

第三节 叶

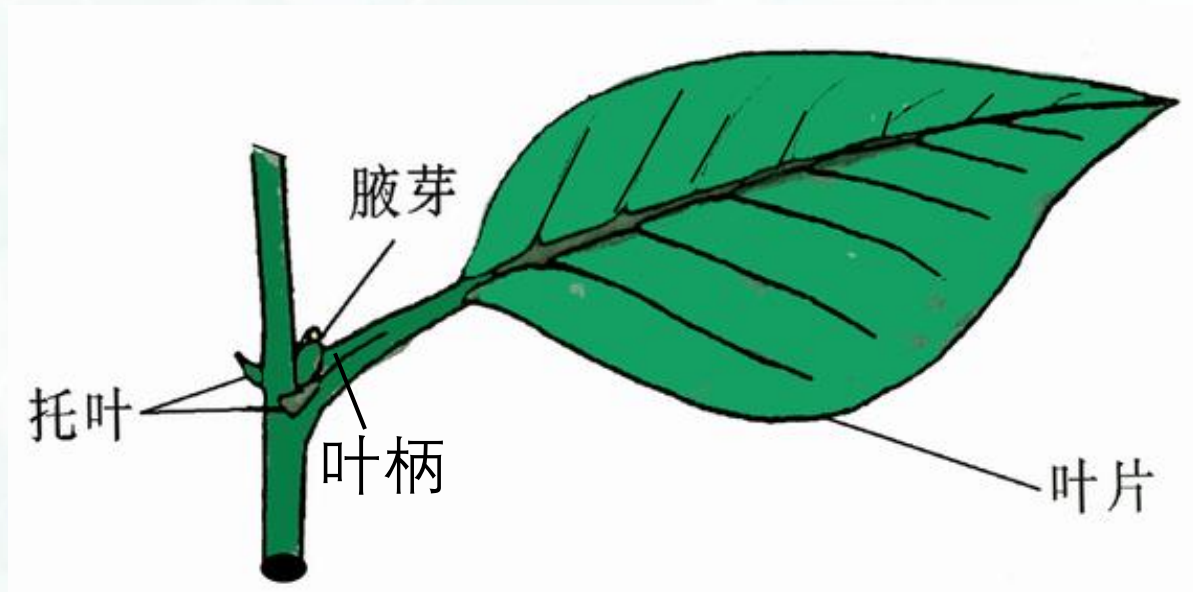
一、叶的生理功能

1. 叶的主要功能叶的主要生理功能是**光合作用和蒸腾作用**。
2. 叶的**特殊功能**：吸收，繁殖；有攀缘能力；贮藏器官；保护结构；捕捉与消化昆虫的捕捉器等。

二、叶的形态

(一) 叶的组成：叶片，叶柄和托叶三部分组成。

- 完全叶 (complete leaf)
- 不完全叶 (incomplete leaf)
- 叶状柄 (phyllode)
- 无柄叶 (sessile leaf)



完全叶：由**叶片**、**叶柄**和**托叶**三部分组成的叶。

不完全叶：缺少任何一部分或两部分的叶。



植物中缺叶片的叶较少见，但如**台湾相思**(*Acacia confusa*), 除**幼苗期**外，全树的叶不具叶片，只有扩展成叶片状的**叶柄**，这种叶柄称为**叶状柄**(phyllode)。



有的植物的叶没有叶柄，叶片直接生在茎上，称为**无柄叶** (sessile leaf)，如荠菜。


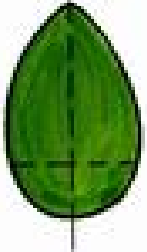



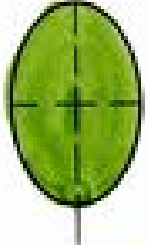





(二) 叶片的形态

1. 叶形、叶缘、叶尖、叶基

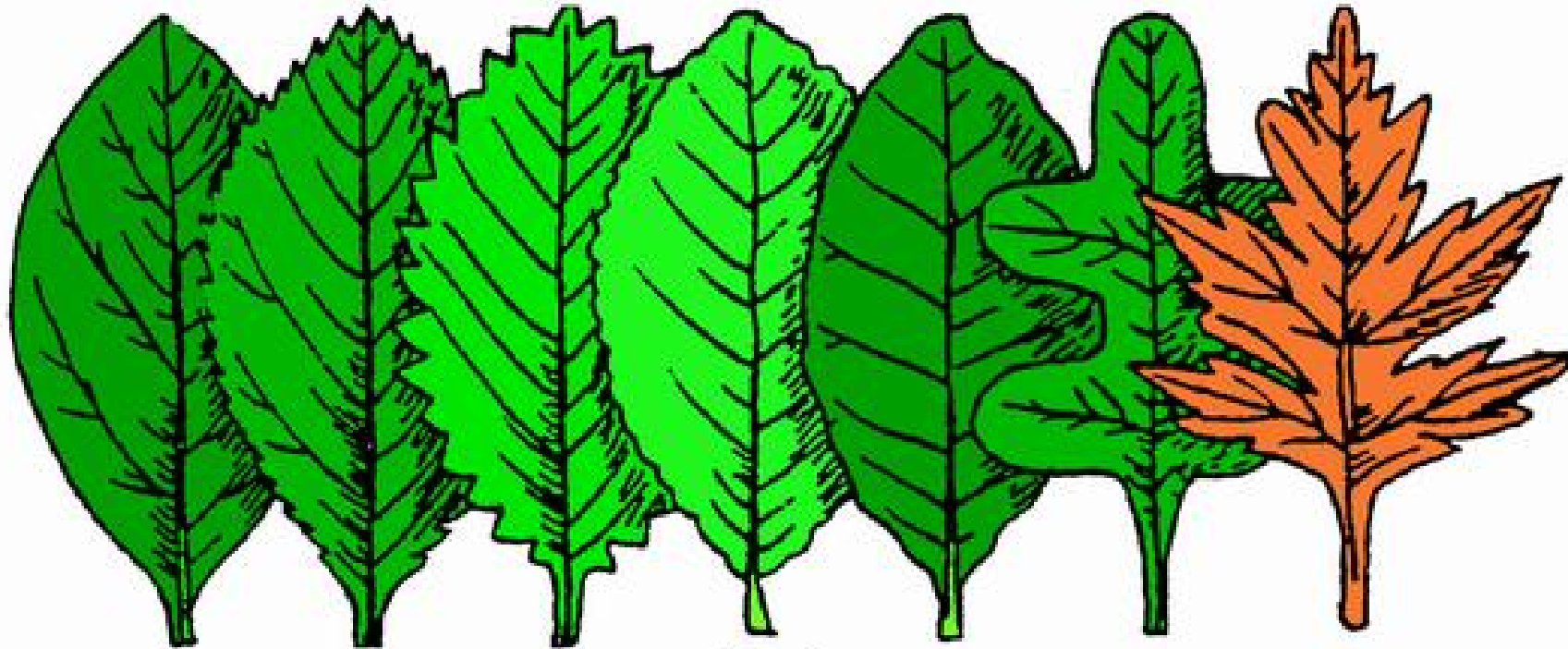
(1) 叶形：线形、披针形、椭圆形、卵形、菱形、心形、肾形等。

还常用“长”、“广”、“倒”加以形容。其他形状如圆形、扇形、三角形、剑形等。凡叶柄着生在叶片背面的中央或边缘内，均称其为盾形叶。

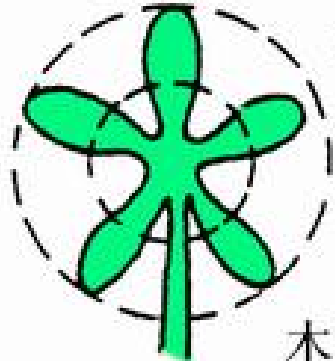
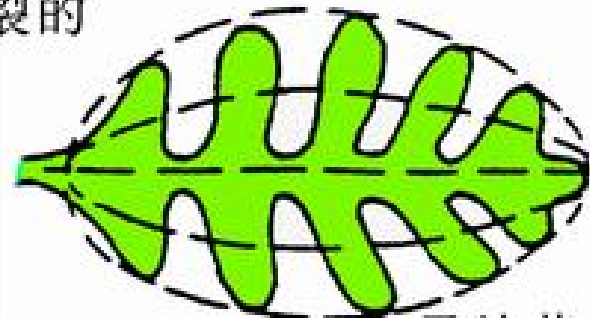

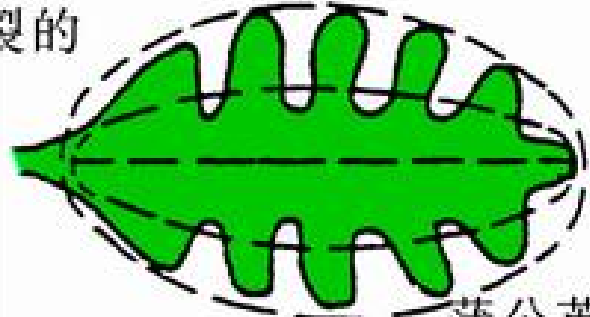

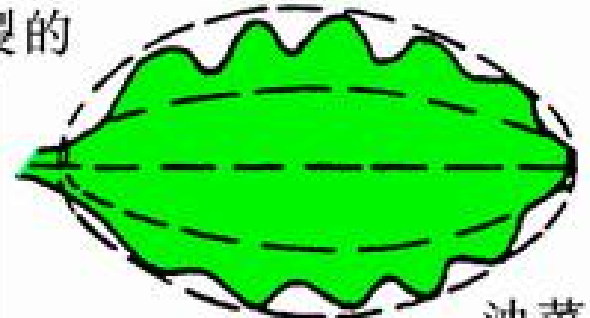
叶片的整体形状

		长宽相等 (或长比宽大得很少)	长是宽的 $1\frac{1}{2}$ ~2倍	长是宽的 3~4倍	长是宽的 5倍以上
依全形分	最宽处 近叶的 基部	阔卵形 	卵形 	披针形 	线形 
	最宽处 在叶的 中部	圆形 	阔椭圆形 	长椭圆形 	剑形 
	最宽处 在叶的 先端	倒阔卵形 	倒卵形 	倒披针形 	

(2) 叶缘：全缘；波状；齿状；缺刻：羽状缺刻和掌状缺刻，依裂入的深浅可分浅裂、深裂、全裂三种。



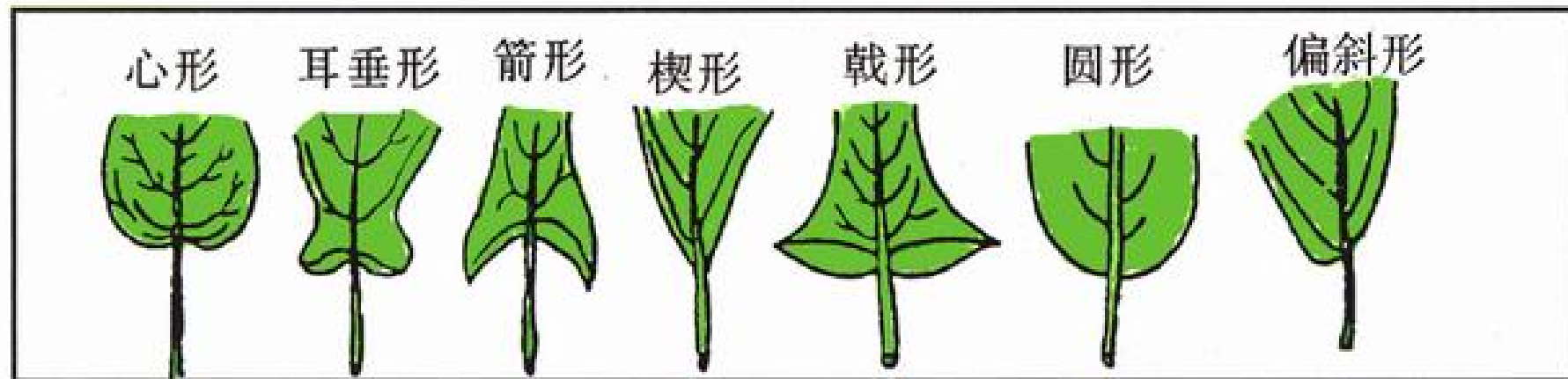
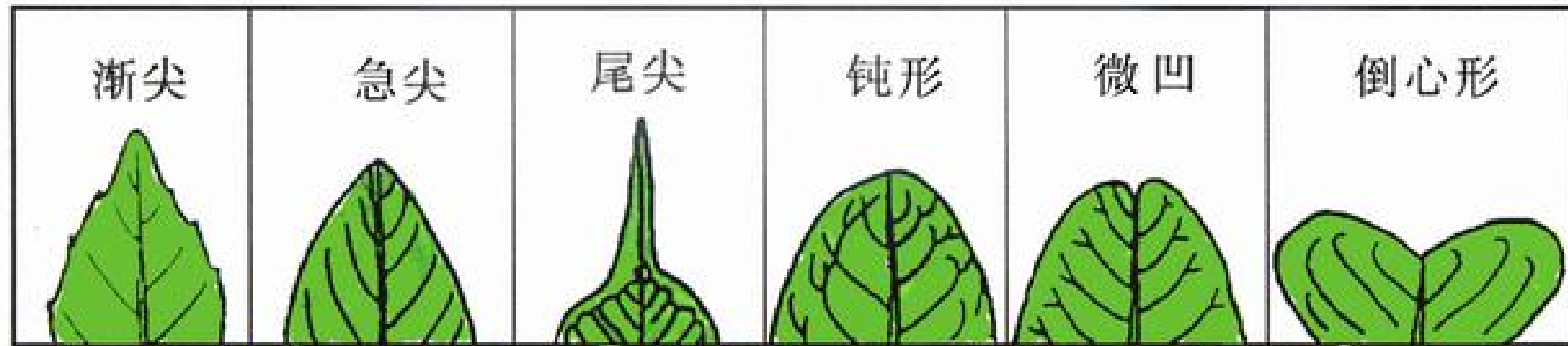
全缘 锯齿 牙齿 钝齿 波状 深裂 全裂
(齿端向外)

	掌 状	羽 状
全裂的 达基部	 <p>全裂的</p> <p>木薯</p>	 <p>马铃薯</p>
深裂的 深于半 个叶片 宽度的一 半	 <p>深裂的</p> <p>蓖麻</p>	 <p>蒲公英</p>
浅裂的 不到半 个叶片 宽度的一 半	 <p>浅裂的</p> <p>棉花</p>	 <p>油菜</p>

叶的缺刻类型

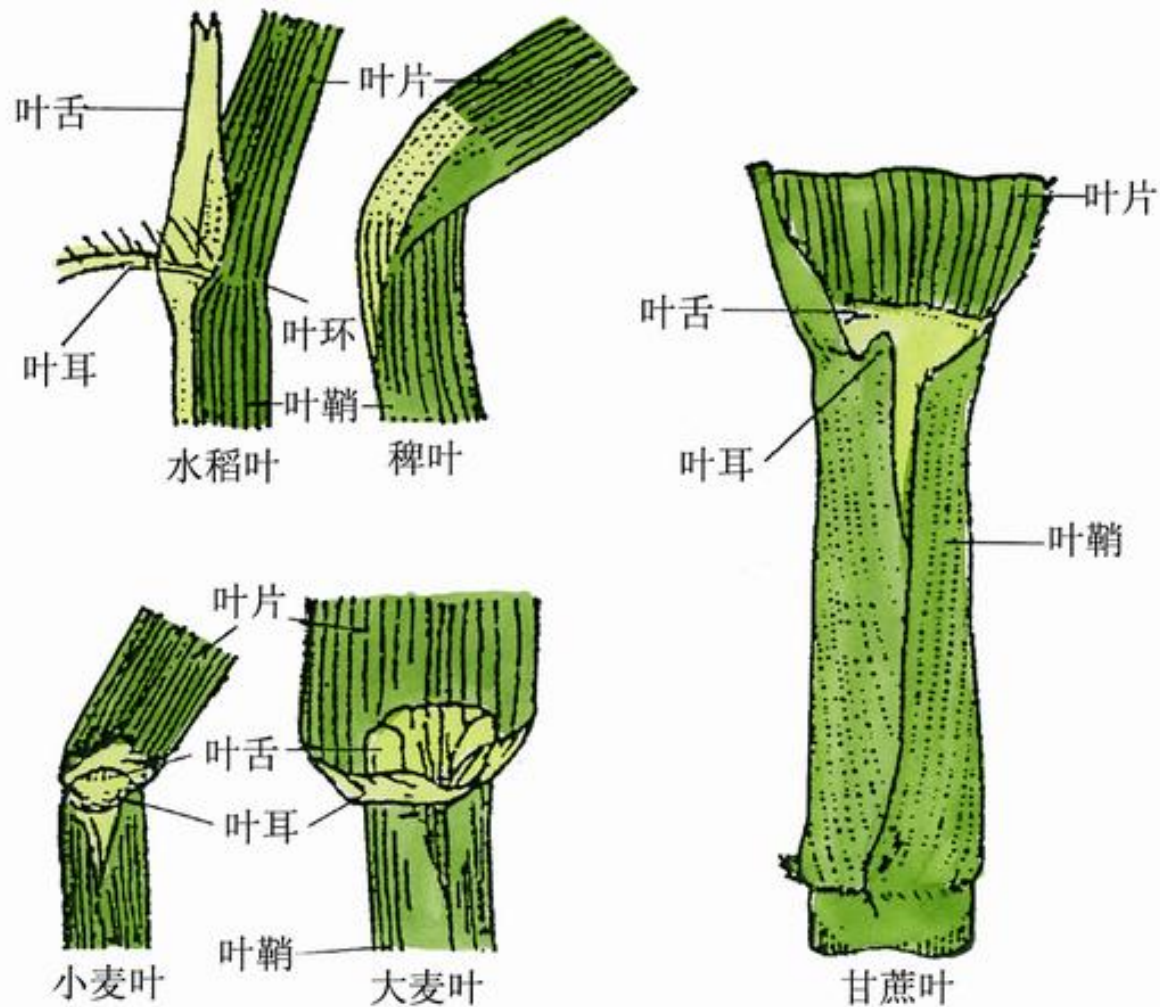
(3) 叶尖：渐尖；急尖；钝形；骤尖；截形；短尖；微凹；微缺；倒心形等。

(4) 叶基：心形；耳垂形；箭形；楔形；戟形；偏斜形等。



2. 禾本科植物的叶片

- 由叶片和叶鞘两部分。叶片和叶鞘相接处有叶舌，有的种类叶鞘上端的两侧与叶片相接处，突出成叶耳。



(三) 脉序

• 叶脉在叶片上的分布规律称为脉序。脉序主要有：

- 平行脉

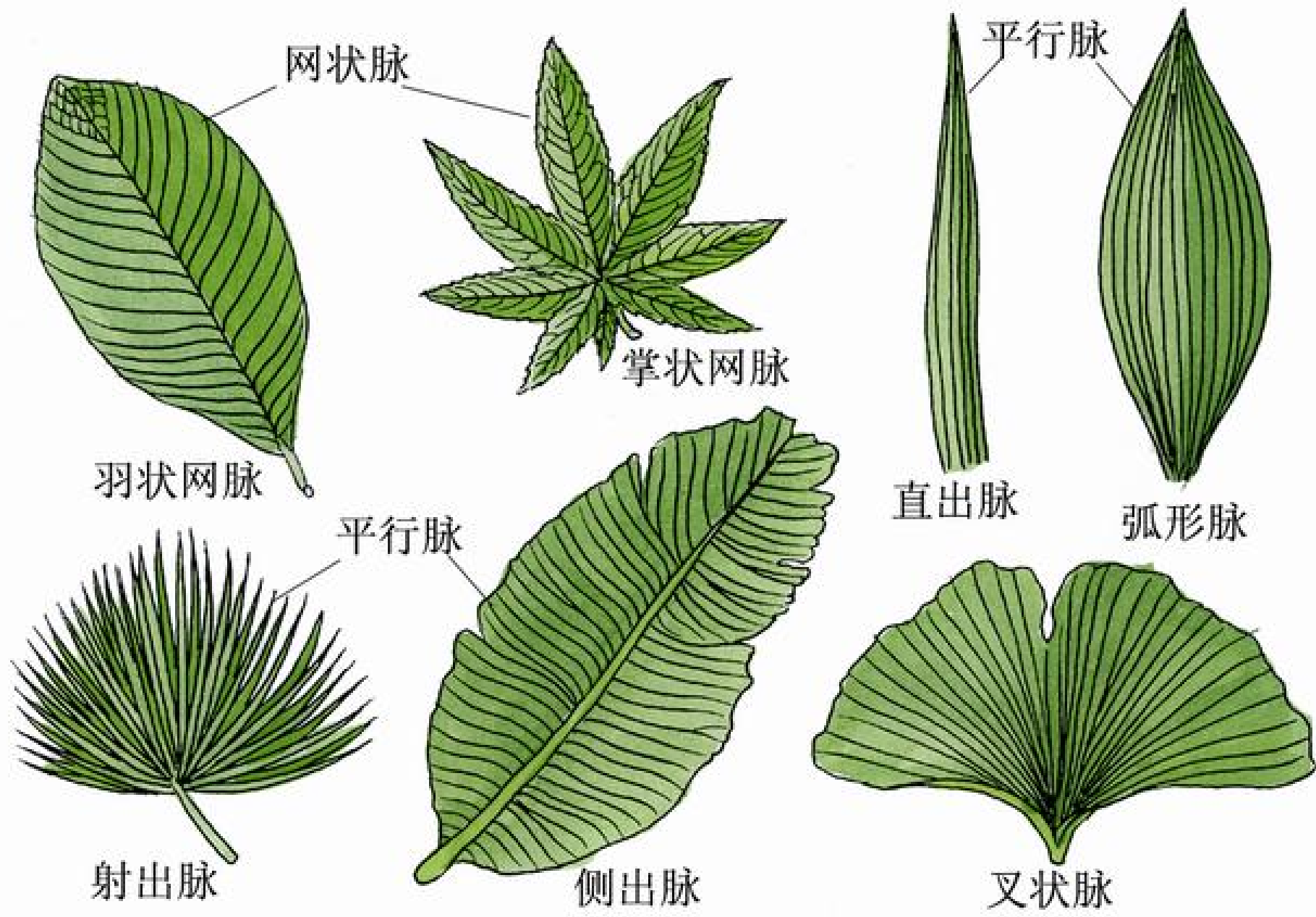
- 直出脉或直出平行脉
- 侧出脉或侧出平行脉
- 射出脉或辐射平行脉
- 弧形脉或弧状平行脉

- 网状脉

- 羽状网脉
- 掌状网脉

- 叉状脉

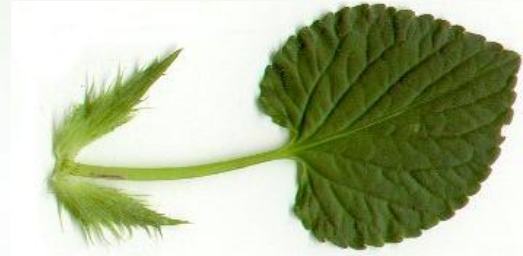
叶脉类型



(四) 单叶与复叶

- **单叶**: 在一个叶柄上生有一个叶片的叶。
- **复叶**: 在一个叶柄上生有多个小叶片的叶。复叶的叶柄称为叶轴或总叶柄，叶轴上着生叶称为小叶，小叶的叶柄称为小叶柄。

