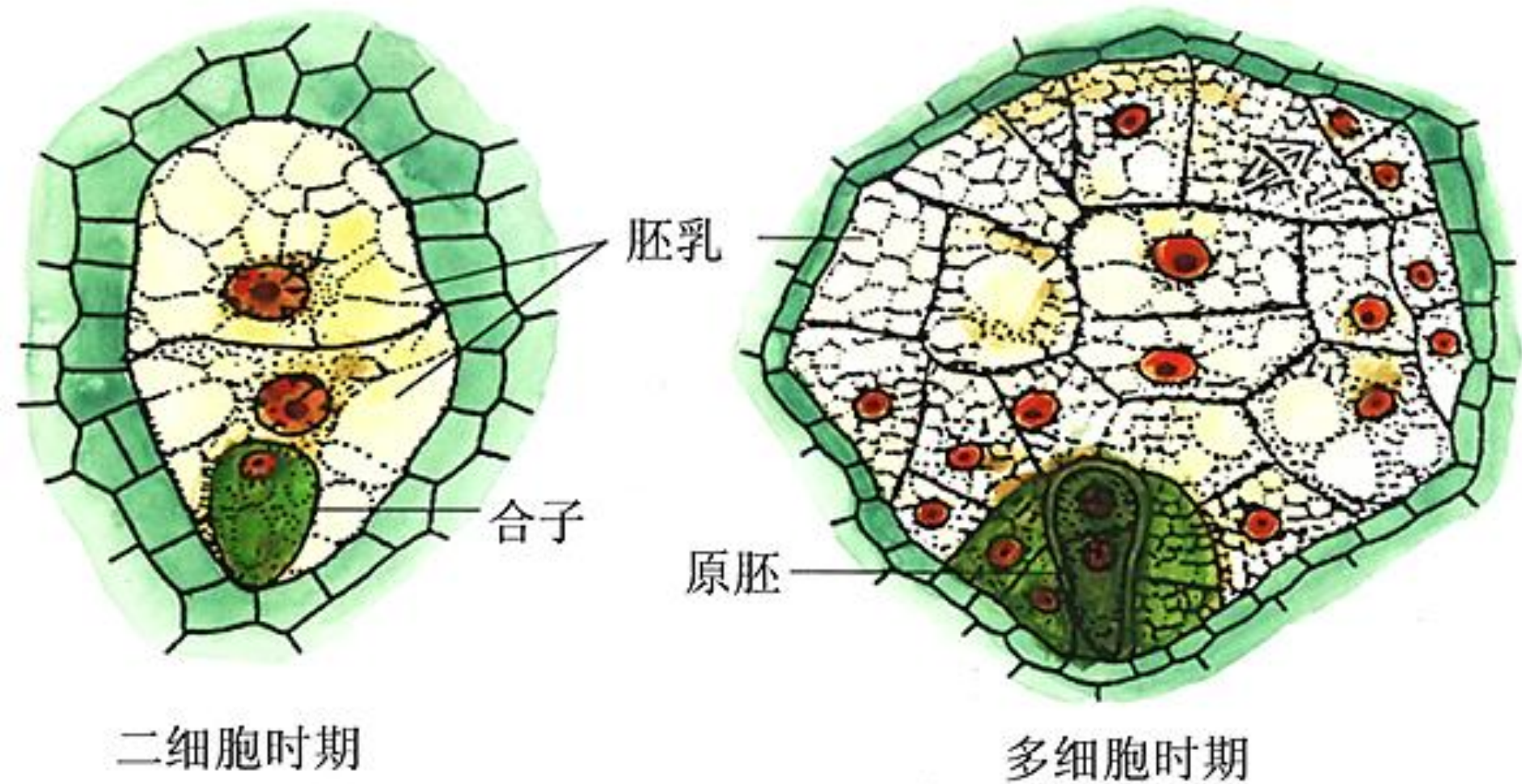


珠孔端胚乳  
细胞开始形  
成（传粉后 3  
天半）



胚乳细胞继续形  
成（传粉后 4 天）

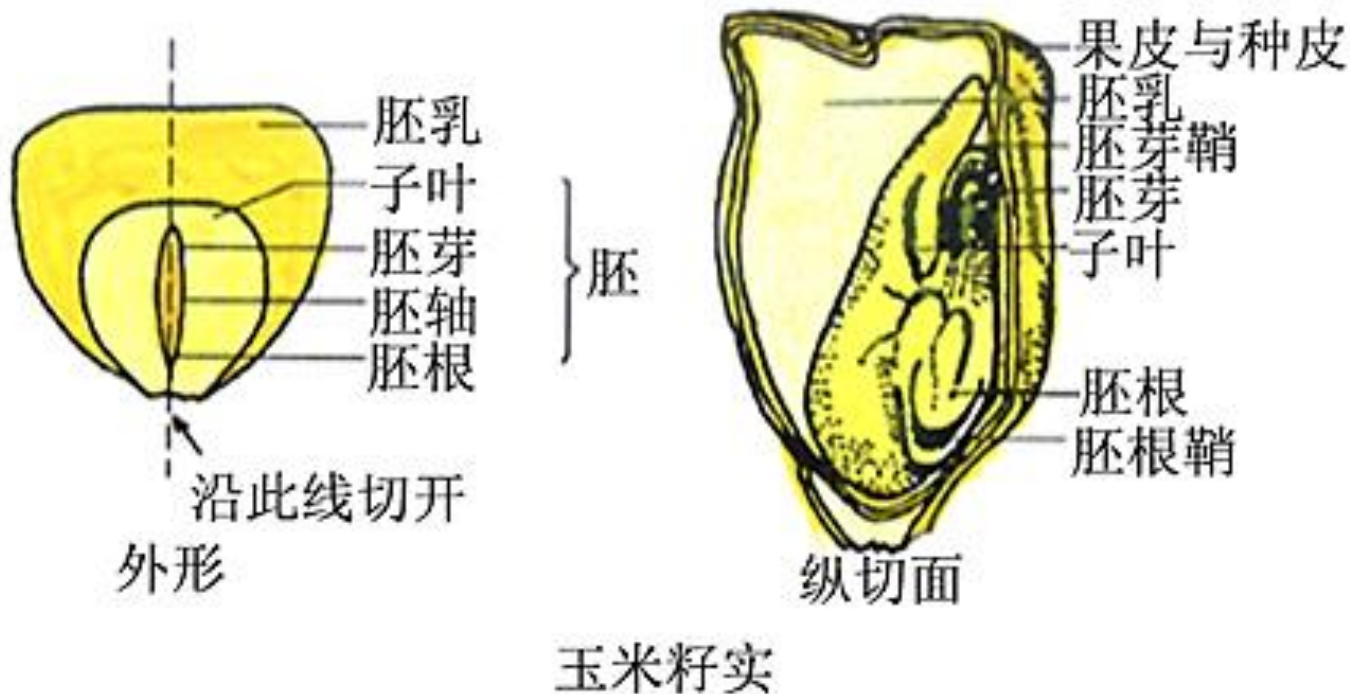
# 矮茄细胞型胚乳的初期发育



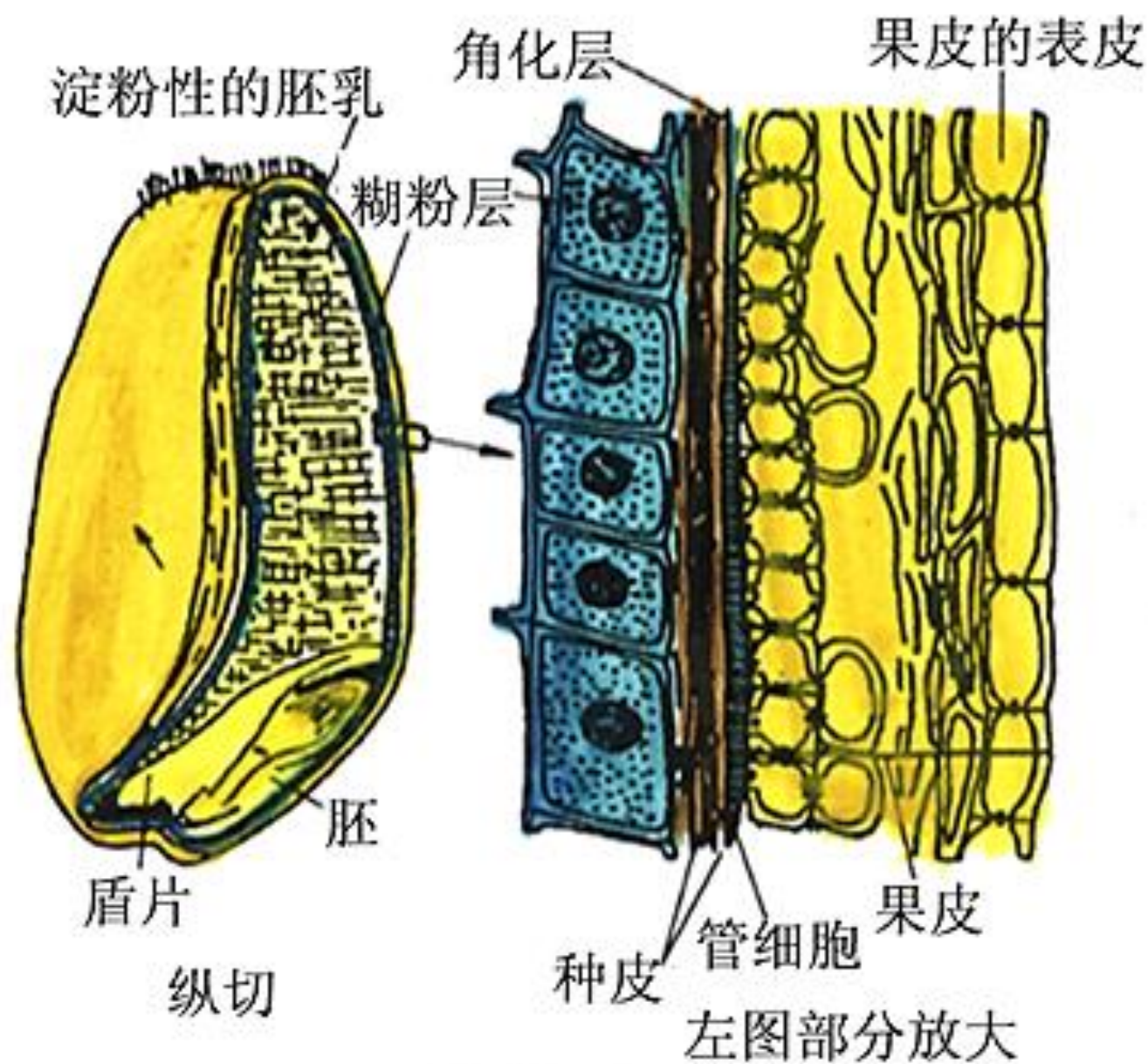


### 3. 种皮的形成

种皮是由**珠被**发育而成的。具**两层珠被的胚珠**，常形成**两层种皮**。外珠被形成外种皮，内珠被形成内种皮，如蓖麻、苹果等。**禾本科植物的种皮极不发达**，由内珠被内层细胞发育而来的残存种皮与果皮愈合在一起，主要由果皮对胚起保护作用。









