
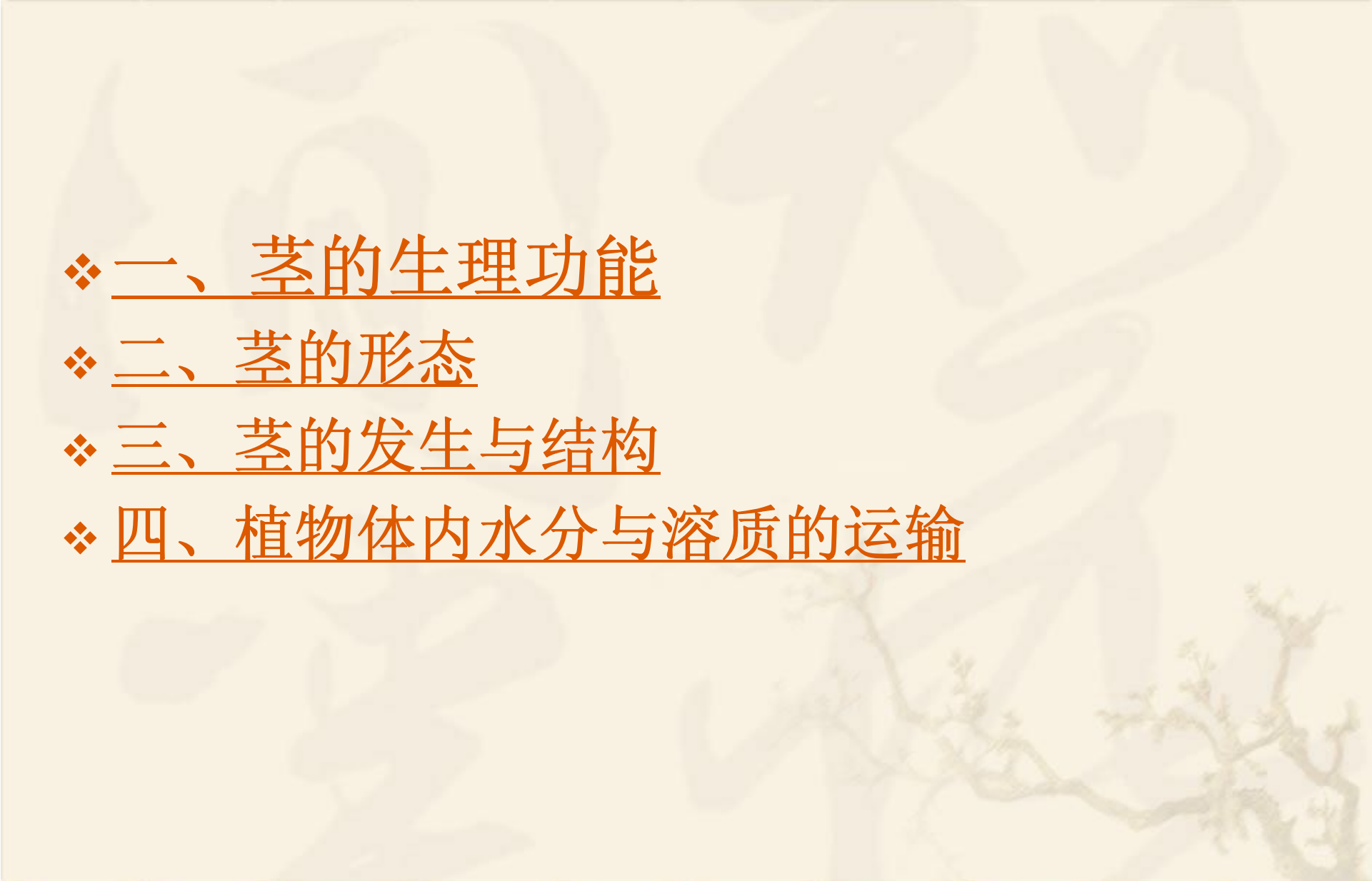


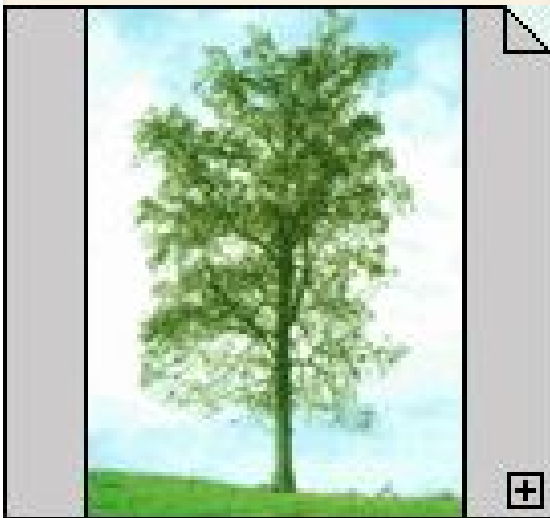
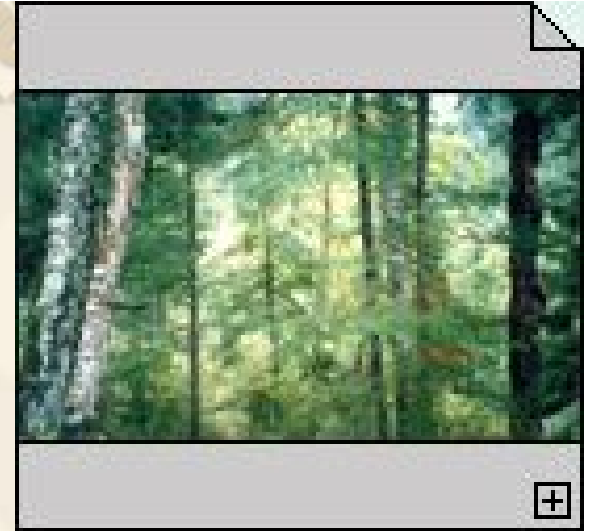
## 茎的结构、发育与生理功能



- 
- 
- ❖ 一、茎的生理功能
  - ❖ 二、茎的形态
  - ❖ 三、茎的发生与结构
  - ❖ 四、植物体内水分与溶质的运输

## 一、茎的生理功能

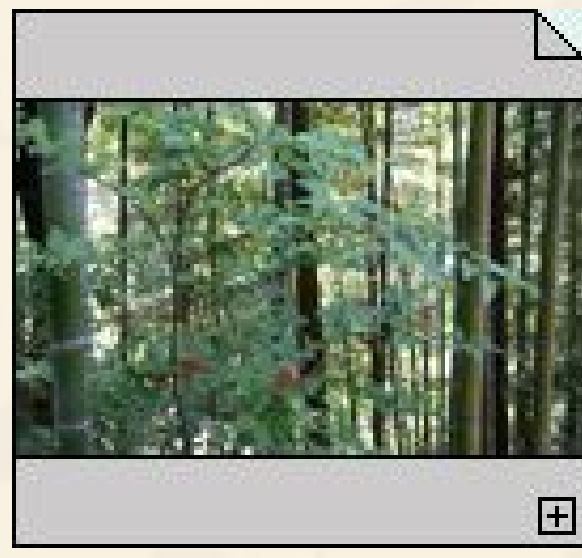
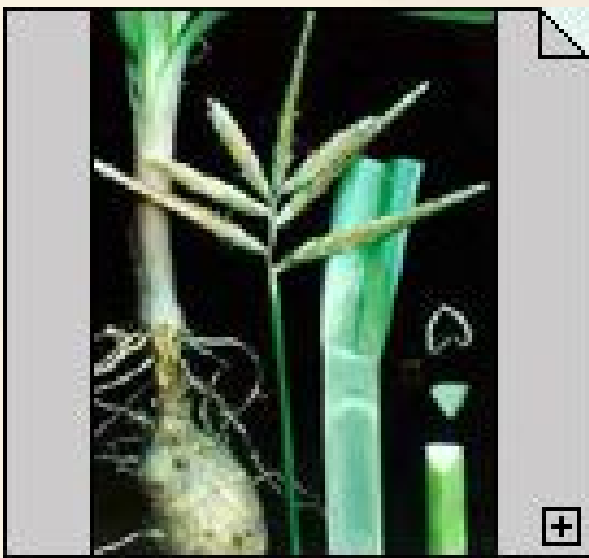
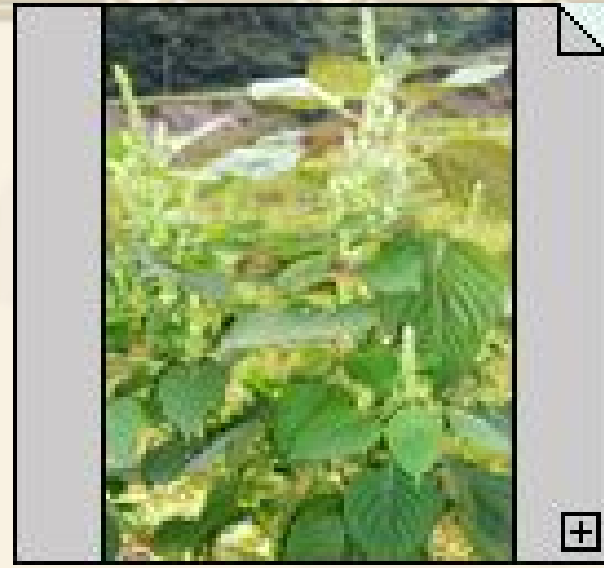
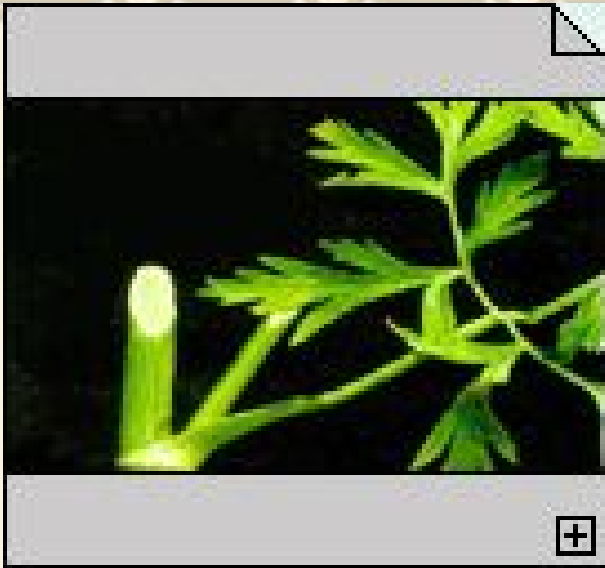
1. 支持作用
2. 输导作用
3. 贮藏和繁殖作用
4. 光合作用

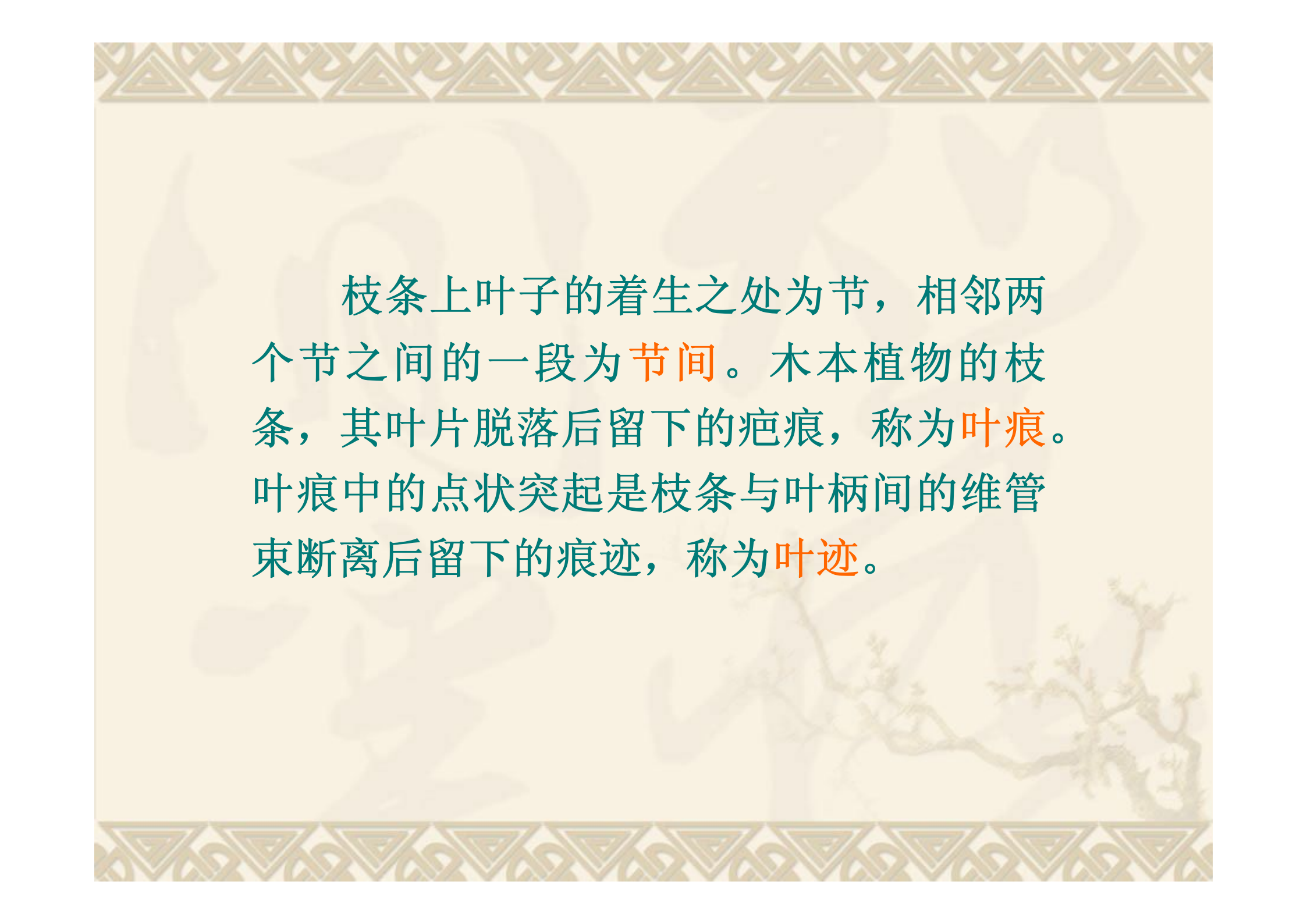


## 二、茎的形态（自学）

植物的茎常呈圆柱形，这种形状最适宜于茎的支持和输导功能。

有些植物的茎外形发生变化，如莎草科的茎为三棱形；薄荷、益母草等唇形科植物的茎为四棱形；芹菜的茎为多棱形。



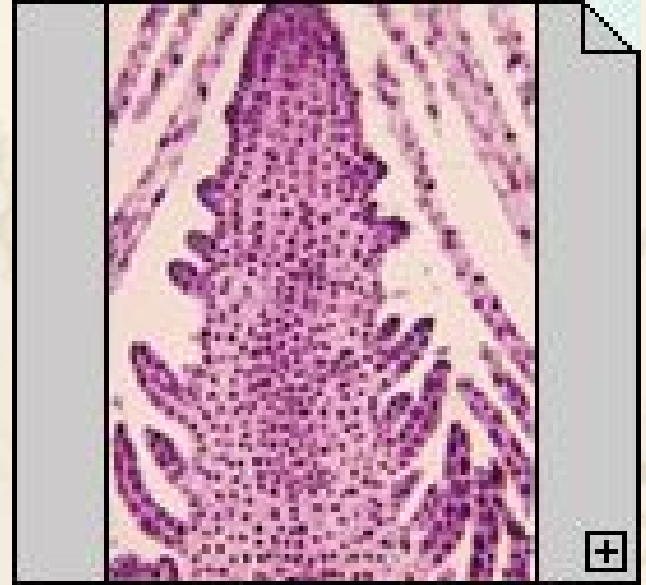
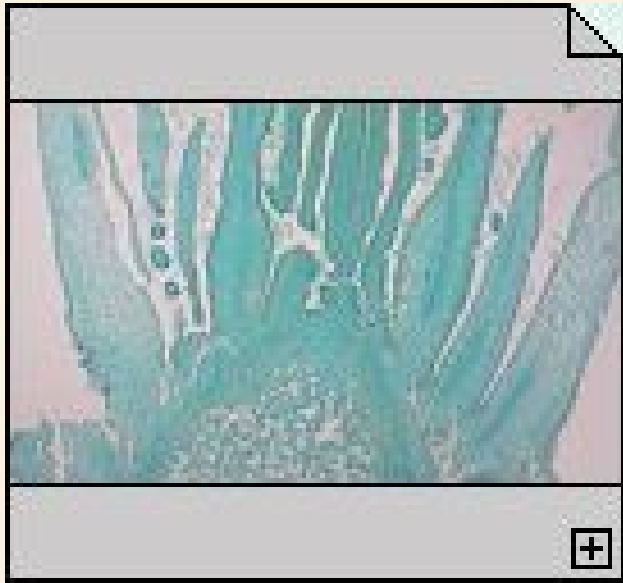


枝条上叶子的着生之处为节，相邻两个节之间的一段为**节间**。木本植物的枝条，其叶片脱落后留下的疤痕，称为**叶痕**。叶痕中的点状突起是枝条与叶柄间的维管束断离后留下的痕迹，称为**叶迹**。

## (一) 芽

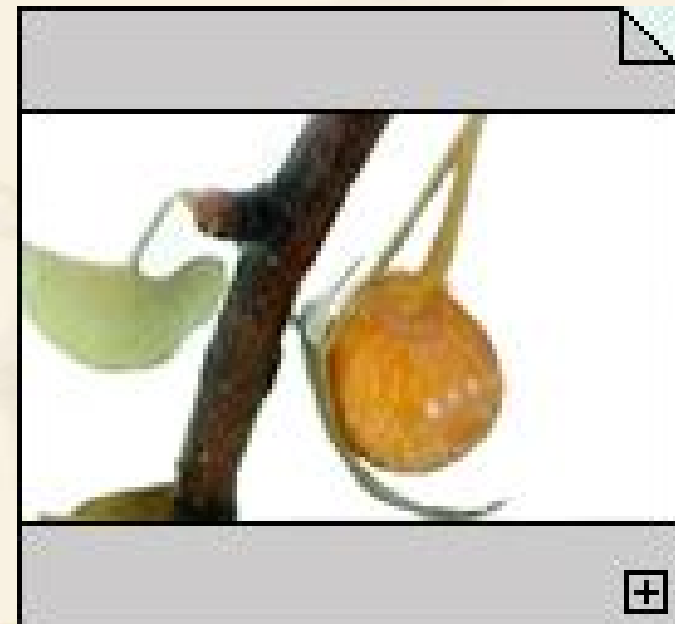
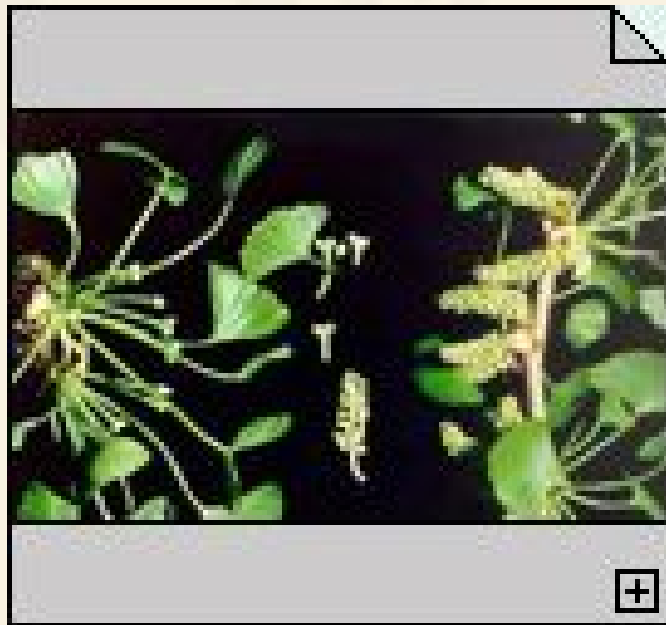
### 1、芽的结构