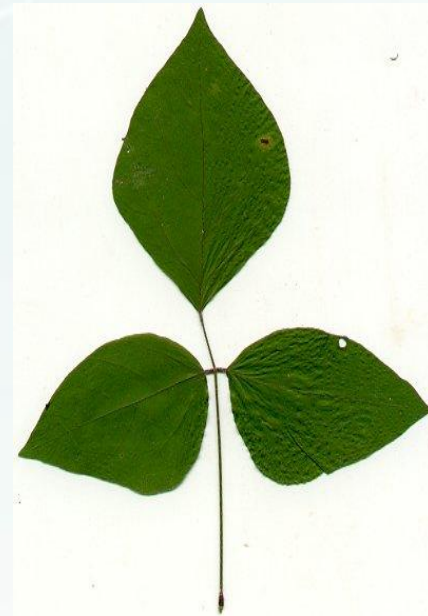
复叶为羽状复叶、掌状复叶和三出复叶。



Rosa multiflora
野蔷薇

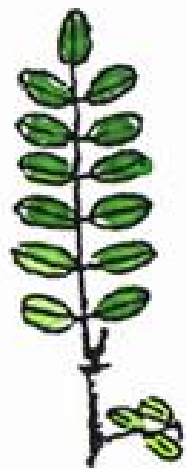


Lupinus 羽扇豆属

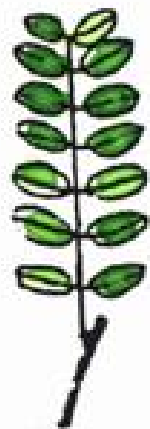


Desmodium pauciflorum
山蚂蝗

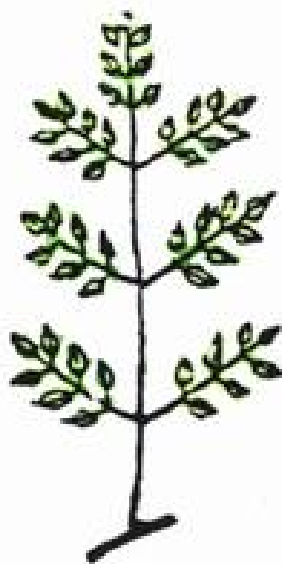
复叶的类型



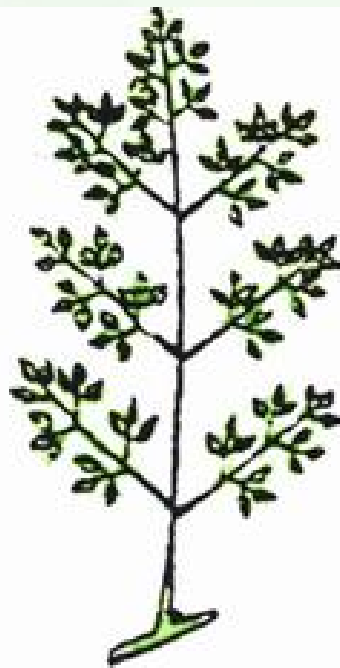
一回奇数羽状复叶



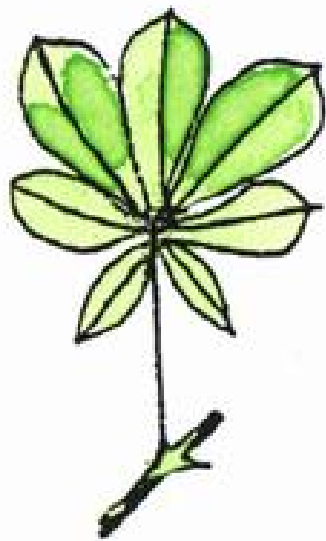
一回偶数羽状复叶



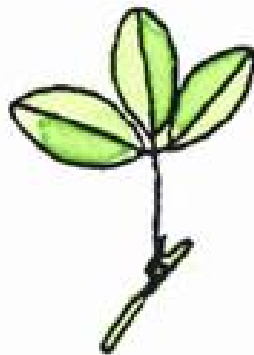
二回羽状复叶



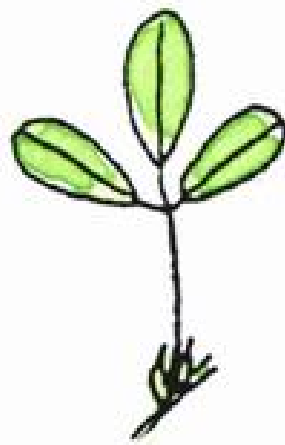
三回羽状复叶



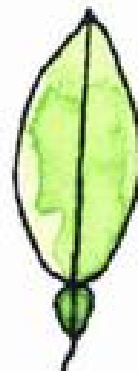
掌状复叶



三出掌状复叶



三出羽状复叶



单身复叶



单身复叶：还有一种形态特殊的复叶，外形像单叶，是三出复叶两个侧生小叶退化。

总叶轴与顶生小叶连接处有**关节**，如**柑桔**、**橙**的叶。



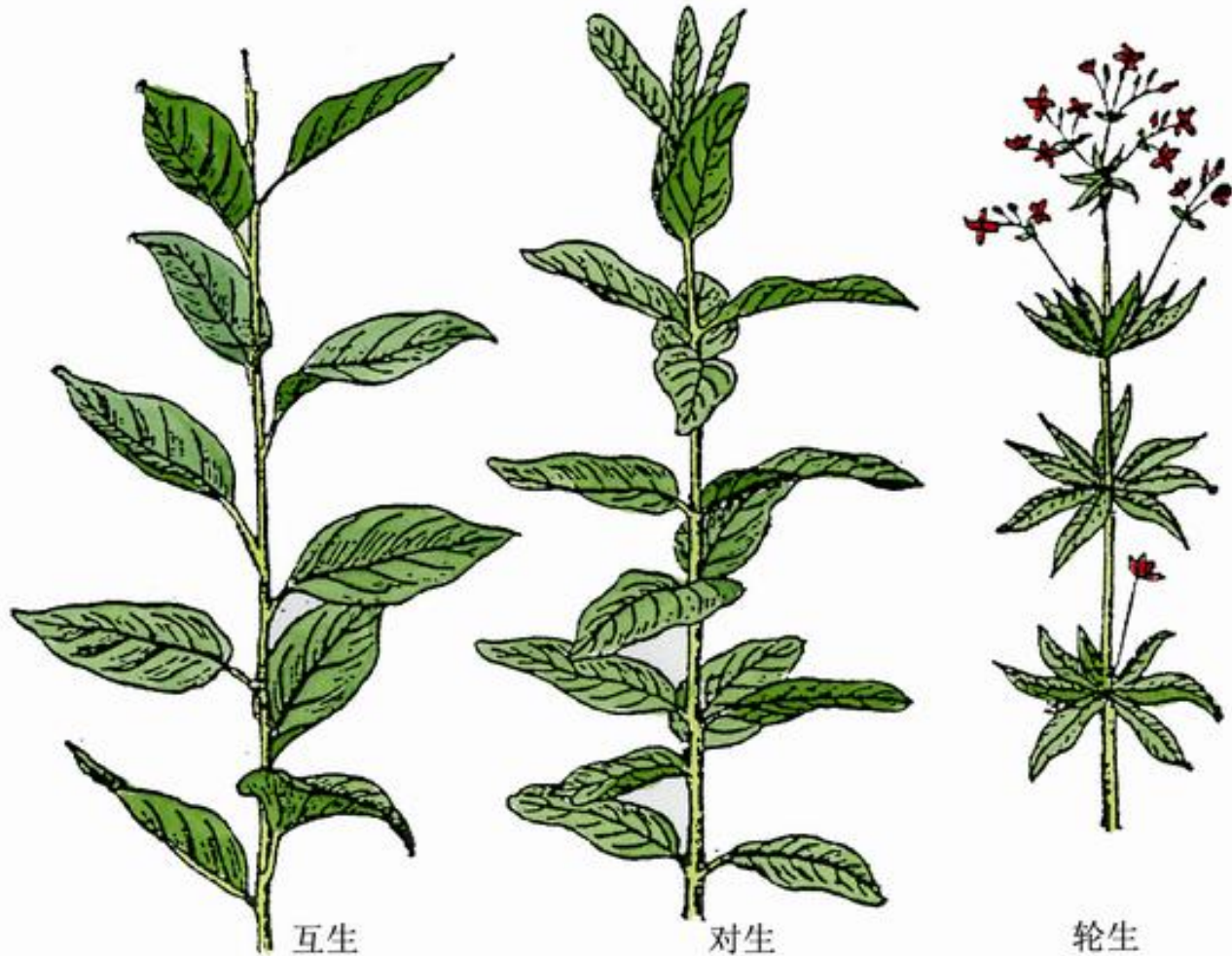
• 单叶与复叶可从下列几个方面来鉴别：

- ① 单叶的叶腋处有腋芽，复叶的小叶叶腋处无腋芽；
- ② 单叶所着生的小枝顶端具芽，复叶的叶轴顶端没有芽；
- ③ 单叶在小枝上排成各种叶序，复叶叶轴上的小叶与叶轴成一平面；
- ④ 落叶时，单叶叶片与叶柄同时脱落，而复叶常为小叶先落，叶轴后落；
- ⑤ 单叶叶柄基部有托叶(有托叶的类型)，复叶的小叶柄处常无托叶。

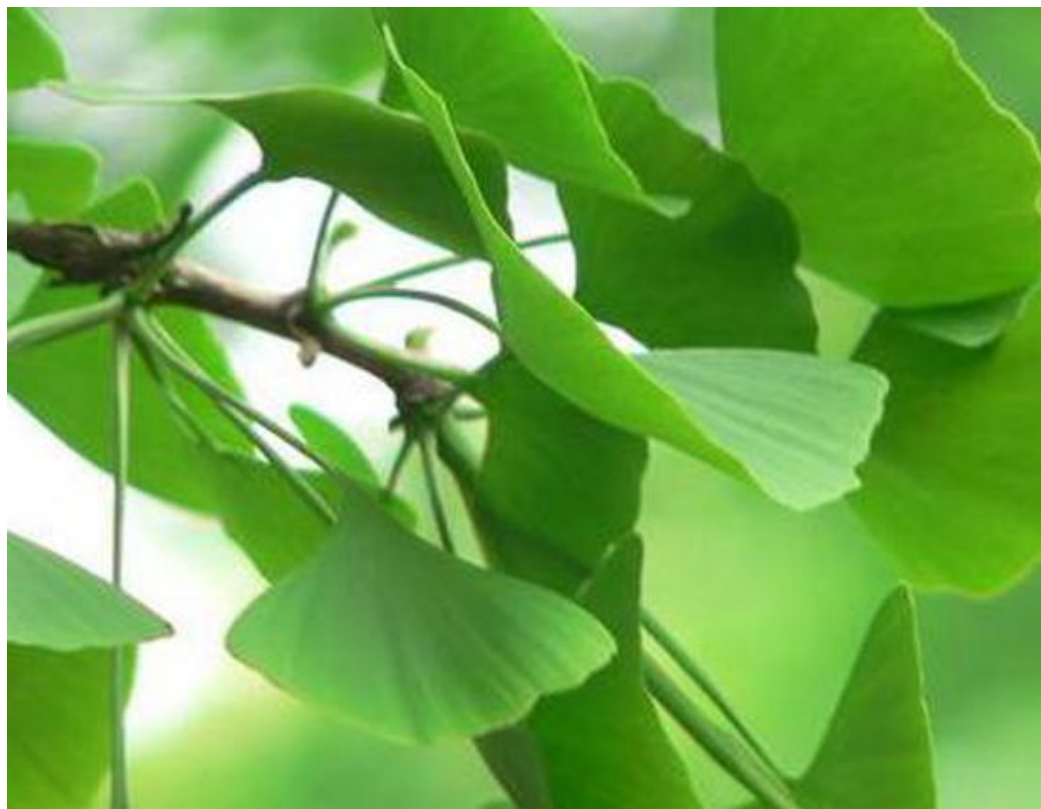
(五)叶序和叶镶嵌

1. 叶序：叶在茎上的排列方式称为叶序。有三种基本类型：

- 互生
- 对生
- 轮生
 - 簇生叶序
 - 叶基生



簇生叶序：尚有枝的**节间短缩**密接，**叶在短枝上成簇生出**。如银杏、枸杞、落叶松等。

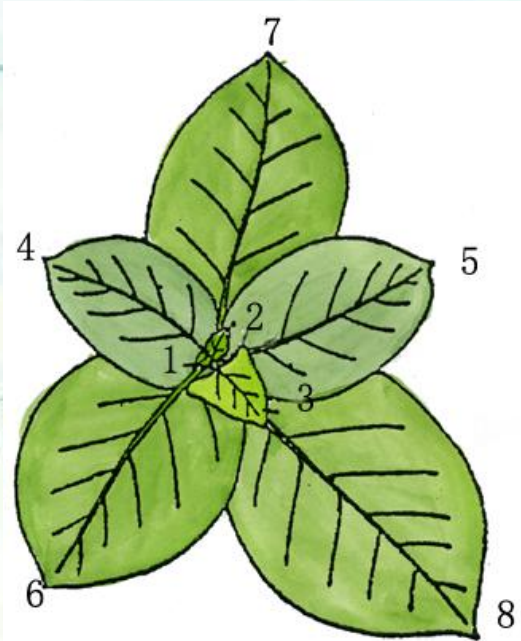


Ginkgo biloba L. 银杏



落叶松属

2. **叶镶嵌**：枝条上部叶的叶柄较短，下部叶的叶柄较长，同时各节叶着生的方向不同，使同一枝条上的叶不致互相遮盖，称为叶镶嵌。



Parthenocissus tricuspidata

爬山虎

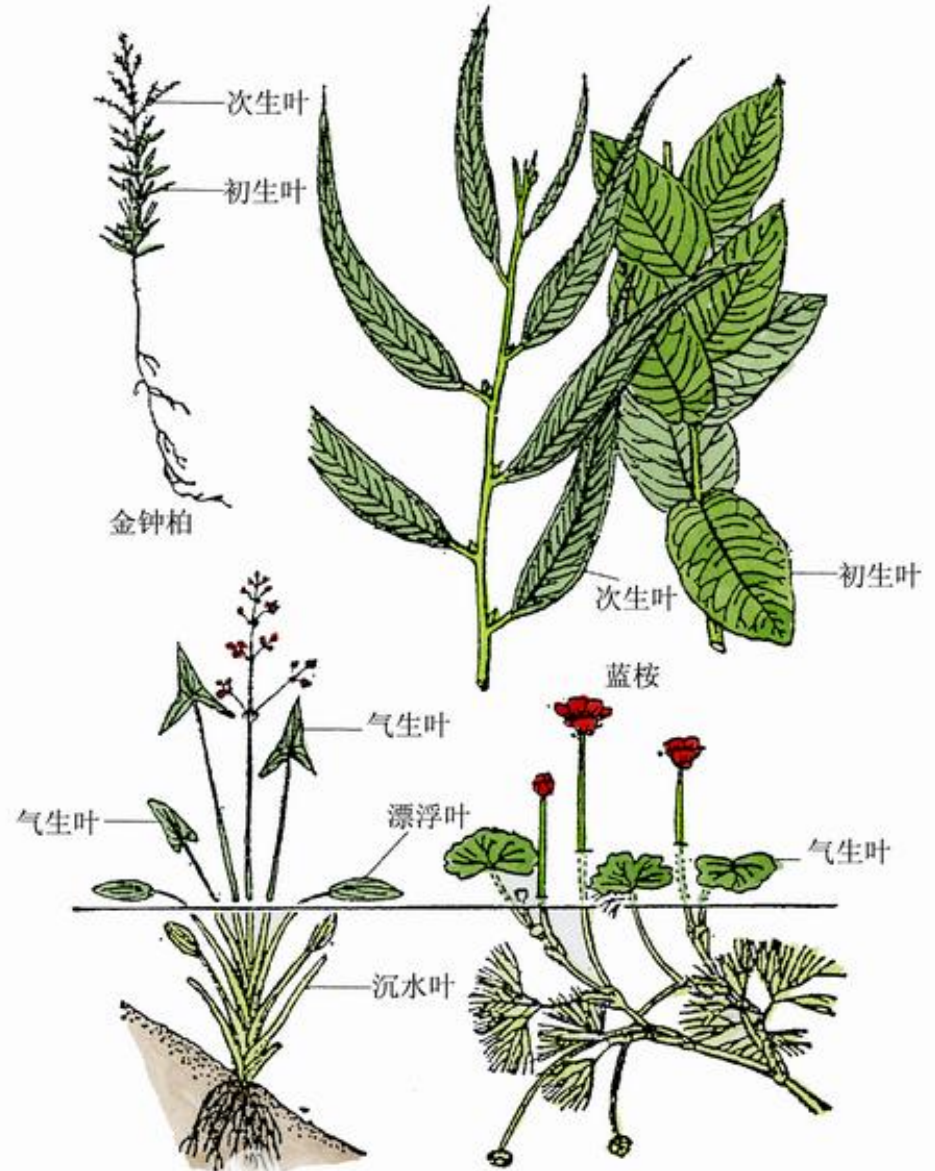


Plantago asiatica L.

车前

(六) 异形叶性：在一个植株上具有明显不同形状的叶。

- **进化的**异形叶性：与**发育年龄**有关
- **生态的**异形叶性：由**生态环境**引起



金缕梅科半枫荷的异型叶性



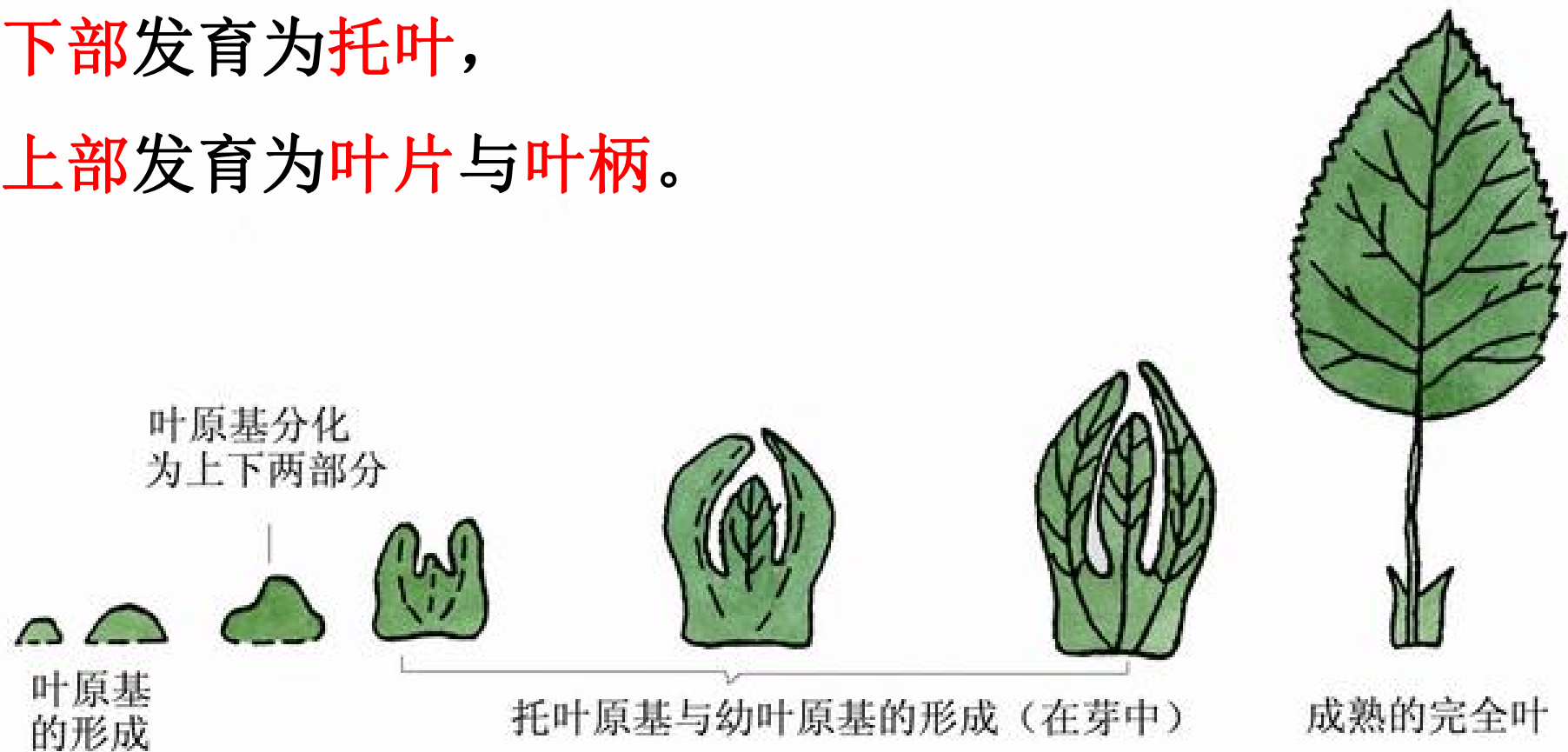
三、叶的起源和发育（了解）

叶由**叶原基**发育形成。

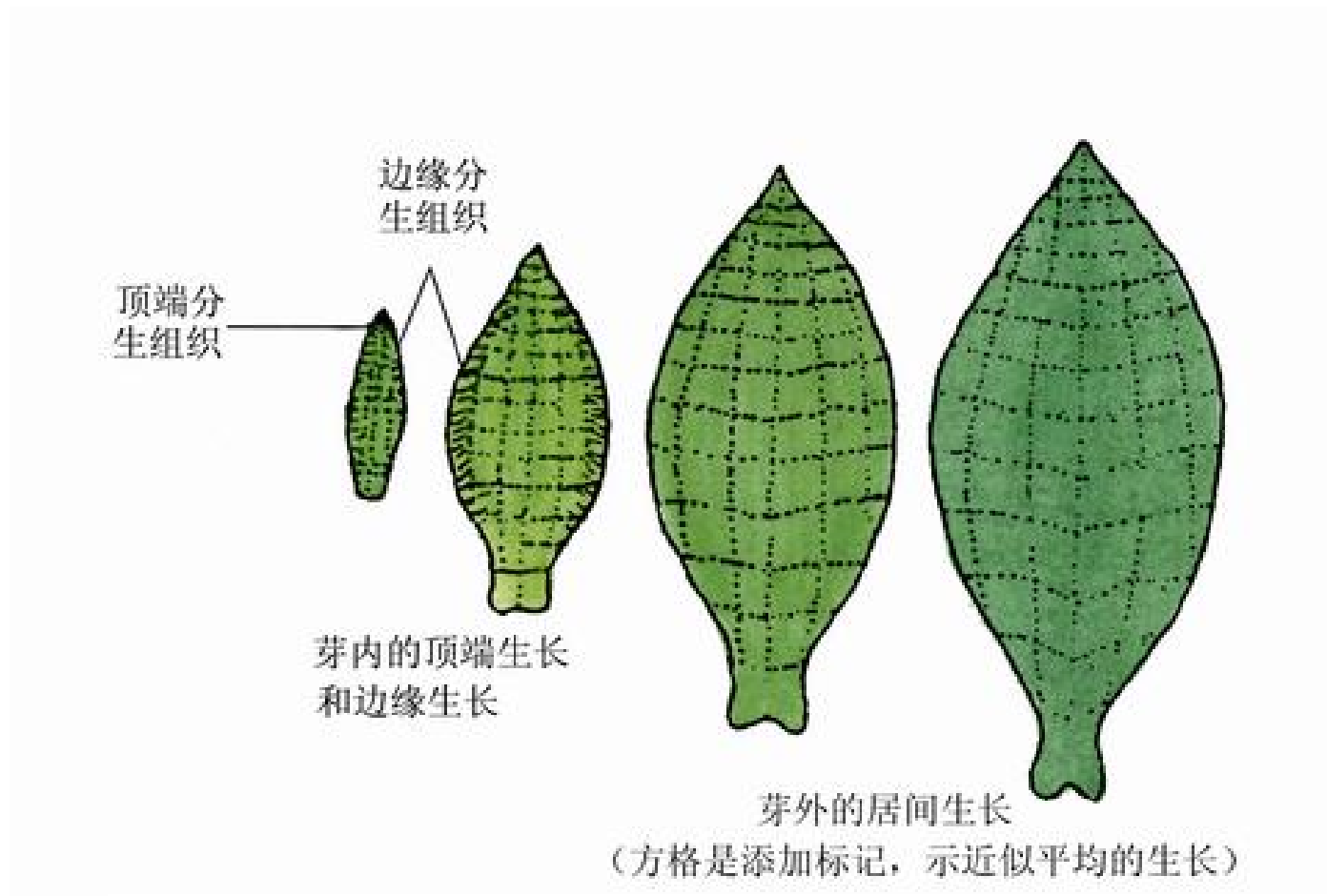
叶原基发生于**茎尖生长锥**的**侧面**，一般由表面的几层细胞分裂形成最初的**突起**，接着向长、宽、厚三个方向生长。这种起源方式称为**外起源**。



叶原基形成后，接着
下部发育为托叶，
上部发育为叶片与叶柄。



完全叶形成过程



烟草叶的发育

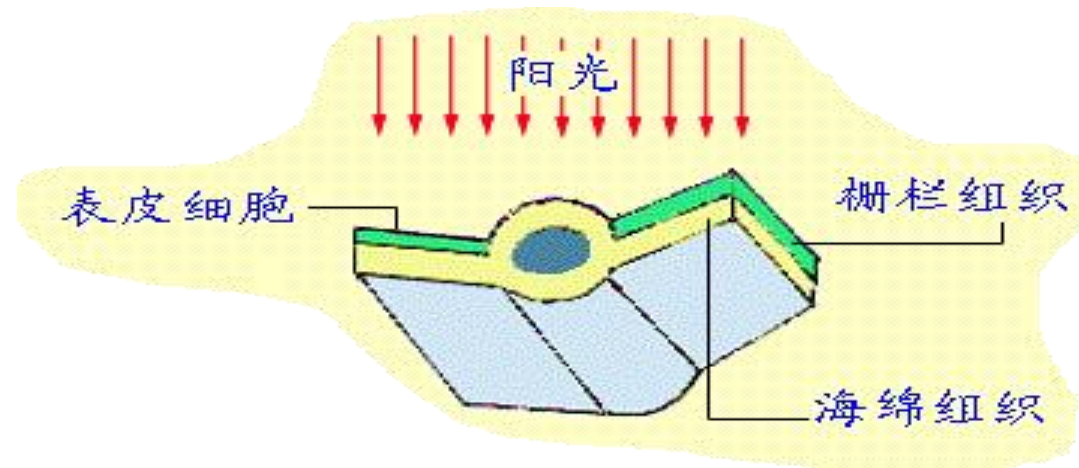
叶原基经**顶端生长**形成**叶轴** (未分化的叶柄和叶片),
经**边缘生长**产生**叶片和叶柄**、**托叶** (叶轴基部),
最后经**居间生长**完成叶的发育生长。