种皮构造在分类学鉴定到种时有一定意义。



橡胶树的种子



石榴的种子



## (二) 种子的基本类型

不同植物的种子在大小、形状、颜色彩纹和内部结构等方面有着较大差别。



海椰子



兰科植物的种子很小，数目很多，每一蒴果含有种子数万至数十万，甚至百万之多。













根据种子成熟后胚乳的有无, 将种子分为**有胚乳种子**和**无胚乳种子**两类。

## 1. 有胚乳种子

这类种子由**种皮**、**胚**和**胚乳**三部分组成。

双子叶植物中的蓖麻、烟草、番茄、辣椒、柿等以及单子叶植物中的水稻、玉米、小麦、洋葱等植物的种子都属于这一类型。

## 2. 无胚乳种子

种子由**种皮**和**胚**两部分组成, 缺乏胚乳。

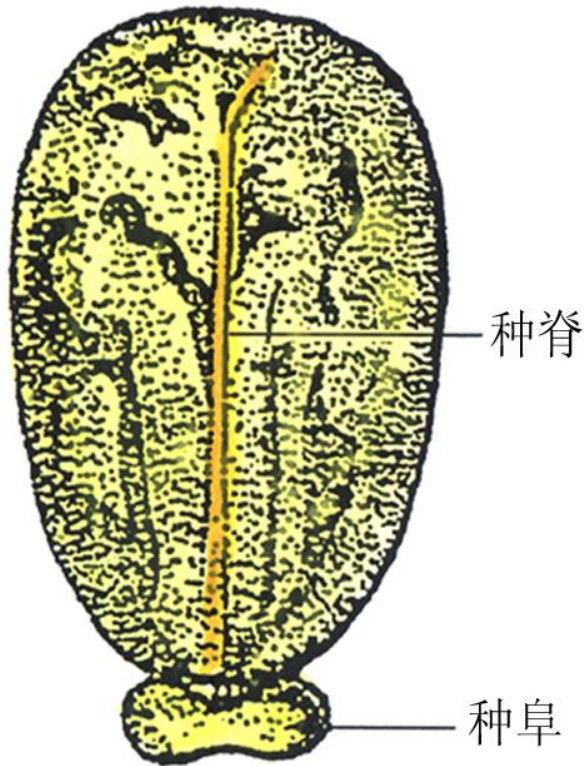
双子叶植物中的豆类、瓜类、柑橘、棉、桃等和单子叶植物中的慈菇、泽泻等植物的种子属此类型。