芽是未发育的枝或花和花序的原始体。芽的中央是幼嫩的茎尖，在茎尖的上部，节和节间的距离很近，界线不明显，其周围有许多突出物，这是叶原基和腋芽原基。





如果是花芽，其顶端周围形成花的各组成部分的原基或花序的原始体，花芽开放时，展开为花或花序。



## 2、芽的类型

根据芽的生长位置、性质、结构和生理状态，可将芽分为几种类型。



## (1) 芽和不定芽

定芽生长在枝上有一定的位置，生长在茎枝顶端的，称为顶芽；生长在叶腋的，称为侧芽，也称腋芽。

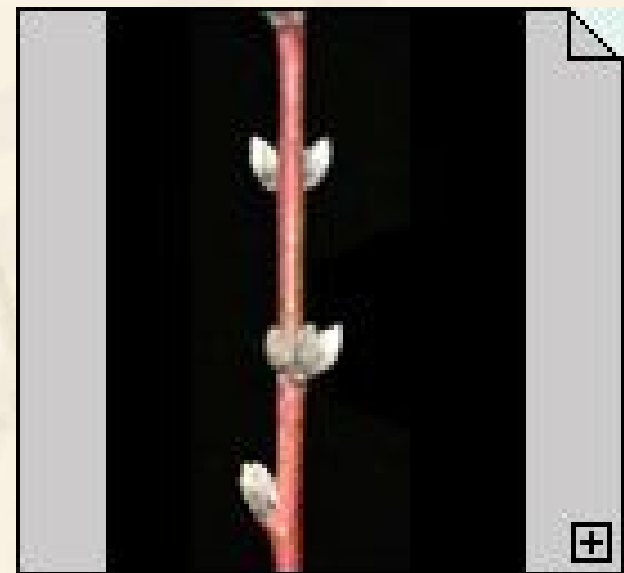
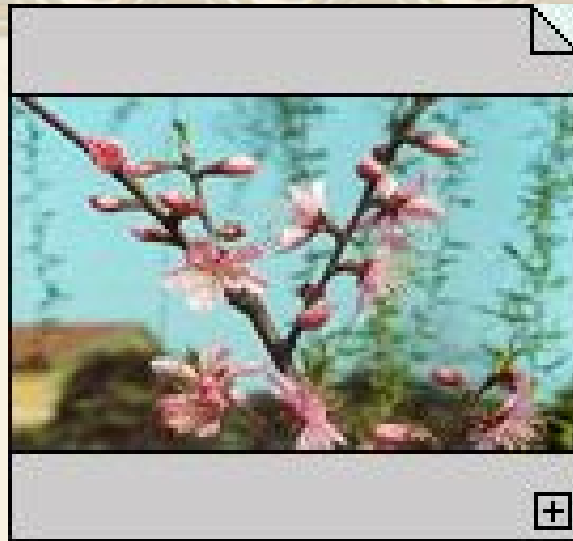
副芽

许多植物在老茎、根或叶上均可产生芽，这种芽发生的部位比较广泛，称为不定芽。



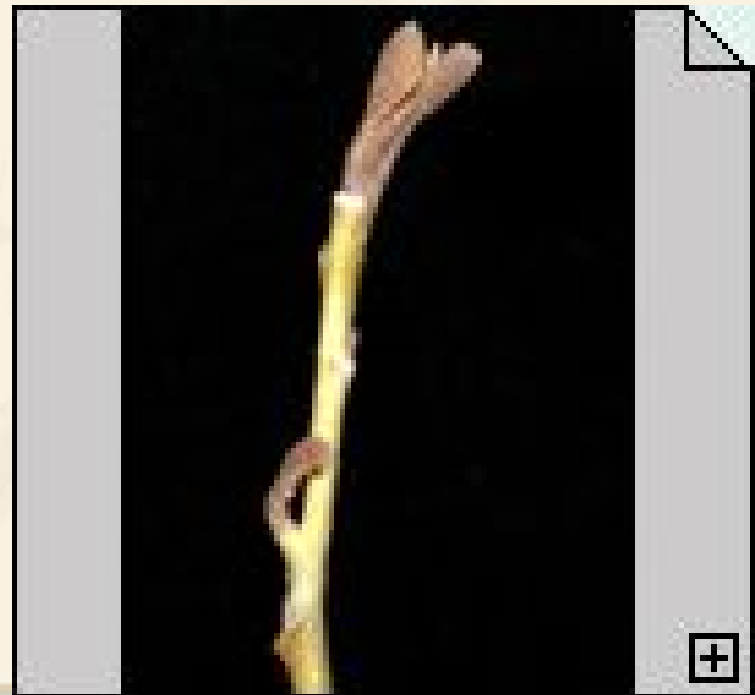
## (2) 叶芽、花芽和混合芽

叶芽发育为营养枝；花芽发育为花或花序；混合芽同时发育为枝、叶和花（花序）。



### (3) 裸芽和鳞芽

裸芽实际上是被幼叶包围着的茎、枝顶端的生长锥。草本植物和生长在热带潮湿气候的木本植物，常形成裸芽。有芽鳞保护的，如榆、杨、甘蔗等植物的芽，称鳞芽或被芽。





#### (4) 活动芽和休眠芽

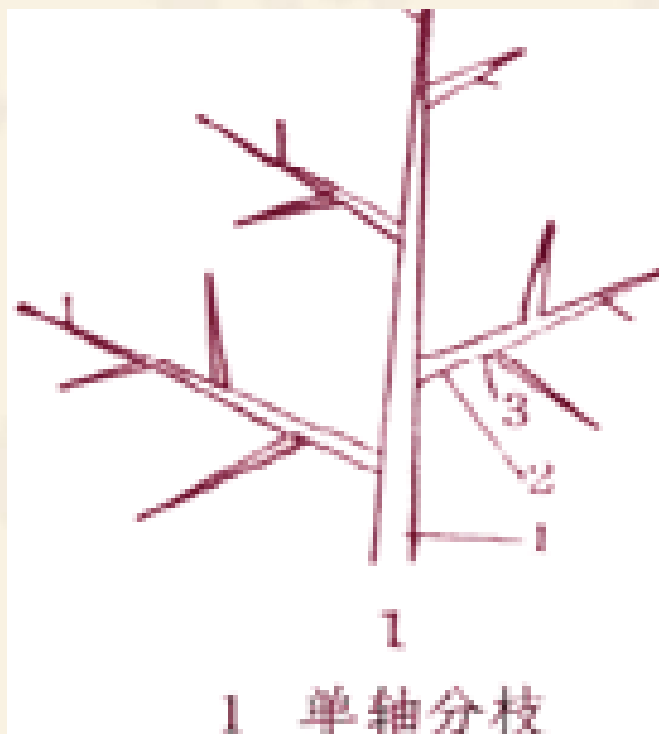
通常认为能在当年生长季节中萌发的芽，称为**活动芽**。温带的多年生木本植物，其枝条上近下部的许多腋芽在生长季节里往往是不活动的，暂时保持休眠状态，这种芽称为**休眠芽**。

## （二）茎的分枝和分蘖

植物的顶芽因某些原因而停止生长时，一些侧芽就会迅速生长。由于上述关系，以及植物的遗传特性，每种植物常常具有一定的分枝方式。

## 1、单轴分枝

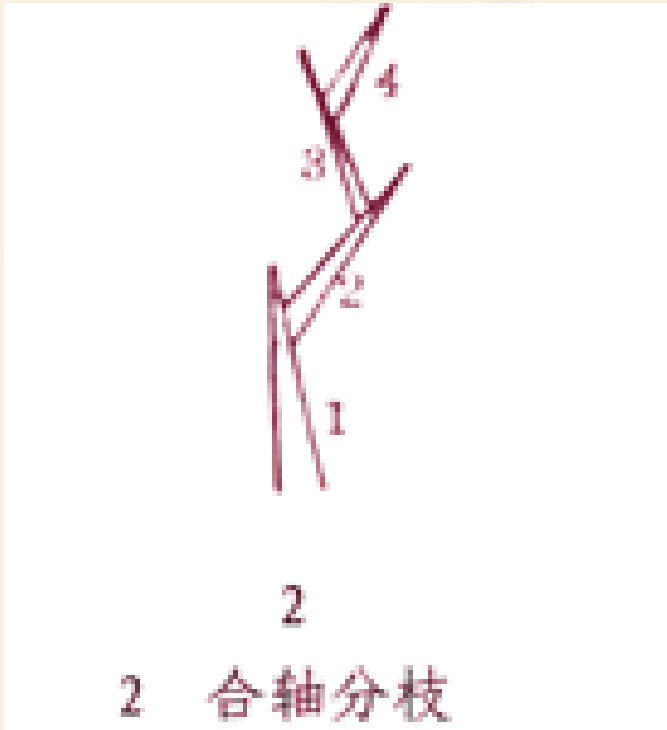
又称总状分枝。树冠塔形，主茎的顶芽活动始终占优势，形成一个直立的主轴，而侧枝较不发达，以后侧枝又以同样方式形成次级分枝，但各级侧枝的生长均不如主茎的发达。这种分枝方式，称为单轴分枝。



单轴分枝

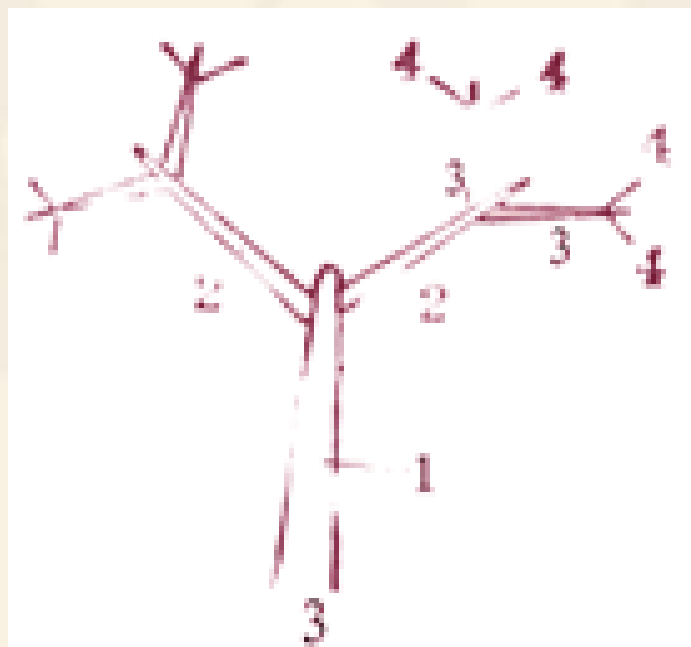
## 2、合轴分枝

该分枝的特点是顶芽活动到一定时间后，生长变得极慢，甚至死亡，或分化为花芽，而靠近顶芽的腋芽则迅速发展为新枝，代替主茎的位置，不久，这条新枝的顶芽又同样停止生长，再由其侧边的腋芽所代替。



### 3、假二叉分枝

实际上是合轴分枝的另一种形式。如丁香、石竹都是对生叶序，其顶芽发育到一定时期后不再发育，在近顶芽下面的二个对生腋芽，发育成为两个相同外形的分枝，从外表看这种分枝与二叉分枝相似，因此叫假二叉分枝。



3 假二叉分枝

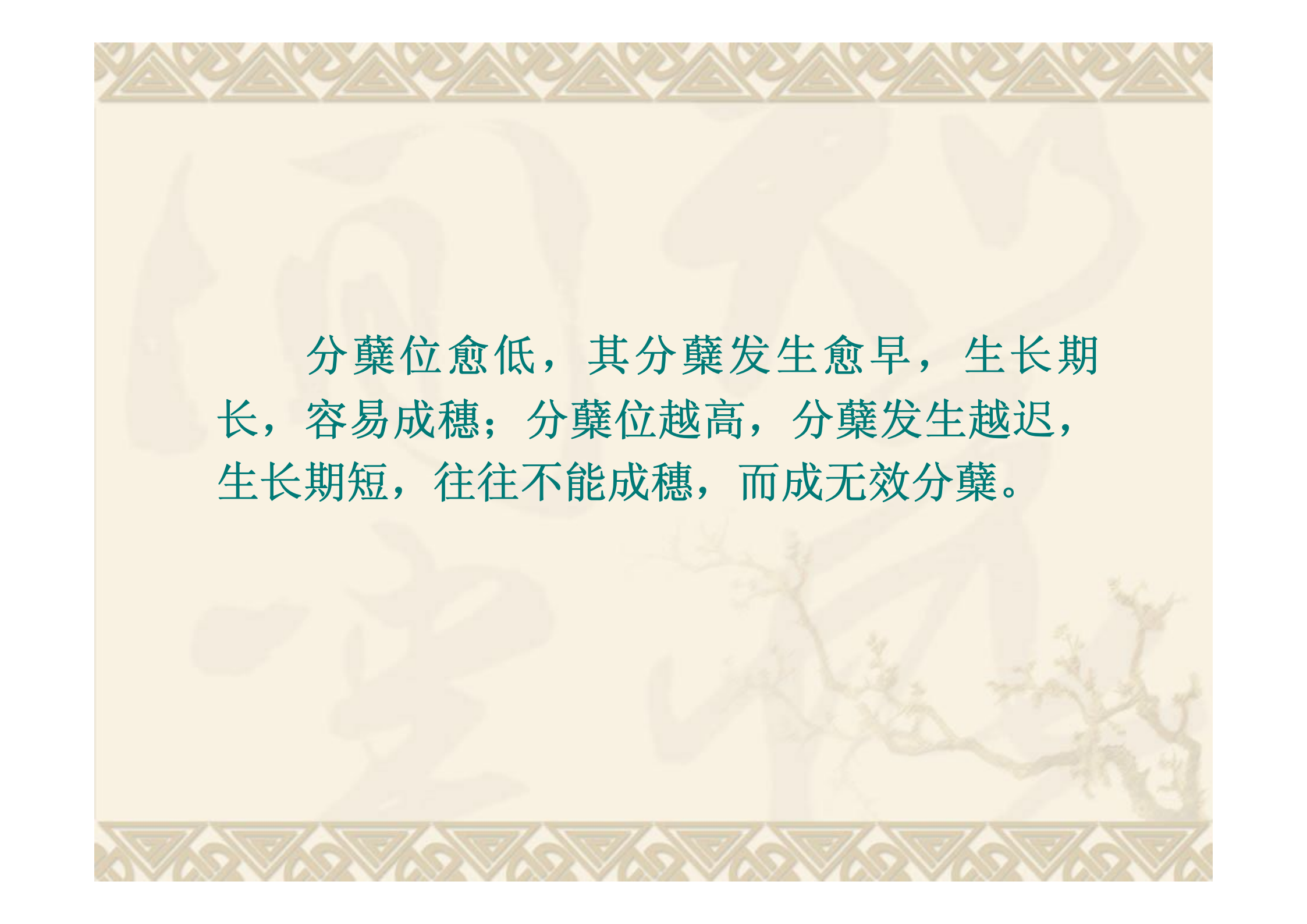


假二叉分枝



## 4、禾本科植物的分蘖

四、五叶时期禾本科植物幼苗的腋芽开始活动，迅速生长为新枝，同时在节位上产生不定根，这种分枝方式称为分蘖。



分蘖位愈低，其分蘖发生愈早，生长期长，容易成穗；分蘖位越高，分蘖发生越迟，生长期短，往往不能成穗，而成无效分蘖。



第三分蘖

第一分蘖

第二分蘖

主茎

分蘖

### (三) 茎的类型

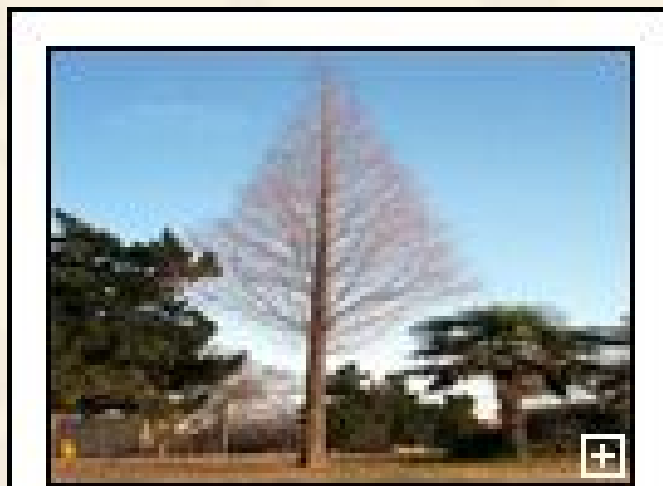
植物的茎为适应多变的环境，在进化过程中形成了多种不同的类型。

## 1. 茎的性质

根据植物茎的性质不同，将茎分为木本植物和草本植物两大类。

**木本植物**的茎含有大量的木质素，一般比较坚硬，又可分为乔木和灌木。

(1) 乔木：乔木是有明显主干的高大树木，如杨树等。



乔木

(2) 灌木：主干不明显，比较矮小，基部常分枝。如紫荆等。

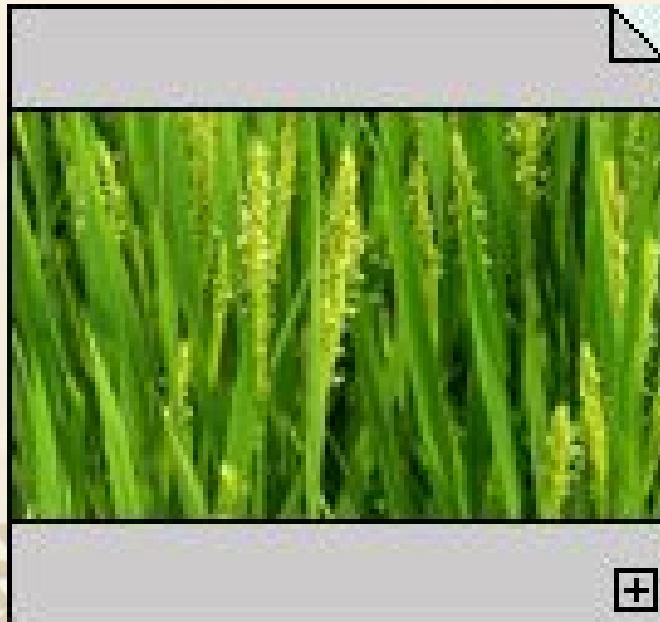


灌木

草本植物的茎含有的木质素很少。

(1) 一年生草本

生活周期在本年内  
完成，如水稻、棉花。





## (2) 二年生植物

生活周期在两个年份内完成，如冬小麦。





### (3) 多年生草本

植物地下部分生活多年，每年继续发芽生长，如甘蔗、马铃薯等。

## 2. 茎的生长习性

根据茎的生长习性将茎分为：

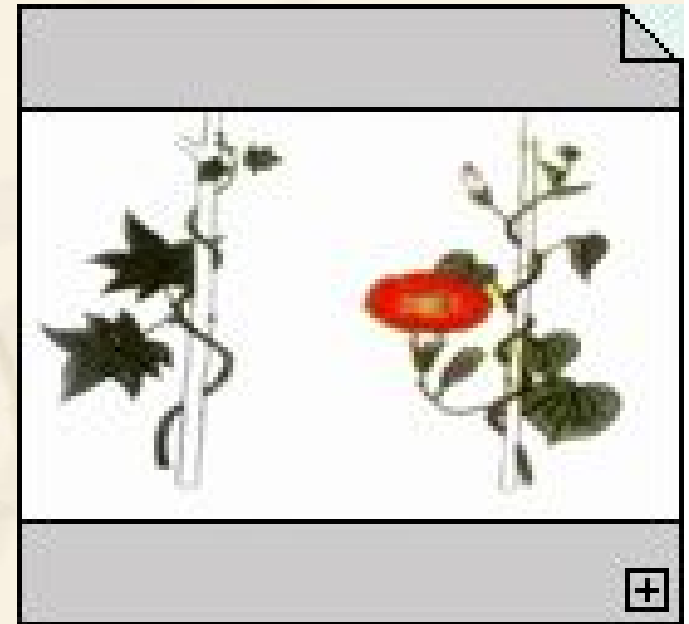
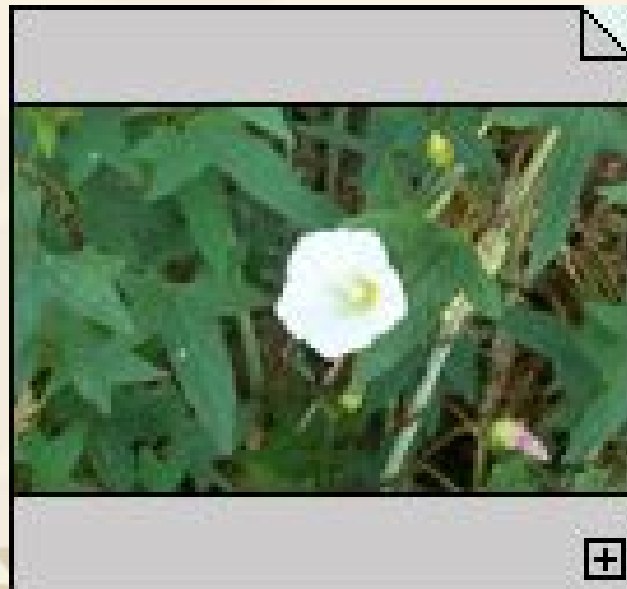
### (1) 直立茎