四、叶的结构

4.1 双子叶植物叶的一般结构

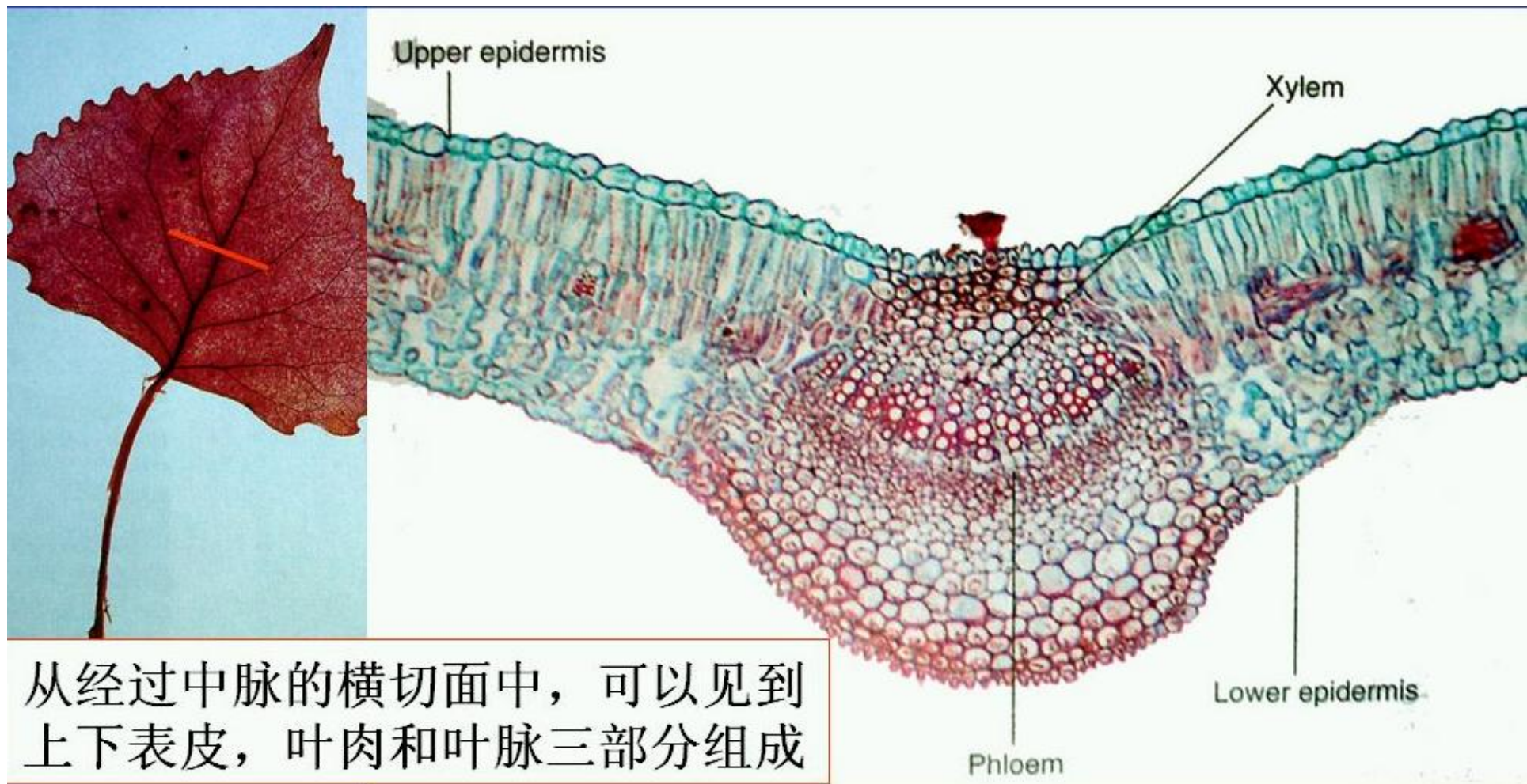
4.2 禾本科植物叶片的结构特点

4.3 松属针叶的结构



4.1

双子叶植物叶的一般结构



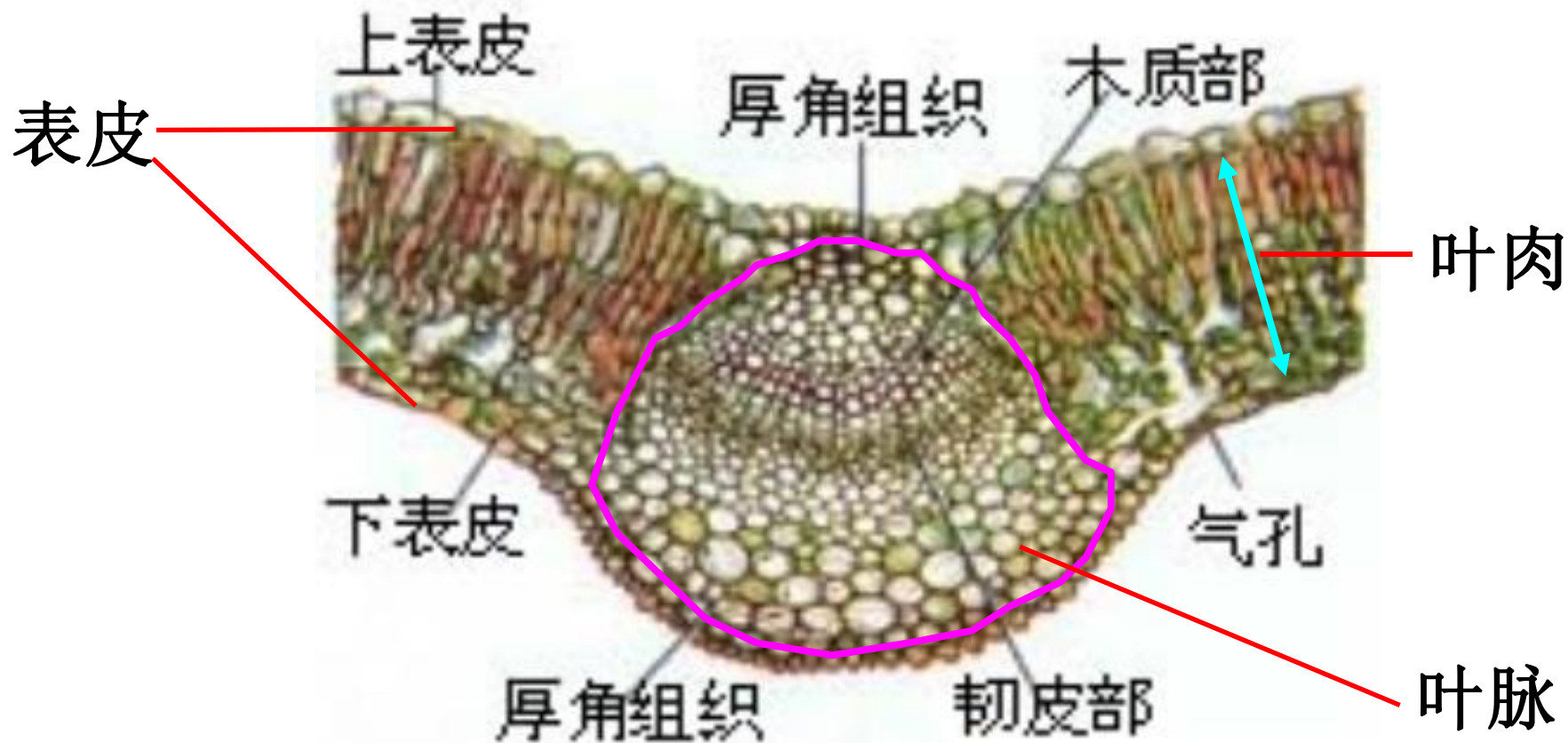
从经过中脉的横切面中，可以见到上下表皮，叶肉和叶脉三部分组成

4.1 双子叶植物叶的一般结构

被子植物叶的一般结构 (两面叶或异面叶、等面叶)

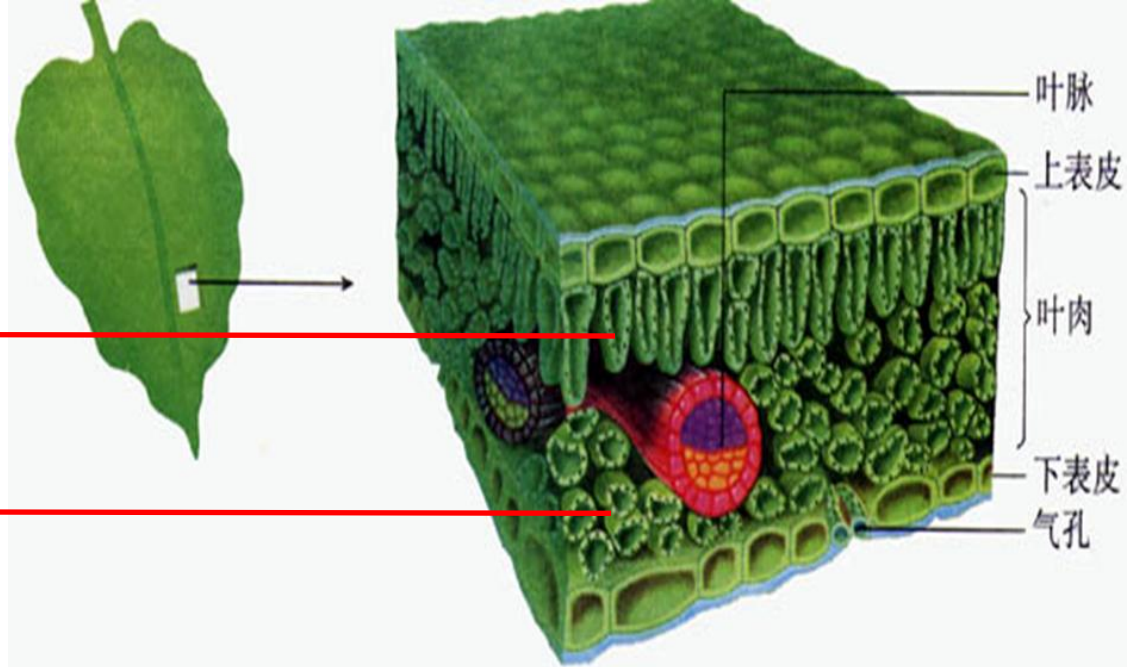
1、叶片的结构:

分为表皮、叶肉、叶脉三部分。

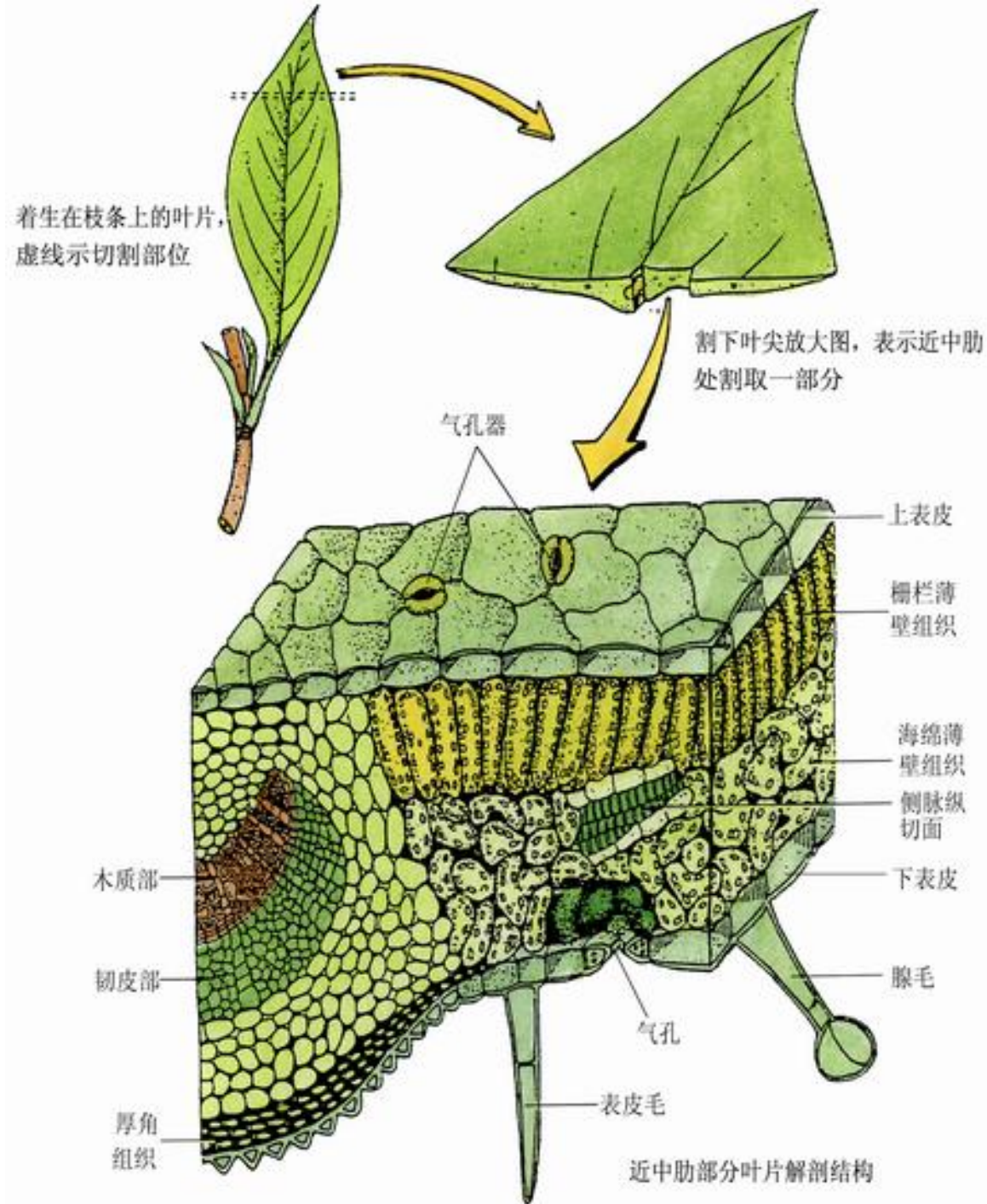


表皮
 叶肉
 叶脉

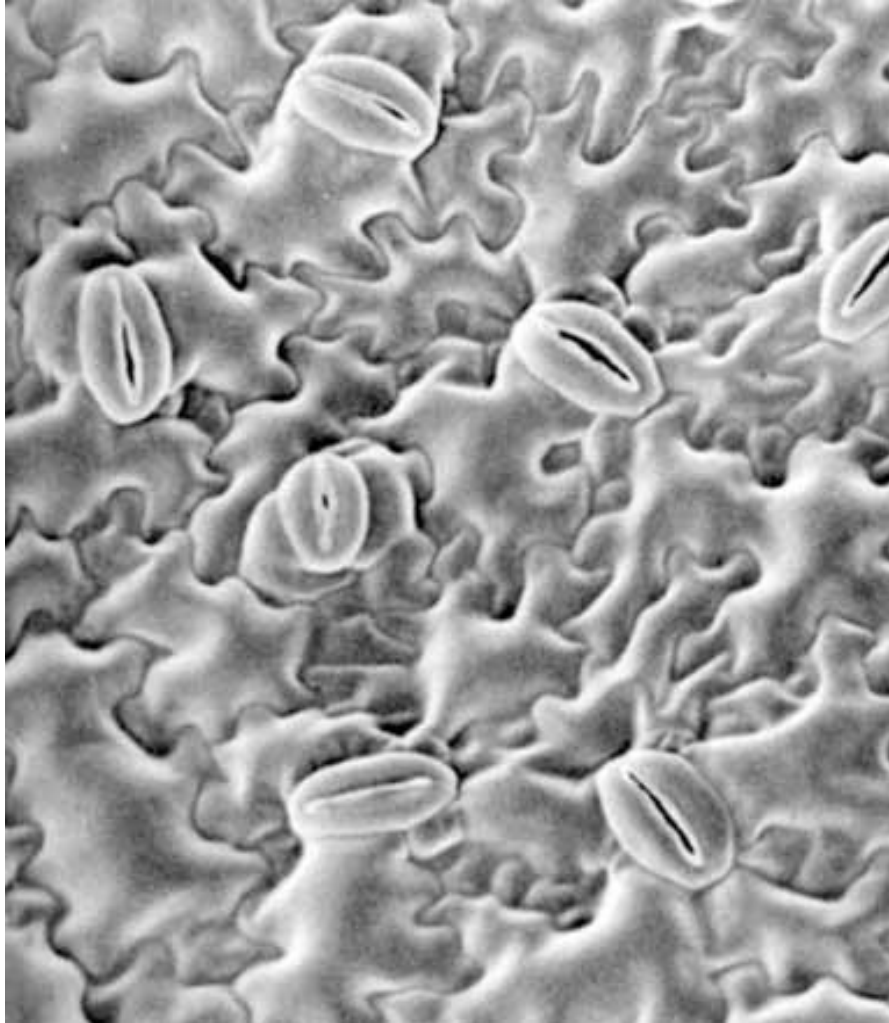
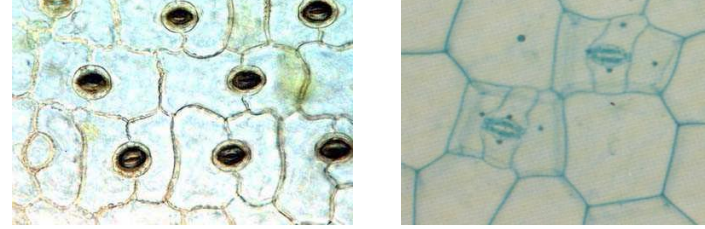
栅栏组织
 海绵组织



双子叶植物叶的解剖



(1) 表皮



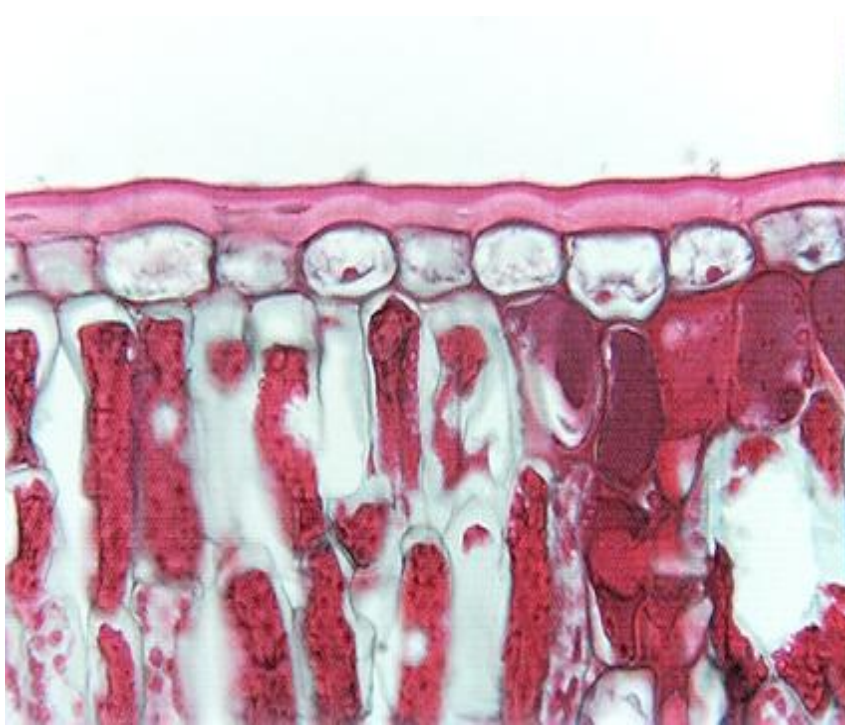
马铃薯叶表皮

叶表面的**初生保护组织**，由**表皮细胞**、**气孔器**和**表皮毛**等附属物组成。

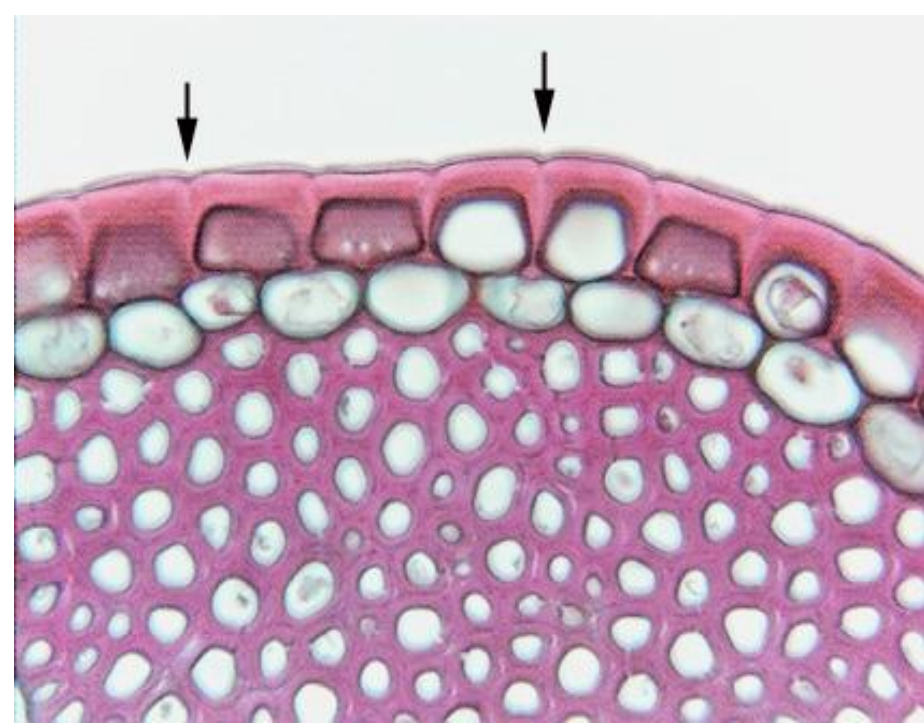
(1)**表皮细胞**占的份量最大，其外壁角质化，并形成**角质层**，

(2)**气孔器**由一对**肾形保卫细胞**组成，有的植物在保卫细胞外侧还有**副卫细胞**，

(3)**表皮毛**：形状和结构多样化，生理功能也呈多样性。

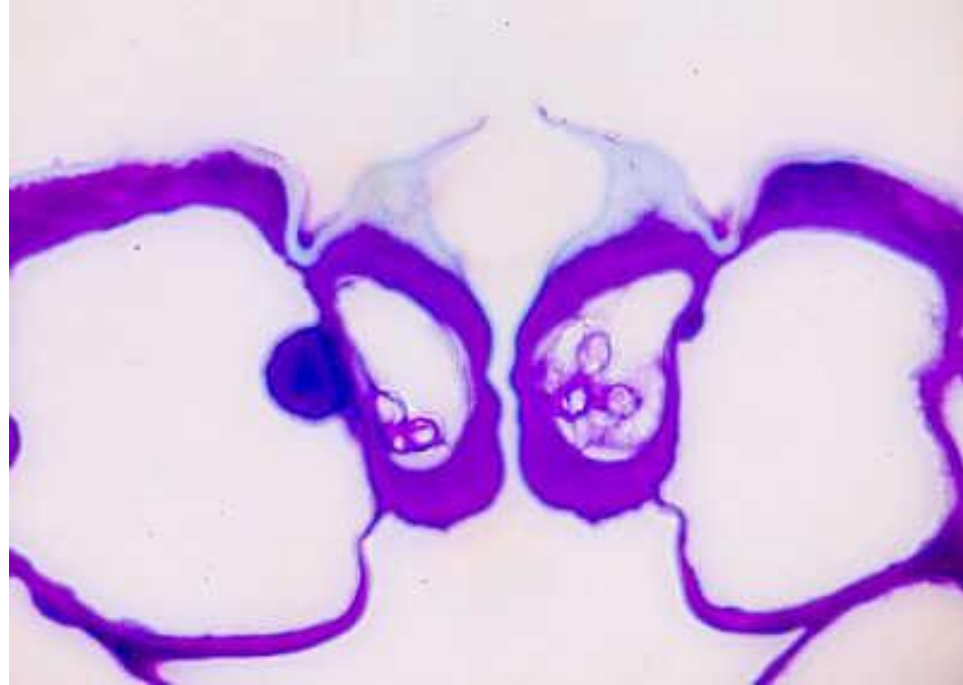


Bearberry (桃)



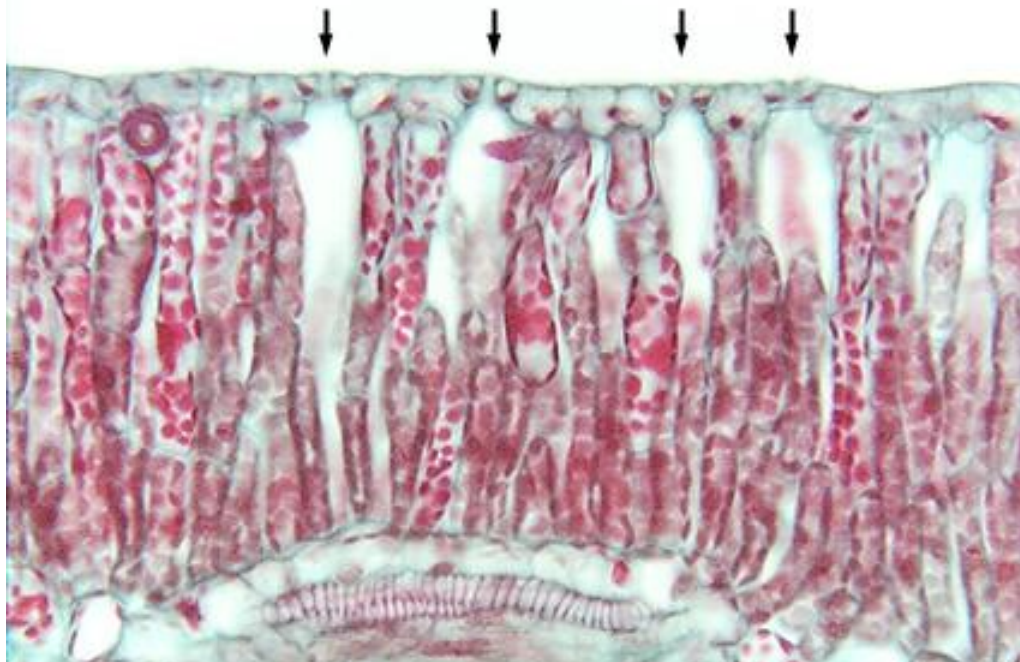
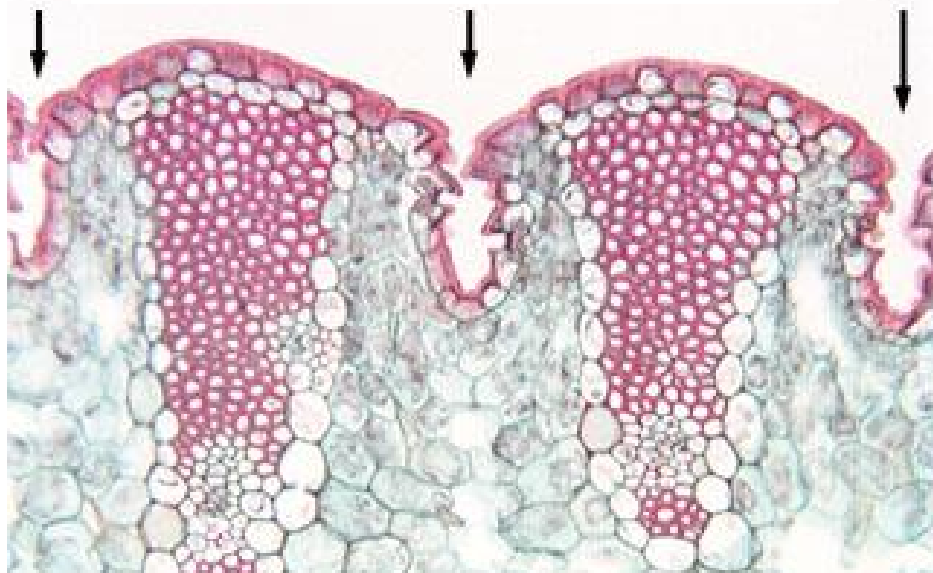
Yucca (丝兰)

表皮在**横切面上**则成方形或长方形，外壁较厚，角质化，并具**角质层**，有的还具有**蜡被**，角质层**节制蒸腾**、**与防御病菌或异物侵入**。上表皮角质层一般较下表皮的厚。