# 蓖麻种子

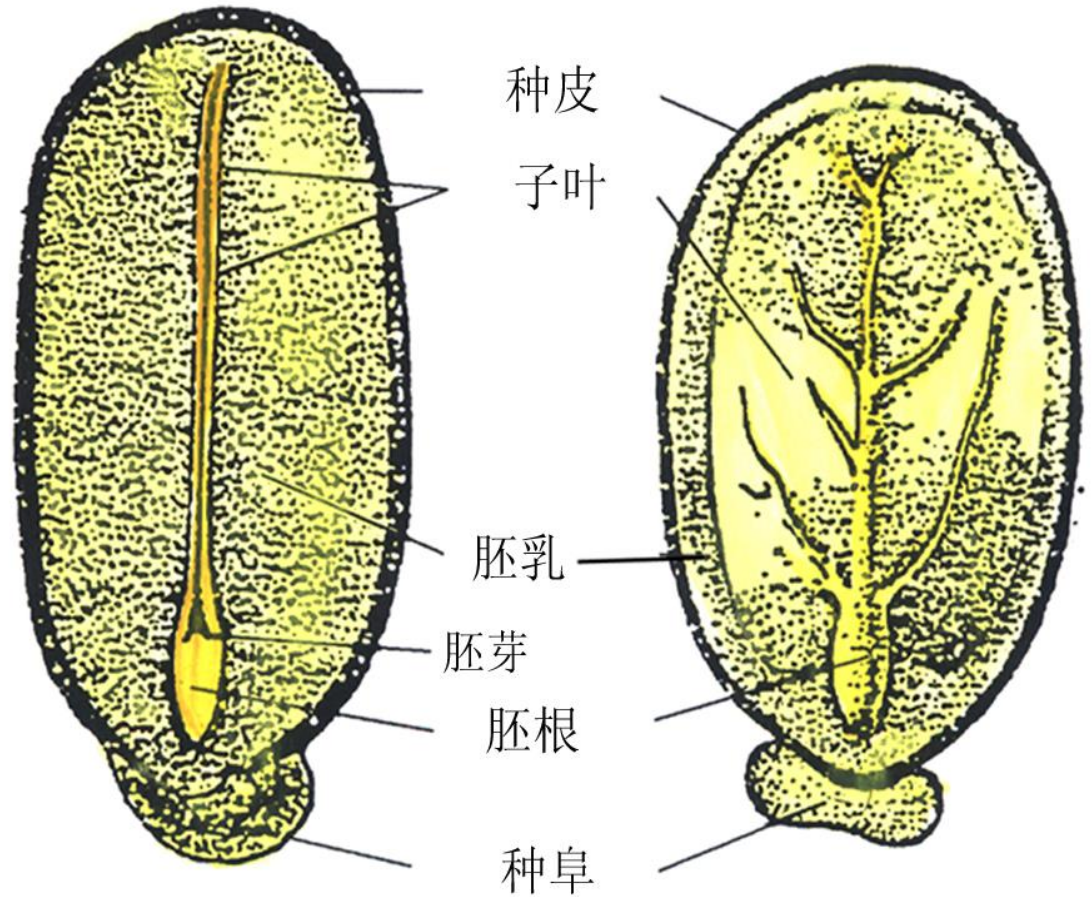




# 蓖麻种子的结构



表面观

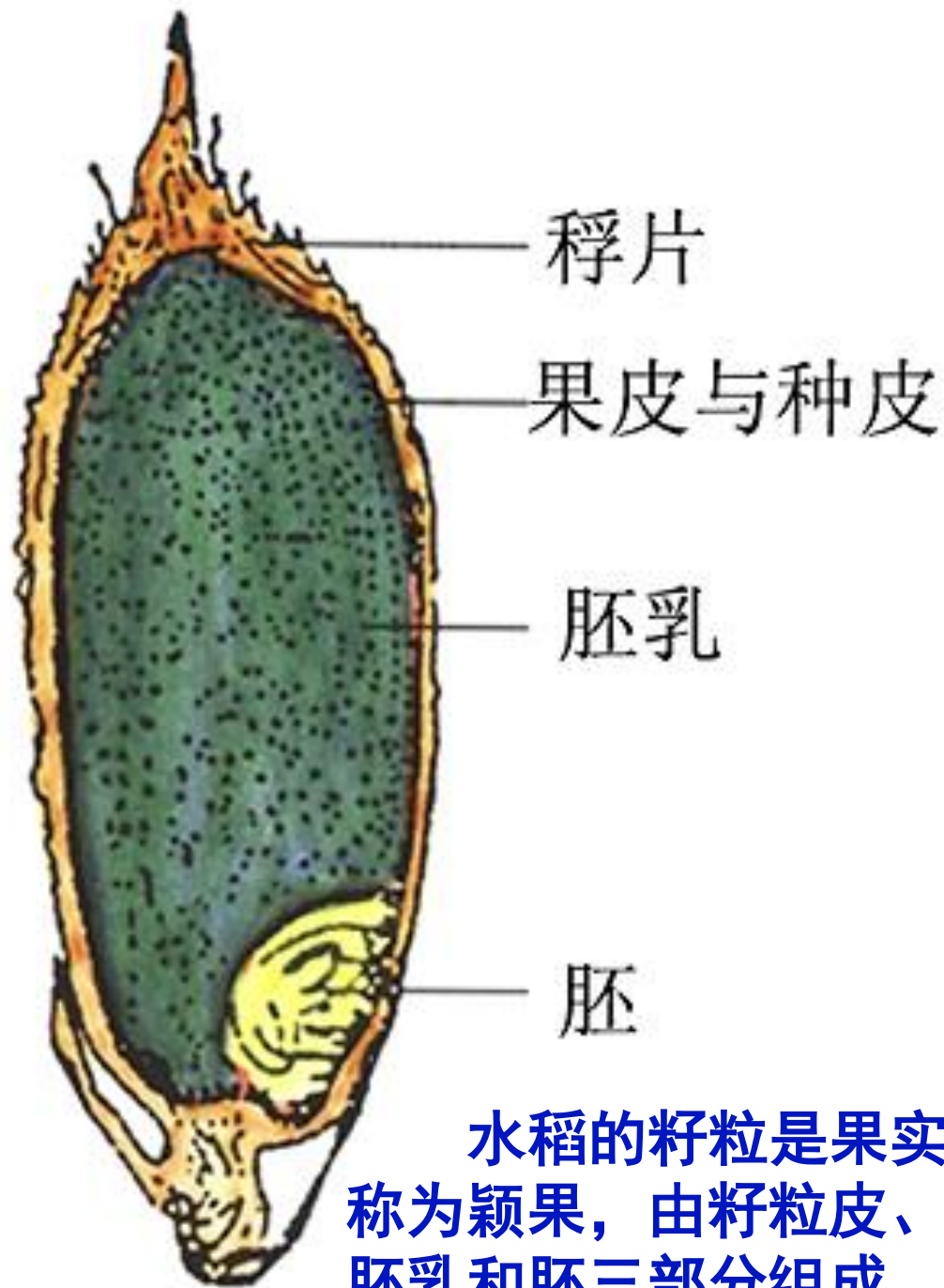


通过宽面的纵切面

通过狭面的纵切面

**种子的胚呈薄片状, 被包在胚乳的中央。**

# 水稻籽粒



水稻的籽粒是果实，称为颖果，由籽粒皮、胚乳和胚三部分组成。



# 蚕豆的种子

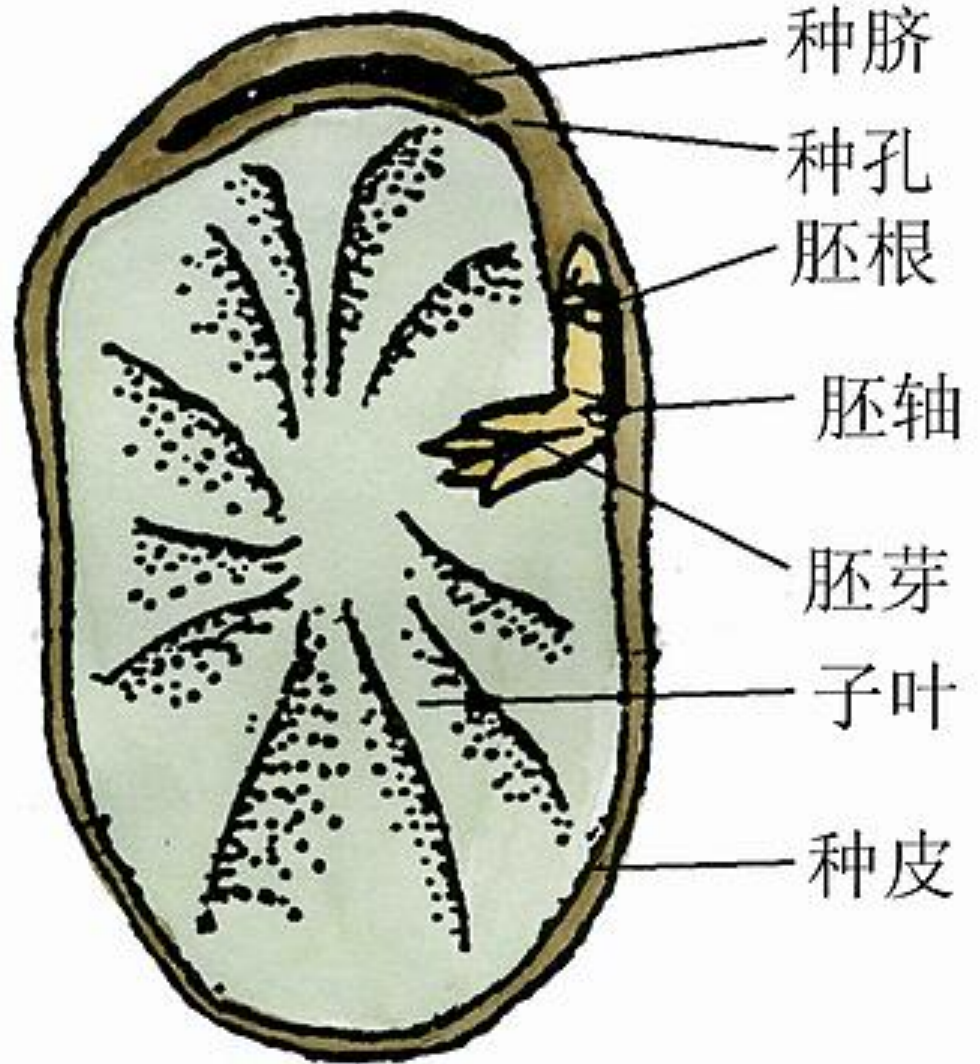




# 蚕豆的种子



种子的外形



去掉一片子叶表示内部结构

### (三) 幼苗的类型

**幼苗(Seedling):** 由胚长成的幼小植物。幼苗不能完全营独立生活,仍然依靠种子内的贮藏物质作为自己的营养源。

**上胚轴:** 由子叶着生点到第一片真叶之间的一段胚轴。

**下胚轴:** 由子叶着生点到胚根的一段胚轴。



根据胚轴的生长情况不同，可以将幼苗分为两种类型：

### 1. 子叶出土幼苗

种子萌发时，胚根突破种皮，伸入土中；形成主根后，下胚轴迅速伸长，把子叶、上胚轴和胚芽一起推出土面。

（大多数双子叶植物和裸子植物）

### 2. 子叶留土幼苗

种子萌发时，下胚轴发育不良或不伸长，只是上胚轴和胚芽迅速向上生长，形成幼苗的主茎，而子叶始终留在土壤中。

（一部分双子叶植物和大部分单子叶植物）



# 大豆幼苗



大豆种子



胚根向下生长，  
并长出根毛



种皮破裂，胚根伸出

子叶出土胚芽长大

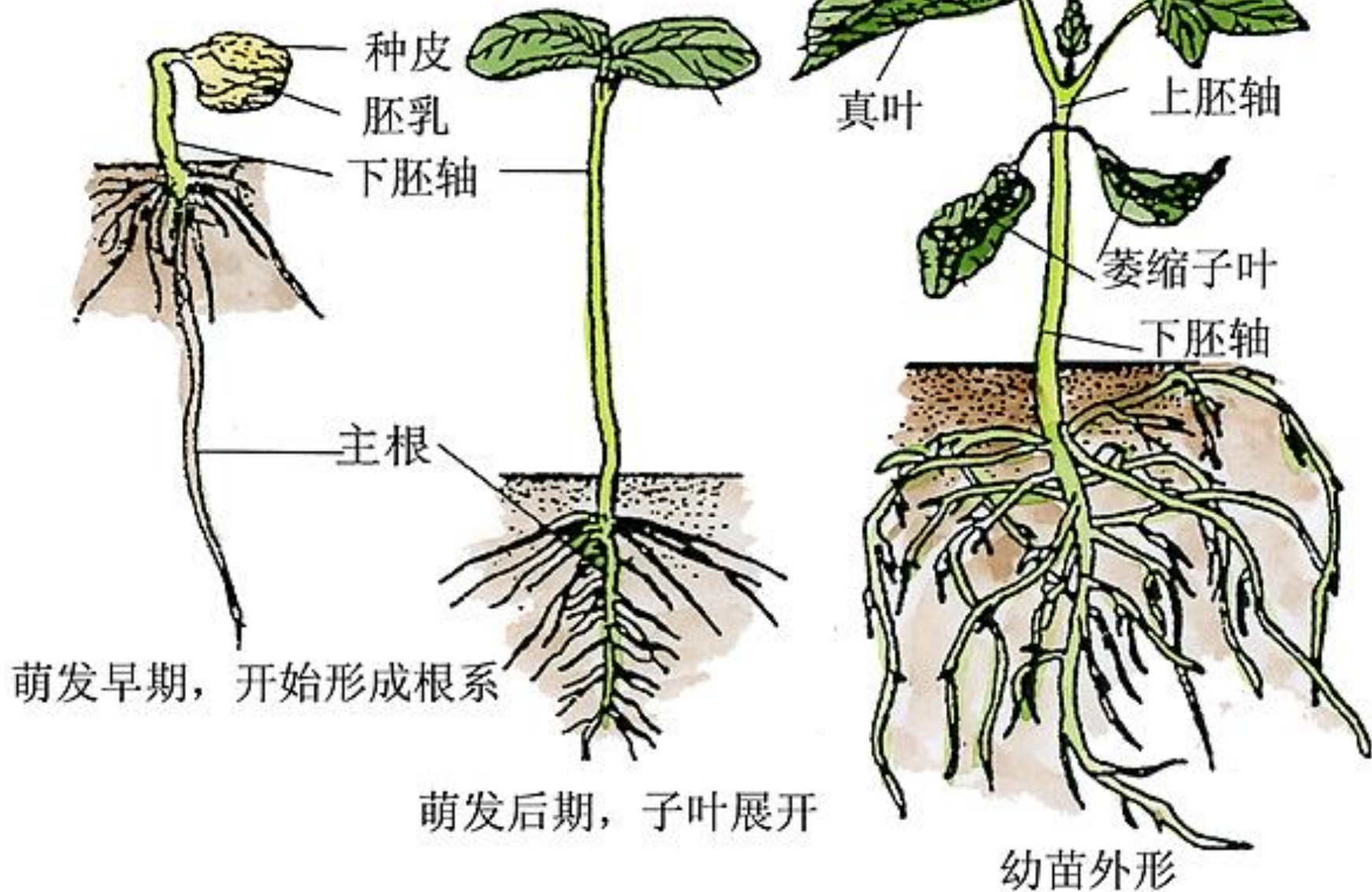


胚轴继续伸长，  
两片真叶张开，  
幼苗长成

种子在土中萌发，  
胚轴突出土面

胚轴伸直延长，  
牵引子叶脱开种皮而出

# 蓖麻幼苗





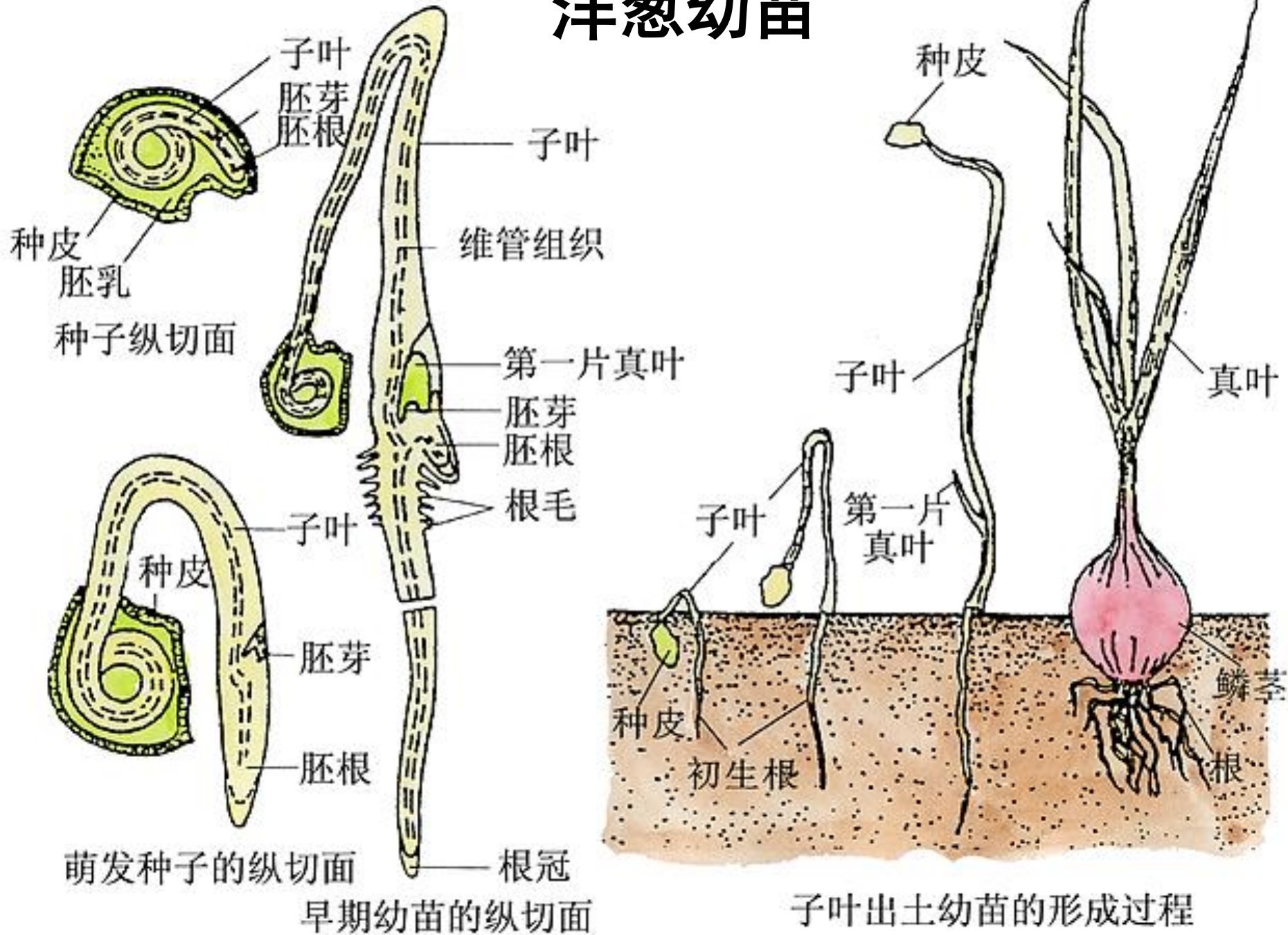
# 菜豆幼苗

子叶出土幼苗的种子宜浅播覆土

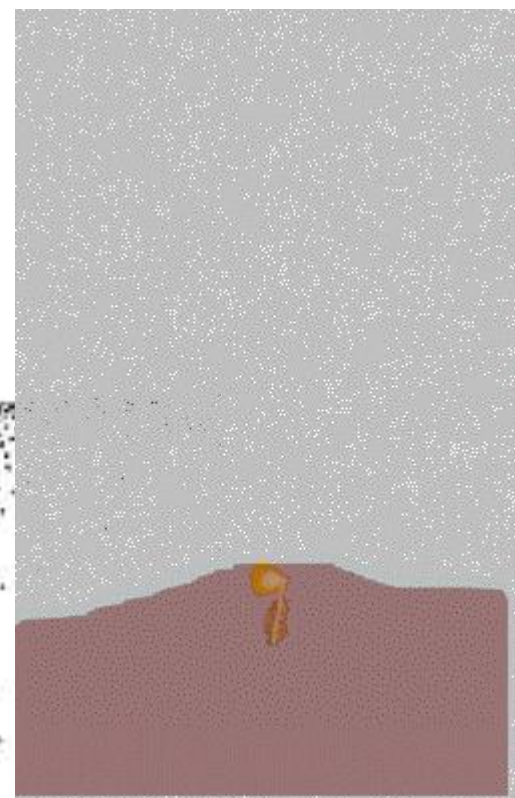
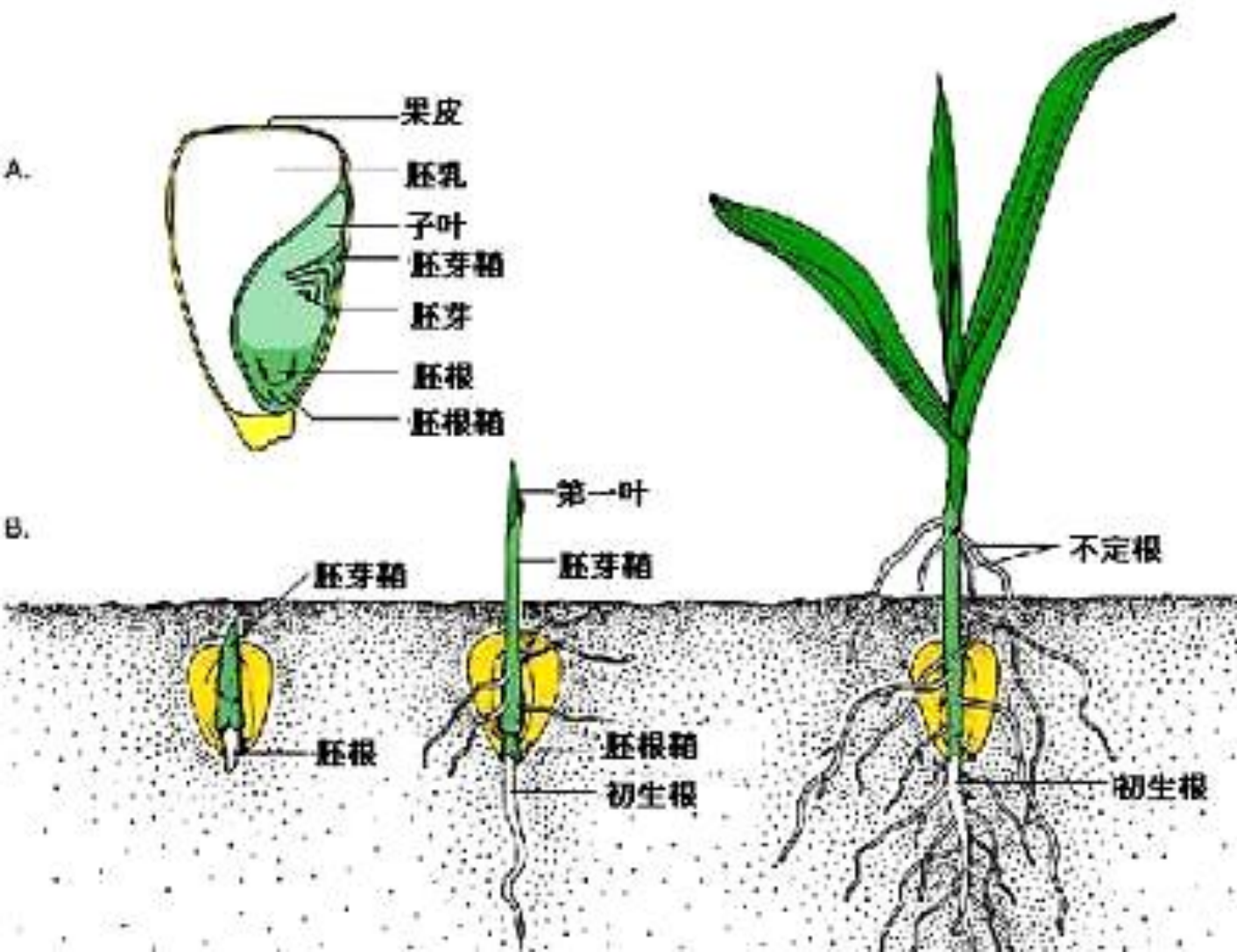