多数植物的茎背地生长，直立地面，如小麦、玉米等。



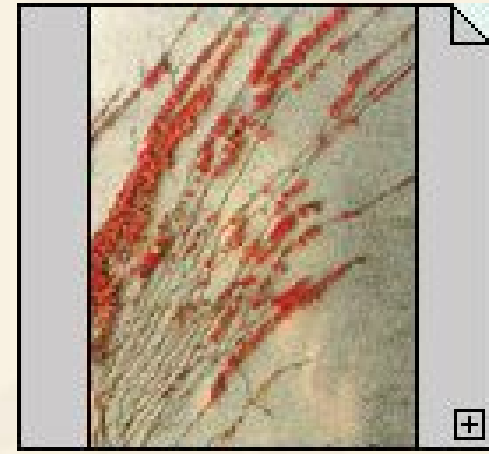
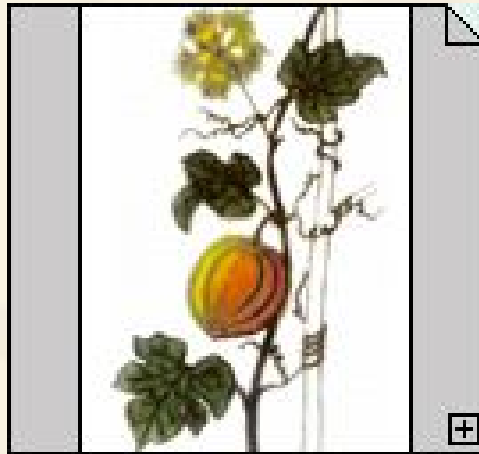
## 2、缠绕茎

茎细而软，不能直立，只能缠绕在支持物上向上生长，如牵牛等。



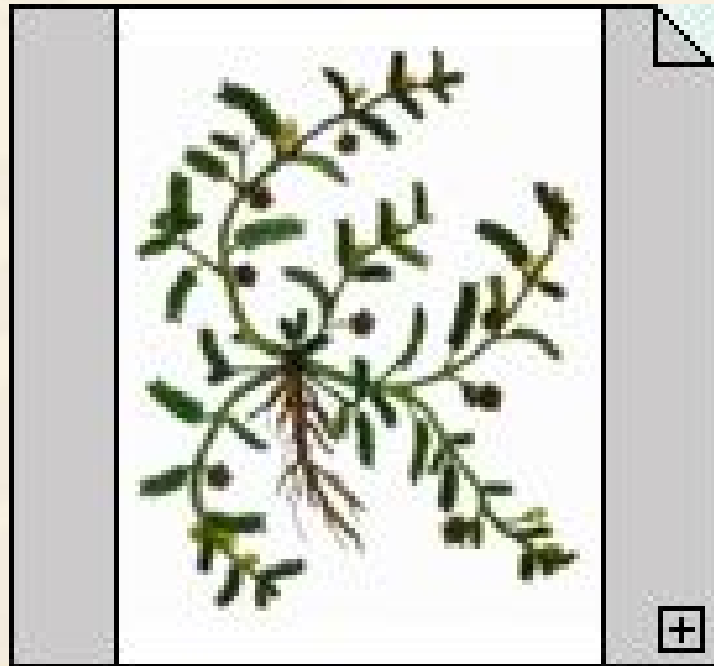
### 3、攀缘茎

茎的一部分形成卷须、吸盘等结构，攀援它物生长，如黄瓜等。



#### 4、平卧茎

茎平卧地上，如蒺藜，地锦等。



## 5、匍匐茎

茎平卧地面，节上生根，如甘薯等。



匍匐茎



蛇莓

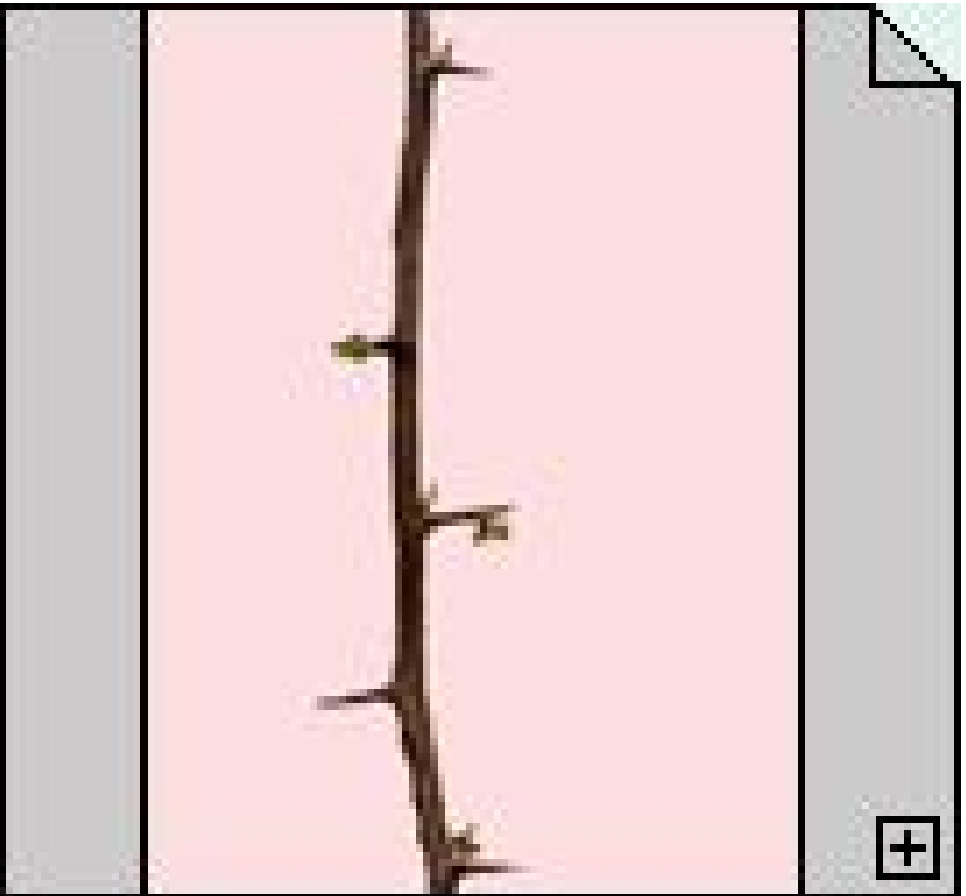
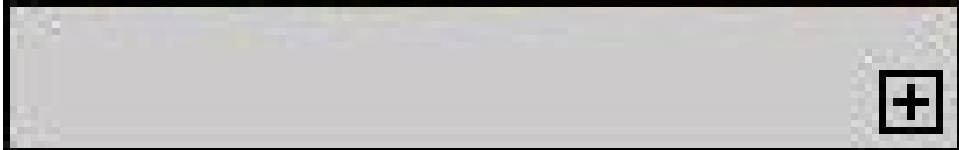
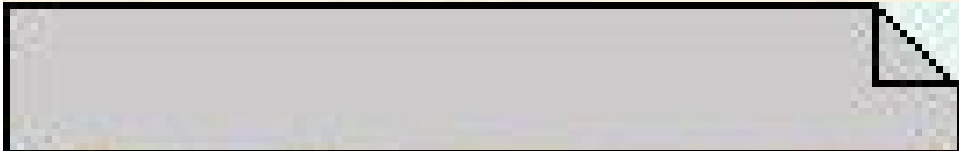
#### (四) 茎的变态

茎的变态可分为地上茎的变态和地下茎的变态两大类。



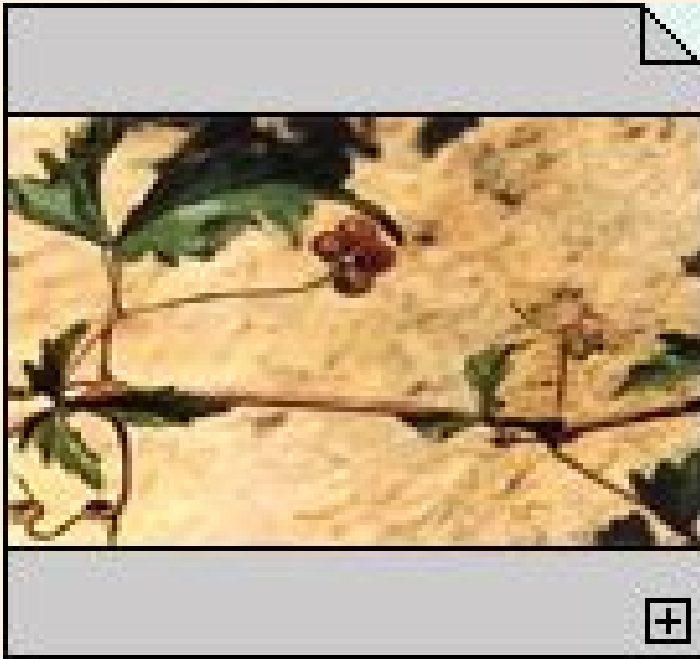
## 1、茎刺

一些植物如柑橘、山楂的部分地上茎变态成刺，具有保护作用。茎刺常位于叶腋，由腋芽发育而来。



## 2、茎卷须

南瓜、葡萄等植物的部分枝变为卷须，用于缠绕其他物体，使植物得以攀援生长，称为茎卷须。



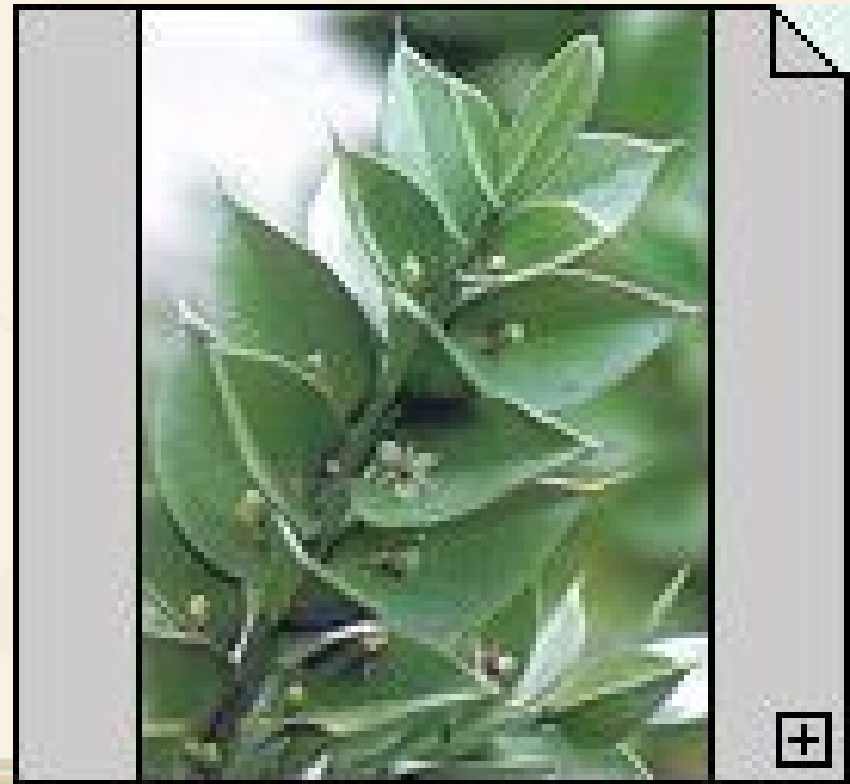
### 3、肉质茎

一些植物适应干旱环境，叶常退化，而茎肥大多汁，呈绿色，不仅可贮藏水分和养料，还可进行光合作用。许多仙人掌科植物具有这种茎。



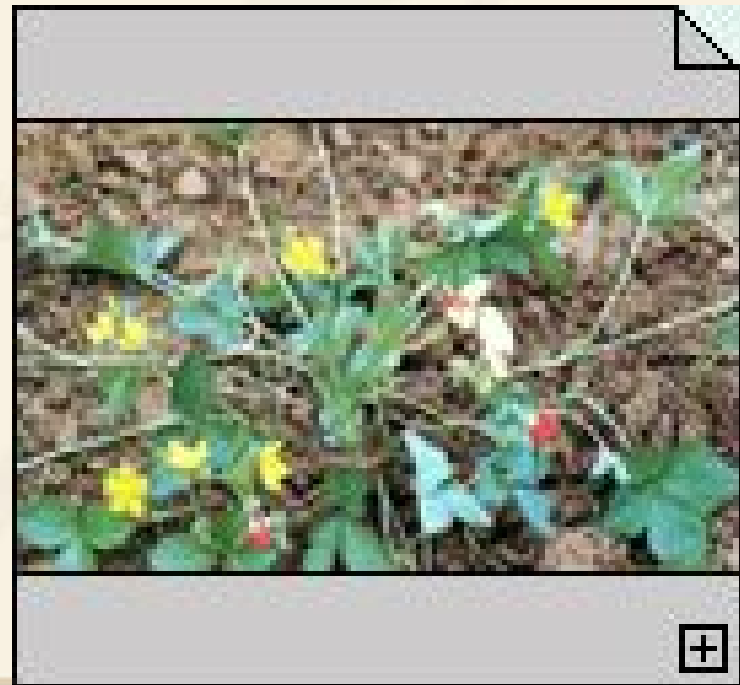
## 4、叶状茎

有些植物如叶树、文竹、昙花等的叶子退化或早落，茎变为扁平或针状，代替叶进行光合作用，这种茎称为叶状茎。



## 5、匍匐茎

有些植物的茎地上茎细长，匍匐地面而生，顶端生根出芽，并在节上长根，由此可形成独立的植物体。这种变态茎称为匍匐茎。如草莓、蛇莓等。



## 6、鳞茎

鳞茎是部分植物如洋葱的贮藏和繁殖器官。鳞茎的基部有一个节间缩短、呈扁平形态的鳞茎盘，其上部中央生有顶芽，四周有鳞叶重重包着，鳞叶的叶腋有腋芽，鳞茎盘下产生不定根。



## 7、根状茎

根状茎横向生长于土壤之中，外形与根有些相似，但有明显的节和节间，节上有退化的叶和腋芽，腋芽可长成地上枝，同时在节上产生不定根，如竹、莲等。

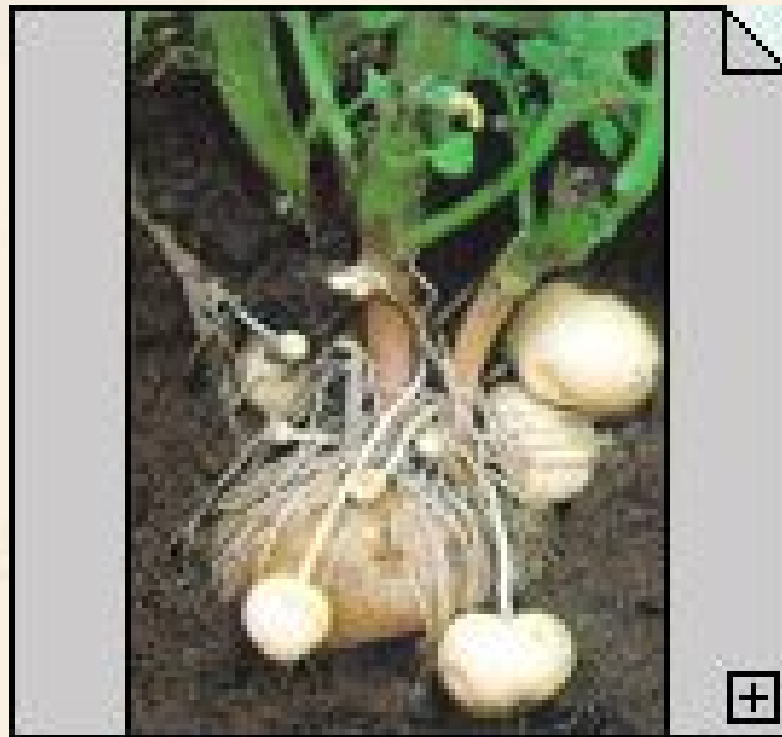




## 8、块茎

马铃薯块茎是由植物基部叶腋长出的匍状枝顶端经过增粗生长而成。块茎实际上为节间缩短的变态茎。

鳞叶





## 9、球茎

球茎是短而肥大的地下茎。荸荠、慈姑的球茎由长入土中纤匐枝顶端发育而来。球茎有明显的节与节间，节上具褐色膜状鳞片叶和腋芽，其顶端有顶芽。

### 三、茎的发生与结构

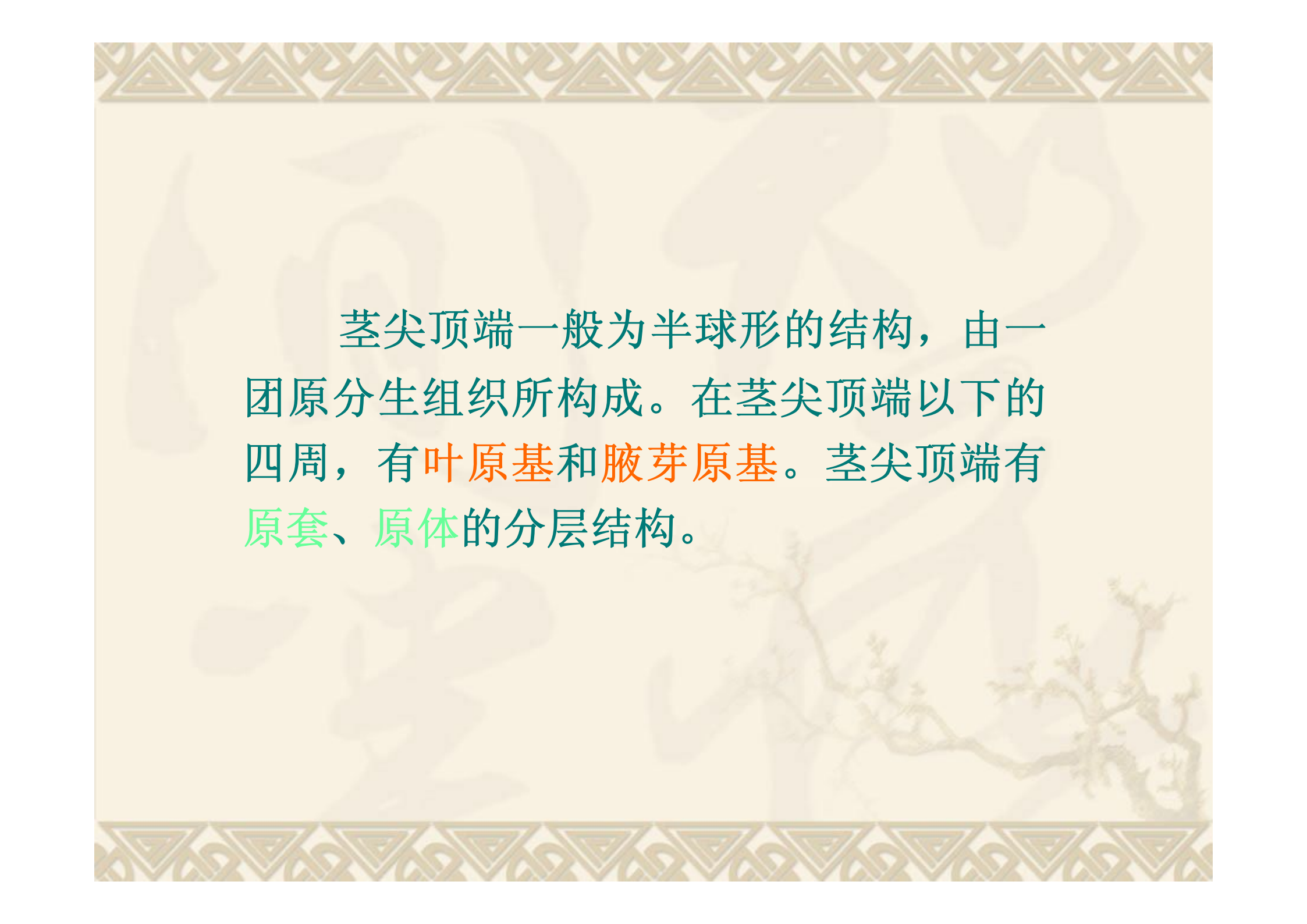
#### (一) 茎尖的分区\*\*

从纵剖面上看茎尖与根尖一样，也可分为分生区、伸长区和成熟区三个部分。

# 1. 分生区



水稻茎间



茎尖顶端一般为半球形的结构，由一团原分生组织所构成。在茎尖顶端以下的四周，有叶原基和腋芽原基。茎尖顶端有原套、原体的分层结构。

原套和原体稍后由其原始细胞向外侧下方衍生的细胞分化成周缘分生组织（肋状分生组织），向原体下部衍生的细胞构成髓分生组织，它们都属于原分生组织。髓分生组织再向下分化形成基本分生组织；周缘分生组织将来分化形成原表皮、基本分生组织和原形成层三种初生分生组织。