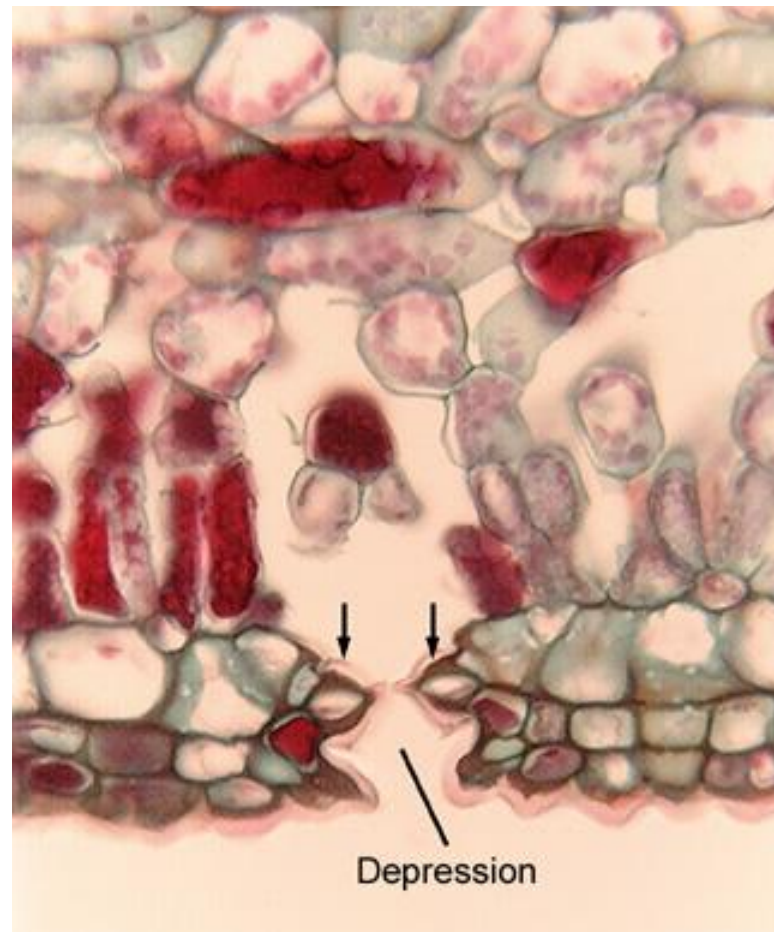


双子叶植物气孔由两个**肾形**的保卫细胞组成，保卫细胞是**生活的**，含有**叶绿体**，两保卫细胞相邻处略凹陷，成为**气孔**。

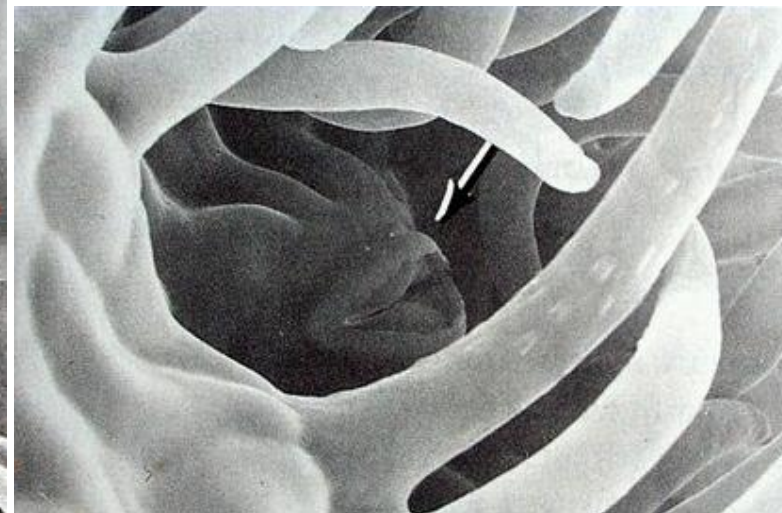
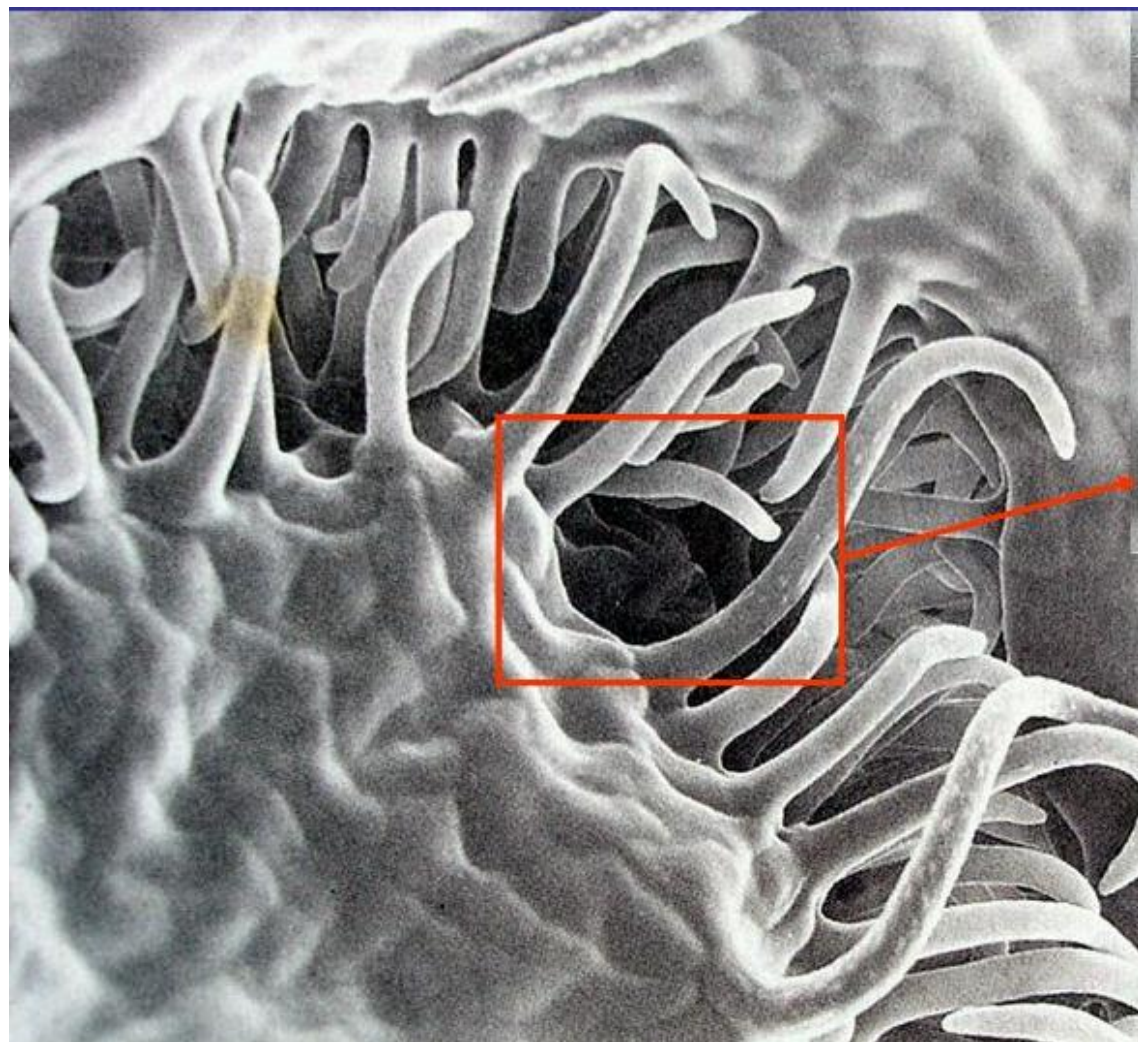
丝兰：旱生植物气孔道



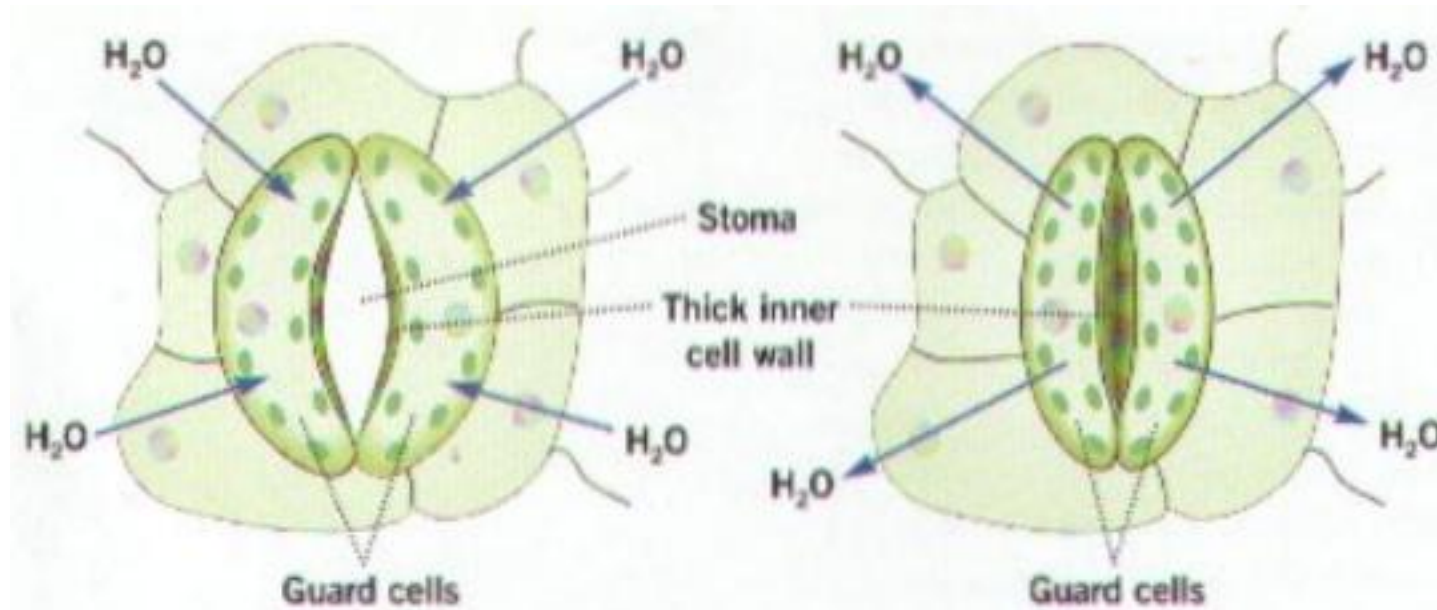
睡莲 只有上表皮有气孔



无花果下沉气孔

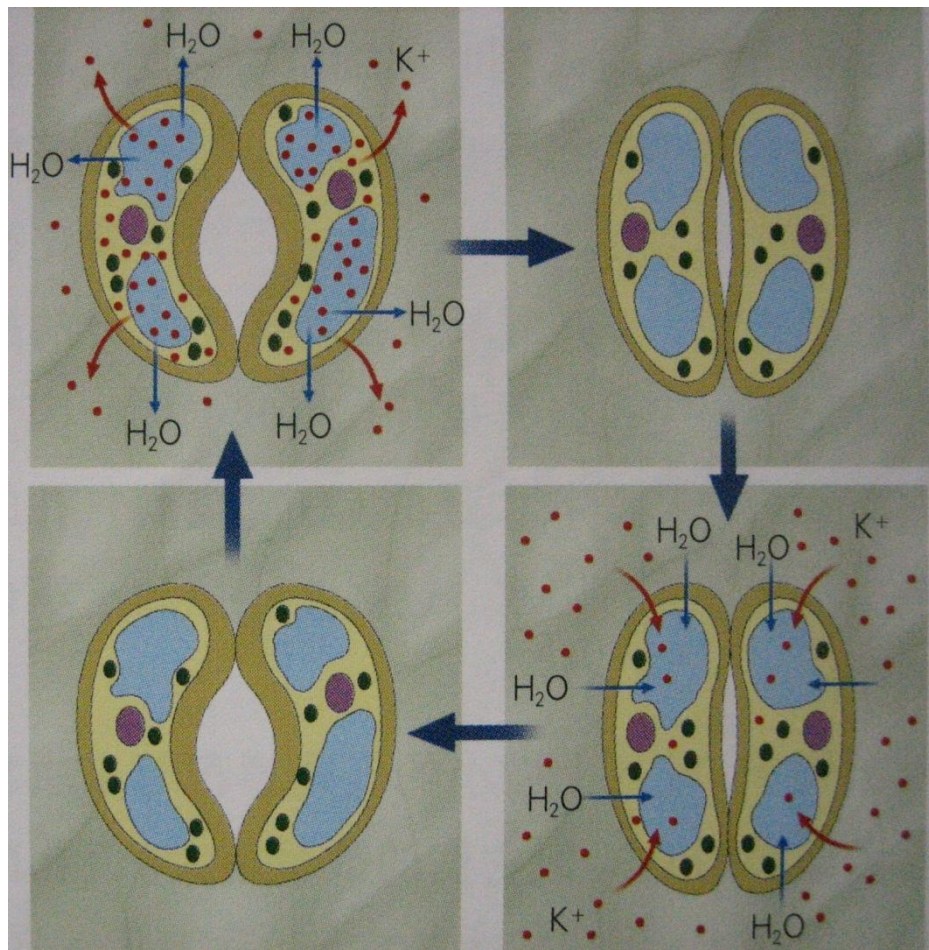


SEM扫描电镜下的夹竹桃气孔穴



保卫细胞虽然也是由**原表皮细胞**分裂分化而来，但形成后和一般的表皮细胞迥然不同。

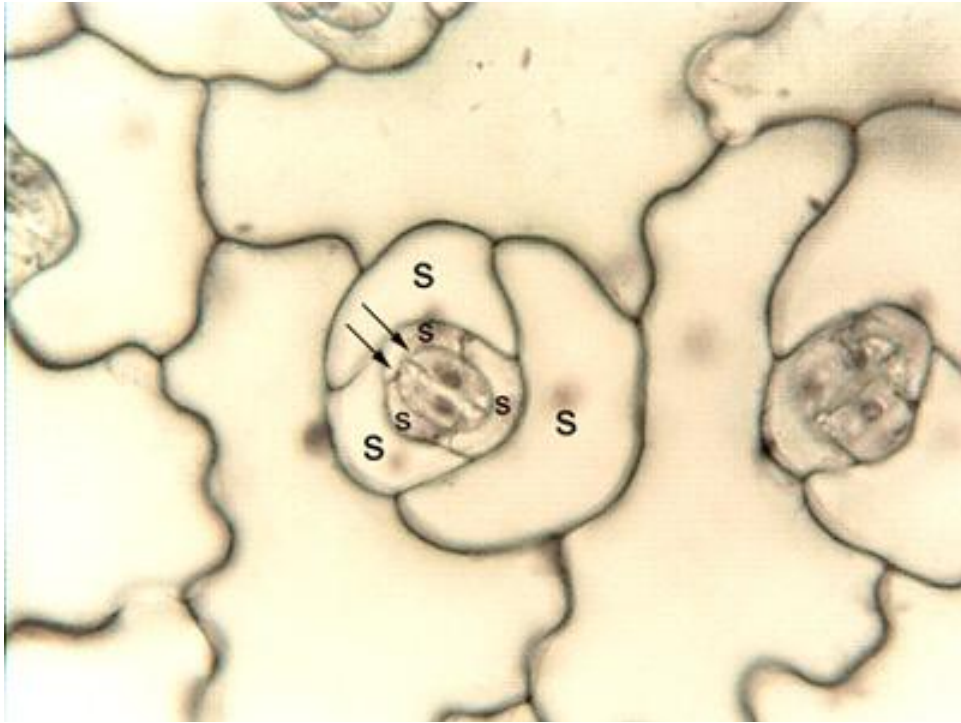
保卫细胞**细胞壁增厚情况特殊**，在和表皮细胞相连的一面，细胞壁较薄，其余各方的细胞壁都比较厚。



保卫细胞**充水膨大**时，向表皮细胞**的一方弯曲**，**气孔张开**。

保卫细胞**失水**时，膨压降低，紧张的状态不再存在，保卫细胞恢复原来状态，**气孔关闭**。

气孔结构和开关机理



sedum景天

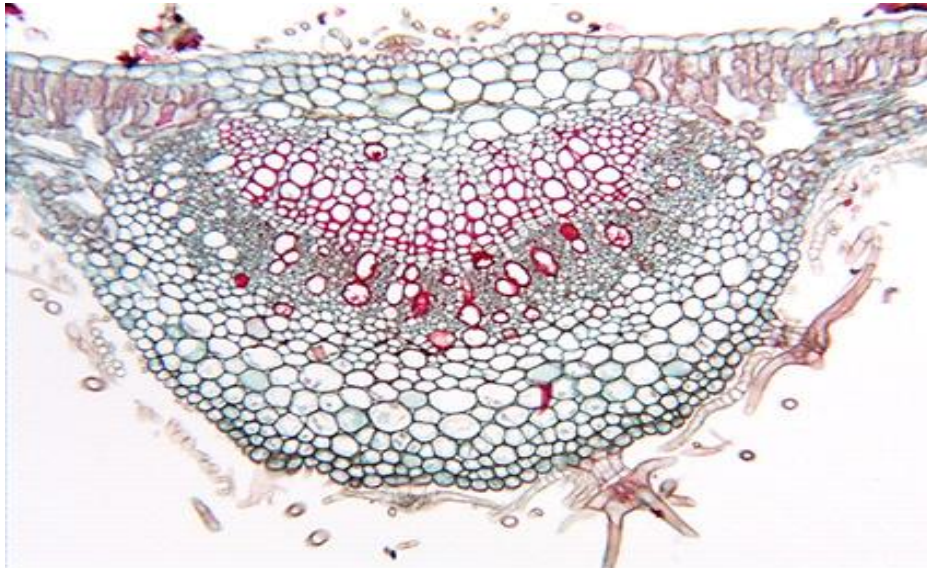


Hakea suaveolens 哈克属植物

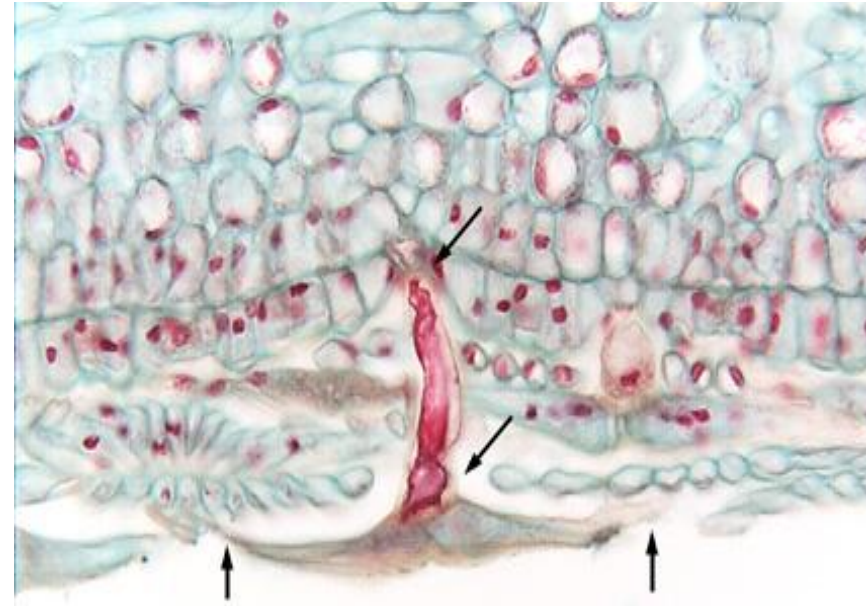
有些植物气孔，在保卫细胞**四周**还有一个或多个与表皮细胞形状不同的细胞，叫**副卫细胞** (subsidiary cell)。

副卫细胞常有一定的形状和排列方式，视植物种类而定。

表皮毛



Oleaster 沙枣
分枝表皮毛



Olea purpurea 紫竹
盾状表皮毛

叶表皮上可能着生单一或多种类型的表皮毛

各种非腺毛



单细胞线状毛

多细胞线状毛

豆科



丁字毛

鳞毛

种缨



乳突

星状毛

分枝毛

冠毛

螫毛

锦葵科

(2) 叶肉 (mesophyll)

叶肉细胞位于上、下表皮之间，

叶肉由基本分生组织发育而来，由含大量叶绿体的薄壁细胞 (包括栅栏组织和海绵组织，是同化组织) 组成，

叶肉细胞是植物进行光合作用的主要部分。

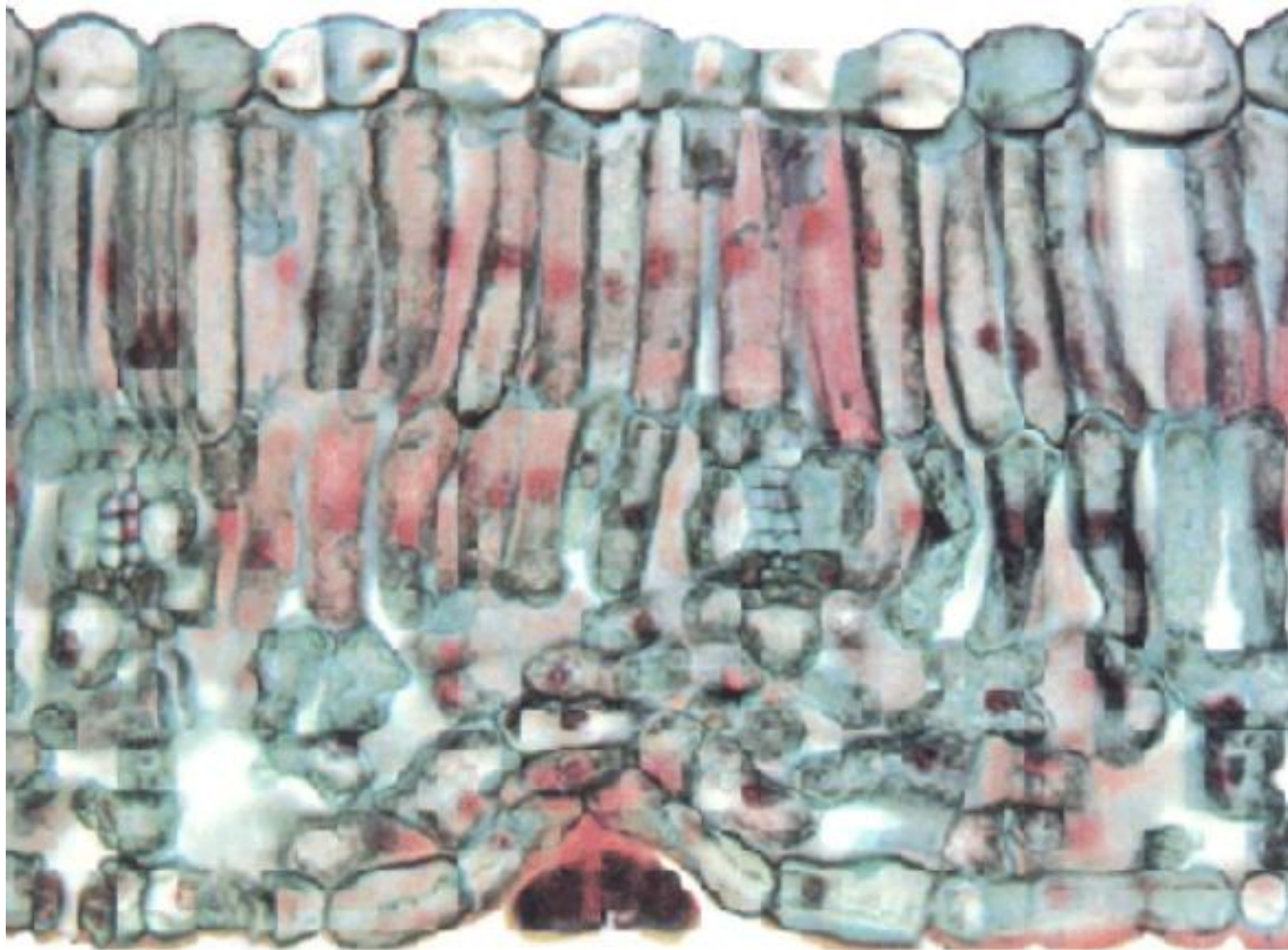
根据叶肉分化情况，可分为**背腹叶**和**等面叶**。

- **背腹叶**：叶肉分化为**栅栏组织**和**海绵组织**
栅栏组织近上表皮，含叶绿体多；
海绵组织近下表皮，排列较疏松，细胞含叶绿体少。
- **等面叶**：叶肉**不分化**为**栅栏组织**和**海绵组织**，
或上、下表皮**内侧**均有**栅栏组织**，**中部**为**海绵组织**。



Syringa丁香

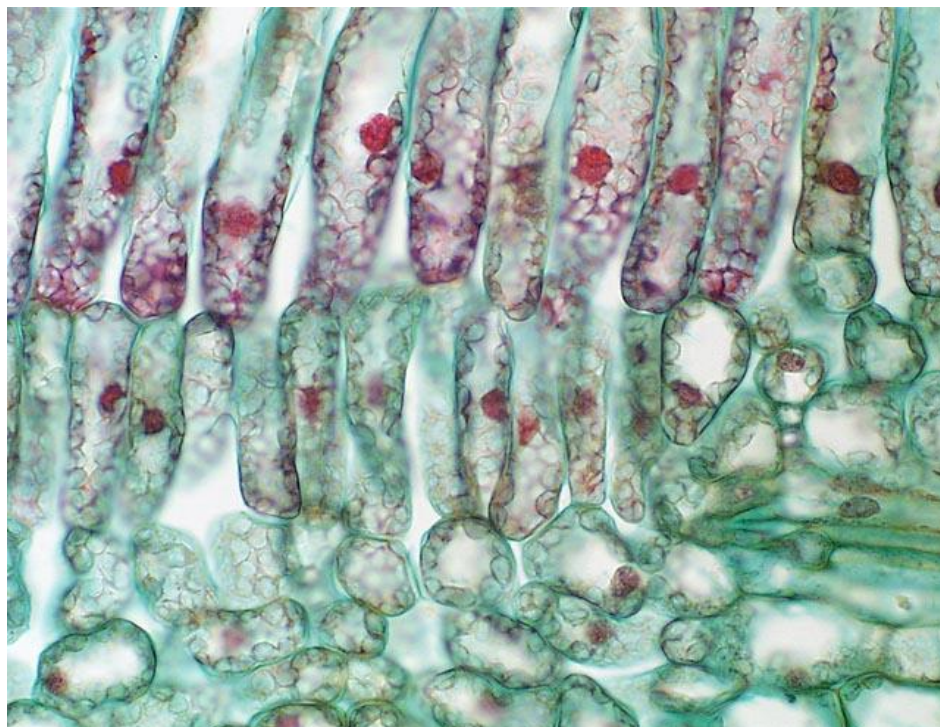
两面叶中，由于背腹两面受光情况不同，
近腹面的叶肉分化为**栅栏组织** (palisade tissue)，
近背面的叶肉分化为**海绵组织** (spongy tissue)。



栅栏
组织

海绵
组织

背腹叶

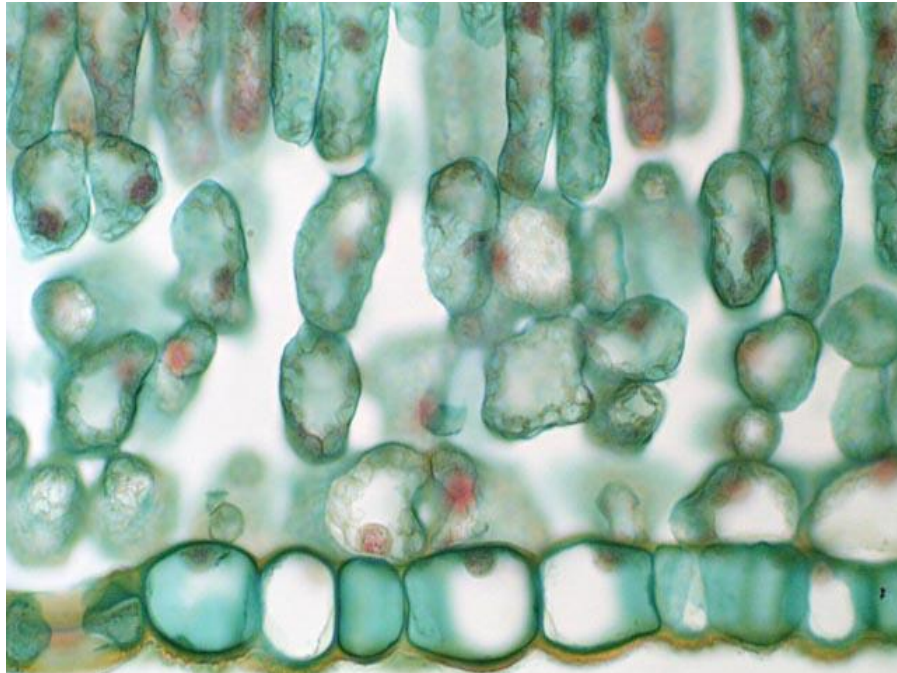


Syringa 丁香：木犀科

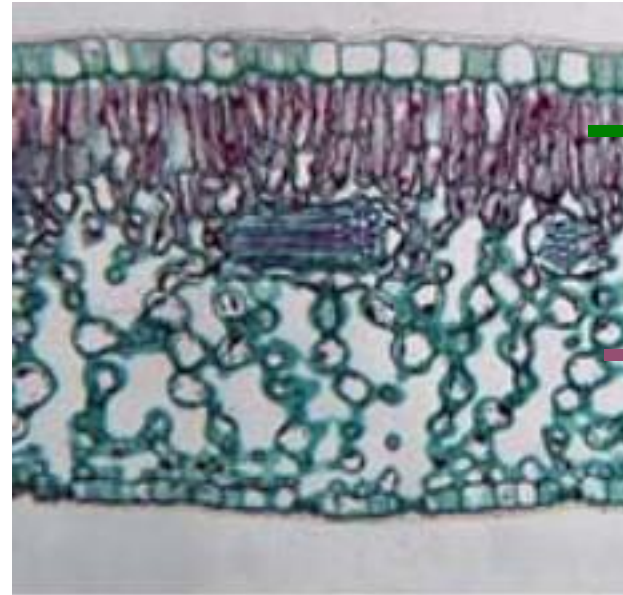


Caesalpinai insolita leaf allowed to dry to show collapse of "concertina" cells. Curtis, Lersten and Lewis. 1996. Annals of Botany. 78: 55-59.