# 洋葱幼苗

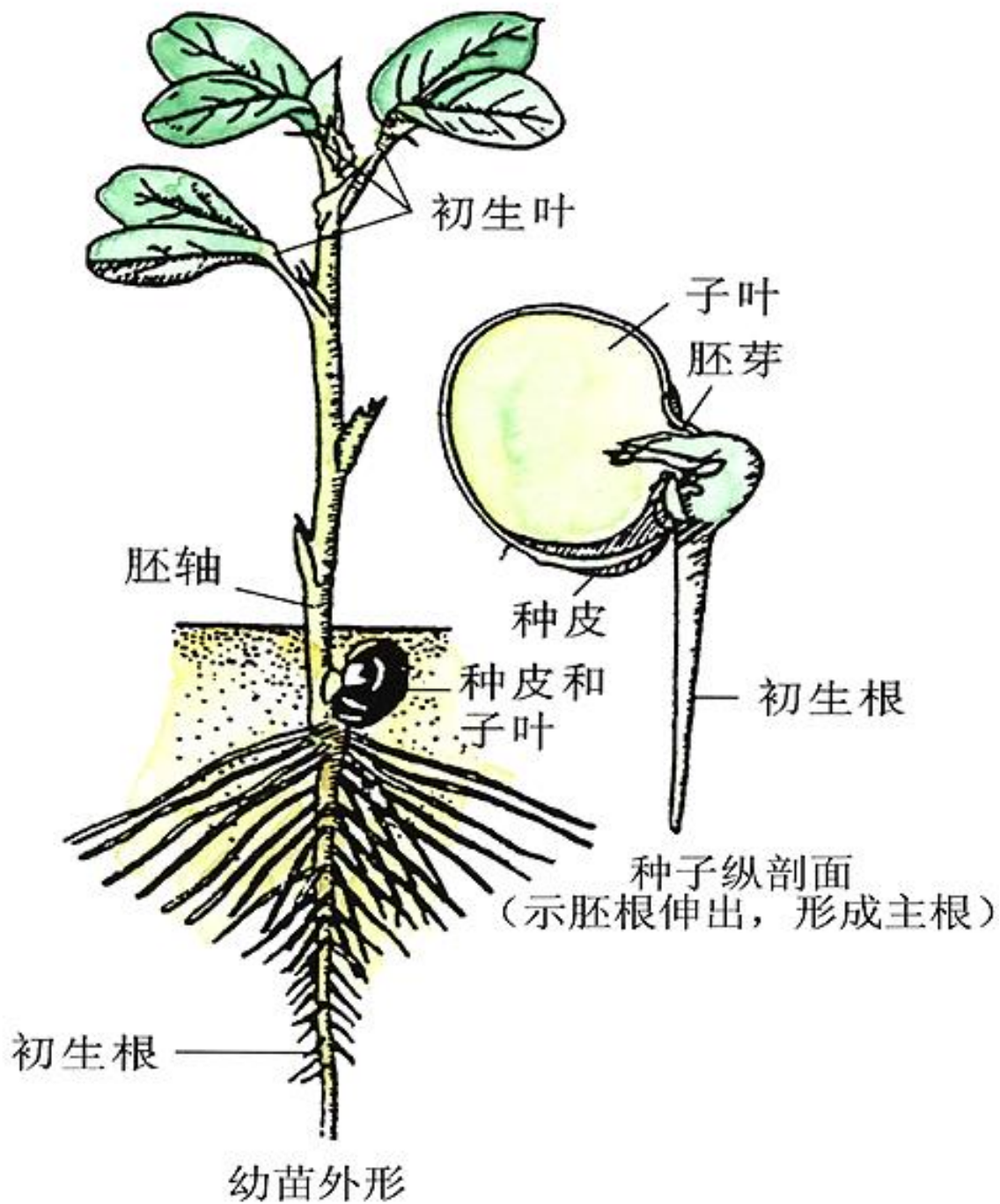


# 玉米幼苗





# 蚕豆幼苗

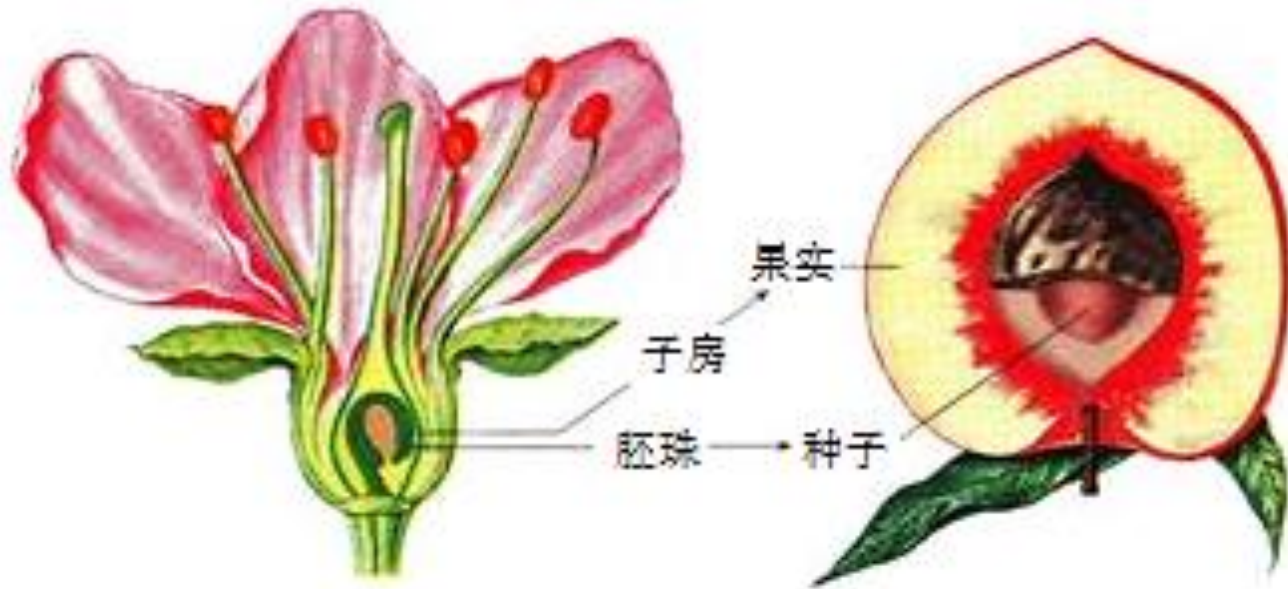




## 二、果实的形成和类型

### (一) 果实的形成和结构

卵细胞受精后，通常花冠凋谢，花萼枯落，少数植物的花萼宿存，雄蕊和雌蕊的柱头，花柱也都枯萎，仅子房或是子房以外其他与之相连的部分继续发育膨大，发育为果实。



桃的花和果实

果皮通常分为外、中、内三层。

▲**外果皮**：一般很薄，有角质层和气孔，有时还有蜡粉和毛。

▲**中果皮**：由薄壁细胞组成，**结构上变化很大**，有的**肉质、肥厚**，如桃、杏等；有的由薄壁组织和厚壁组织组成，成熟时为**革质**，如刺槐、豌豆等。

▲**内果皮**：**变化也很大**，有些植物的内果皮木质化加厚，非常**坚硬**，如椰子等；有的内果皮的**表皮毛变成肉质化的汁囊**，如柑橘；有的果实成熟时，内果皮分离成单个的**浆汁细胞**，如葡萄等。

## (二) 单性结实和无子果实

▲**单性结实 (parthenocarpy)**: 有些植物, 特别是栽培植物, 不经过受精, 子房也能长大发育成果实。**单性结实所形成的果实不含种子, 是无子果实。**

单性结实有两类:

**自发单性结实**: 即花不经传粉、受精或其他刺激而形成果实。**(如香蕉)**

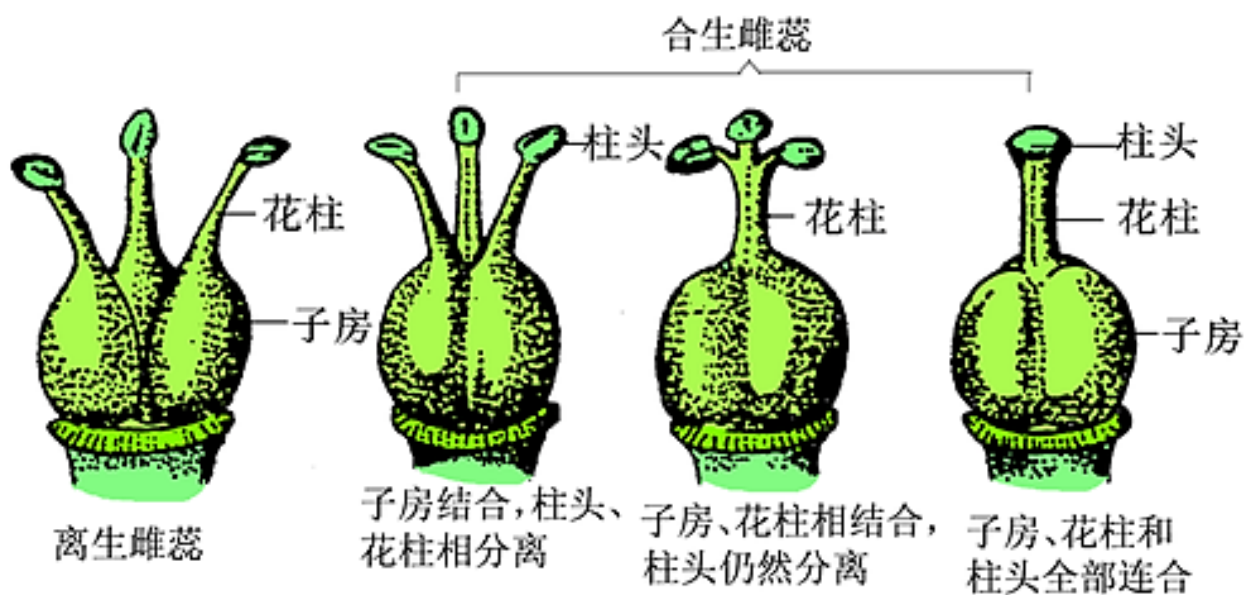
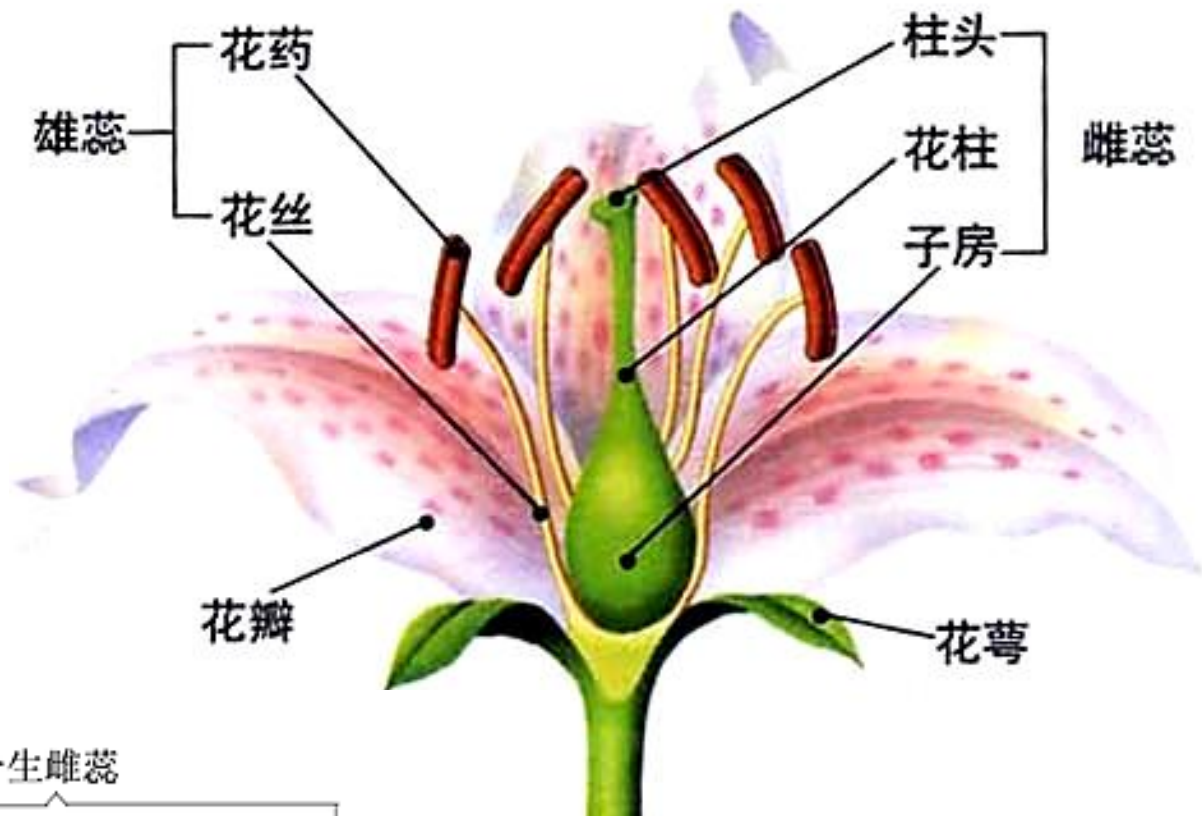
**诱导单性结实**: 即通过外界刺激而引起的单性结实现象。**(如马铃薯花粉刺激番茄柱头或苹果花粉刺激梨的柱头, 都可以得到无子果实。)**



# (三) 果实的类型

复习:

- 1、花的结构
- 2、雌蕊的类型



## 果实的类型：

▲**真果 (true fruit)**：果实只由子房发育而成。

▲**假果(spurious fruit; accessory fruit or false fruit)**：除子房外尚有其他部分参与组成，如**花托**、**花被**甚至**花序轴**。

▲**单果 (simple fruit)**：果实由单花形成。

▲**聚合果 (aggregate fruit)**：果实由具离生心皮的单花形成。

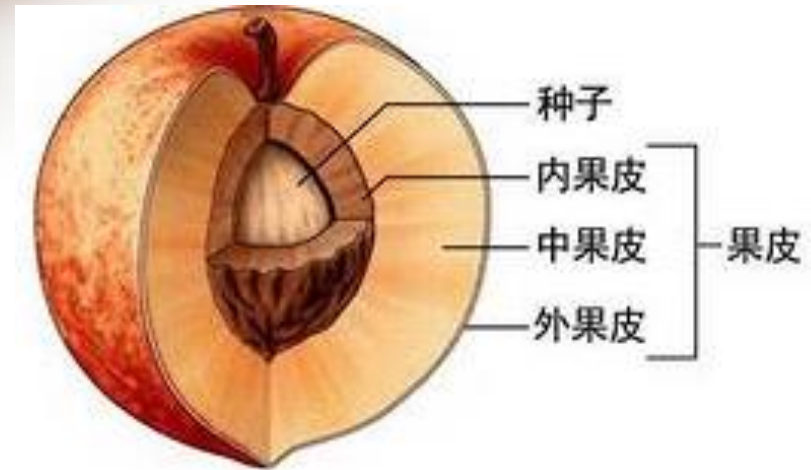
▲**复果 (multiple fruit)**：果实由花序形成。  
(**聚花果**)



# 真果——油桃



果实只由子房发育而成

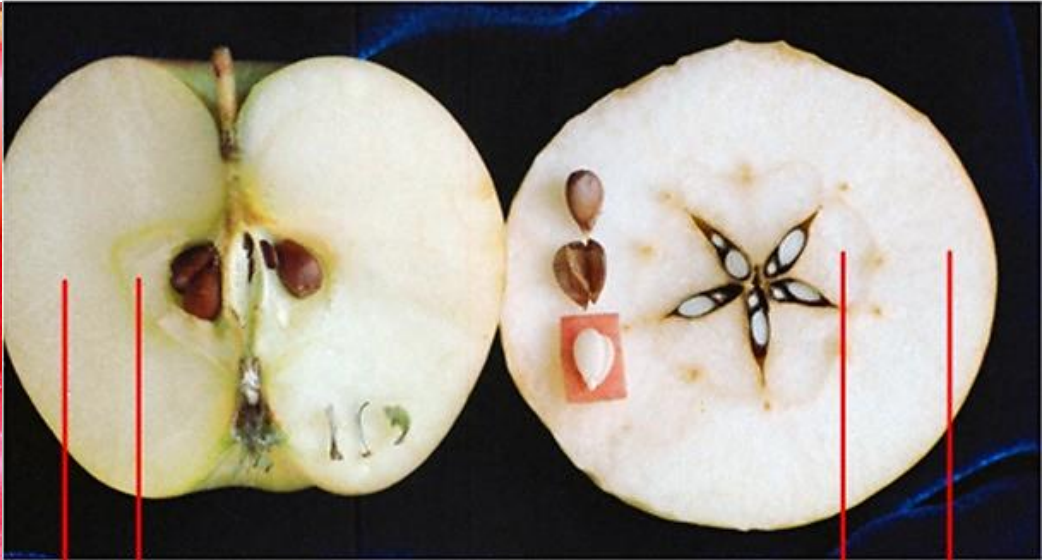






假果

苹果



中部的果肉由子房发育而来

大部分果肉由花筒发育而来





聚合果 vs 聚花果  
(复果)