## 2. 伸长区

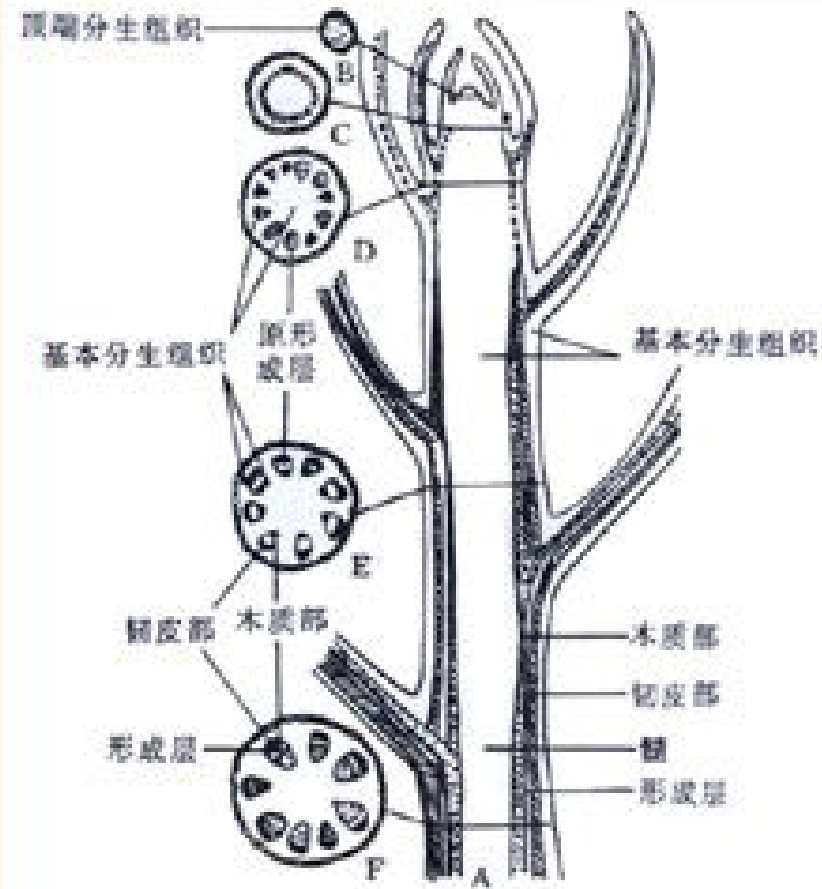


图 7-2 茎尖各区的大致结构

A: 茎尖 (全图) B: 分生区 C—D: 伸长区 E—F: 成熟区

伸长区的主要特点和根中伸长区相似，细胞亦迅速沿纵轴延伸，在外观上表现为茎、枝很快伸长，其内部结构的分化为：

最中间的髓分生组织——>髓  
原表皮——>表皮  
基本分生组织——>皮层、髓射线  
原形成层——>维管束



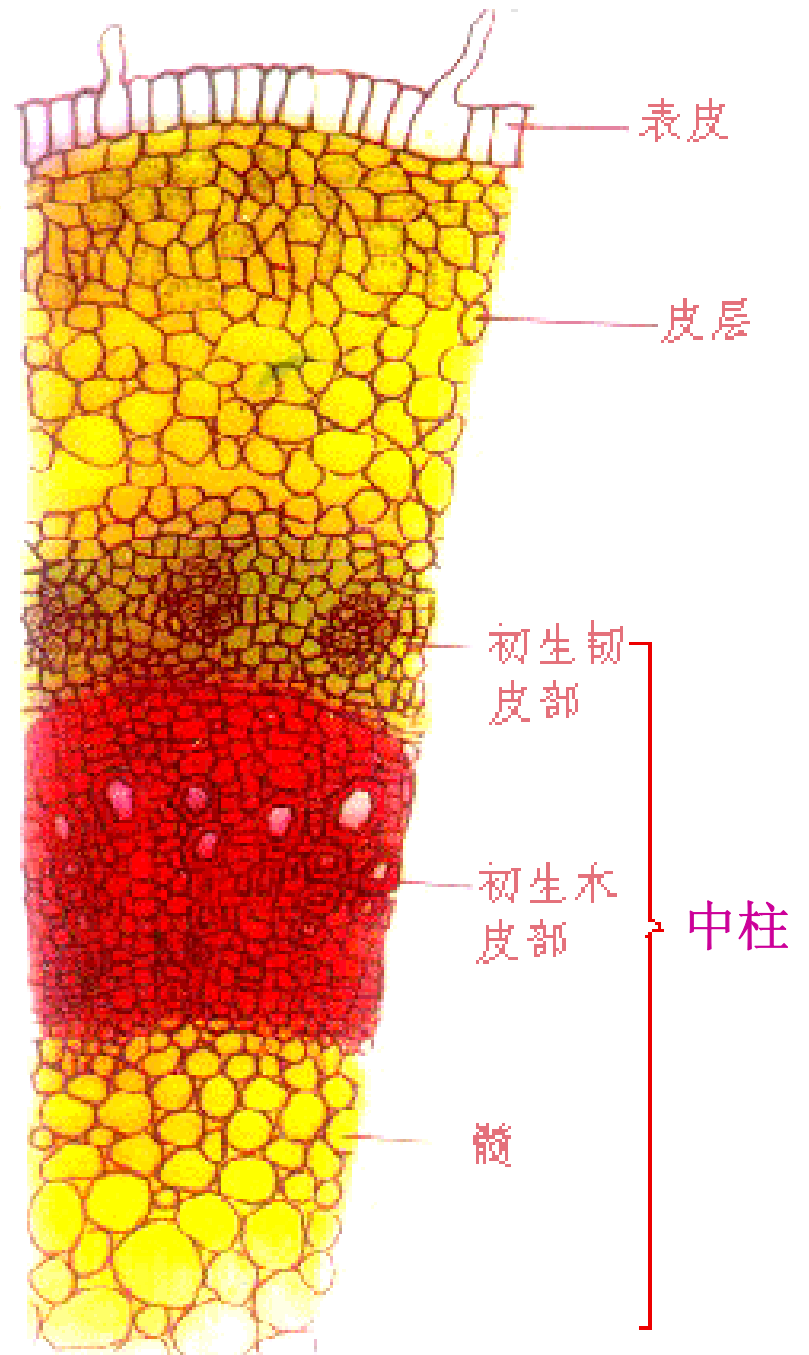
### 3. 成熟区

成熟区内部的解剖特点是细胞的有丝分裂和伸长生长都趋于停止，各种成熟组织的分化基本完成，已具备幼茎的初生结构。

## (二) 茎的初生结构\*

### 1. 双子叶植物茎的结构

双子叶植物的种类很多，但其茎的结构都有共同的规律，在横切面上，可以看到表皮、皮层、中柱三个部分。



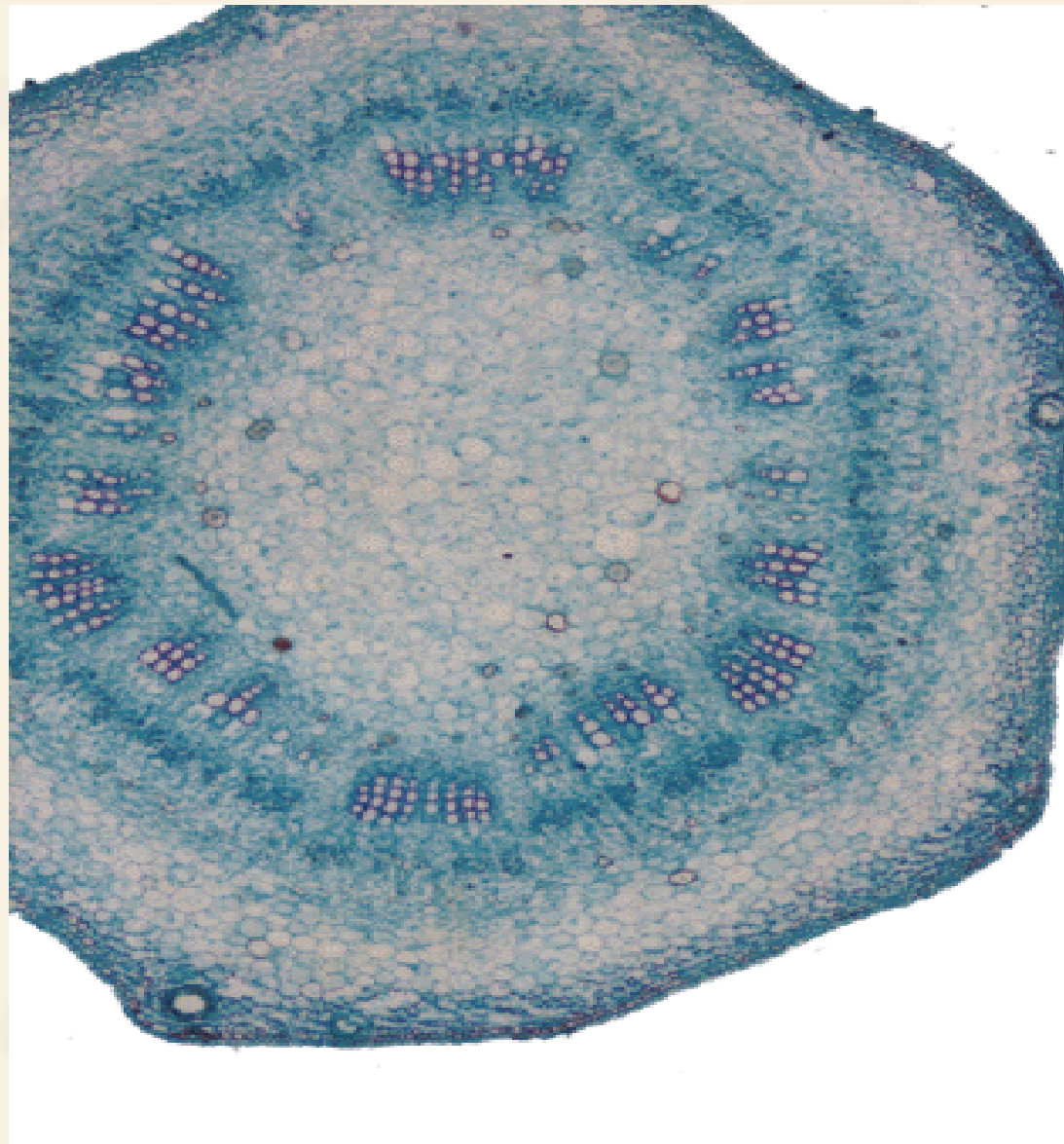
茎的初生构造

## (1) 表皮

表皮位于幼茎的最外方，通常由一层细胞组成。

## (2) 皮层

皮层位于表皮与中柱之间，绝大部分由薄壁细胞组成。



分泌腔

乳汁管

晶体和单宁

石细胞群

淀粉鞘

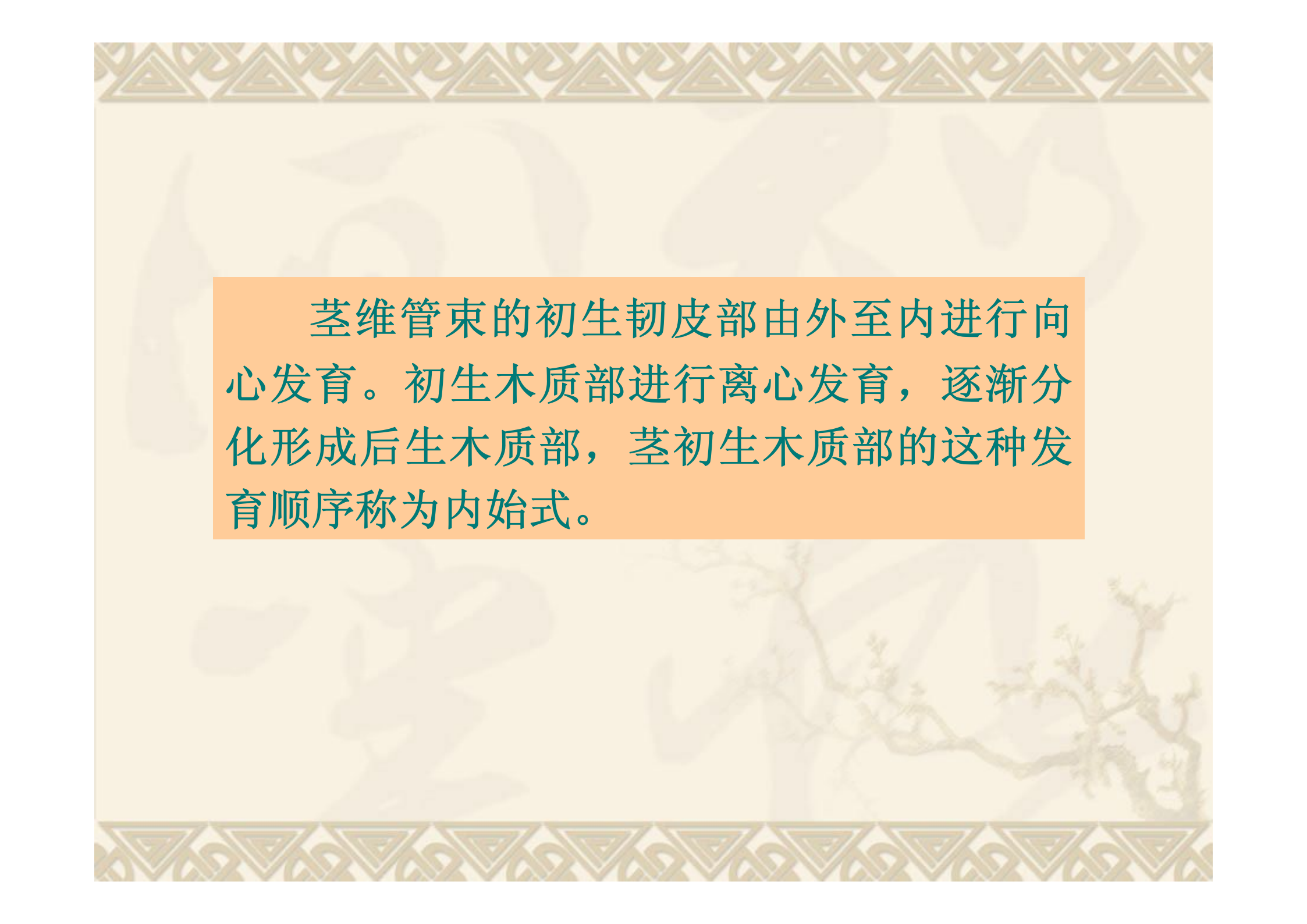
### (3) 中柱

中柱（也称维管柱）是皮层以内的中轴部分，它由维管束、髓和髓射线等组成，中柱起源于原形成层，髓和髓射线起源基本分生组织。

## ① 维管束

草本双子叶植物幼茎横切面上，维管束呈椭圆形，各维管束之间距离较大，它们环形排列于皮层内侧；多数木本植物幼茎内的维管束，彼此间距很小，几乎连成完整的环。

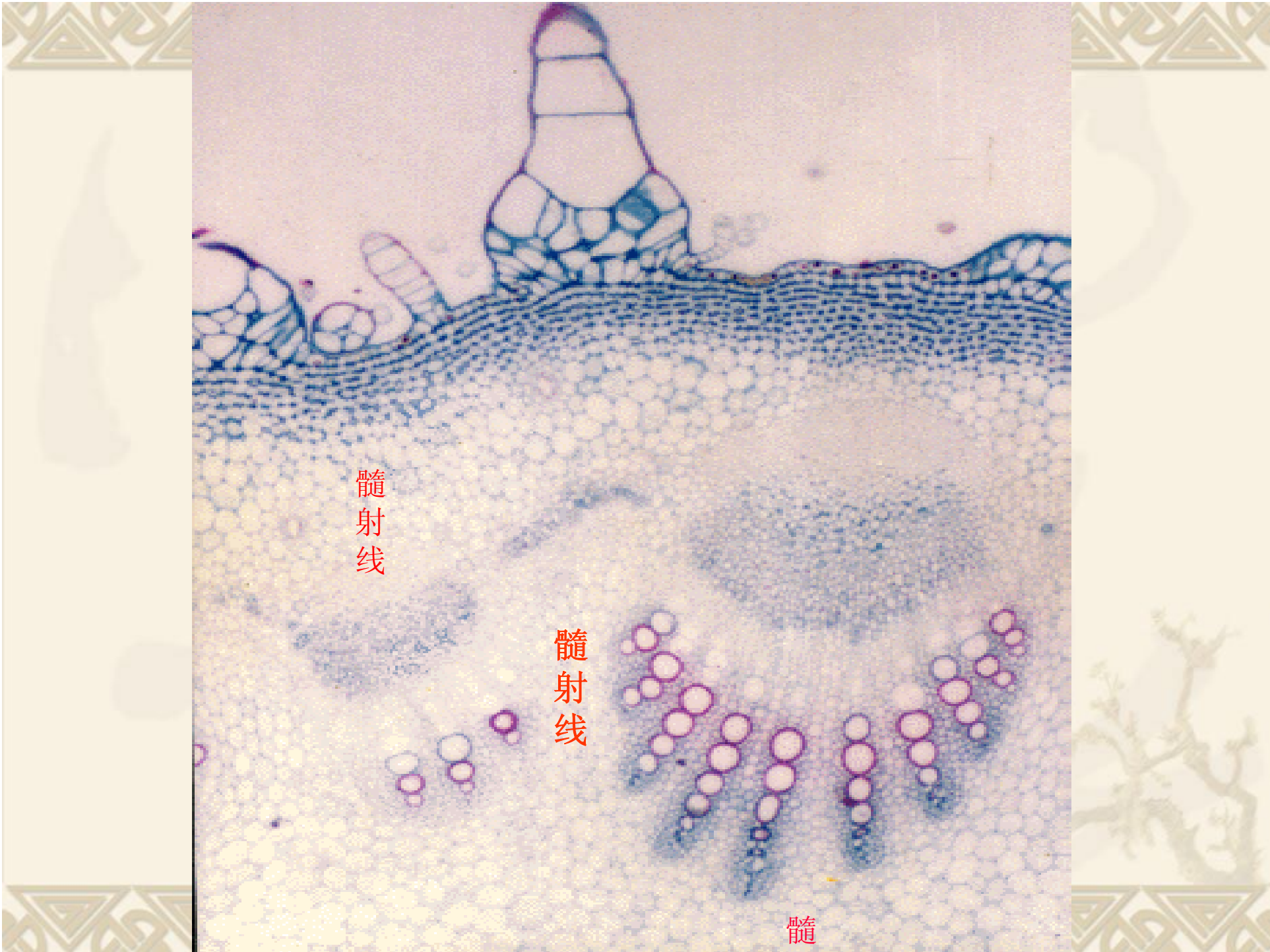




茎维管束的初生韧皮部由外至内进行向心发育。初生木质部进行离心发育，逐渐分化形成后生木质部，茎初生木质部的这种发育顺序称为内始式。

## ② 髓和髓射线

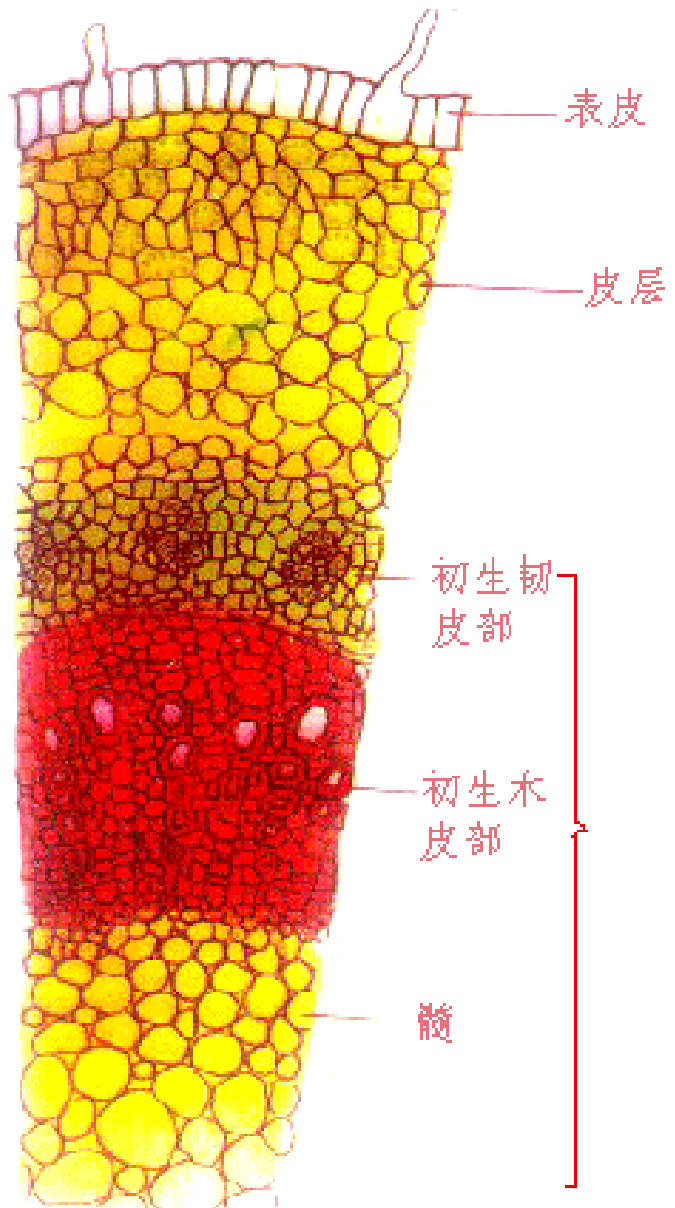
髓和髓射线是中柱内的薄壁组织，位于幼茎中央部分的，称为髓；位于两个维管束之间连接皮层与髓的部分，称为髓射线。