栅栏组织：由排列为**栅栏状**的**长柱形薄壁细胞**组成，**靠近上表皮**，**细胞排列整齐**，**间隙较小**，在叶片内可以排列成**1-4层**，细胞内含有大量**叶绿素**，故叶片**腹面**为**深绿色**。



Syringa 丁香：木犀科



栅栏组织

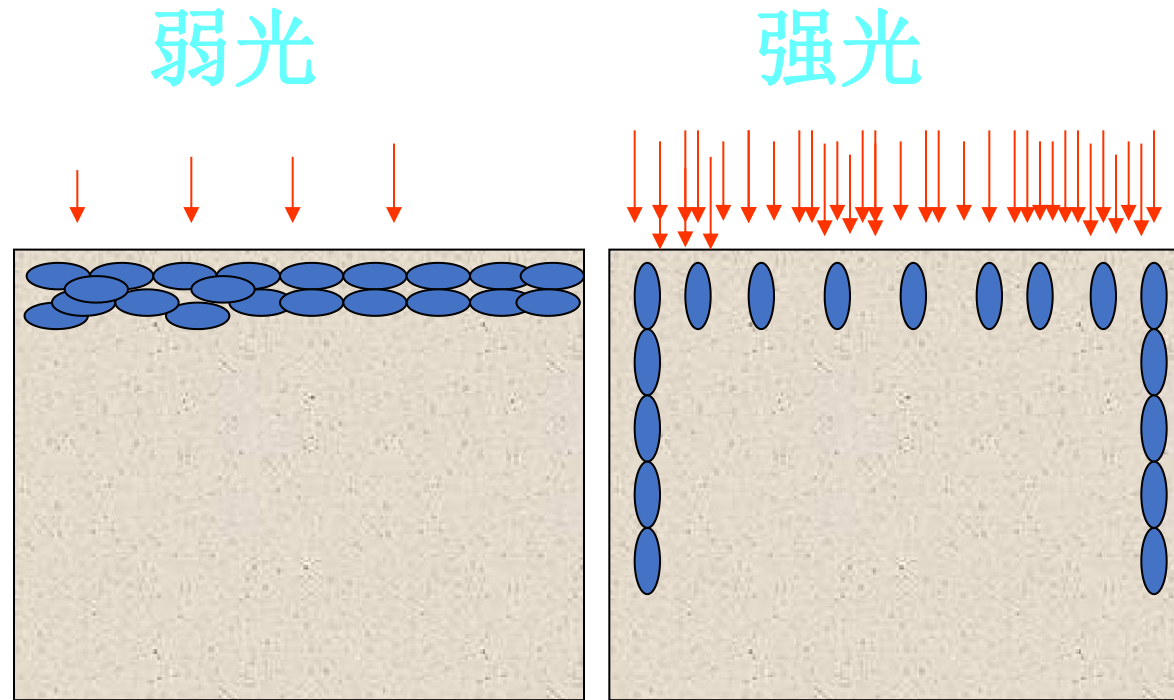
海绵组织

Ligustrum leaf cross section.

海绵组织：位于**下表皮**和**栅栏组织**之间，细胞的大小和形状不规则，排列**疏松**且**胞间隙很大**，利于**气体交换**；含叶绿体较**栅栏组织**少，叶片背面为**浅绿色**，浅于腹面。

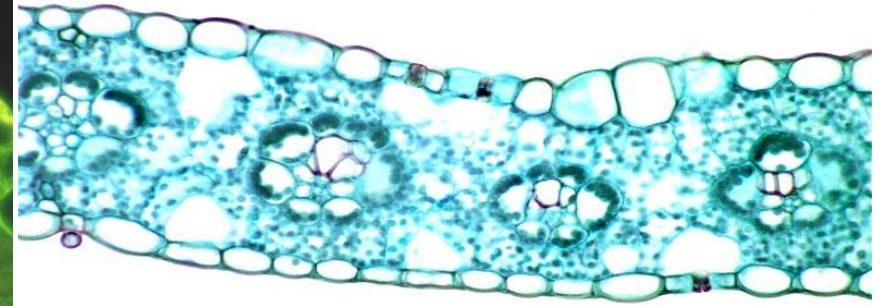
细胞内叶绿体的分布因光照强度而有适应性变化：

强光下叶绿体移向侧壁，以减少受光面积，避免灼伤；
弱光下则分散于细胞质内，以充分利用散射光。



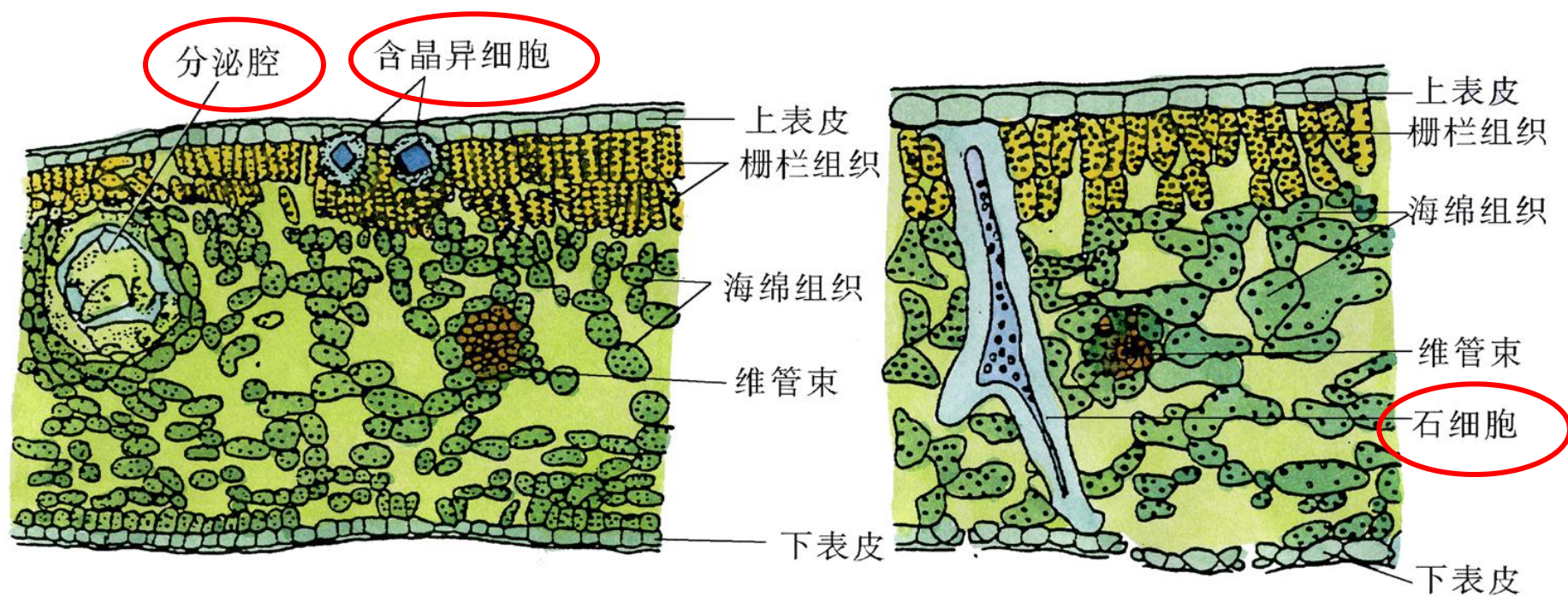
Chloroplasts assembled perpendicular to light direction under low light intensity

Chloroplasts assembled parallel to light direction under high light intensity



玉米

植物叶片近乎和枝的**长轴平行或与地面垂直**，
叶片两面的受光情况**差异不大**，因而叶片两面
内部结构也相似，称为**等面叶(isobilateral leaf)**。



蜜柑 芸香科

茶叶 山茶科

植物叶肉内可能还含有少量其他组织。

如棉、柑桔有溶生的**分泌腔**，

甘薯、柑桔属植物有**含晶异细胞**，

茶叶中有骨状**石细胞**等。

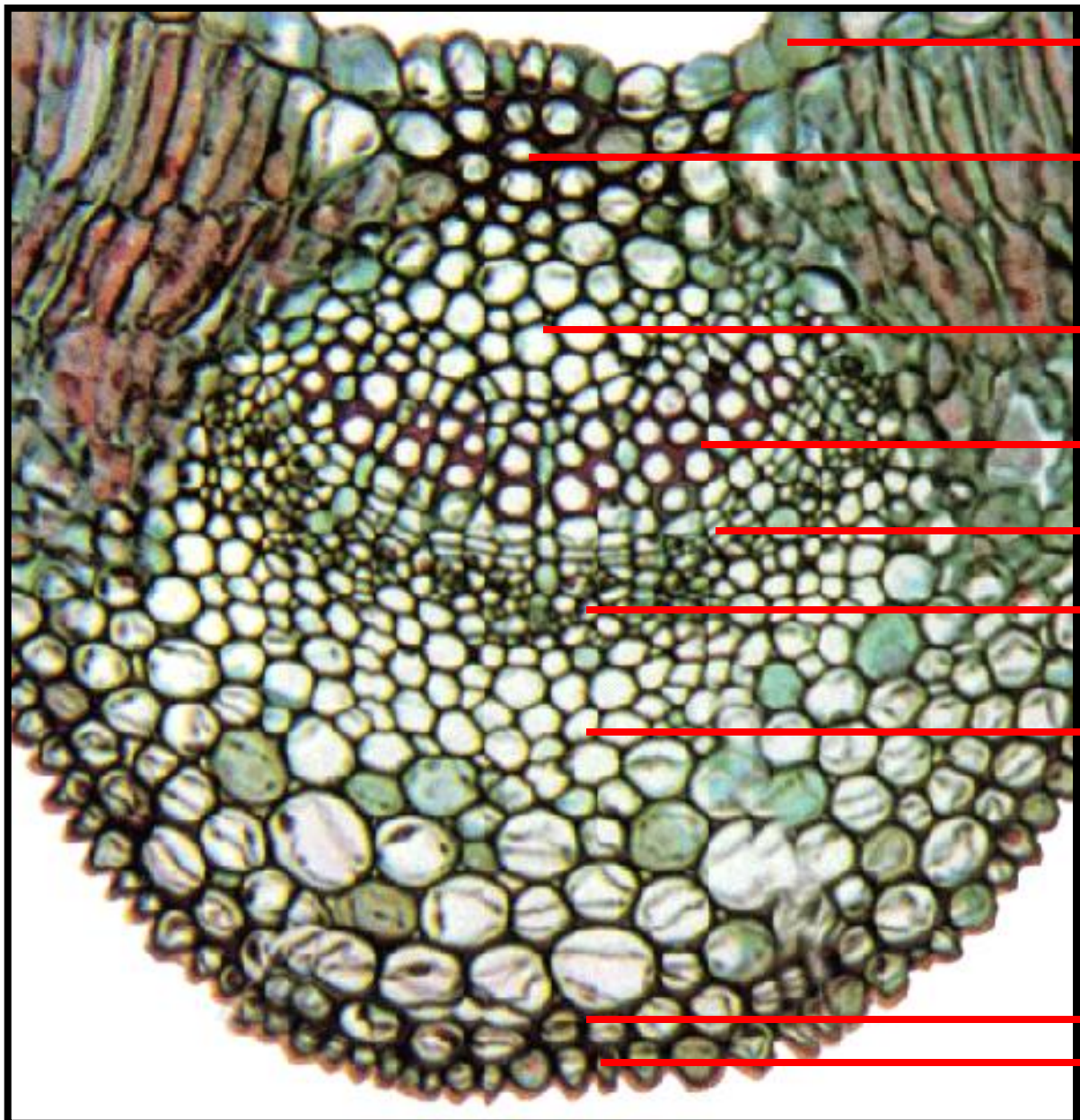
(3) 叶脉

叶脉，由分布在叶片中的**维管束**及其**周围的组织**组成，起**支持**和**输导**作用。

在叶中央的一条粗大叶脉称为**主脉**(或**中脉**)，其分支称**侧脉**，侧脉的分支称**细脉**，细脉的末梢称**脉梢**。

主脉的结构含有一个或几个**维管束**，通常由**木质部**、**韧皮部**和**维管束鞘**组成。

叶脉横切图示



上表皮

机械组织

薄壁组织

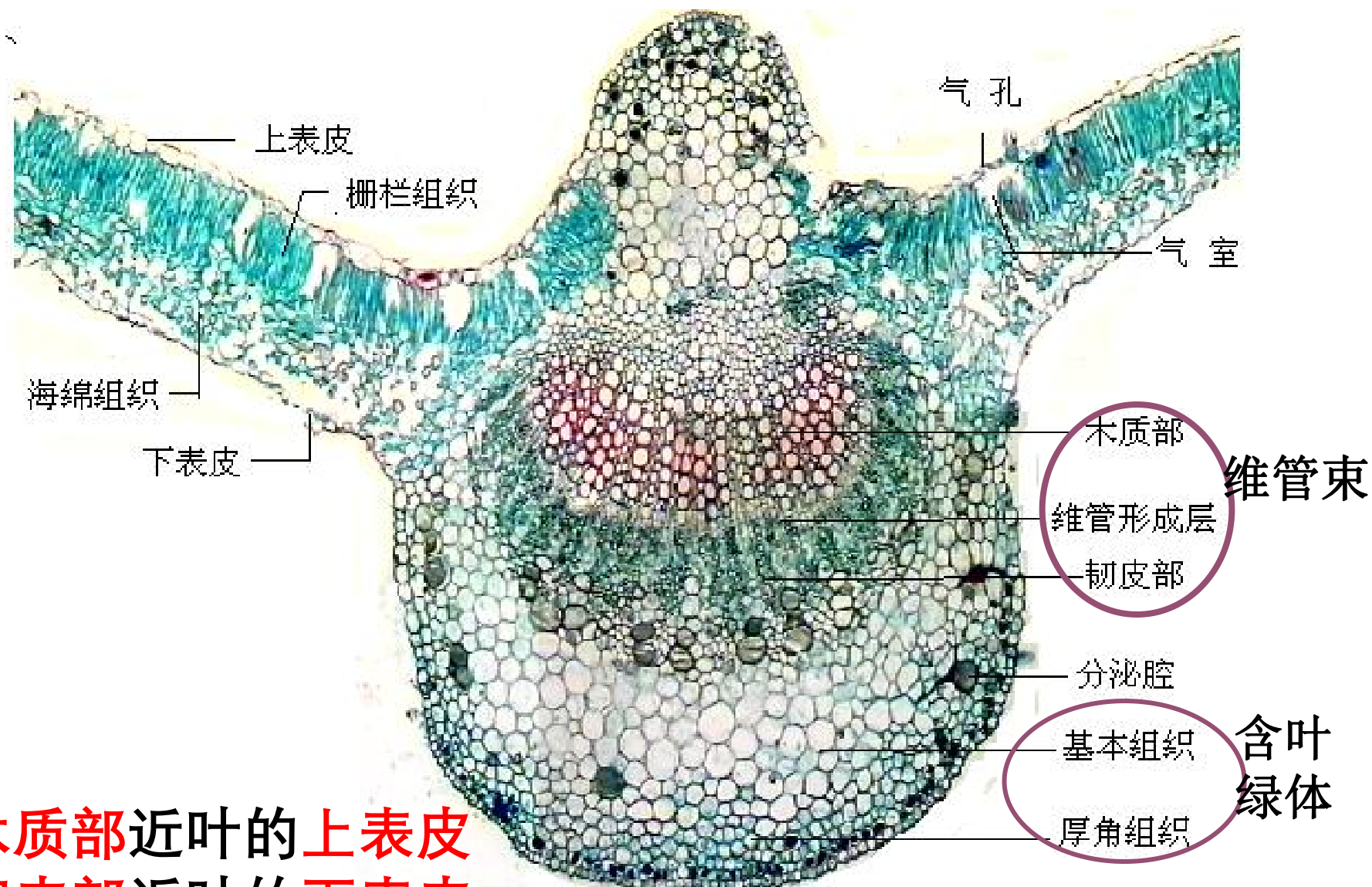
木质部 } 维
形成层 } 管
韧皮部 } 束

薄壁组织

机械组织

下表皮

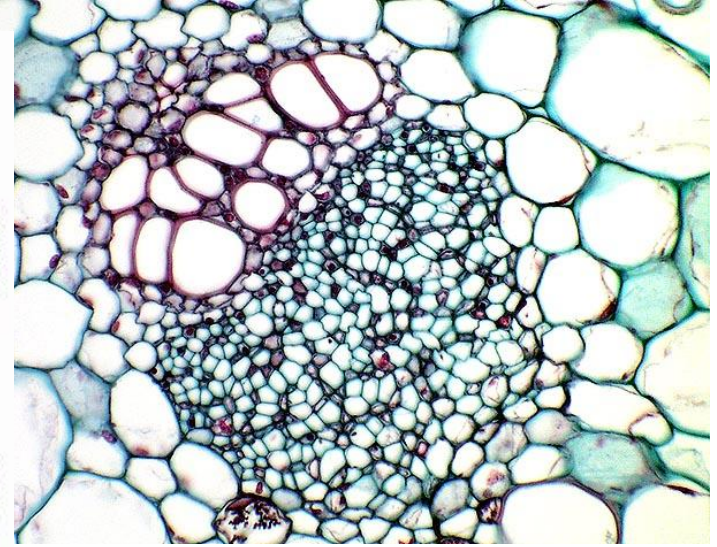
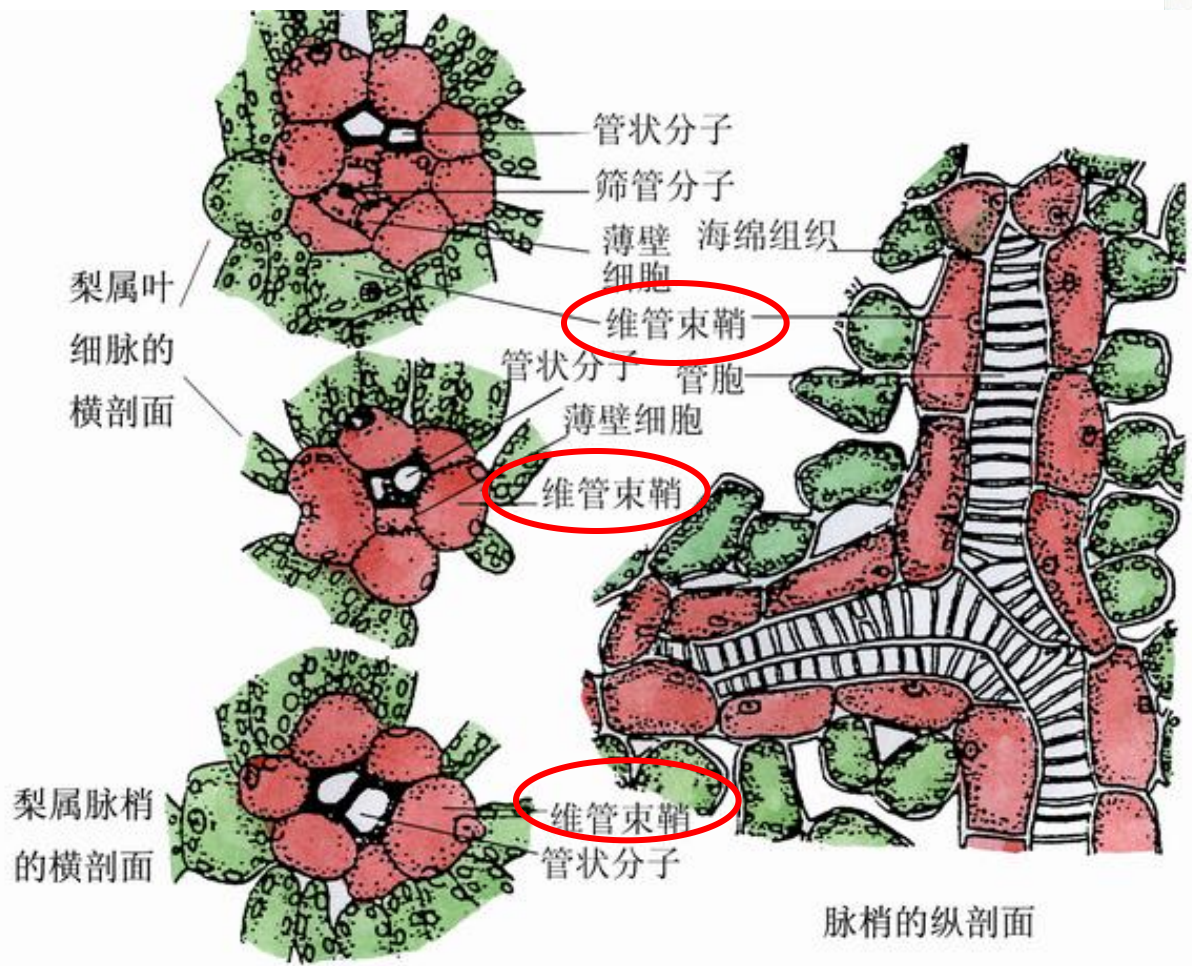
中脉维管束放大（与叶柄结构相似）