**聚合果:** 由**一朵花**中多数离生雌蕊发育而成的果实，每一个雌蕊都形成一个独立的小果，集生在膨大的花托上。



木莲



根据小果的不同而分为：

**聚合果**

**聚合蓇葖果** (如八角, 芍药等)

**聚合坚果** (如莲等)

**聚合瘦果** (如草莓)

**聚合核果** (如悬钩子等)

**聚花果：** 其果实是由一个**花序**上所有的花，包括花序轴共同发育而成的。





# 凤梨(菠萝) 凤梨科凤梨属





# 草莓 蔷薇科草莓属

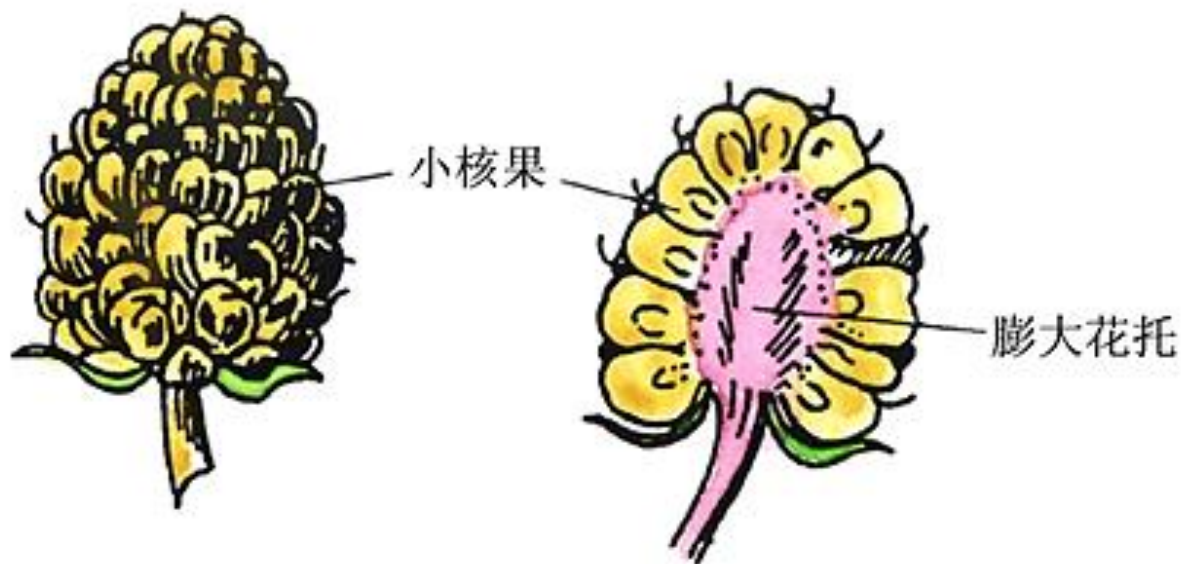




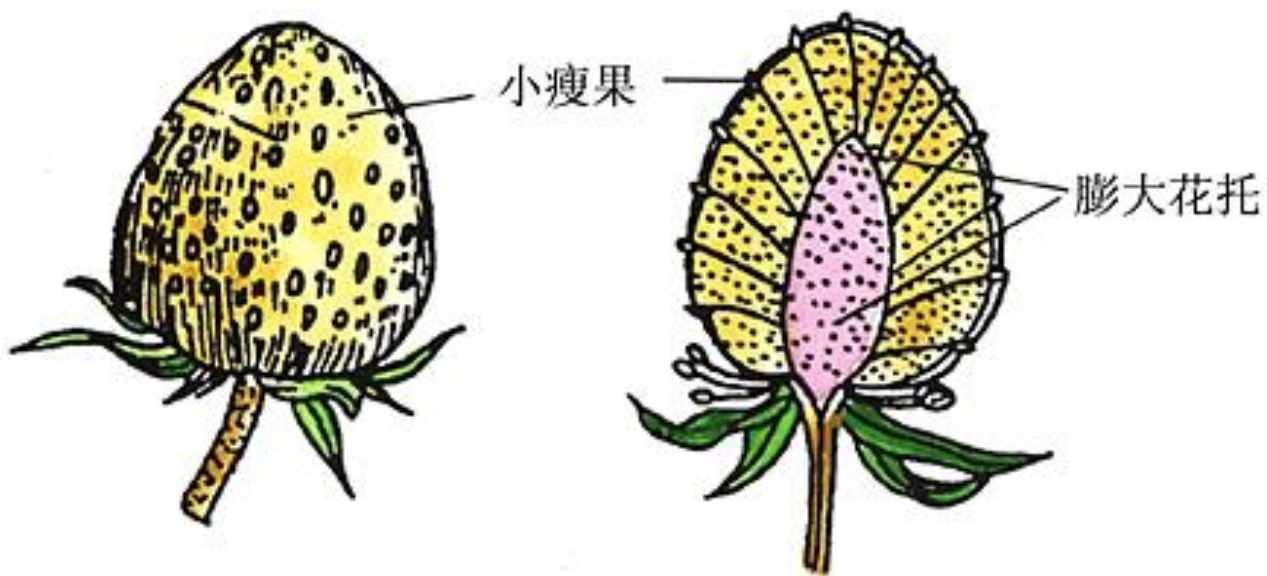
# 悬钩子 蔷薇科悬钩子属







悬钩子的聚合果，由许多小核果聚合而成



草莓的聚合果，许多小瘦果聚生于膨大的肉质花托上





# 莲花

莲科莲属





# 无花果 桑科榕属



隐头花序



# 桑 桑科桑属





# 菠萝蜜 桑科菠萝蜜属





# 菠萝蜜的花序





# 菠萝蜜 花序





果实的分类主要还是根据果皮的性质及成熟后是否开裂来划分，分为**肉果 (fleshy fruit)**和**干果 (dry fruit)**两大类。

**1. 肉果：**果实成熟时，肉质多汁，供食用的果实大部分是肉果。

按果皮来源和性质不同而分为：

**(1)浆果 (berry)：**外果皮薄，中果皮、内果皮和胎座均肉质化。

**(2)核果 (drupe)：**内果皮坚硬。

**(3)梨果 (pome)：**由下位子房和花托愈合发育而成的一类肉质假果。

# 浆果——黄皮





果实的肉质部分是由子房和花托共同发育而成的，因而是**假果**，果皮无明显外、中、内果皮之分。

浆果中的一类，特指葫芦科的果实。



hù  
瓠果——哈密瓜



瓠果  
—  
南瓜





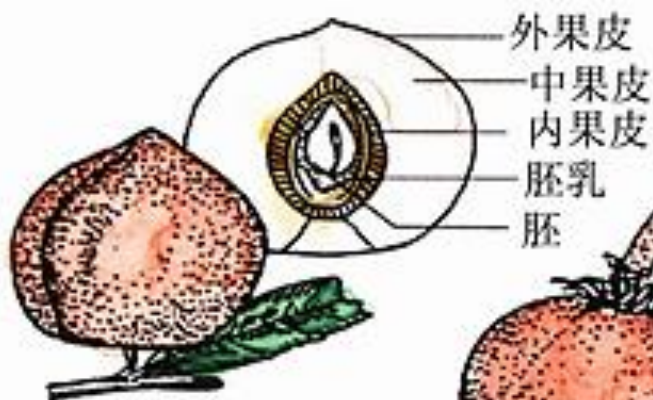
内果皮膜质，分为若干室，向内产生许多多汁的汁囊，是食用的主要部分。

浆果中的一类，  
特指柑橘类。

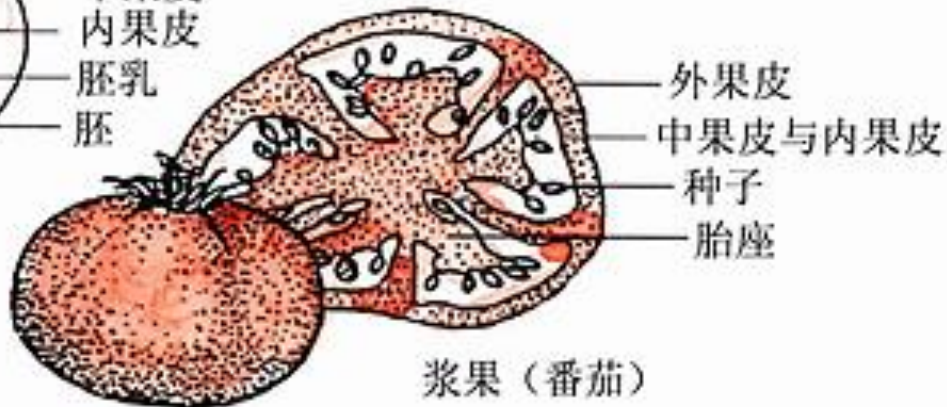


柑  
果  
—  
橙

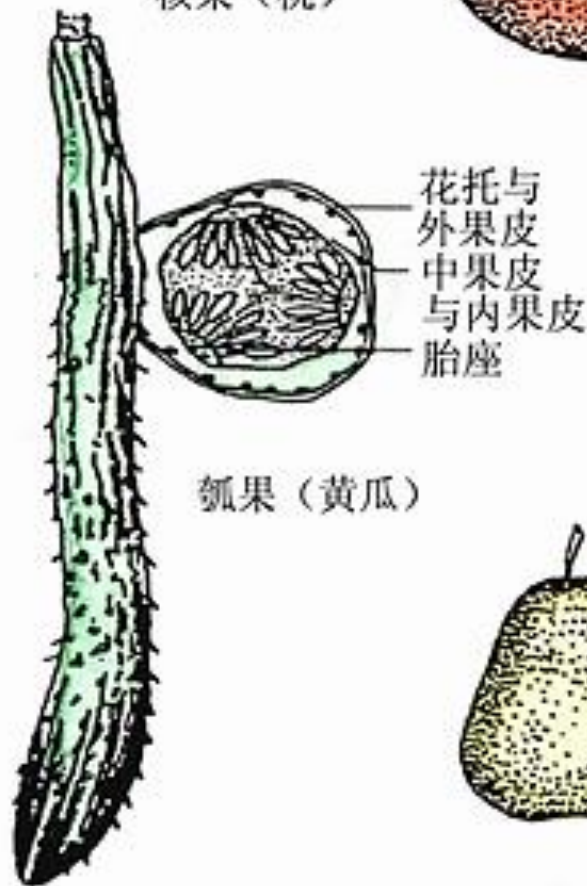
# 肉果的主要类型



核果 (桃)



浆果 (番茄)



瓠果 (黄瓜)



柑果 (柑桔)



梨果 (梨)



# 核果 —— 油桃



**外果皮极薄；中果皮厚，是肉质的食用部分，内果皮是由石细胞构成的硬核。**



# 椰子 棕榈科椰子属



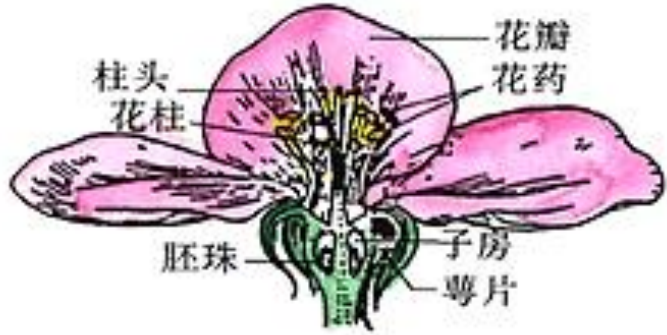


# 梨果——沙梨

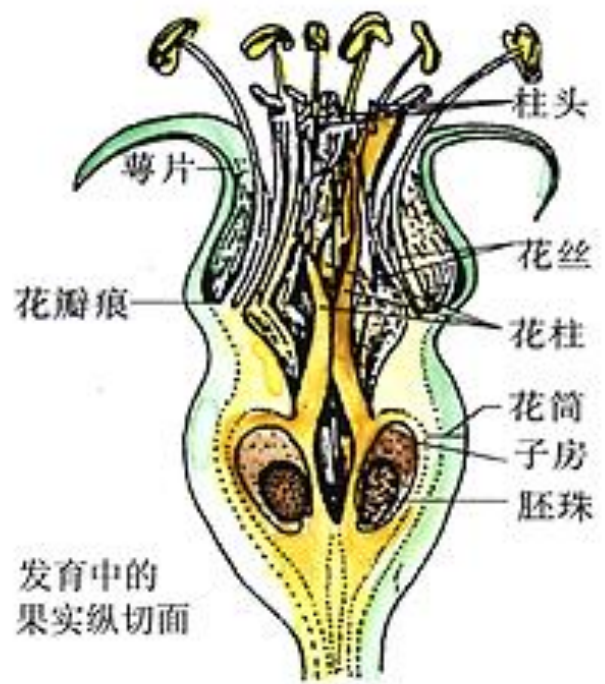
由下位子房和花托愈合发育而成的一类肉质假果。



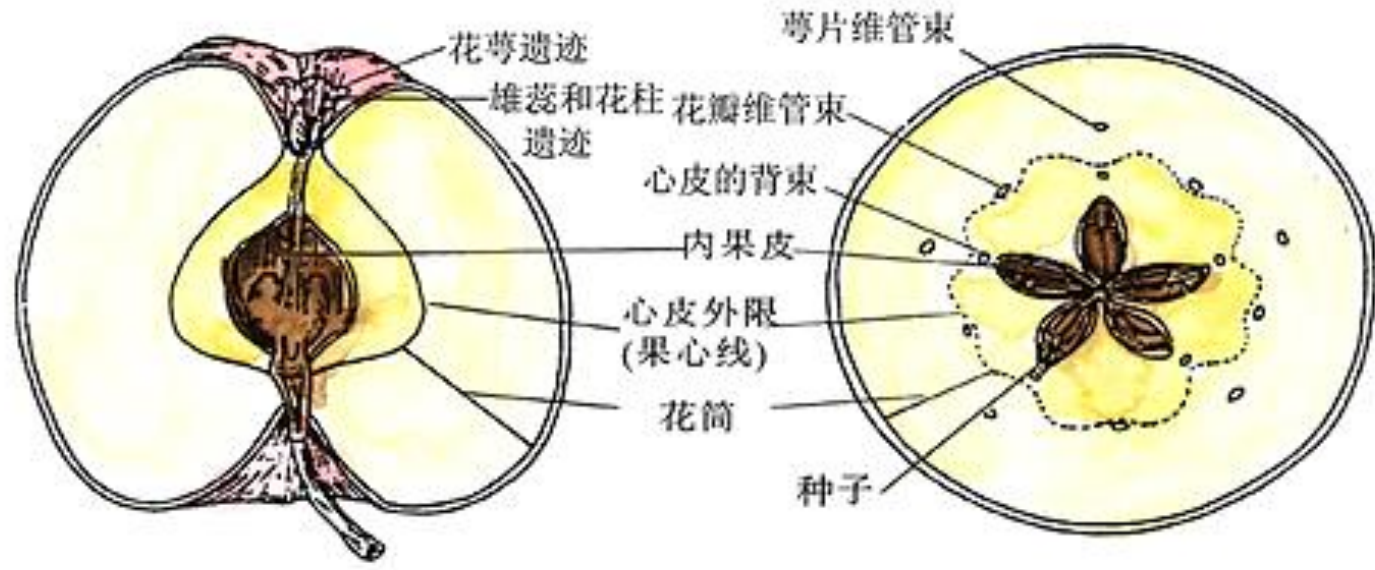
# 梨果的发育和结构



花的纵切面



发育中的果实纵切面



果实纵切面

果实横切面



山楂 蔷薇科山楂属

梨果



苹果 蔷薇科苹果属



**2.干果：**果实成熟时，果皮干燥，有的自行开裂，称为**裂果** (dehiscent fruit)；有的不开裂，称为**闭果** (indehiscent fruit)。

**(1)裂果类：**

荚果 (legume)

蓇葖果 (folicle)

蒴果 (capsule)

角果 (silique)

**(2)闭果类：**

瘦果 (achene)

颖果 (caryopsis)

翅果 (samara)

坚果 (nut)

双悬果 (cremocarp)

胞果 (utricle)





## 荚果——大豆

荚果是**豆科**植物特有的一种干果, 由**一个心皮**发育而成。





**红花羊蹄甲** 豆科苏木亚科羊蹄甲属





**红花羊蹄甲** 豆科苏木亚科羊蹄甲属



**离生心皮**发育而成,  
果实成熟时, 沿腹缝线或  
背缝线开裂。



菁莪果——假苹婆





大树 ★ 蔡泽坪:



今天体育课发现一朵  
\* \*

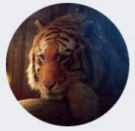


种子 ★ 16园艺2-张倍瑞:



结黑珍珠的花  
\*

哇，为什么就这一朵这么特别呀？  
\* \*



开花 ★ 16植保2-梁文豪:

种子吗，黑黑的那个



这是什么？

13:30

**离生心皮**发育而成,  
果实成熟时,沿腹缝线或  
背缝线开裂。



菁莪果——假苹婆



# 假苹婆 梧桐科苹婆属









假苹婆





# 蒴果—大花紫薇



由两个或两个以上合生心皮发育而成，每室含多数种子，成熟时开裂。



# 长角果——油菜



角果是**十字花科**植物特有的开裂干果，由二心皮的子房发育而来。具由心皮边缘合生处向中央生出**假隔膜**。



# 短角果——芥菜





裂果的主要类型



蓇葖果  
(飞燕草)



聚合蓇葖果  
(八角茴香)



荚果 (豌豆)



长角果  
(芸苔属)



短角果 (芥菜)



盖裂蒴果  
(马齿苋)



背裂蒴果  
(棉花)



间裂蒴果  
(黑点叶金丝桃  
*Hypericum perforatum*)

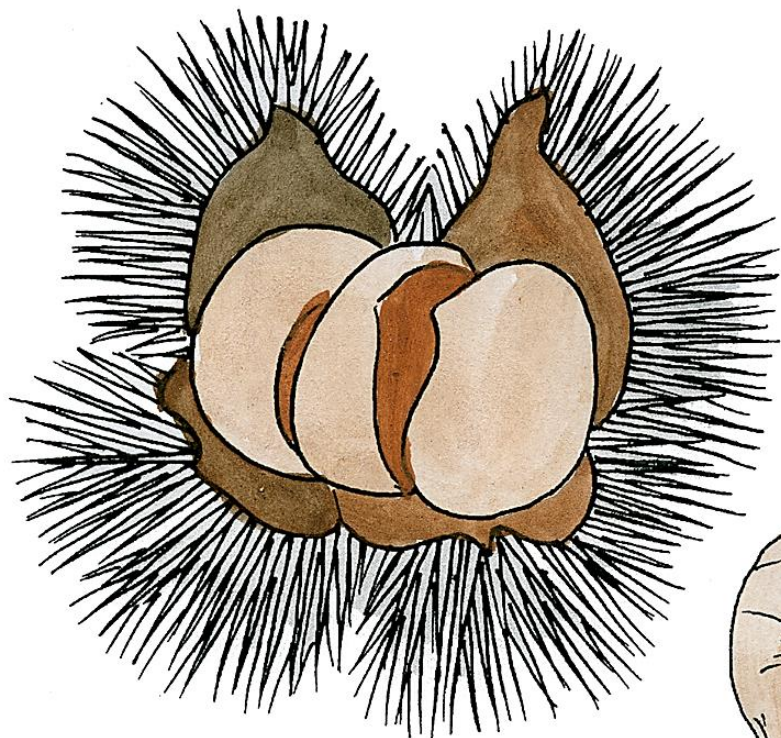


轴裂蒴果 (曼陀罗)



孔裂蒴果  
(虞美人)