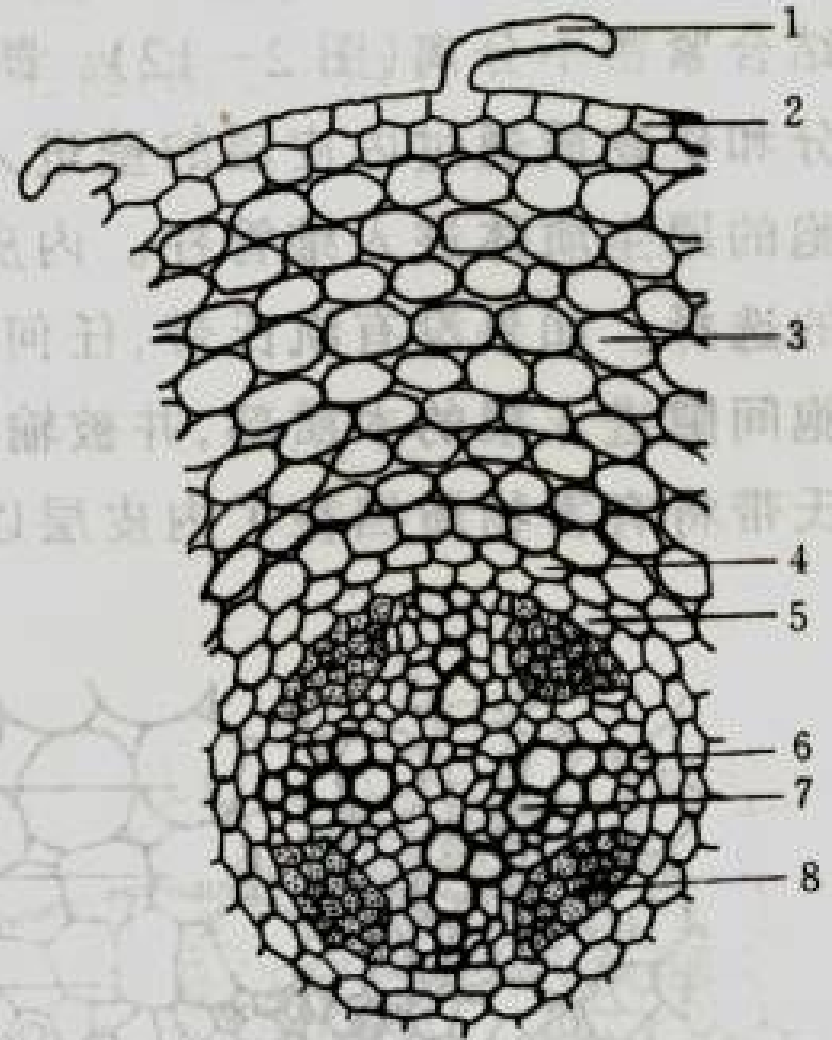
髓射线

髓射线

髓



茎的初生构造

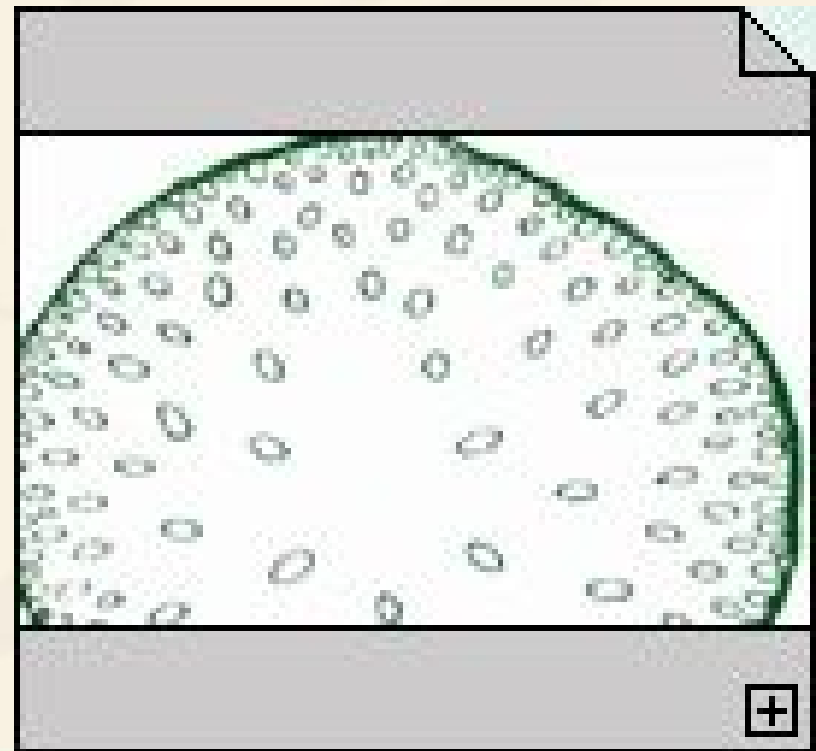
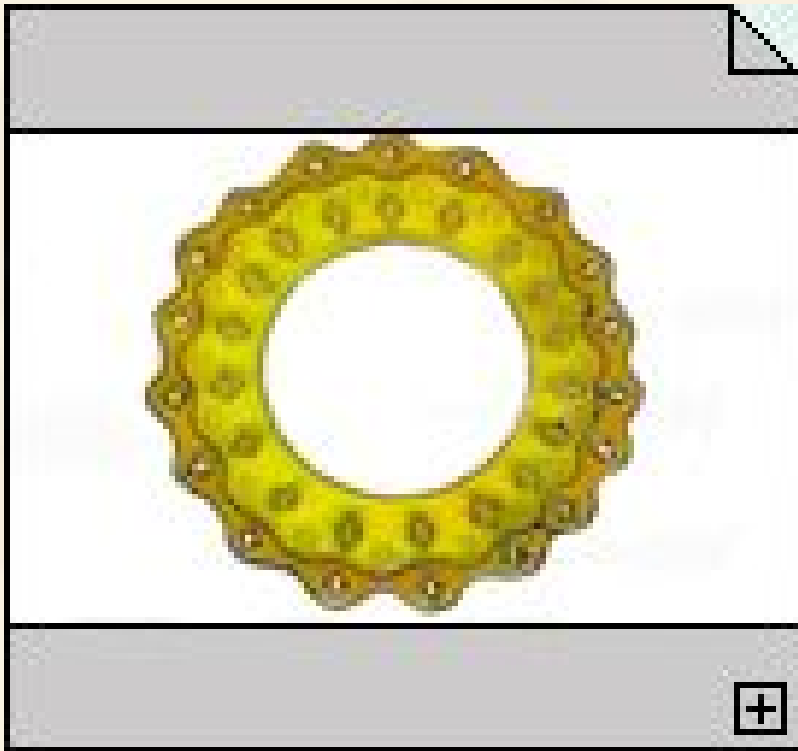


2-9 双子叶植物幼根初生结构模式图(自高信曾)

- 1. 根毛
- 2. 表皮
- 3. 皮层
- 4. 内皮层
- 5. 中柱鞘
- 6. 原生木质部
- 7. 后生木质部
- 8. 韧皮部

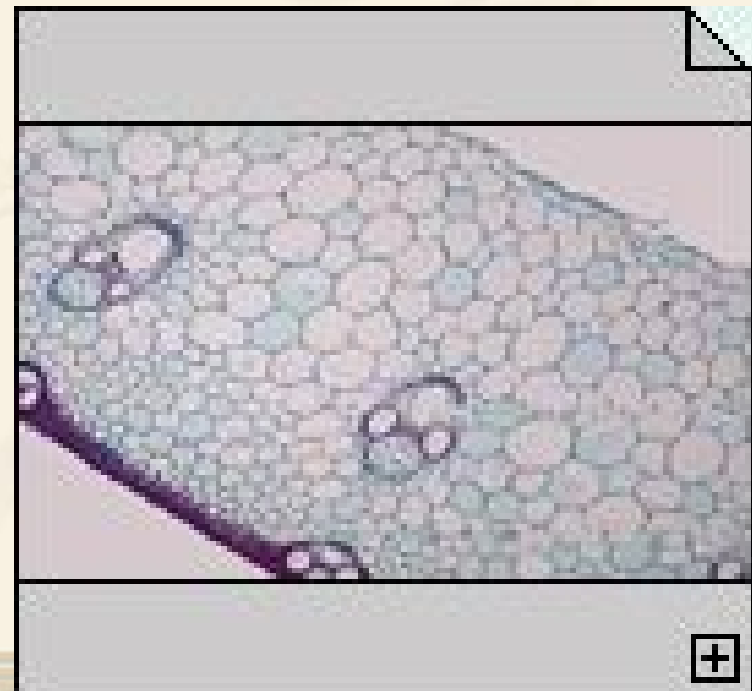
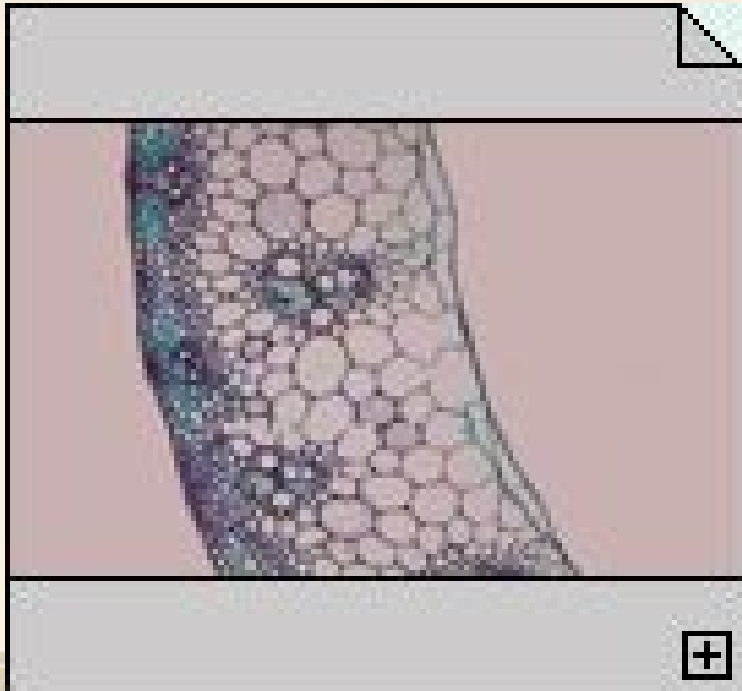
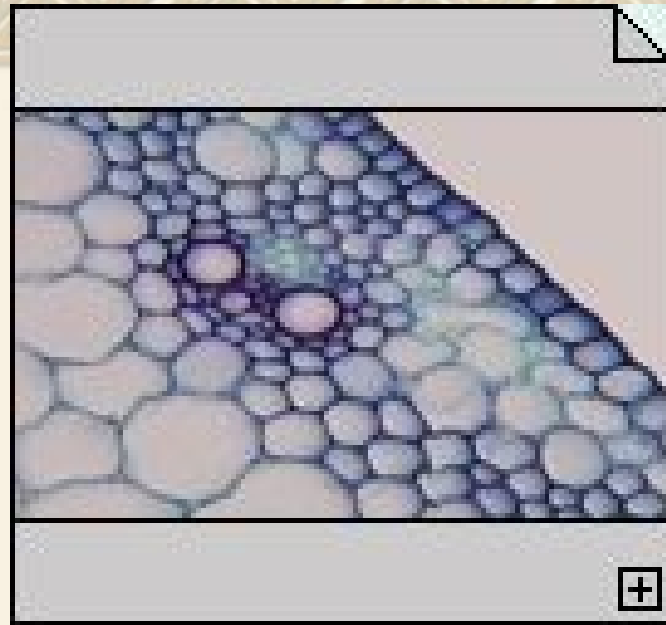
## 2. 单子叶植物茎的结构

禾本科植物茎的共同特点是维管束散生分布，没有皮层和中柱的界限，由表皮、基本组织、机械组织和维管束四个部分组成。



## (1) 表皮

表皮由长细胞、短细胞和气孔器有规律地排列而成。长细胞是构成表皮的主要成分。含有栓化细胞壁的短细胞，称为**栓细胞**；含有大量二氧化硅的短细胞，称为**硅细胞**。禾本科植物表皮上的气孔是由一对哑铃形的保卫细胞构成，保卫细胞的侧面还有一对副卫细胞。





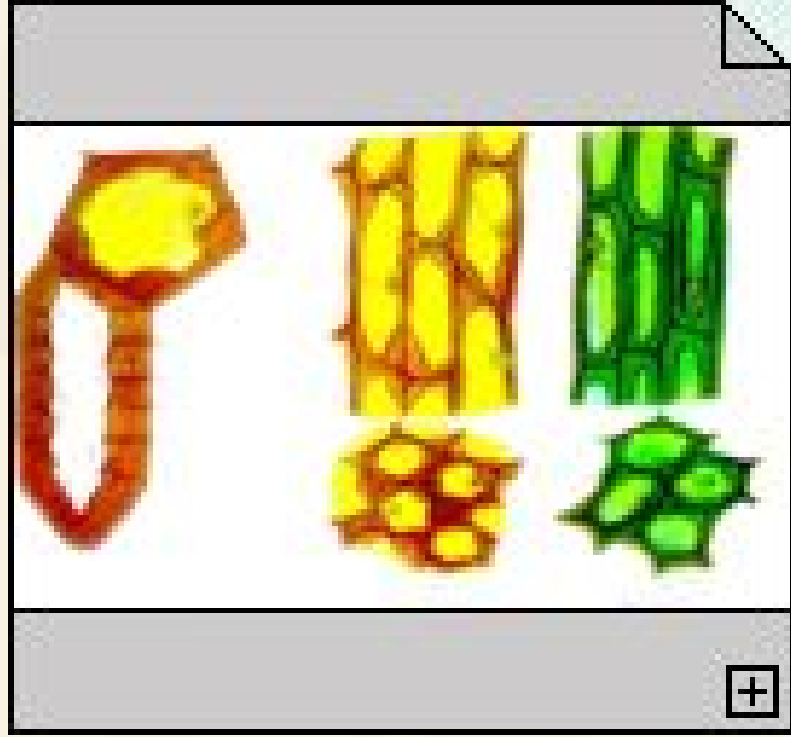
## (2) 基本组织

基本组织主要由薄壁细胞组成。

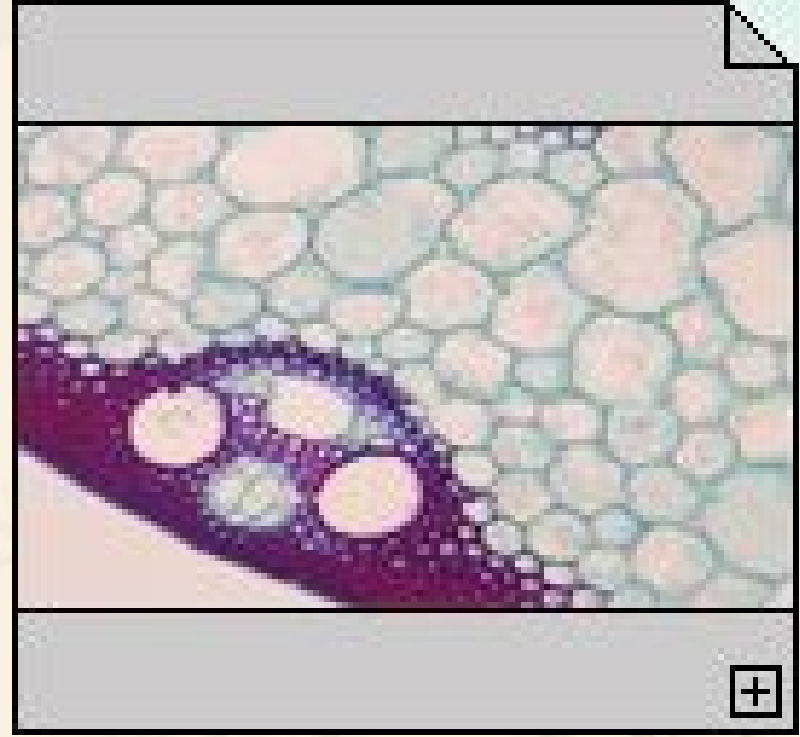
机械组织环



基本组织



机械组织

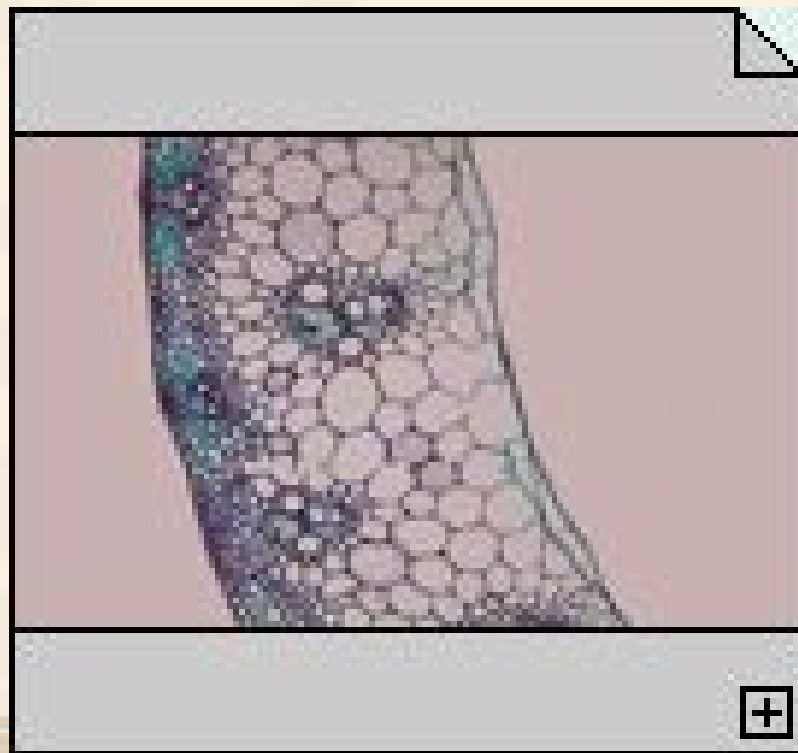


### (3) 维管束

许多维管束分散在基本组织中。  
它们的排列方式可分为两类。

一类以水稻、小麦为代表，各维管束大体上排列为内、外二环。

另一类如玉米、高粱等，它们的维管束分散排列于基本组织中。



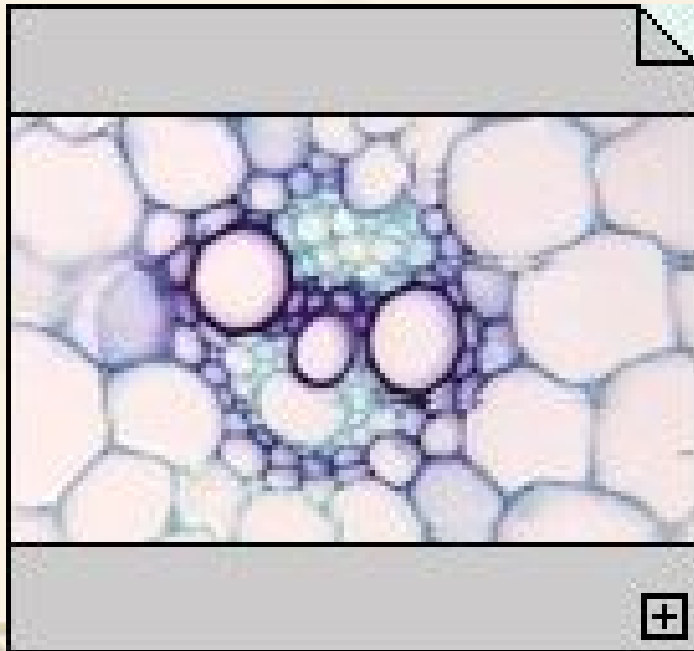
每束维管束的外围有厚壁机械组织组成的**维管束鞘**所包围。在维管束两端，厚壁细胞更多。维管束鞘的里面为**初生韧皮部**和**初生木质部**。