木质部近叶的上表皮
韧皮部近叶的下表皮



叶脉愈细，其结构愈简单：形成层消失，机械组织减少以至完全没有。木质部和韧皮部的结构也逐渐简单，组成分子数目减少。



Nymphaea
白花睡莲

叶脉

较小的叶脉维管束外面常围绕着一层或几层排列紧密的细胞，形成**维管束鞘**。
 维管束鞘由**薄壁细胞**或**厚壁细胞**组成，或两者兼有。

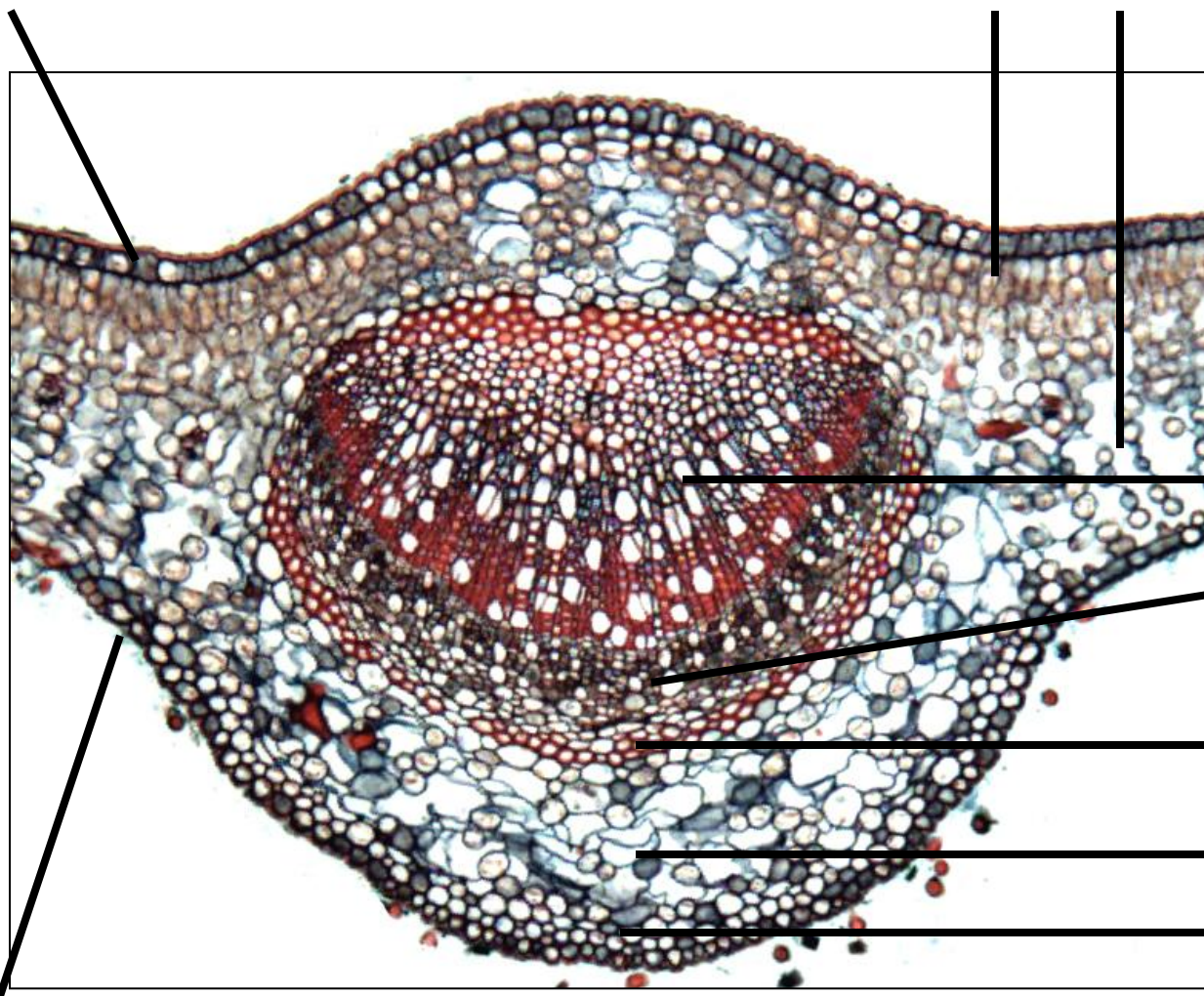
上表皮

栅栏组织

海绵组织

叶肉

表皮



木质部

韧皮部

维管束

维管束鞘

薄壁组织

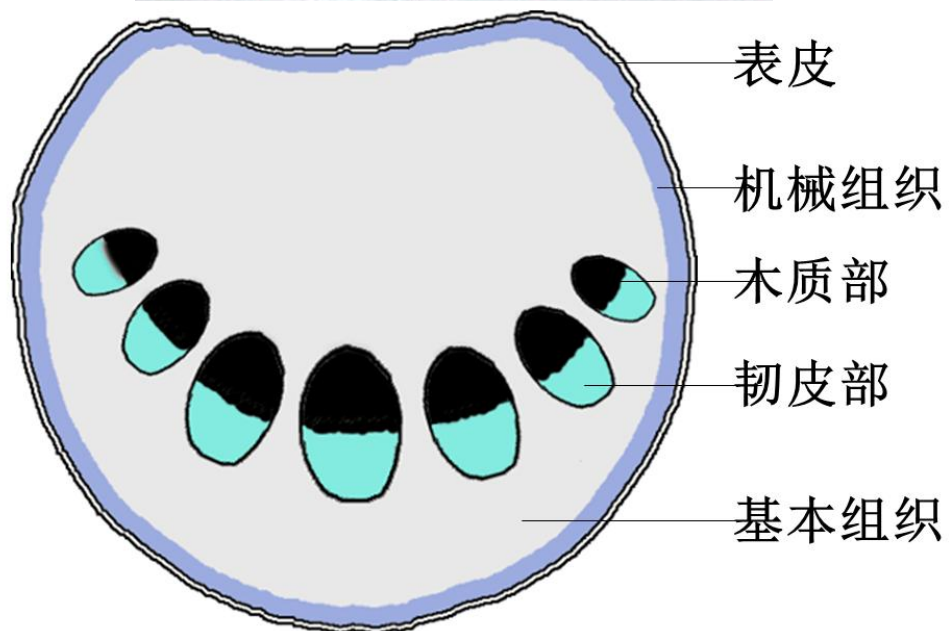
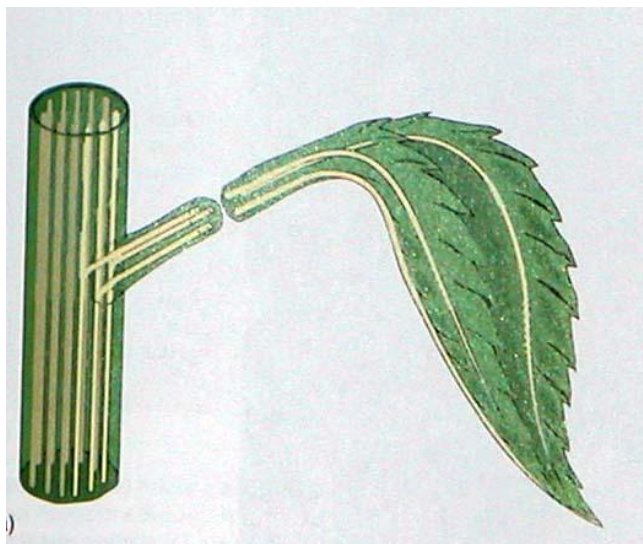
机械组织

下表皮

双子叶植物叶片的结构

叶脉

2. 叶柄与托叶



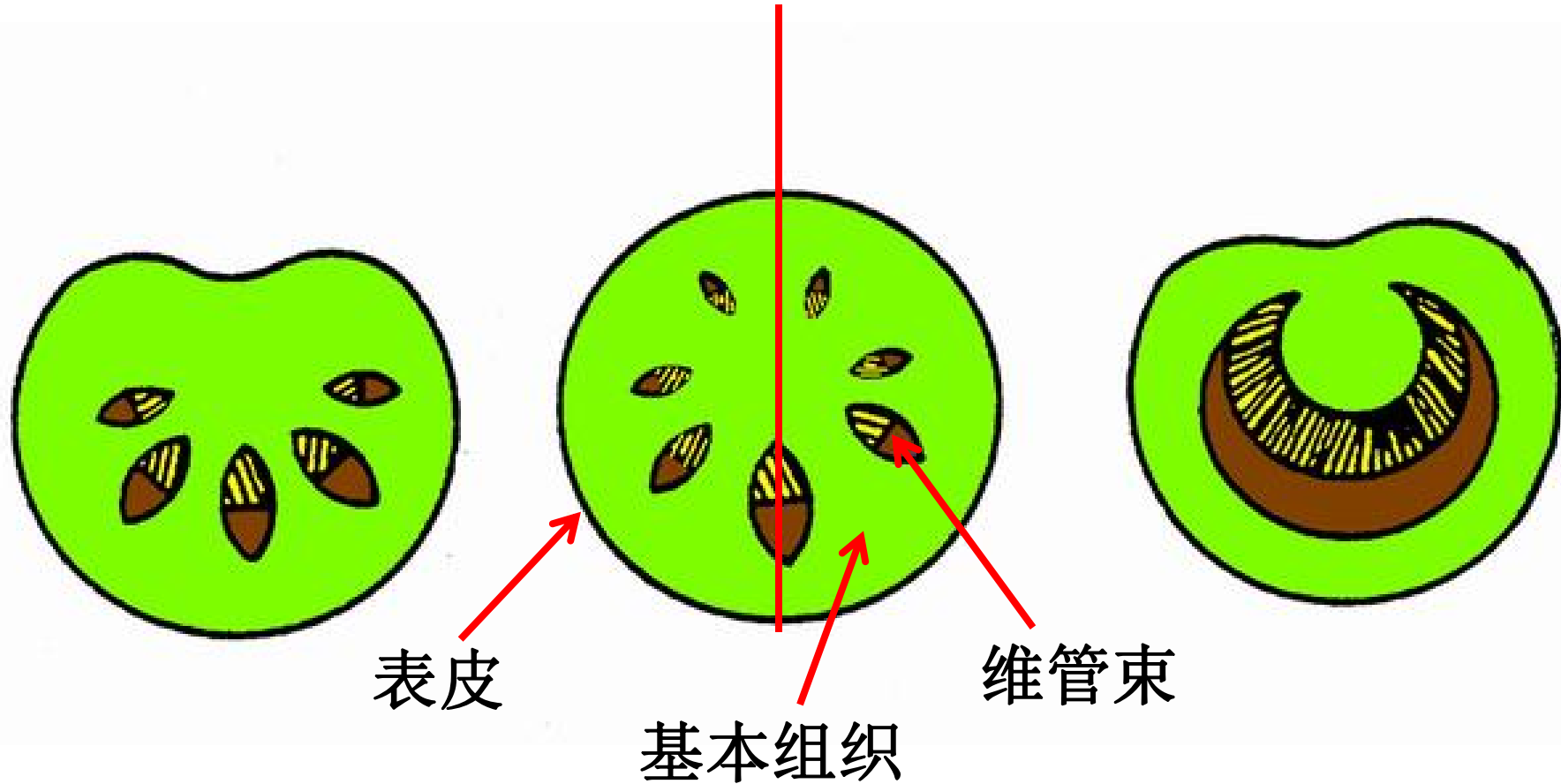
叶柄的结构与茎与茎的初生结构相似，由表皮、基本组织和维管束三部分组成。

基本组织外层多厚角组织，有时有厚壁组织，

木质部在韧皮部上方。

在双子叶植物中，木质部与韧皮部之间往往有一层形成层，但形成层只有短期的活动。

叶柄横剖面



叶柄多呈**两侧对称状**，
有时外形如圆柱而内部仍为两侧对称。

2. 叶柄与托叶

托叶形状各异，**两侧常不对称**，但亦具背腹面，扁平。

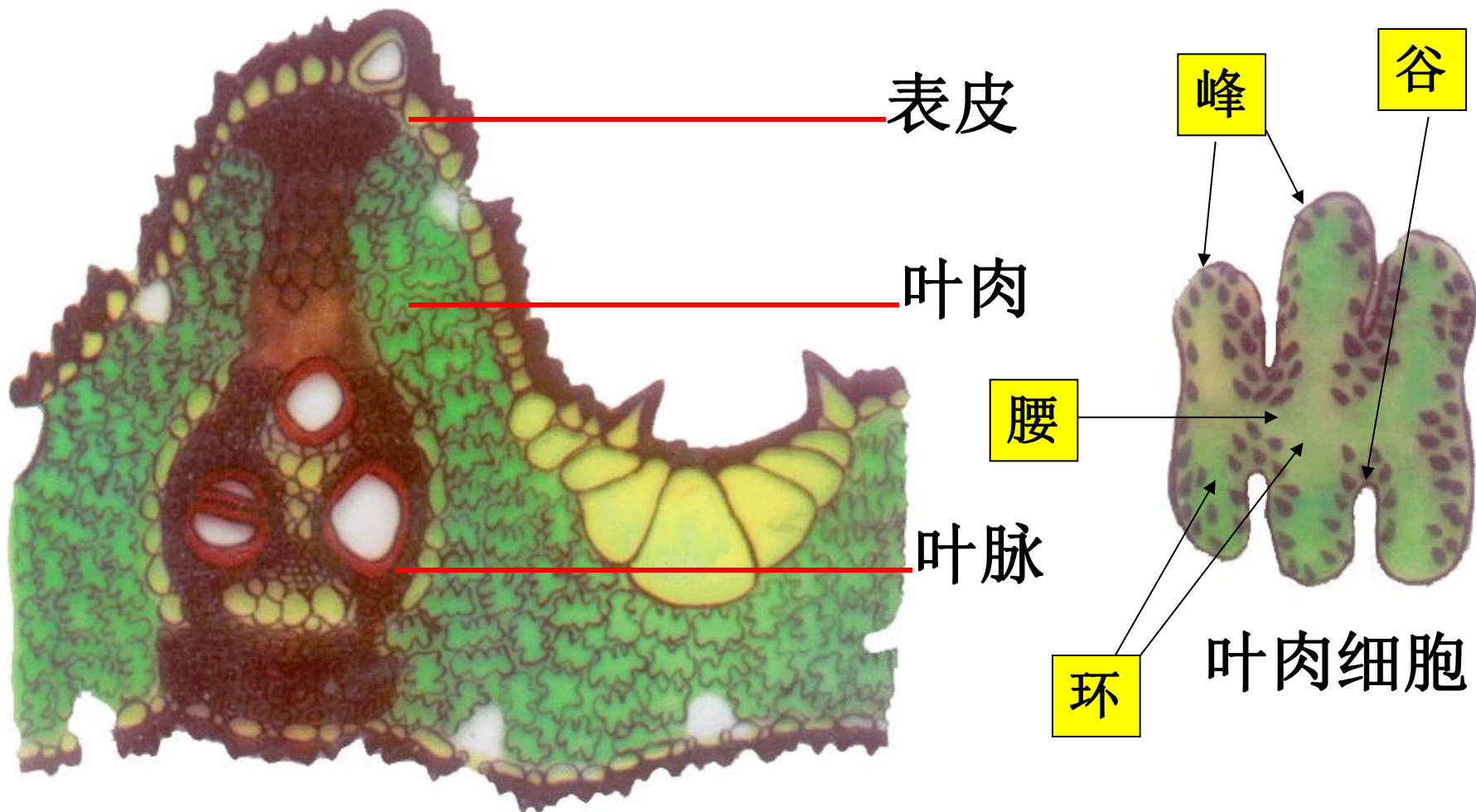
托叶的内部结构基本如叶片，但各组成分子简单，分化程度低，叶肉细胞含有**叶绿体**，亦可执行**光合作用**。

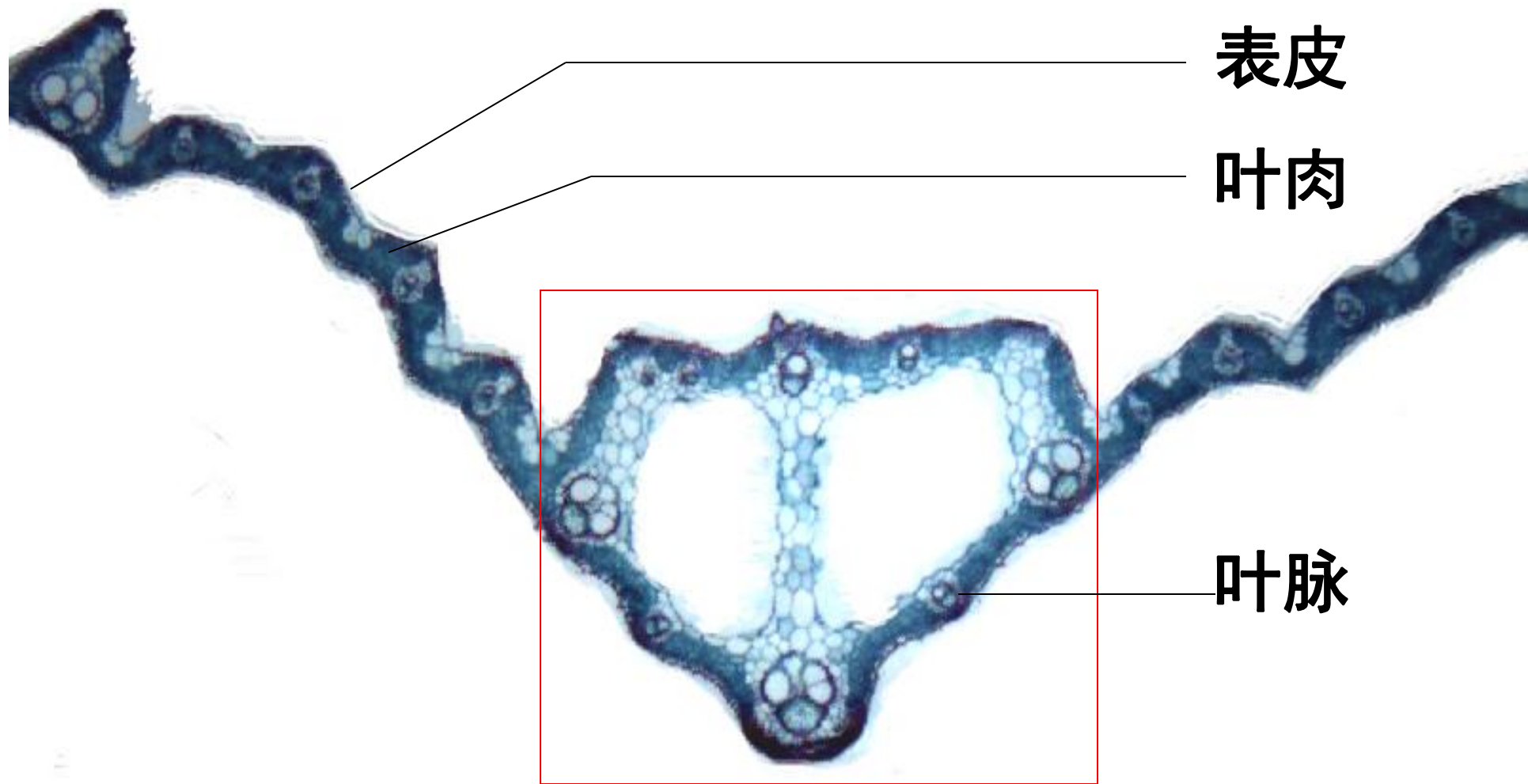


4.2

禾本科植物叶片的结构特点

分为表皮、叶肉、叶脉三部分



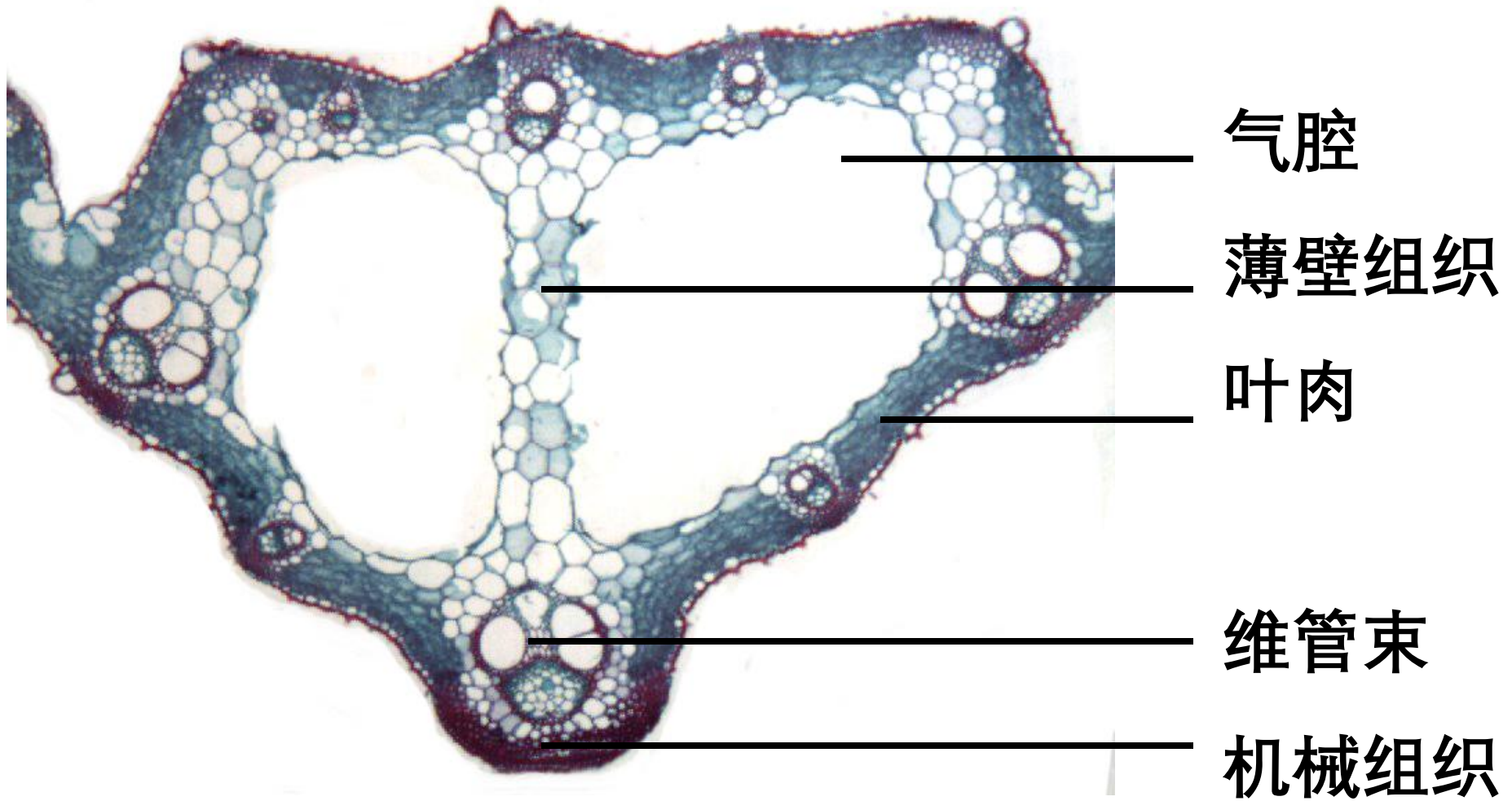


表皮

叶肉

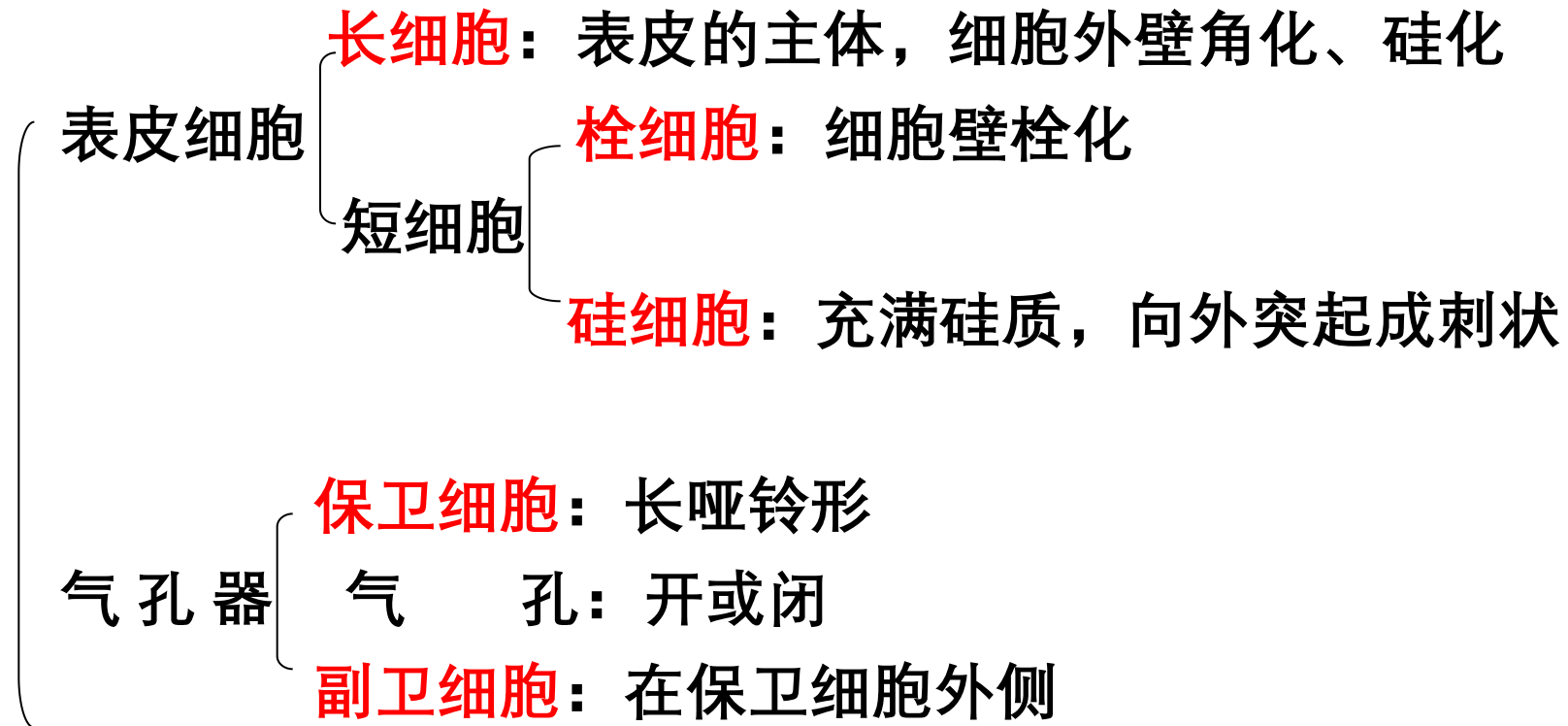
叶脉

水稻叶片横切片



水稻中脉的结构

1. 表皮：上表皮和下表皮（6种细胞）



泡状细胞（**运动细胞**）。分布于两个**叶脉之间**的**上表皮**中，由几个**大型薄壁细胞**组成。内有**大液泡**，它与叶片的内卷或展开有关。

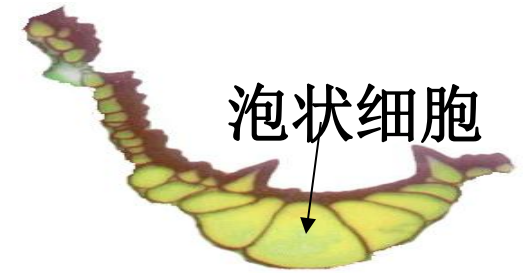
1. 表皮

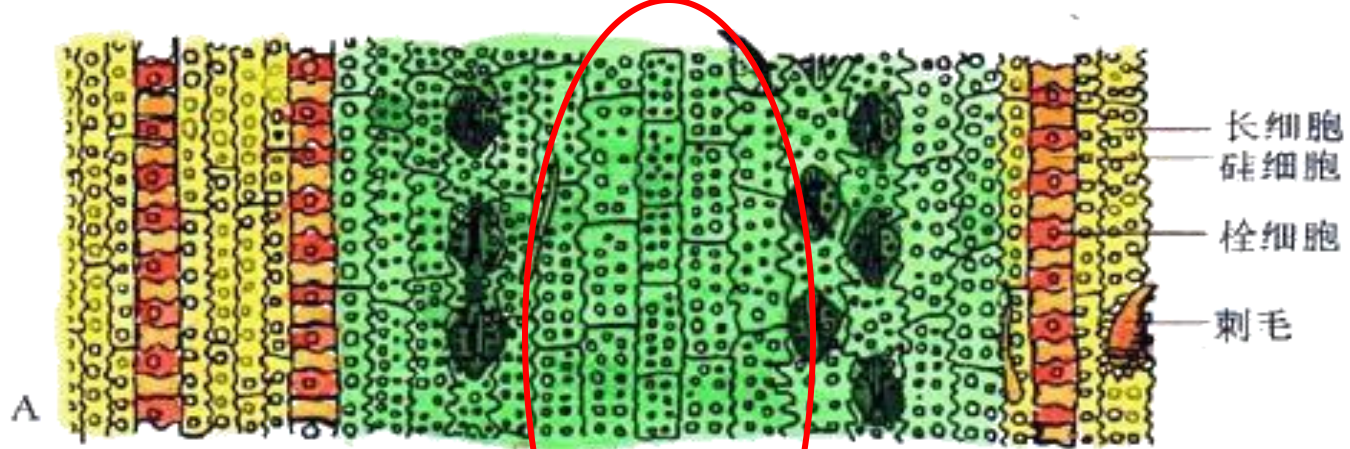
- **上、下表皮**的组成稍有不同

上表皮由长细胞、短细胞、**泡状细胞**和气孔器有规律地排列而成，

下表皮没有泡状细胞。

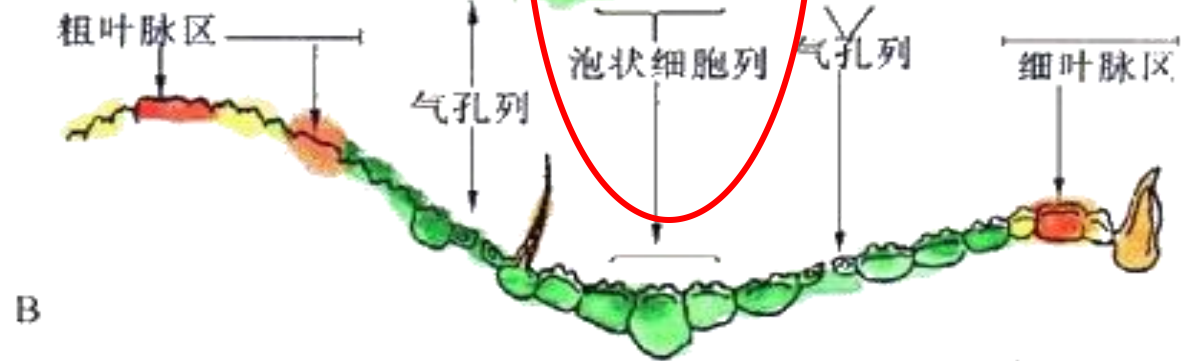
气孔器也分布在长细胞之间，由一对哑铃形的**保卫细胞**和一对菱形或半球形的**副卫细胞**组成。