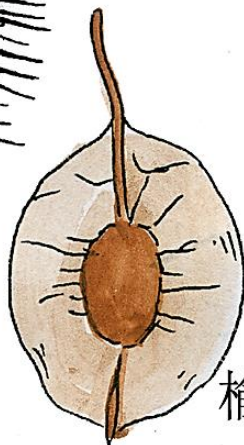
# 闭果的主要类型



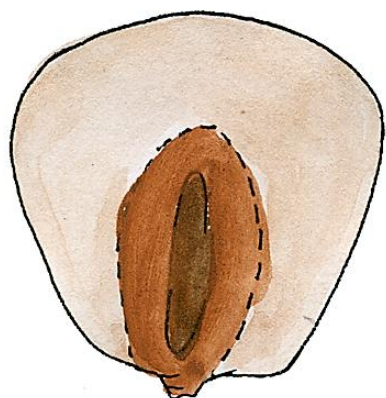
板栗的坚果



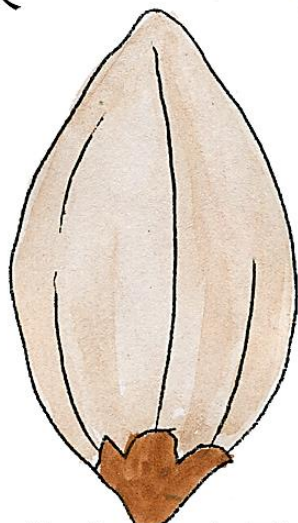
槭树的翅果



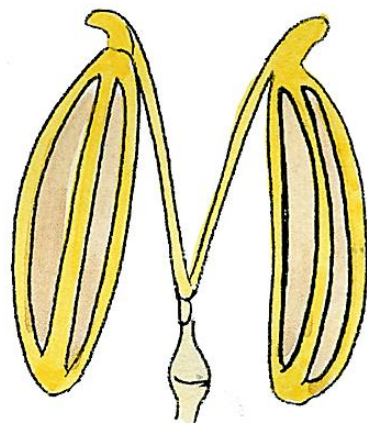
榆树的翅果



玉米的颖果



荞麦的瘦果



伞形科的双悬果



瘦果由1~3个心皮组成,子房仅具一室,内含一粒种子。成熟时,果皮革质或木质,仅种子基部与果皮相连,果皮容易与种皮分离。



菊科连萼瘦果——鬼针草





连萼瘦果——向日葵





# 颖果——玉米

禾本科植物特有的果实类型。果皮薄、革质,只含一粒种子,果皮与种皮紧密愈合而不易分离。





# 颖果——玉米





翅果的果皮一部分延伸成翅状，有利于果实的散播。

翅果——鸡爪槭

# 坚果——澳洲坚果



果皮坚硬木质化, 内含一粒种子。





# 澳洲坚果 *Macadamia ternifolia* F. Muell.

高达15m。叶革质,常3枚轮生或近对生,长圆形至倒披针形。总状花序。果球形,顶端具短尖。花期4~5月(广州),果期7~8月。



### 三、果实和种子的传播

- 在自然选择过程中，植物的果实和种子形成了适应不同传播媒介的多种形态特征，以利于果实和种子的散布，扩大后代植株生长分布的范围，使种族繁衍昌盛。

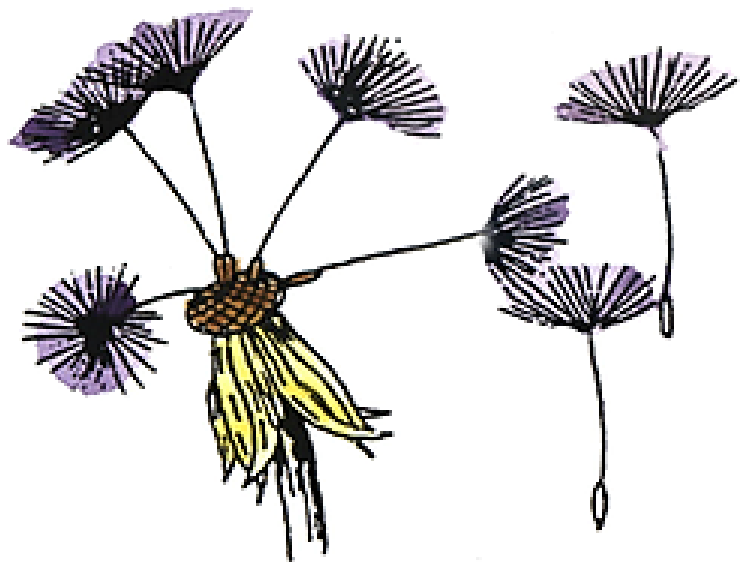
(一) 借**风力**传播

(二) 借**水力**传播

(三) 借**动物和人类**活动传播

(四) 借果实裂开时的**弹力**传播





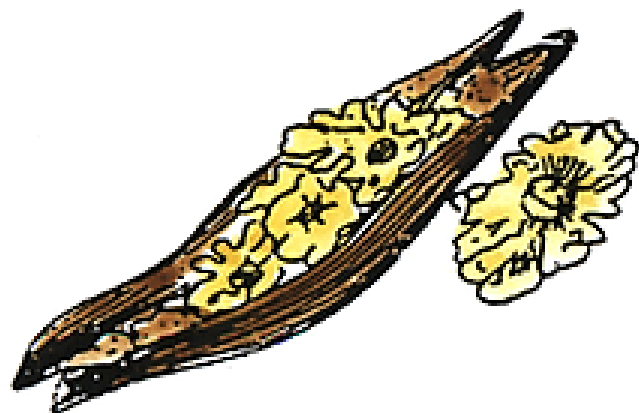
蒲公英的果实，顶端具冠毛



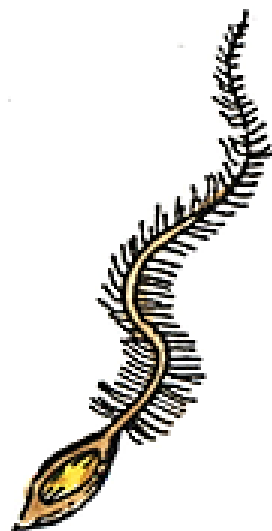
槭的果实，具翅



马利筋的种子，  
顶端有种毛



紫薇的种子，四周具翅



铁线莲的果实，  
花柱残留呈羽状



酸浆的果实，外包花  
萼所成的气囊

## 借风力传播的果实和种子

果实借冠毛进行风力传播  
——蒲公英







元宝槭的翅果

# 欧亚槭的翅果





# 酸浆 茄科酸浆属



酸浆的果实外具薄膜状气囊。





酸浆的果实外具薄膜状气囊。



**马利筋 萝藦科马利筋属**

**马利筋种子种毛可借风力传播**





莲的果实和种子借水力传播



椰子树是棕榈科椰属的唯一一种大型植物。**椰子可以在海中随风浪漂流上千公里后生殖到离母树非常远的地方。**

万里长征



# 借人类和动物传播的果实和种子



荨麻的果实



葎草属的果实



苍耳的果实



鬼针草的果实



鼠尾草属的一种，萼片上遍生腺毛，能粘附人和动物体上



左图的一部分腺毛放大



蓖麻 大戟科蓖麻属

刺果





刺蒴麻 椴树科刺蒴麻属

带钩刺的刺果



中国植物图像库  
PlantPhoto.Cn

last photo.cn



苍耳 菊科苍耳属

带腺刺的刺果





鬼针草 菊科鬼针草属

具倒刺的冠毛





# 靠果实本身的机械力量散播的种子



凤仙花果实自裂，  
散出种子



老鹤草果皮翻卷，  
散发种子



菜豆果皮扭转，  
散出种子



喷瓜果熟后，果实脱离果柄时，  
由断口处喷出浆液和种子

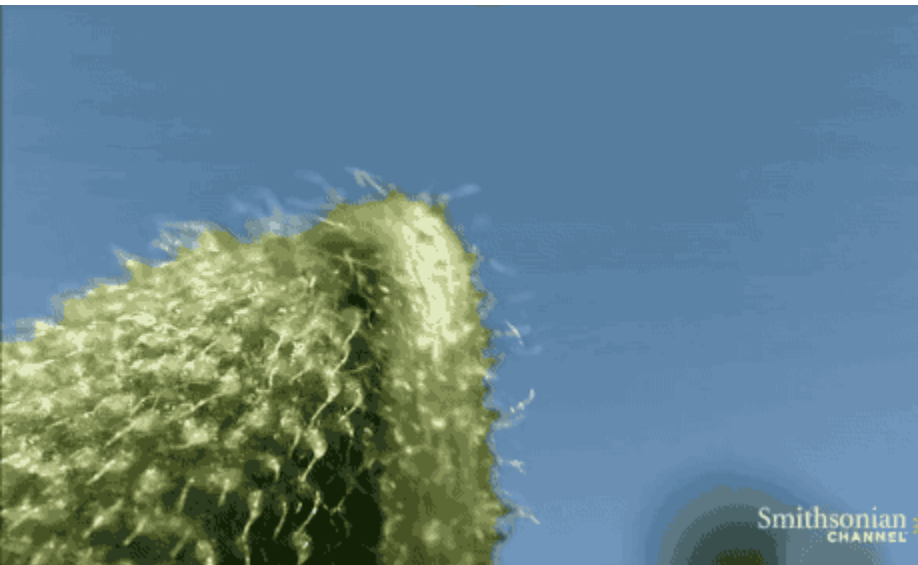
凤仙花蒴果破裂后果身内卷  
借力将种子弹射出去





# 喷瓜 葫芦科喷瓜属

种子从小孔里喷射出去一直喷到几米远的地方







# 堇菜属(*Viola*)植物的果实

种子就会被压力“弹射”出去



# 豆科植物的荚果也是十分有效的弹射器官





# 第八节 被子植物的生活史

植物经历一段时期的营养生长以后,转入生殖生长,产生雌、雄性配子。两性配子融合后形成合子,然后发育成新一代植物体,新个体又有规律地循环全部过程。

▲生活史 (life history)或生活周期 (life cycle): 从受精卵(合子)开始,经过生长发育和繁殖,再产生下一代受精卵(合子)的全部过程。

▲被子植物的生活史,通常是指从上一代种子开始至新一代种子形成所经历的全过程。

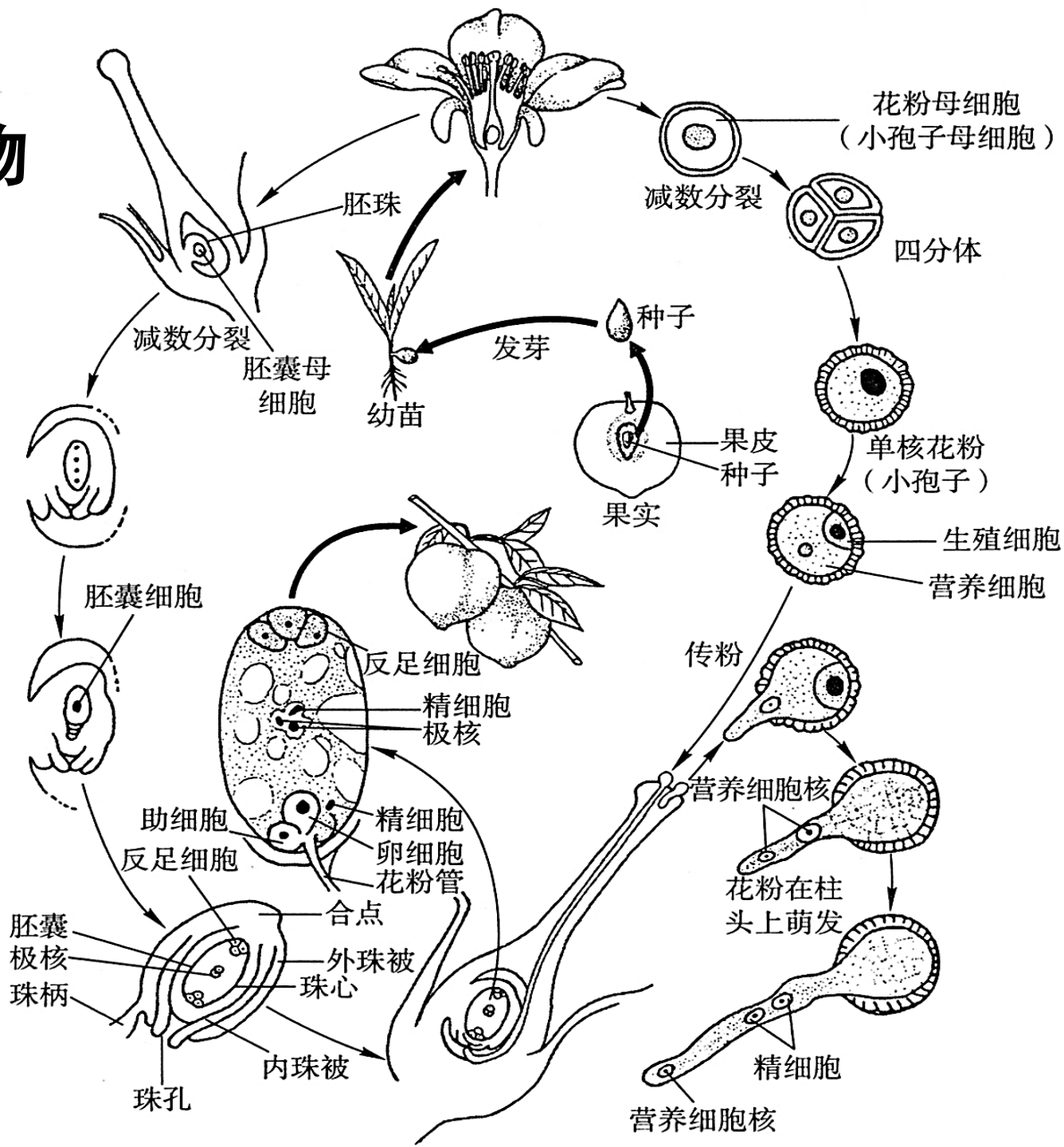
被子植物的生活史中存在着两个基本阶段：

▲**孢子体世代(二倍体阶段)**：从受精卵(合子)开始，直到花粉母细胞(小孢子母细胞)和胚囊母细胞(大孢子母细胞)进行减数分裂前为止。

▲**配子体世代(单倍体阶段)**：从花粉母细胞和胚囊母细胞经过减数分裂分别形成单核花粉粒(小孢子)和单核胚囊(大孢子)开始，直到各自发育为含精细胞的成熟花粉粒，以及含卵细胞的成熟胚囊为止。



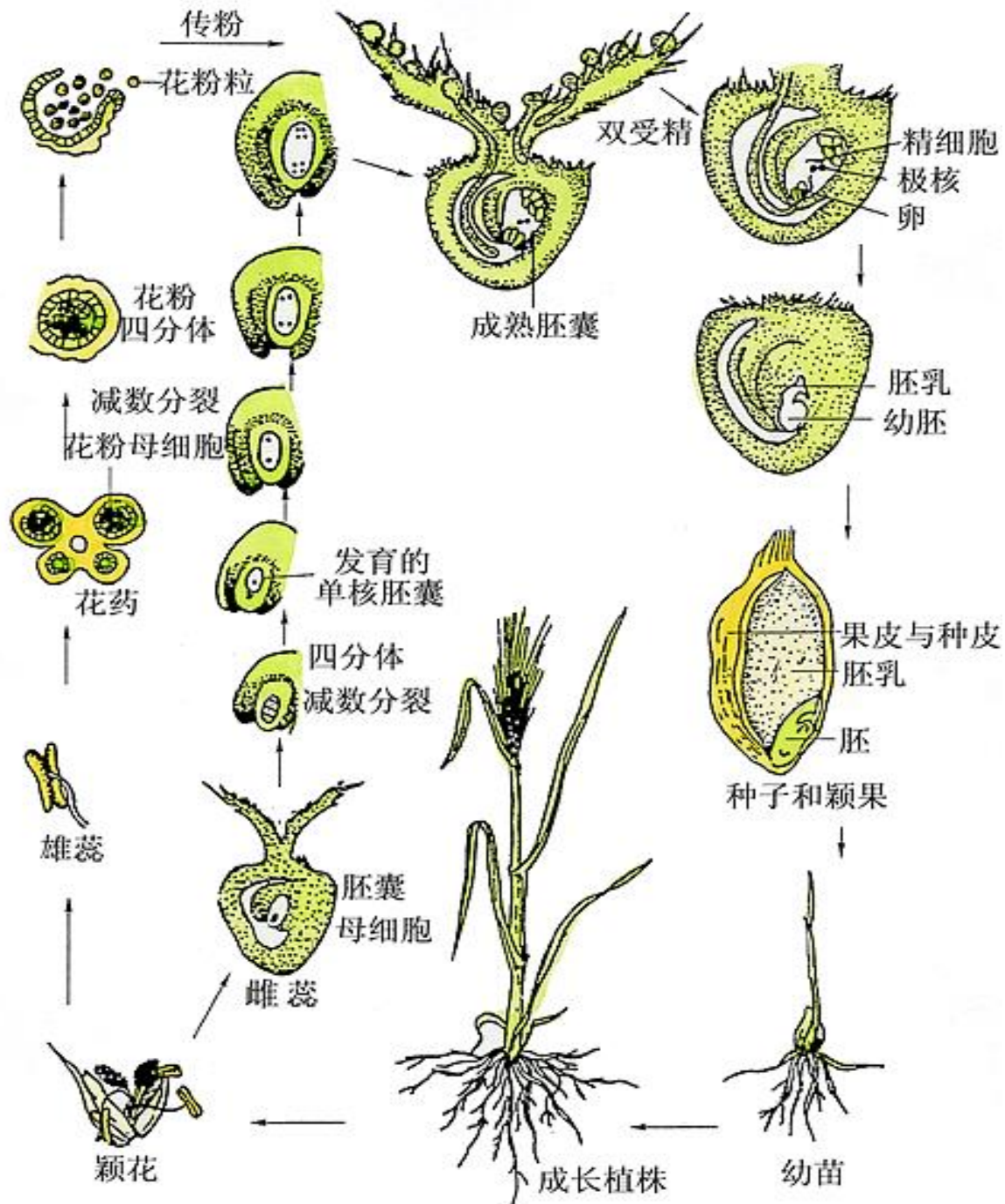
# 被子植物生活史



- 在生活史中，二倍体的孢子体阶段(世代)和单倍体的配子体阶段 (世代)有规律地交替出现的现象，称为**世代交替** (alternation of generation)。
- 被子植物世代交替中出现的**减数分裂**和**受精作用**是整个生活史的关键，也是两个**世代交替**的转折点。



# 小麦生活史图解



## 小 结

繁殖包括营养繁殖、无性生殖和有性生殖。

花被认为是特化的、变态缩短的枝条。花芽的出现是被子植物从营养生长进入生殖生长的重要转折标志。

一朵典型的完全花由花柄、花托及着生其上的花萼、花冠、雄蕊群和雌蕊群组成。缺少其中某一部分的则称为不完全花。

花各部分在花托上可以是分离的，也可以是连合的。花有辐射对称和两侧对称的区别。

花单生或依一定的方式和顺序排列于花枝上，形成花序。

雄蕊由花药和花丝组成，雌蕊则由子房、花柱、柱头组成，子房有上位、下位、半下位的区别，子房室数、胚珠数目和胎座具有各种类型。成熟胚囊具有7个细胞8个核。

花粉粒借外力传到雌蕊柱头上，称为传粉。传粉有自花传粉和异花传粉两种方式。

受精作用是指精卵互相融合的过程。被子植物具有特殊的双受精，三倍体的胚乳是双受精的结果。

受精作用完成后，胚珠发育为种子，子房壁连同其中所包被的胚珠，共同发育为被子植物独特的果实。果实的形成可以由子房而来，也可以由花的其他部分，最常见的是花托、萼与子房参与发展而来。由单雌蕊或复雌蕊形成的果实是单果，同一朵花多个离生雌蕊形成的果实是聚合果，由整个花序发育而来的果实是聚花果。果实主要根据果皮的性质以及成熟后是否开裂划分为肉果和干果两大类。肉果包含浆果（也包括瓠果、柑果等）、核果和梨果；干果则包含裂果和闭果，裂果有荚果、蓇葖果、蒴果和角果，闭果有瘦果、颖果、翅果、坚果、双悬果等。果实和种子的传播可由它们形态上的特化借助风力、水流、动物、鸟传播，也可由果实自身开裂把种子弹射出去传播。

成熟种子通常具有种脐、种孔、种皮、胚和胚乳，胚乳可以在种子成熟时被子叶吸收而成为无胚乳种子。胚包括胚芽、胚轴和胚根，双子叶植物具2枚子叶，单子叶植物具1枚子叶。

被子植物的生活史，通常是指从上一代种子开始至新一代种子形成所经历的全过程。它包括有性世代（配子体世代）和无性世代（孢子体世代）的交替。



## 思考题

1. 请说明花梗、花托、花萼、花冠、雄蕊、雌蕊的概念。子房和心皮是同一概念吗？
2. 胚珠和胎座各有哪些类型？
3. 试述被子植物的有性生殖过程。
4. 双受精在生物学上具有什么意义？
5. 种子有哪些基本类型？
6. 果实有几种分类方式？各包括哪些主要类型？各类果实的主要代表植物是什么？
7. 依果皮的性质，以及果实成熟后果皮是否开裂，可以把果实分为哪几种类型？
8. 为何从花和种子的结构划分单子叶植物和双子叶植物？
9. 被子植物的生活史包括两个世代，如何界定？