初生木质部位于维管束的近轴部分，整个横切面的轮廓呈V形。V形的基部为原生木质部，包括1至几个环纹和螺纹导管及少量木薄壁组织。

气隙或原生木质部腔隙

大型孔纹导管

初生韧皮部位于初生木质部的外方，其中的原生韧皮部已被挤毁。后生韧皮部是由筛管和伴胞组成的，筛管较大呈多边形。每个筛管旁边由三角形或长方形的小细胞称为伴胞。





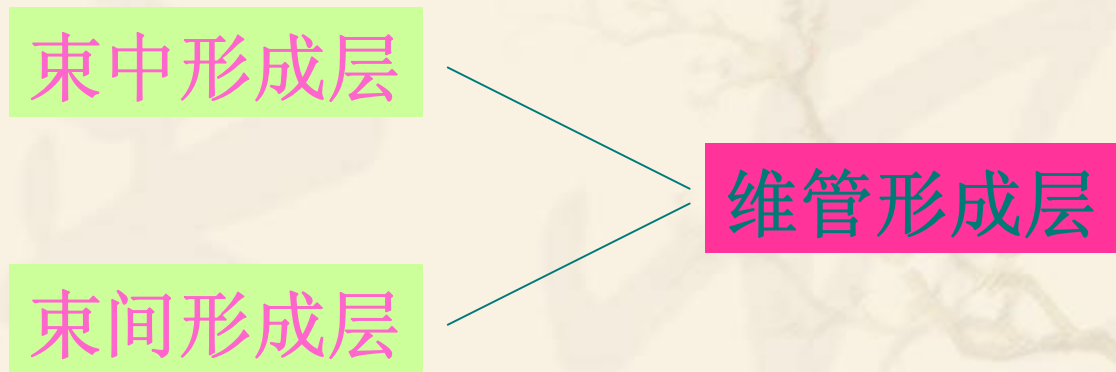
### （三）茎的次生生长\*

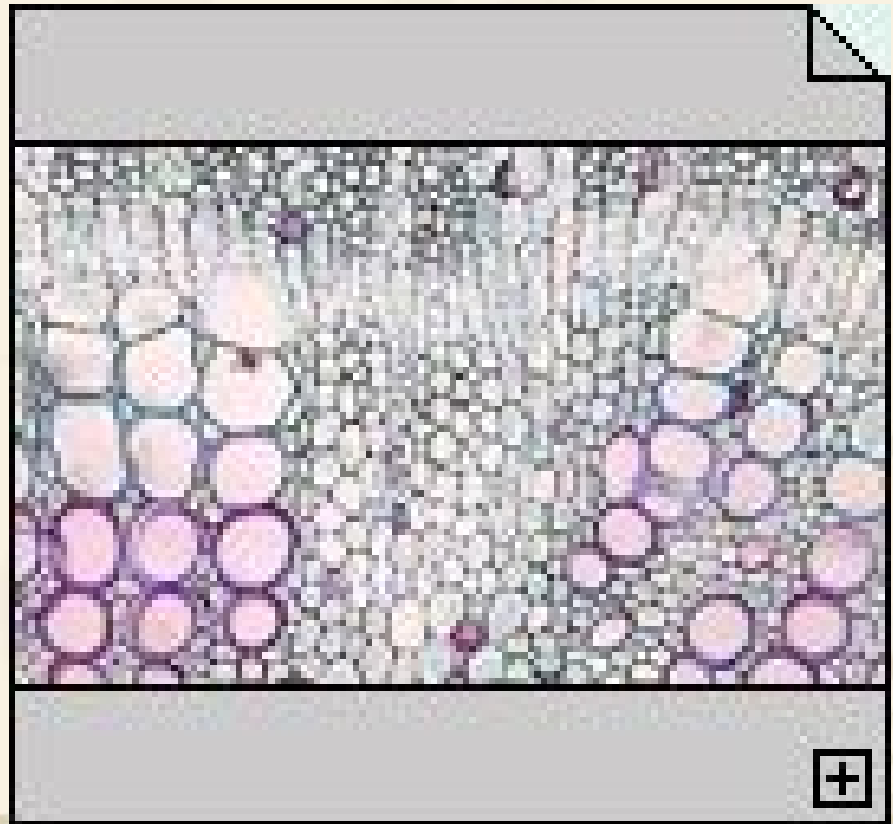
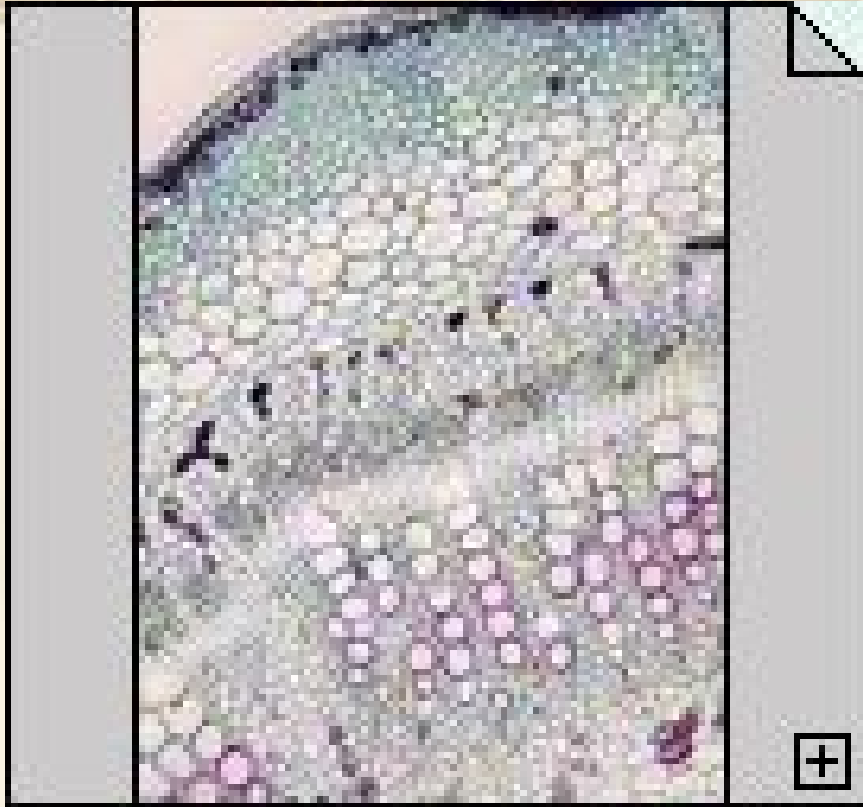
大多数双子叶植物的茎，在初生长的基础上还会出现次生分生组织——维管形成层和木栓形成层，通过它们的活动，进行次生增粗生长。

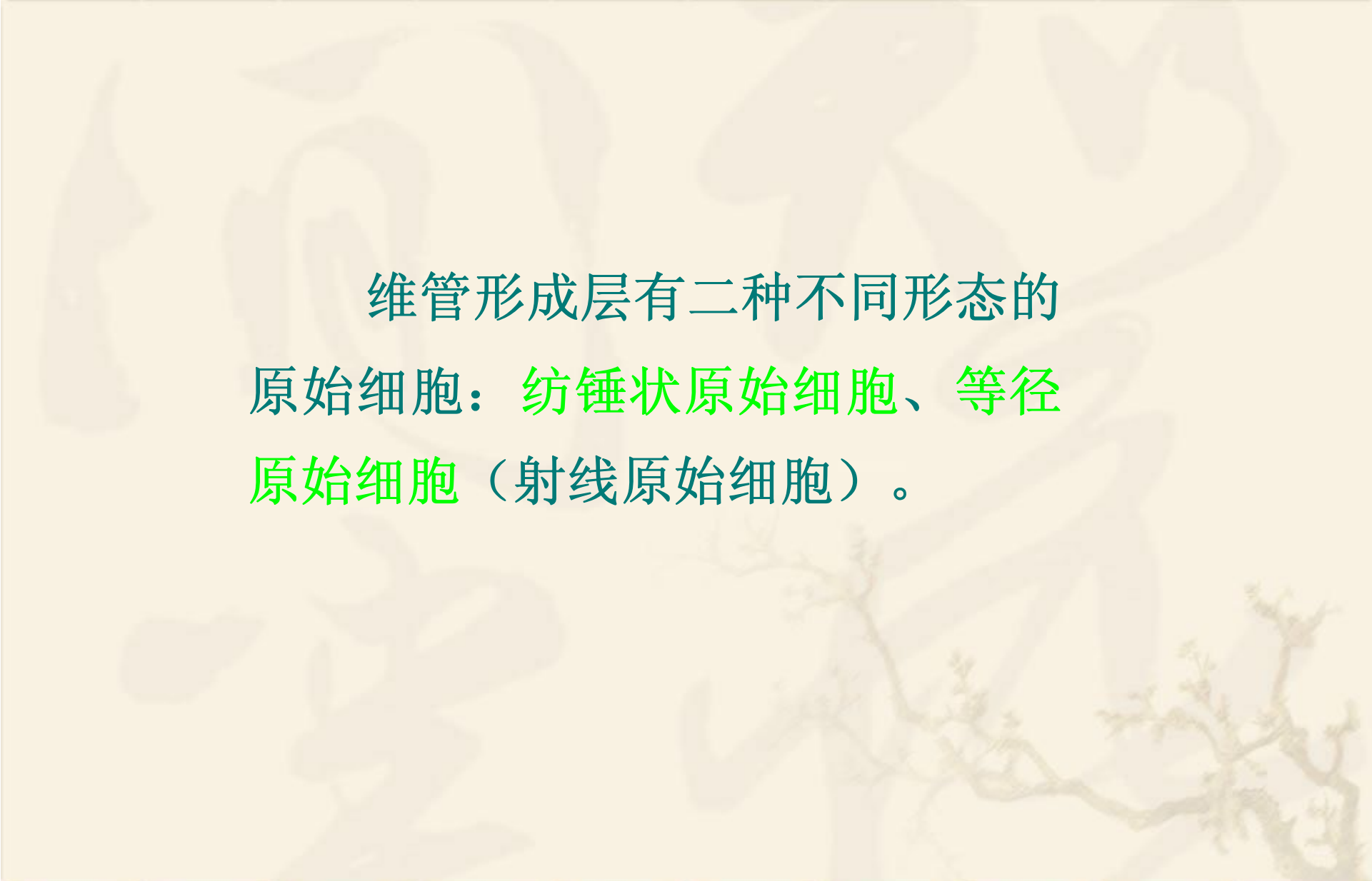

# 1. 维管形成层的发生和活动

## (1) 维管形成层的发生

原形成层发育为初生组织时，在初生韧皮部和初生木质部之间保留着一层具有分生能力的组织，即为形成层。







维管形成层有二种不同形态的  
原始细胞：纺锤状原始细胞、等径  
原始细胞（射线原始细胞）。

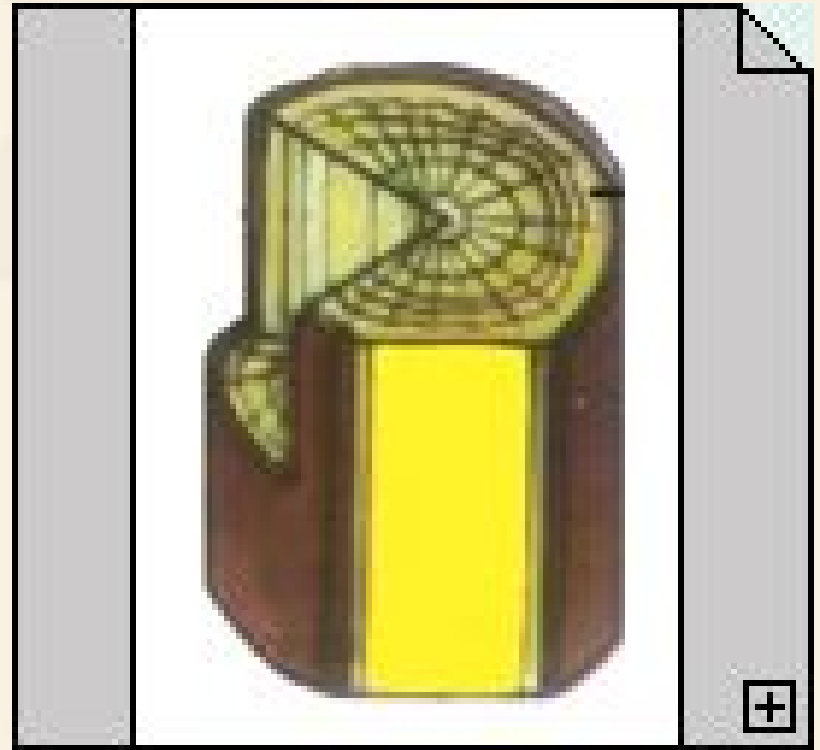
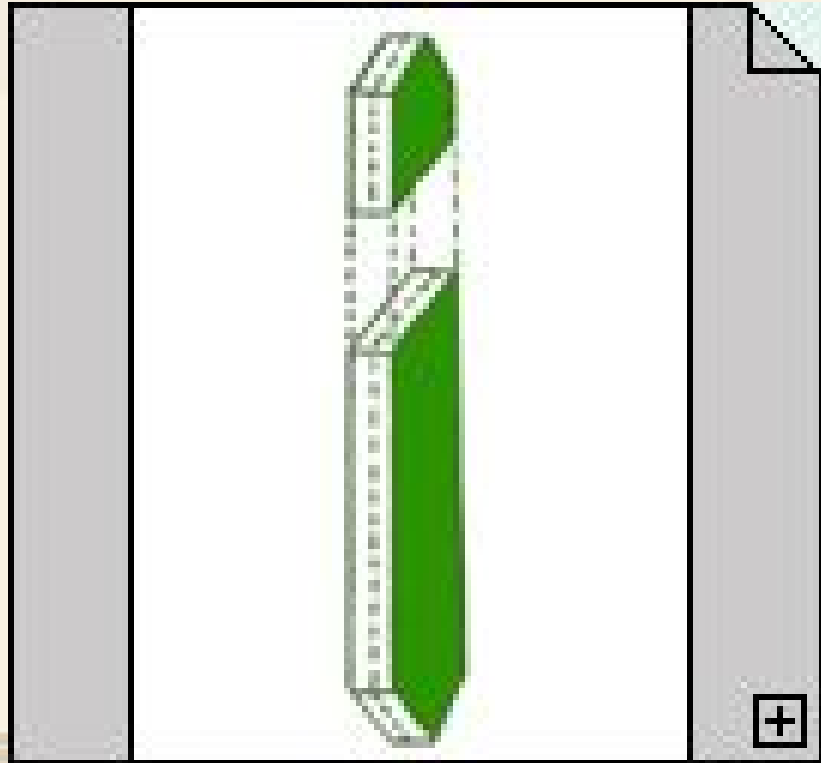
等径原始细胞有二种分裂：

**a、平周分裂** 平周分裂增加层次，向外形成韧皮射线、向内形成木射线，射线起横向运输作用；

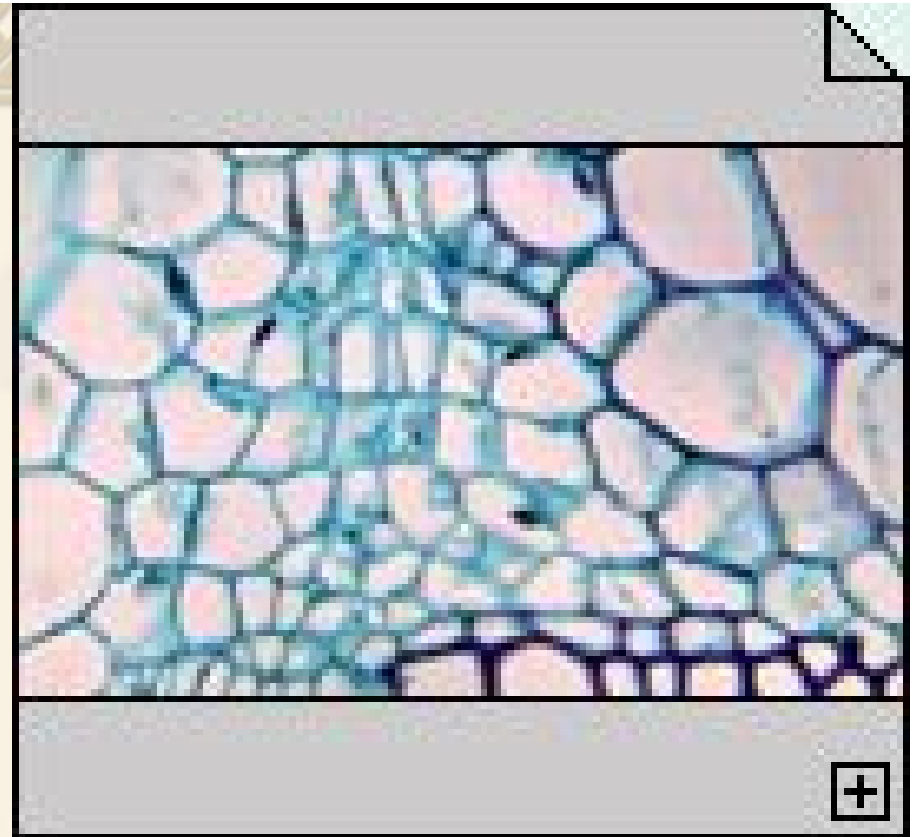
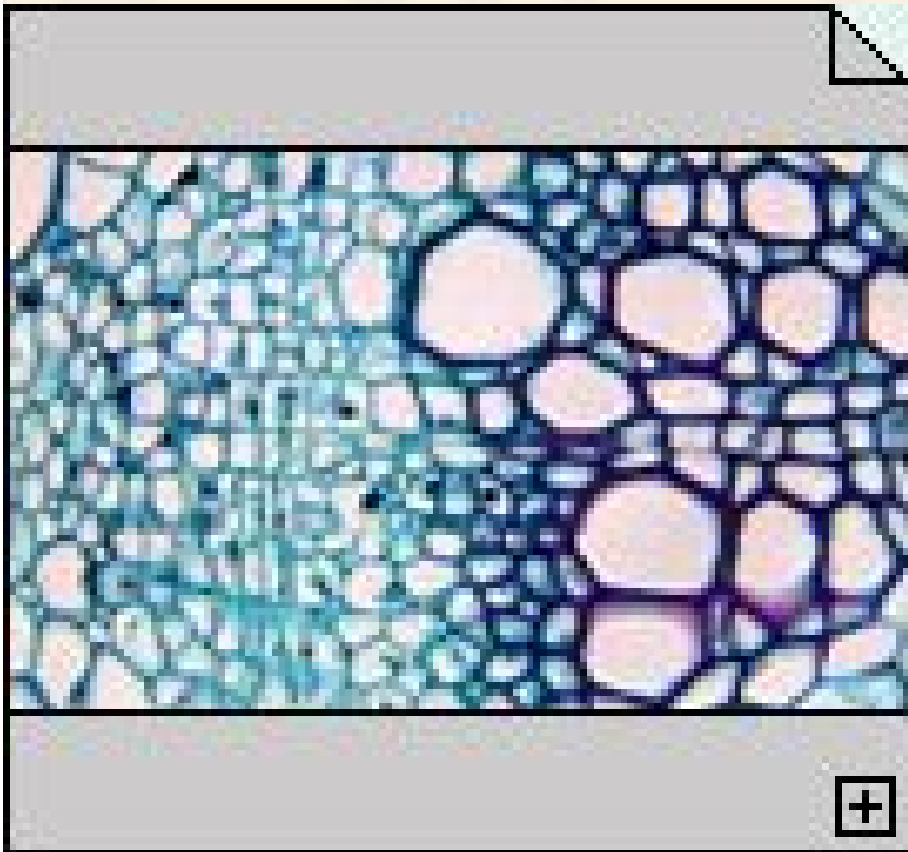
**b、垂周分裂** 其结果使周径扩大。