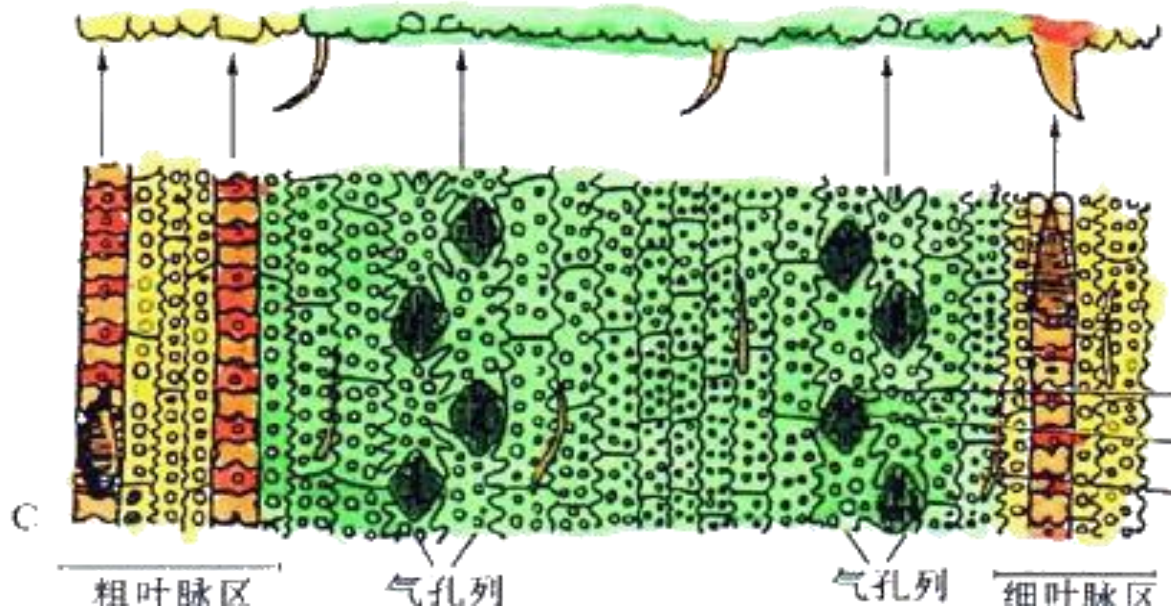


长细胞
硅细胞
栓细胞
刺毛

上表皮



B



保卫细胞
副卫细胞
毛

下表皮

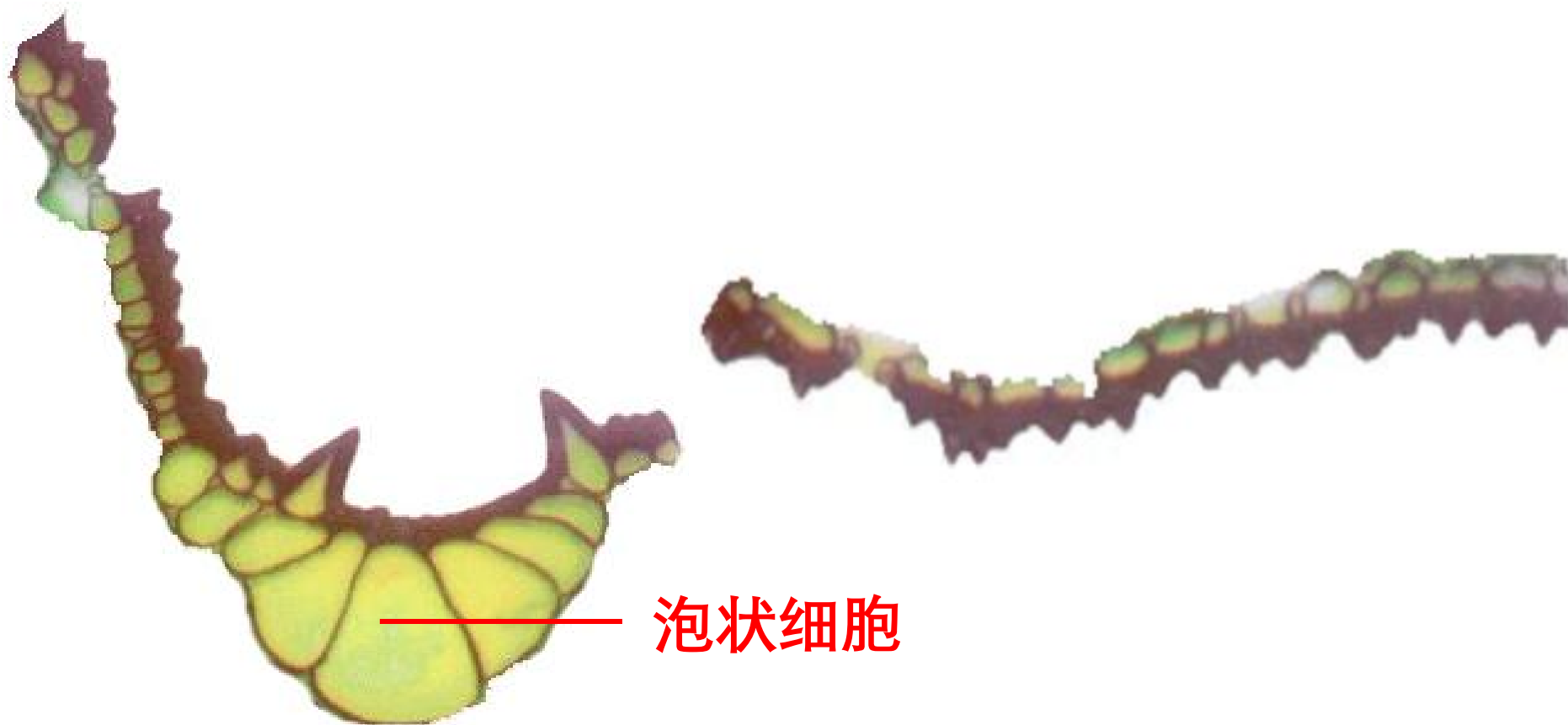
泡状细胞 (bulliform cell)

相邻两叶脉之间的上表皮有数列特殊的薄壁的大型细胞，泡状细胞也称**运动细胞**。但是有些试验表明，**叶片的伸展与卷缩**，最重要的是与泡状细胞以外的其他组织的收缩及不同类型的组织的分布有关。



Poa praetense
青海草地早熟禾

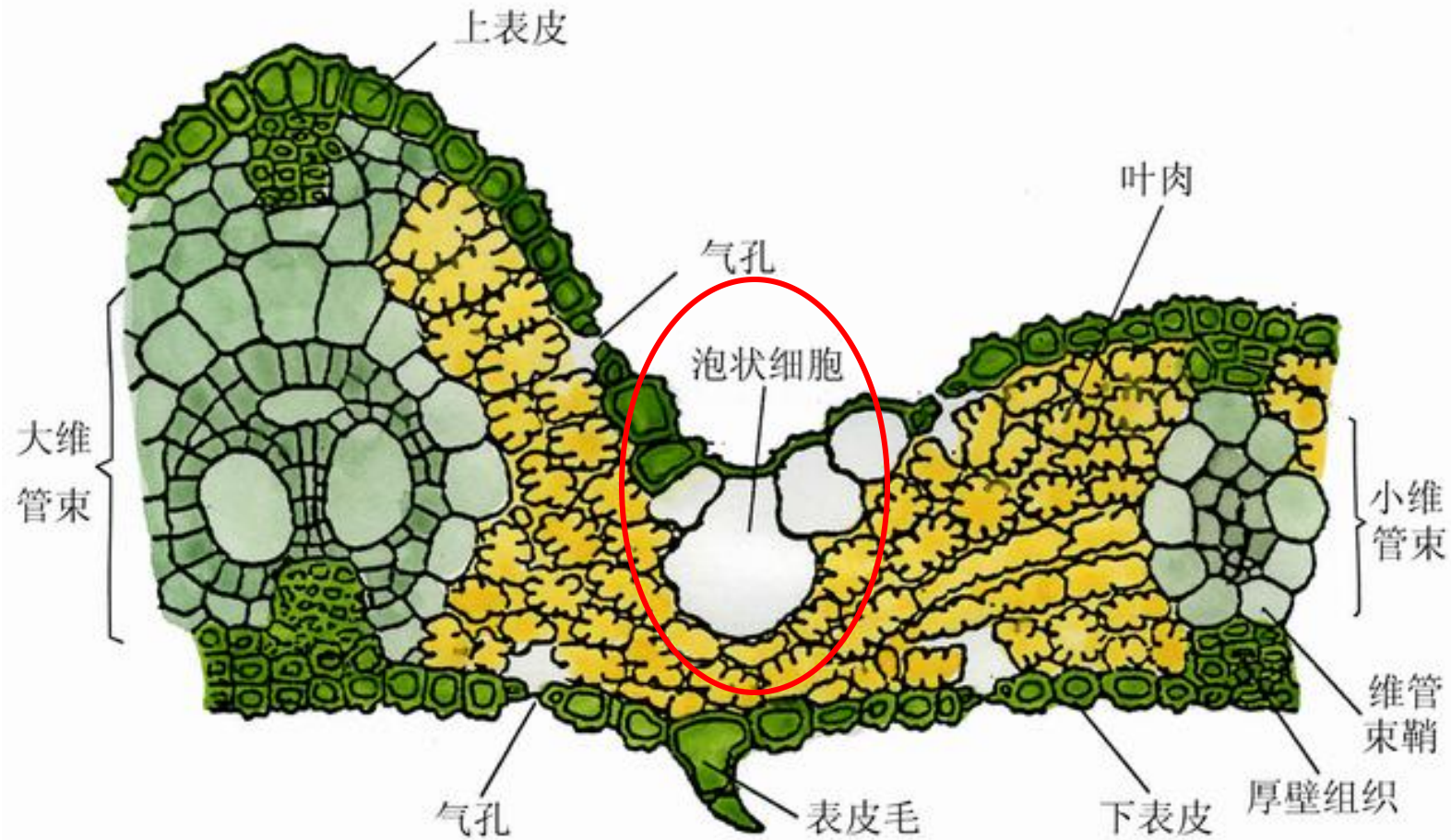
上、下表皮细胞



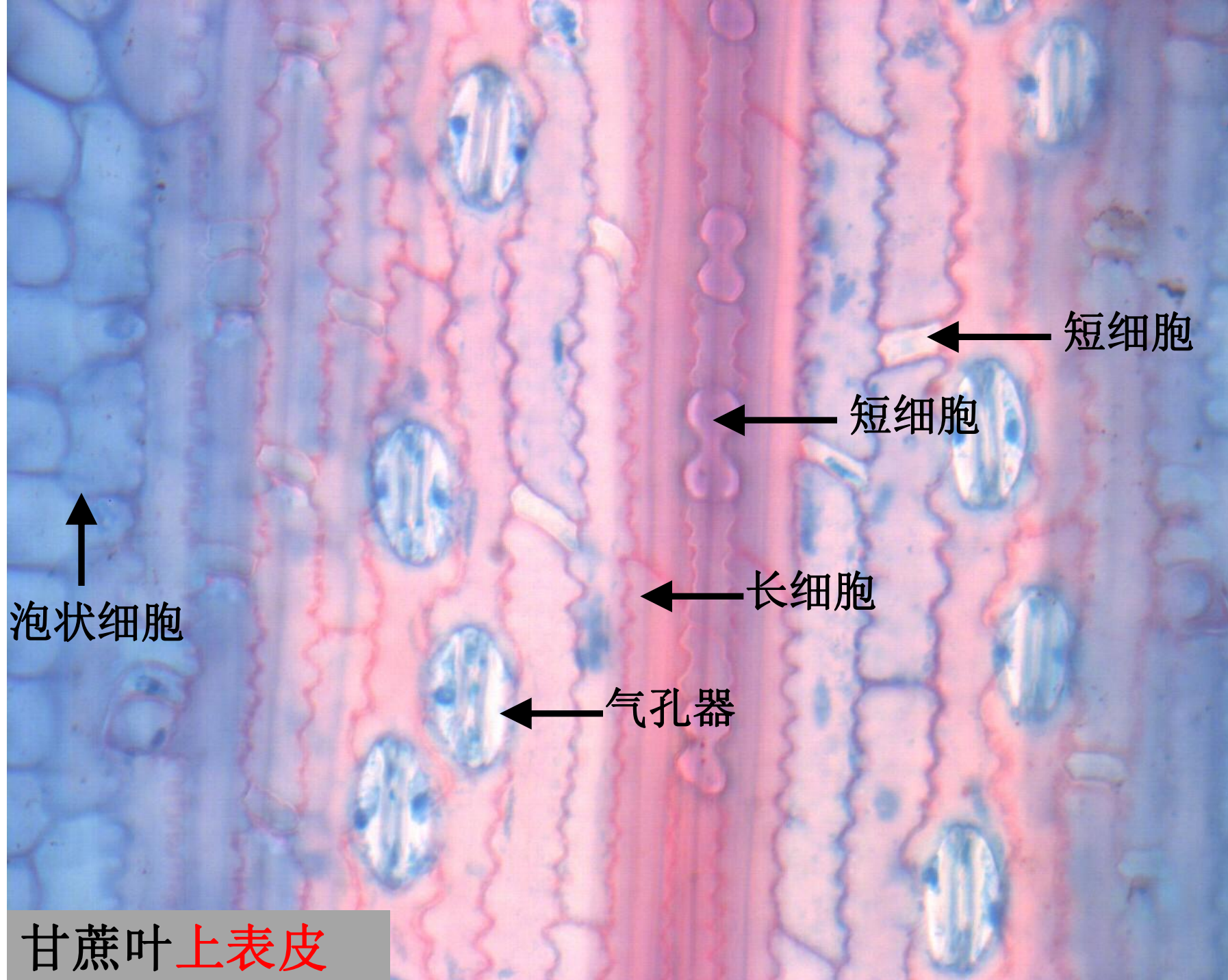
上表皮

下表皮

水稻叶的横切面



禾本科植物的上下表皮上都有气孔，成纵形排列



↑
泡状细胞

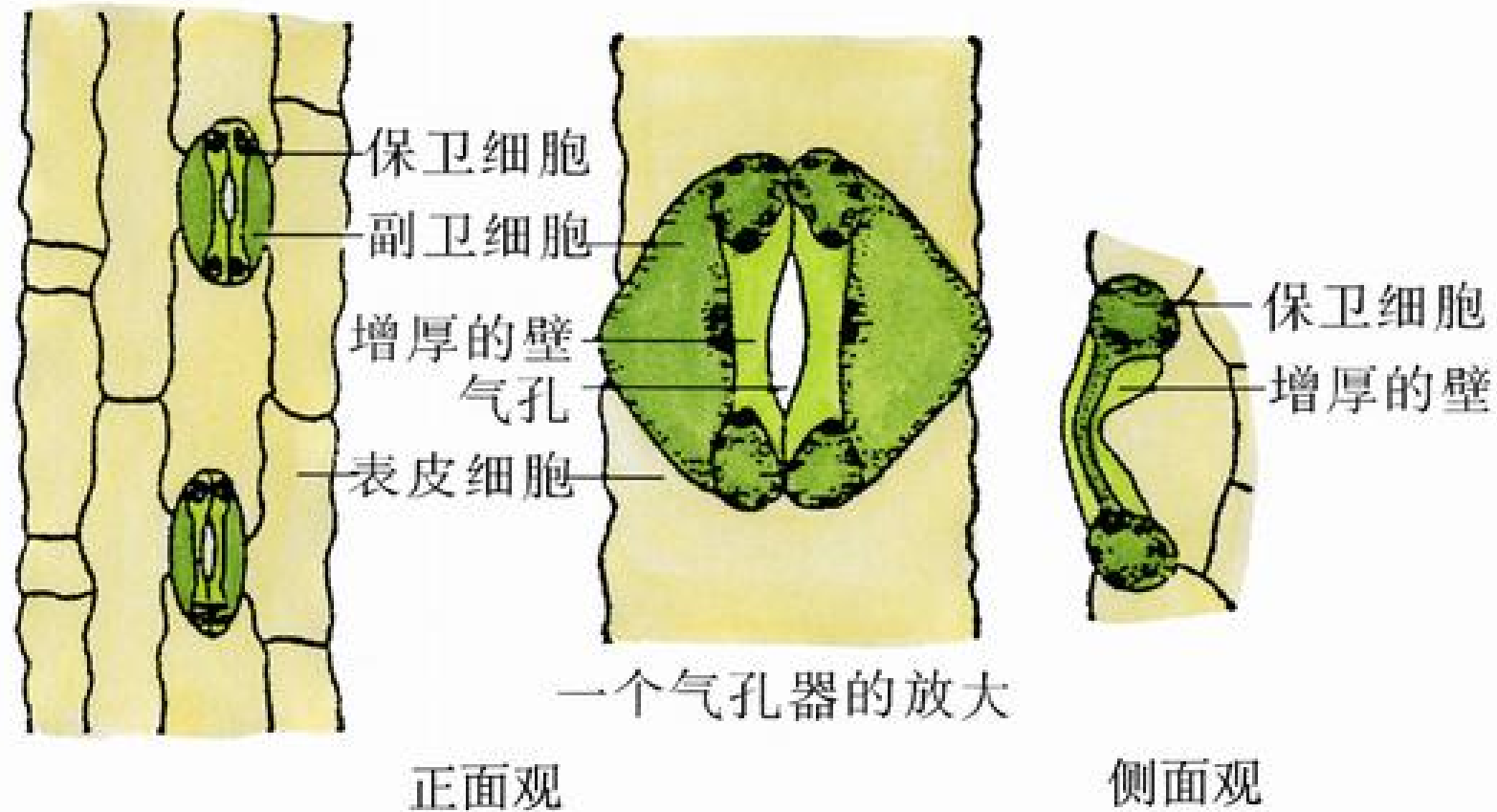
← 短细胞
← 短细胞

← 长细胞

← 气孔器

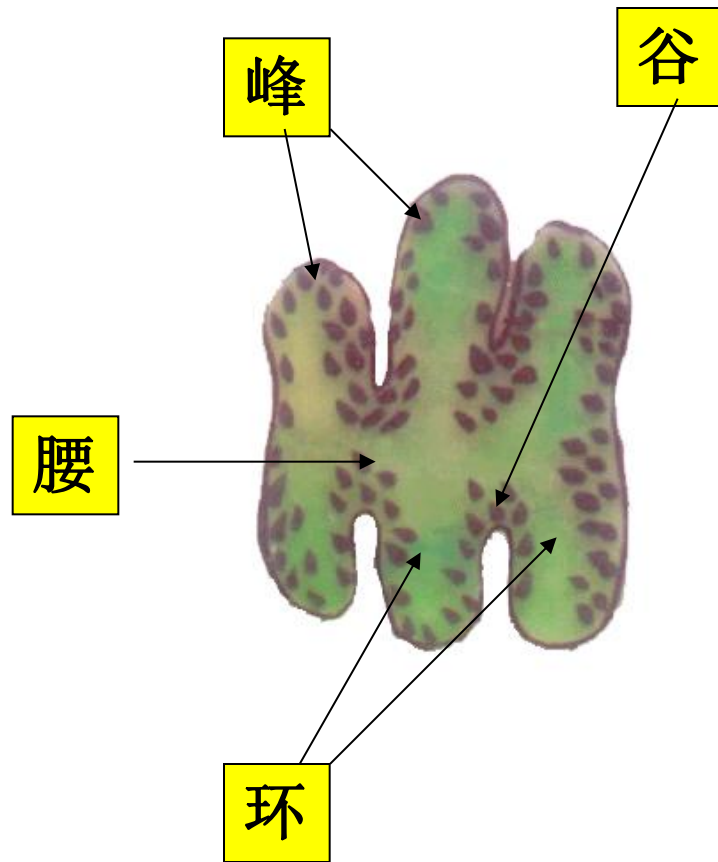
甘蔗叶上表皮

竹叶的表皮和气孔



哑铃型保卫细胞外侧还各有一个**梭形**副卫细胞

2. 叶肉



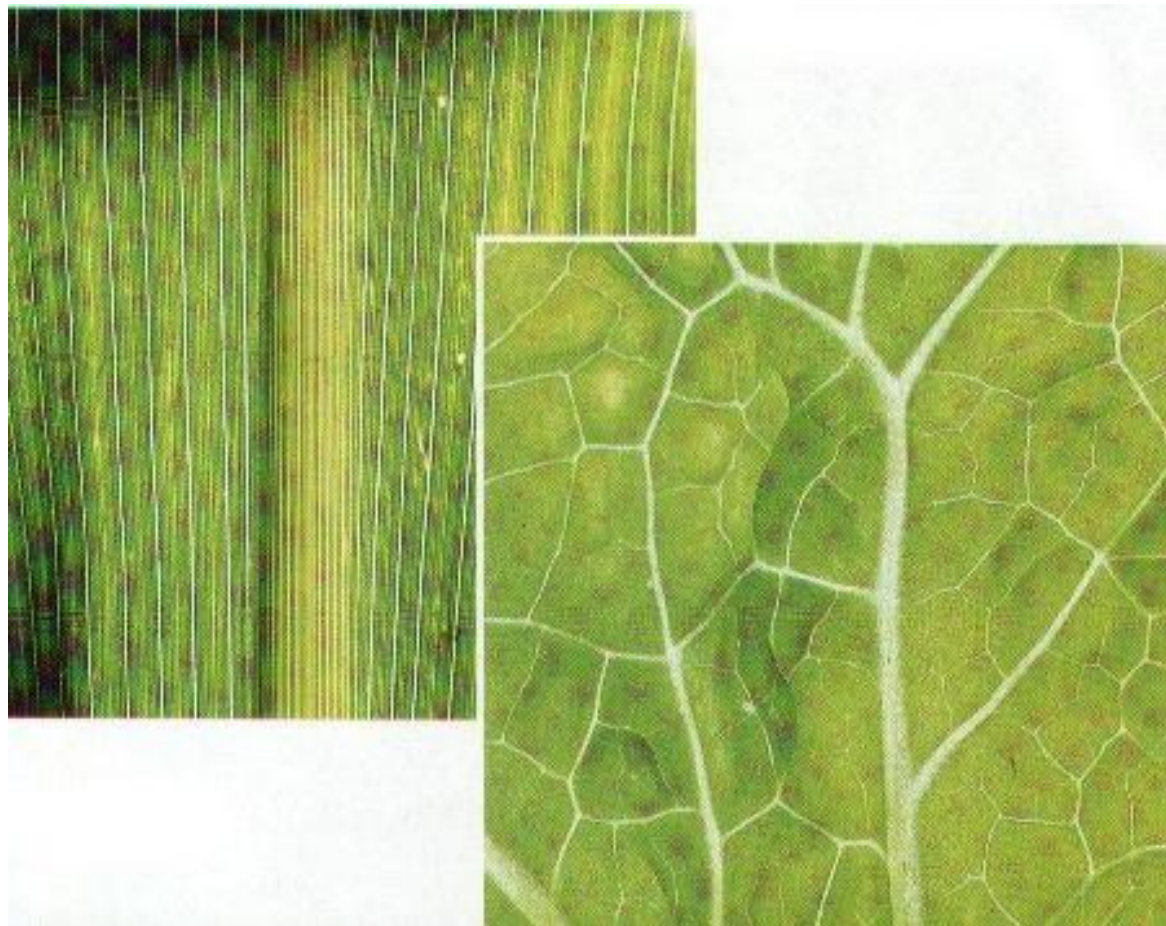
没有栅栏组织和海绵组织之分化，由同形的细胞组成，属于**等面叶**。

叶肉细胞形状不规则，细胞壁向内皱褶，形成“**峰、谷、腰、环**”的多环结构。

3. 叶脉

禾本科植物为**平行叶脉**

各纵走叶脉间有**横向细脉**连系



C3植物

C4植物

3. 叶脉

(1) 有限外韧维管束：

初生木质部：近于上表皮

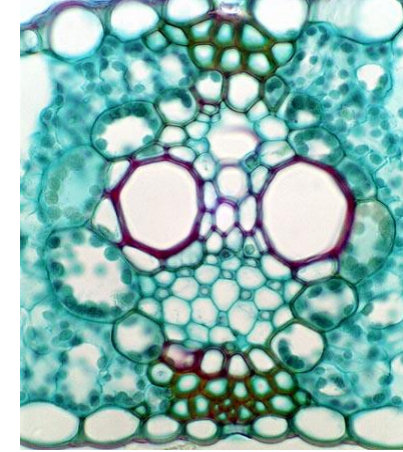
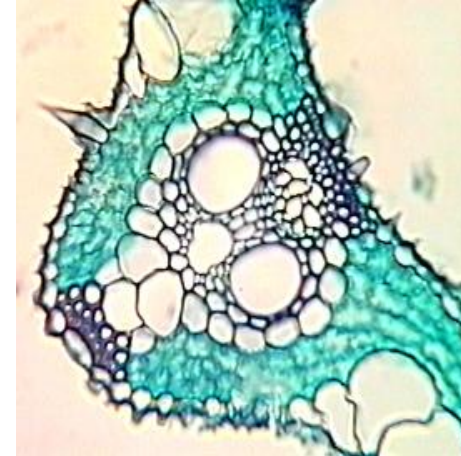
初生韧皮部：近于下表皮