纺锤状原始细胞有四种分裂方式：

- a、平周分裂
- b、垂周分裂
- c、倾斜垂周分裂
- d、横分裂



## (2) 维管形成层的活动





维管形成层开始活动时，主要是纺锤状原始细胞进行切向分裂（平周分裂），纺锤状原始细胞也可进行径向分裂、倾斜的垂周分裂，增加维管形成层环细胞的数目，使环径扩大。

同时射线原始细胞也进行径向分裂，从而扩大维管形成层环的周径。

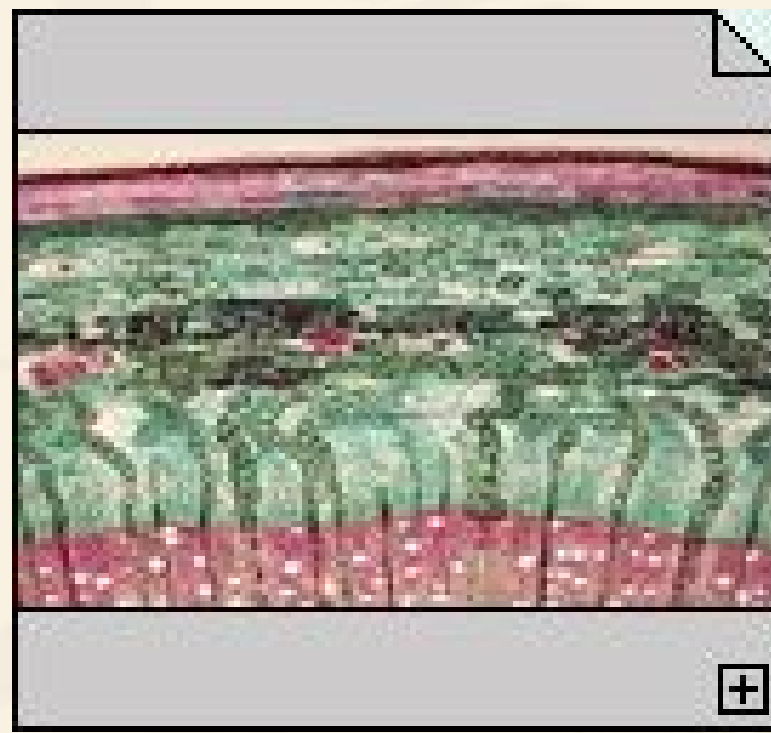
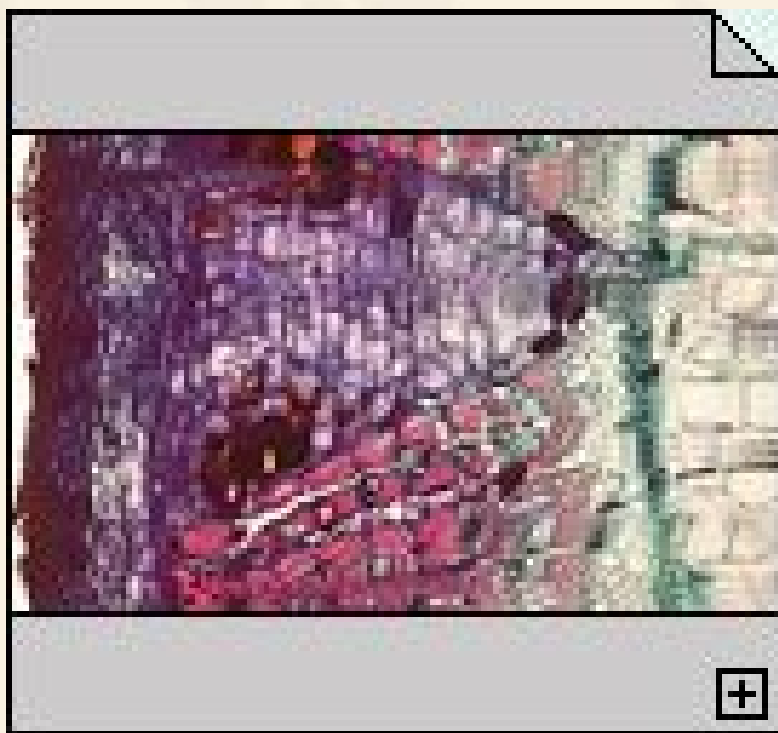
韧皮射线

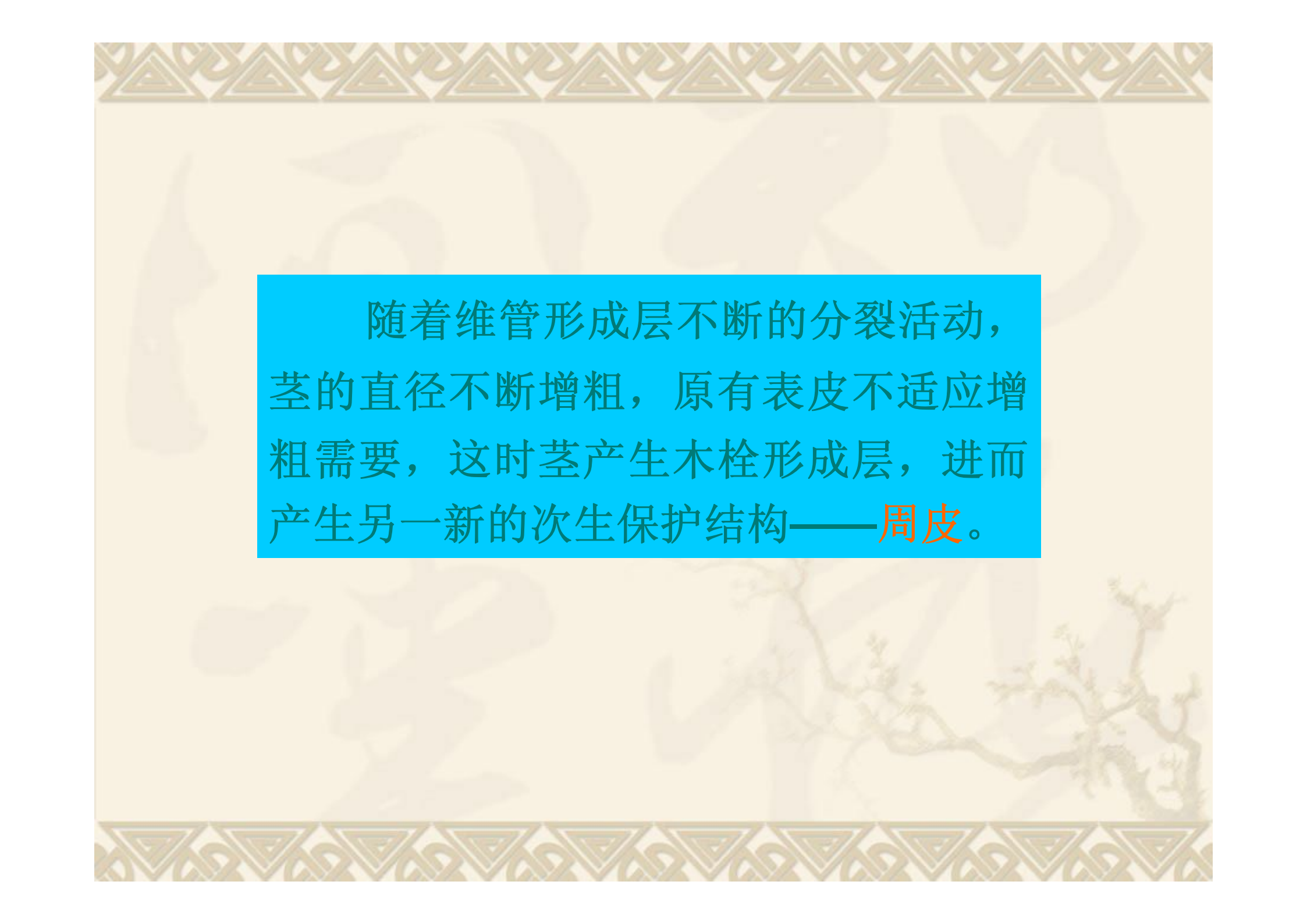
木射线

径向射线系统

纺锤状原始细胞也可进行垂周分裂，经过侧裂和横裂衍生出新的射线原始细胞。

## 2、木栓形成层的发生与活动

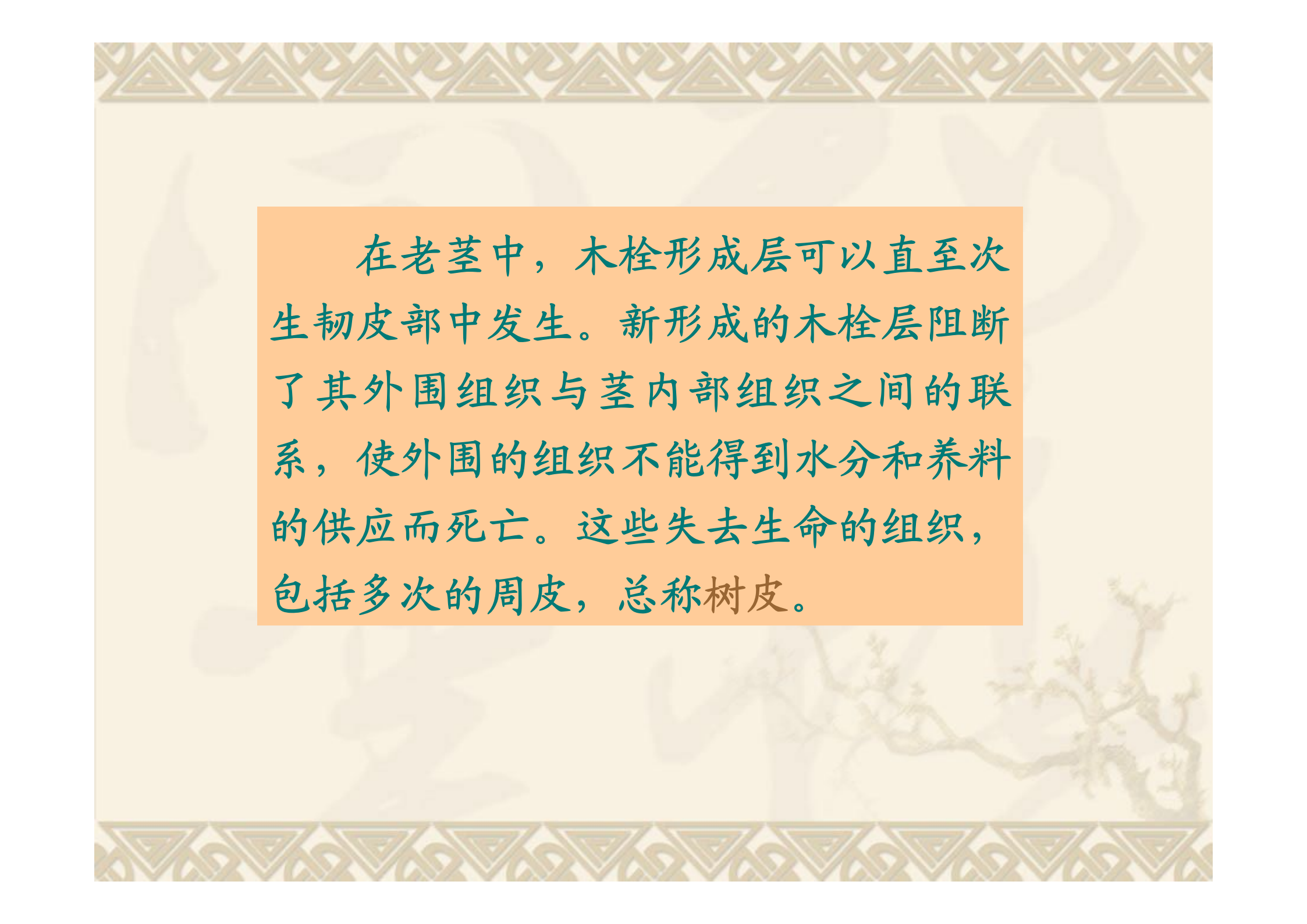




随着维管形成层不断的分裂活动，茎的直径不断增粗，原有表皮不适应增粗需要，这时茎产生木栓形成层，进而产生另一新的次生保护结构——**周皮**。

### 3. 茎的次生结构

周皮 木栓形成层形成后，向外产生木栓层，向内产生栓内层，再加上其本身，三者合称周皮。

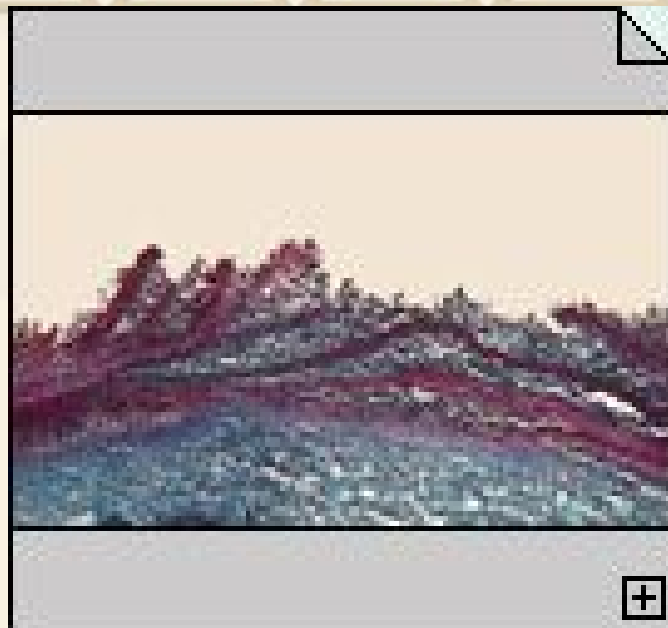
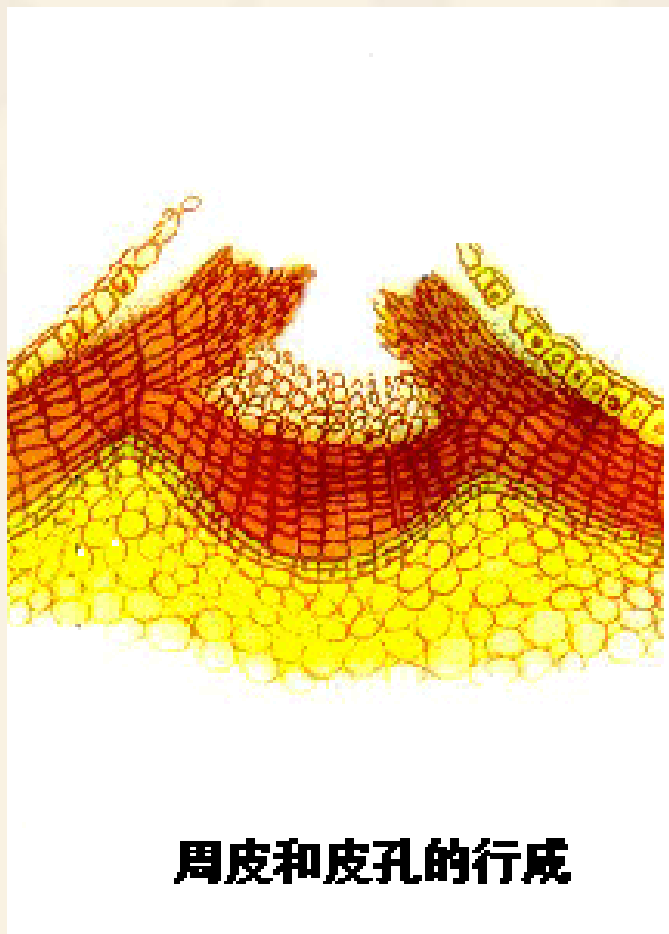


在老茎中，木栓形成层可以直至次生韧皮部中发生。新形成的木栓层阻断了其外围组织与茎内部组织之间的联系，使外围的组织不能得到水分和养料的供应而死亡。这些失去生命的组织，包括多次的周皮，总称树皮。

周皮形成过程中，在原来气孔位置下面的木栓形成层不形成木栓细胞，而产生一团圆球形，排列疏松的薄壁细胞，称为**补充细胞**。

由于补充细胞增多，向外膨大突出，使周皮形成裂口，因而在枝条的外表产生一些浅褐色的小突起，这些突起称为**皮孔**。

# 周皮

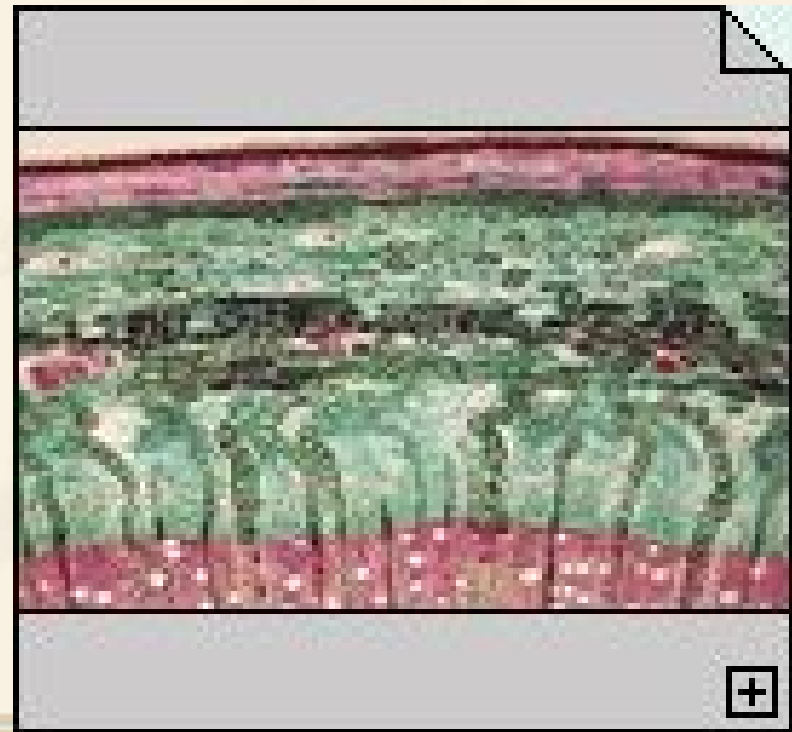


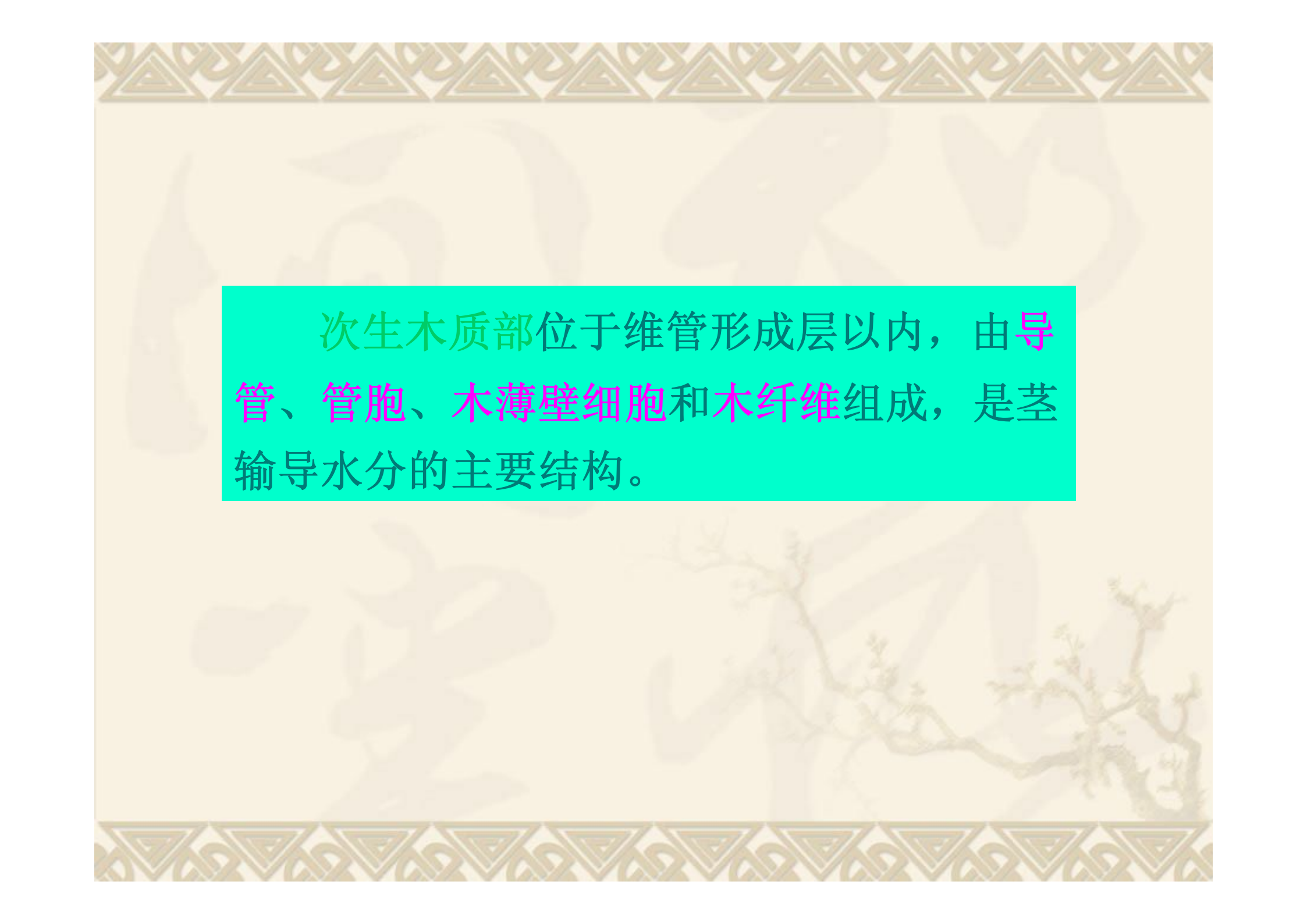


次生韧皮部 位于周皮以内，由筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞和韧皮纤维组成。



次生韧皮部





次生木质部位于维管形成层以内，由导管、管胞、木薄壁细胞和木纤维组成，是茎  
输导水分的主要结构。

## 4. 多年生木本植物茎的特点

### (1) 双子叶植物茎的特征

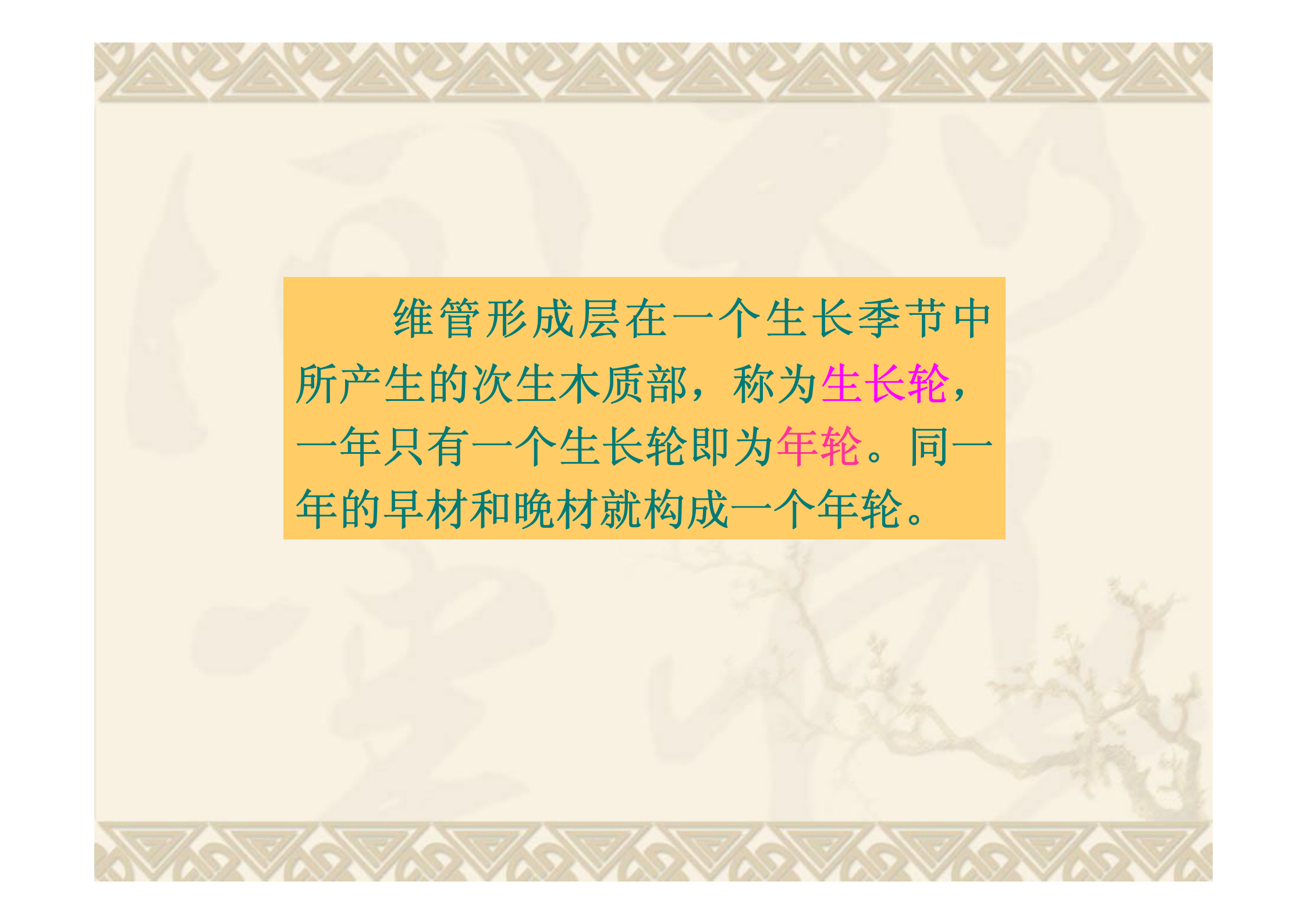
以维管形成层为界限，多年生植物茎的横切面可分为：**树皮和木材**。

#### ① 树皮 (bark)

**维管形成层以外所有部分的总称，包括次生韧皮部、皮层、周皮和木栓层以外的一切死组织。**

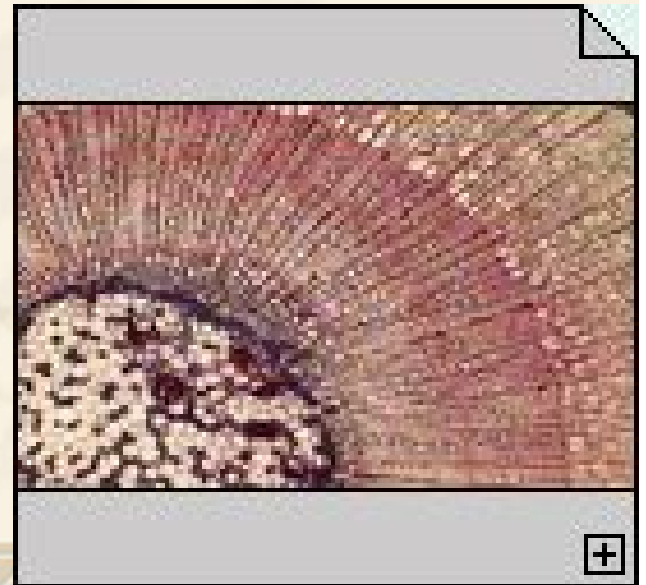
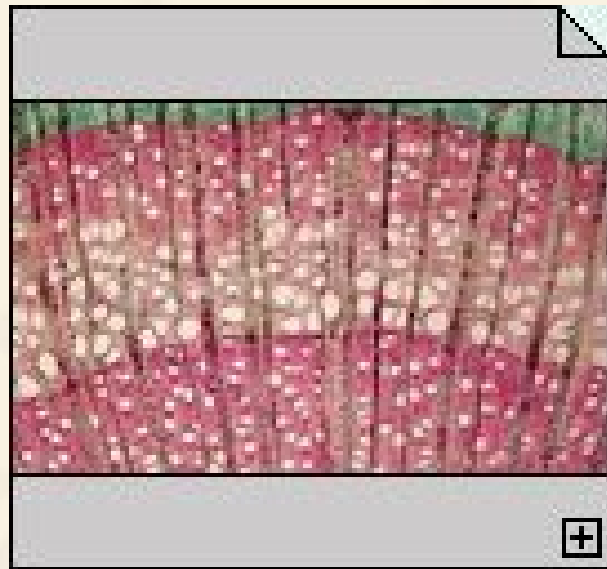
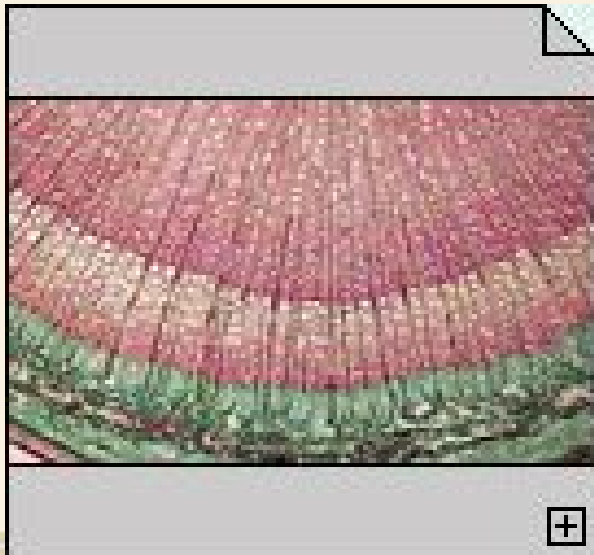
## ② 木材

木材的绝大部分为次生木质部，有导管和管胞；木纤维发达；木射线初期为薄壁细胞，后期细胞壁木化。



维管形成层在一个生长季节中所产生的次生木质部，称为生长轮，一年只有一个生长轮即为年轮。同一年的早材和晚材就构成一个年轮。

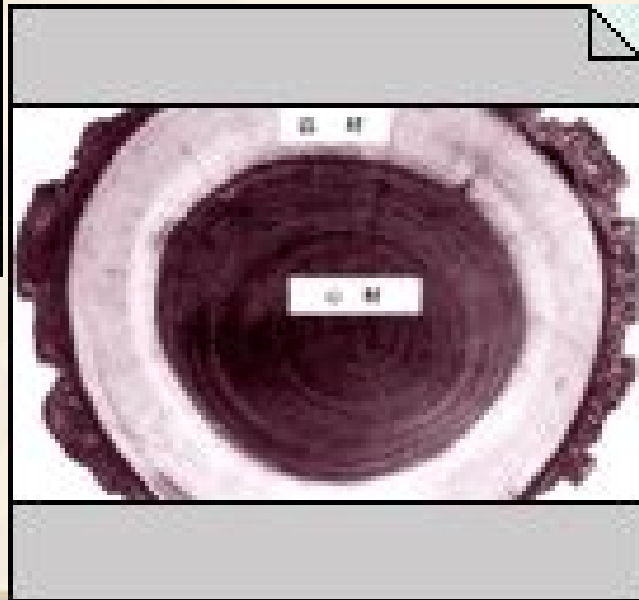
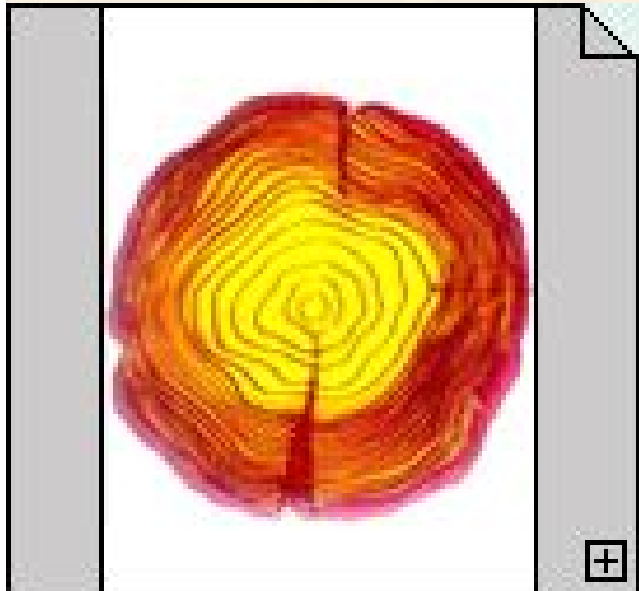
# 年轮



在树干的横切面上靠近树皮部分的木材是近几年形成的次生木质部，颜色较浅，只有活的木薄壁组织，有效地担负输导和贮藏的功能，称为**边材**。

靠近中央部分的木材，是较老的次生木质部，丧失了输导和贮藏的功能，这部分细胞颜色一般较深，养料和氧气进入都比较困难，引起生活细胞的衰老和死亡，称为**心材**。

## 心材与边材

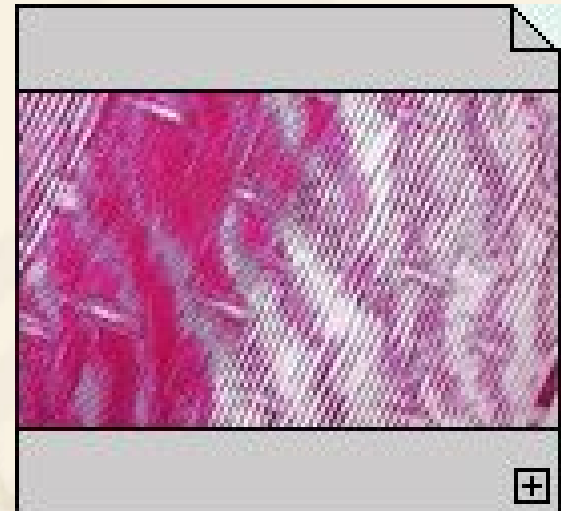
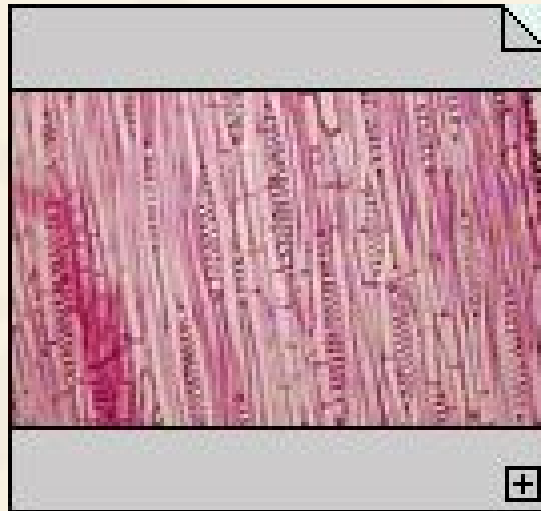
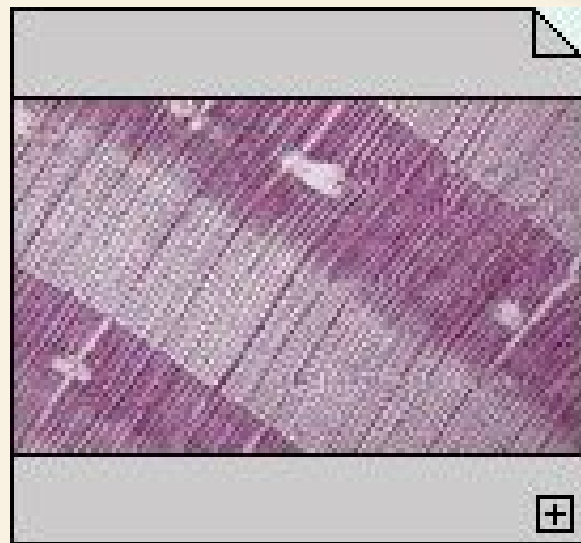
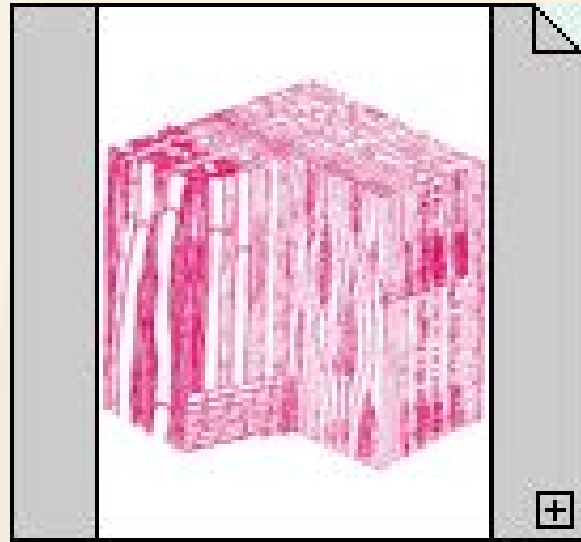




## 木材三切面

在横切面上可见射线的长和宽；  
在径切面上能见到射线的宽和高；在  
弦切面上可看到射线的长和高。

# 木材三切面



## (2) 裸子植物茎的特征

裸子植物的木质部一般只有管胞，没有导管，也无典型的木纤维；韧皮部没有筛管和伴胞，由筛胞、韧皮薄壁细胞和韧皮射线组成。

## 5. 单子叶植物茎的加粗

单子叶植物维管束鞘的里面为初生韧皮部和初生木质部，没有束中形成层，这种维管束称为有限维管束。

#### （四）根、茎维管组织的联系

根、茎的初生木质部和初生韧皮部的排列和初生木质部的成熟方式上均有不同，所以在根、茎交界处，维管组织必须不间断从一种形式转变为另一种形式才能使水从根运到茎。发生转变的过渡区一般在**下胚轴**。

#### 四、植物体内水分与溶质的运输

导管和管胞运输水分和无机盐，也运输一部分有机物；筛管和筛胞运输有机物的同时，也输导水分和无机盐。

## (一) 水分运输

### 1. 水分运输的途径

短距离通过共质体和质外体，长距离通过木质部。

土壤水分→根毛→皮层→内皮层→木质部薄壁细胞→茎的导管→叶脉导管→叶肉细胞→气孔下腔→气孔→大气。

## 2. 水分运输的动力

上端原动力：蒸腾拉力（主要动力）

下端原动力：根压

中间原动力：水分子间的内聚力及导管壁附着力。



## (二) 矿质元素的运输

### 1. 运输的形式

**N**: 主要以酰胺和氨基酸，少量以硝酸盐形式

**P**: 主要以磷酸盐形式，也可磷酸胆碱形式

**S**: 主要以硫酸根形式，少数以蛋氨酸形式

**金属离子形式**

## 2. 矿质元素运输的动力

根吸收的矿质元素进入导管后，由于蒸腾拉力和根压的驱动向上运输。

### 3. 影响离子在导管中运输速度的因素

(1) 阳离子价数

(2) 离子浓度

(3) 蒸腾速率

### (三) 同化物的运输

#### 1. 运输形式

在大多数植物中，**蔗糖**是糖的主要运输形式。

## 2. 运输方向和速度

同化物运输的方向：源 → 库。

**源 (source)**：制造或供应养料的器官。

**库 (sink)**：消耗或积累养料的器官。

营养生长阶段

生殖生长阶段

同化物运输的一般速度是**20~200 cm/h**。

不同植物、同一植物不同生育期的同化物运输速度存在差异。

### 3. 同化物运输的机理

**1927年Münch**提出解释韧皮部同化物运输的压力流动学说(**pressure flow hypothesis**)。

该学说的基本论点是，同化物在筛管内的运输是由源库两侧筛管-伴胞复合体内渗透作用所形成的**压力梯度**所驱动的。

同化物的装载（**loading**）和卸出（**unloading**）是一个消耗能量（**ATP**）的主动过程，需要载体的参与。





## 五、茎的起源与演化

自学