维管束鞘：

C4植物： 由**单层**薄壁细胞组成，内含叶绿体、成**花环状**；

C3植物： 由**两层**细胞组成，**外层**为**薄壁细胞**，极少含叶绿体，**内层**为**厚壁细胞**。

(2) 厚壁组织：在维管束与上表皮和下表皮的内侧成片分布。



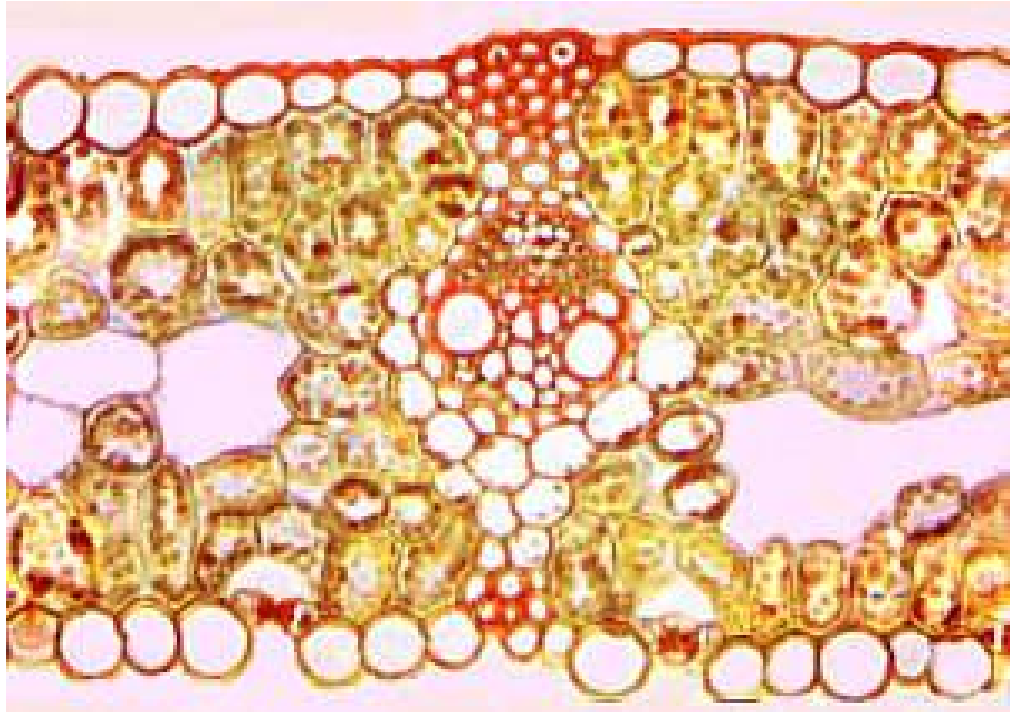


玉米 中脉维管束

维管束鞘有两种类型：

玉米、高粱、甘蔗(C4)的维管束鞘是**单层薄壁细胞**，细胞较大，排列整齐，含叶绿体。

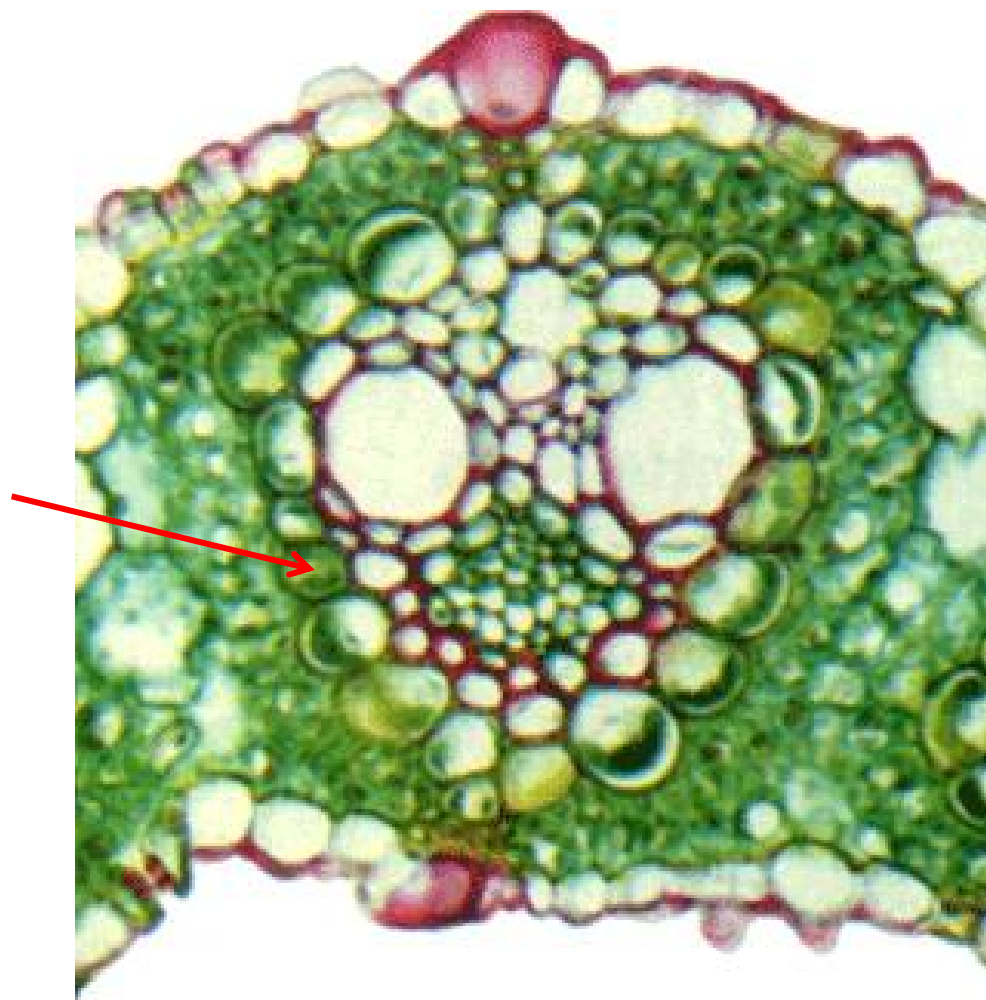
维管束均为**外韧有限维管束**。在维管束与上、下表皮之间有发达的厚壁组织，维管束外常有一**层细胞**包围，组成**维管束鞘**。



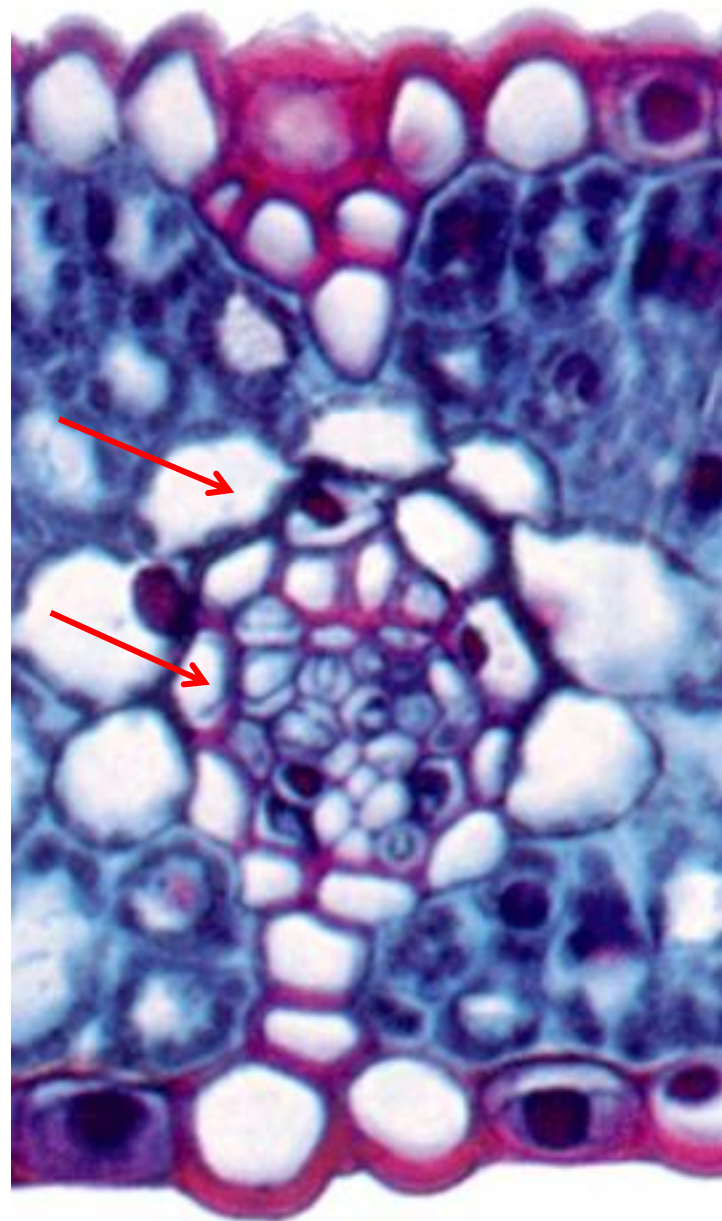
小麦

水稻、小麦、大麦等(C3)的维管束鞘有**两层细胞**，外层细胞较大，壁薄，含较少的叶绿体，内层细胞较小，壁厚，几乎不含叶绿体。

C3与C4植物维管束结构



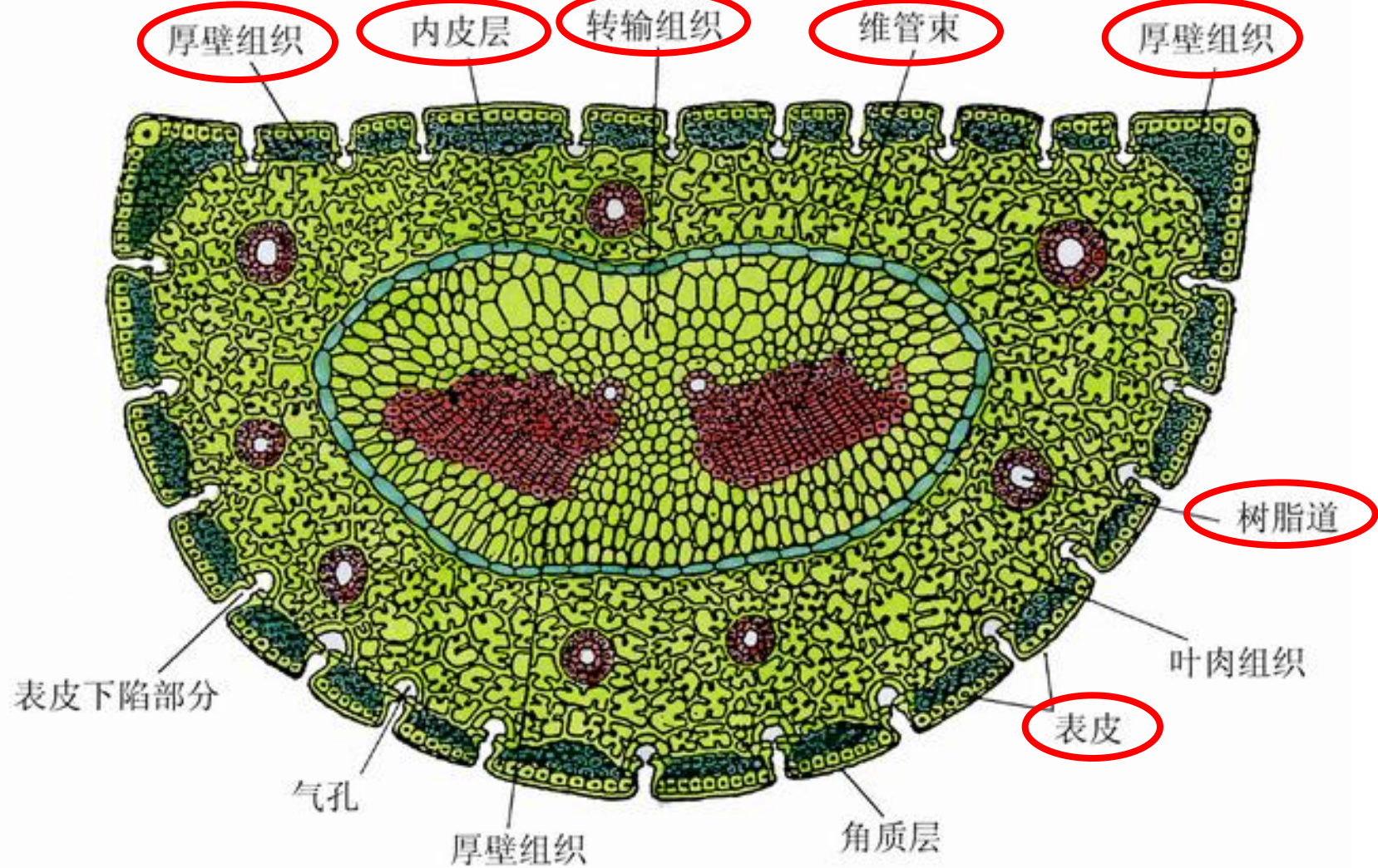
甘蔗C4



小麦C3

4.3 松属针叶的结构

- 裸子植物叶构造比被子植物变化小。大多数裸子植物的叶**常绿**。
- 裸子植物叶除**银杏、买麻藤**外，通常比较**狭细**，成**针状、条状或鳞片状**，故裸子植物称为**针叶树**。
- 针叶树的叶面积较小，具有一些**旱生结构**特征，能够耐**低温和干旱**。



表皮细胞壁厚，表皮下有多层**厚壁组织**；叶肉细胞**壁内褶**，叶肉内具**树脂道**；叶肉组织以内有明显的**内皮层**，其细胞内含有**淀粉粒**。叶肉细胞壁内褶，伸入到细胞腔内，叶绿体沿褶襞分布，**增大叶绿体的分布面**，扩大**光合面积**。



运输组织： 由**运输管胞**与**运输薄壁细胞**组成。

运输管胞是**死细胞**，有**具缘纹孔**；

运输薄壁细胞是具有原生质体的**生活细胞**，成熟以后为**单宁**所充塞。

5、叶的生态类型

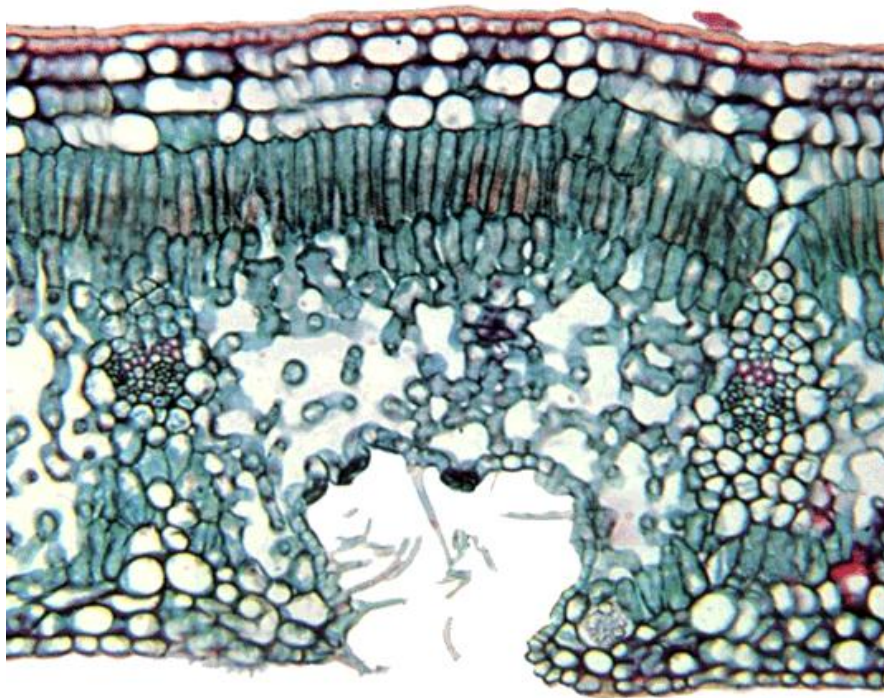
- ◆各种植物的叶有各种不同的形态特征与生态条件相适应。
- ◆根据植物与适生的**水分**条件的关系，分为**旱生植物**、**中生植物**和**水生植物**；
- ◆根据植物与适生的**光照**条件的关系，分为**阳地植物**和**阴地植物**。

5.1

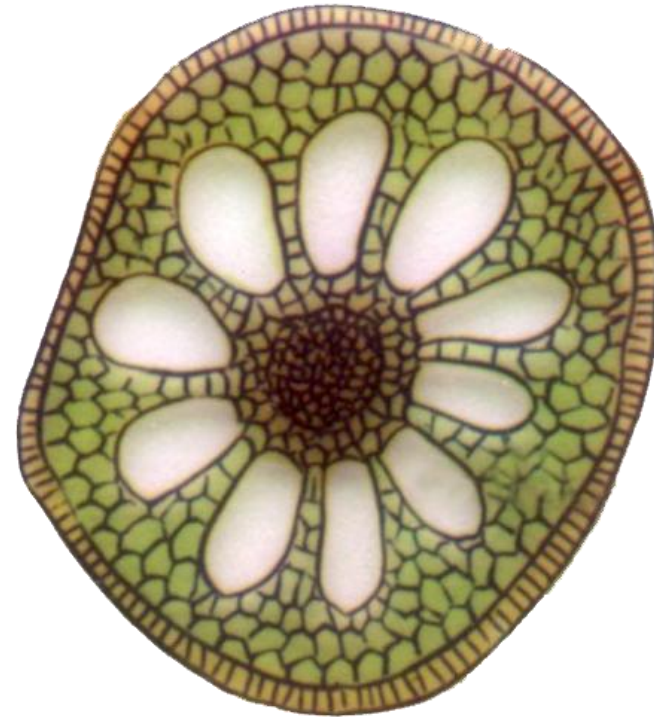
旱生植物和水生植物叶的结构

根据植物与适生的水分条件的关系分为：

旱生(xerophytes)、中生(mesophytes)和 水生(hydrophytes) 植物。



旱生型 夹竹桃



水生型 狸藻

5.1

旱生植物和水生植物叶的结构

□ 旱生植物的叶

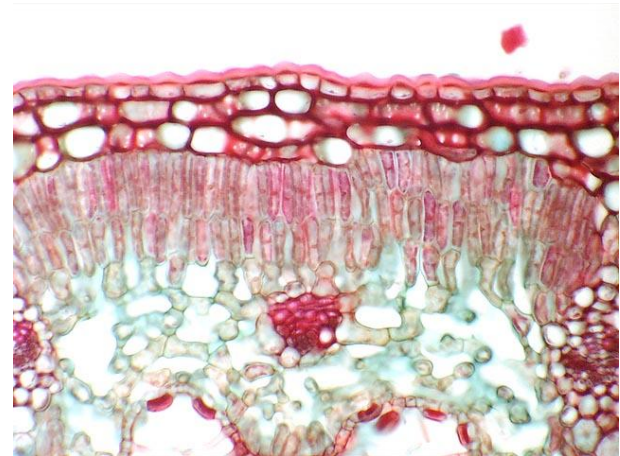
旱生植物：能长期生活在干旱缺水的条件下，叶片的结构主要朝着降低蒸腾和贮藏水分两个方向发展。

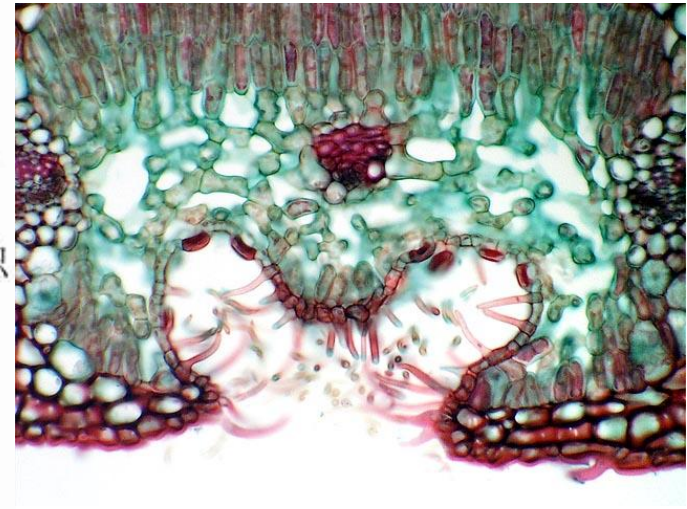
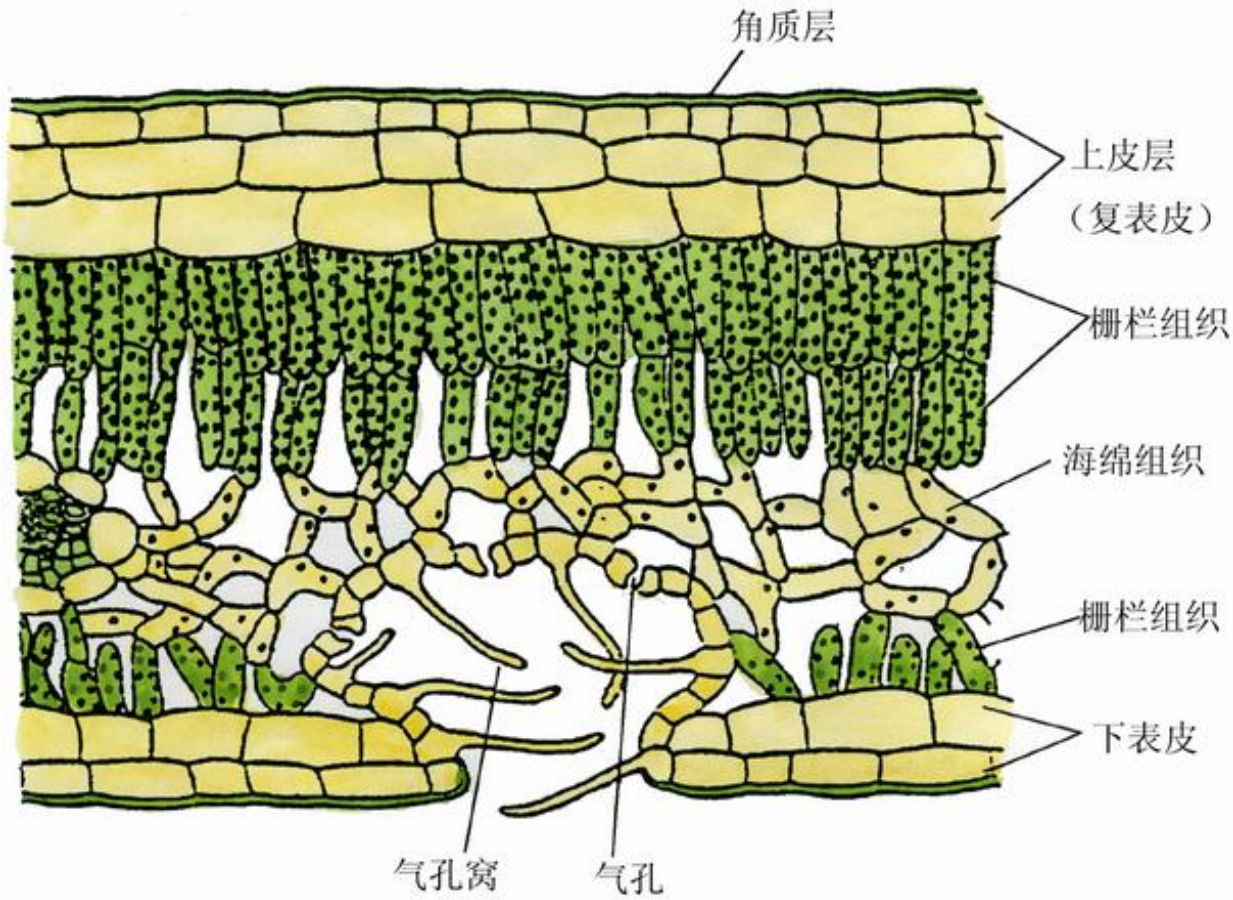
叶小型，表皮角质化程度高(角质层厚)，

表皮毛和蜡被发达，或呈复表皮，气孔下陷等。

栅栏组织发达，多叶脉。叶片肉质，

贮藏水分的薄壁组织发达。

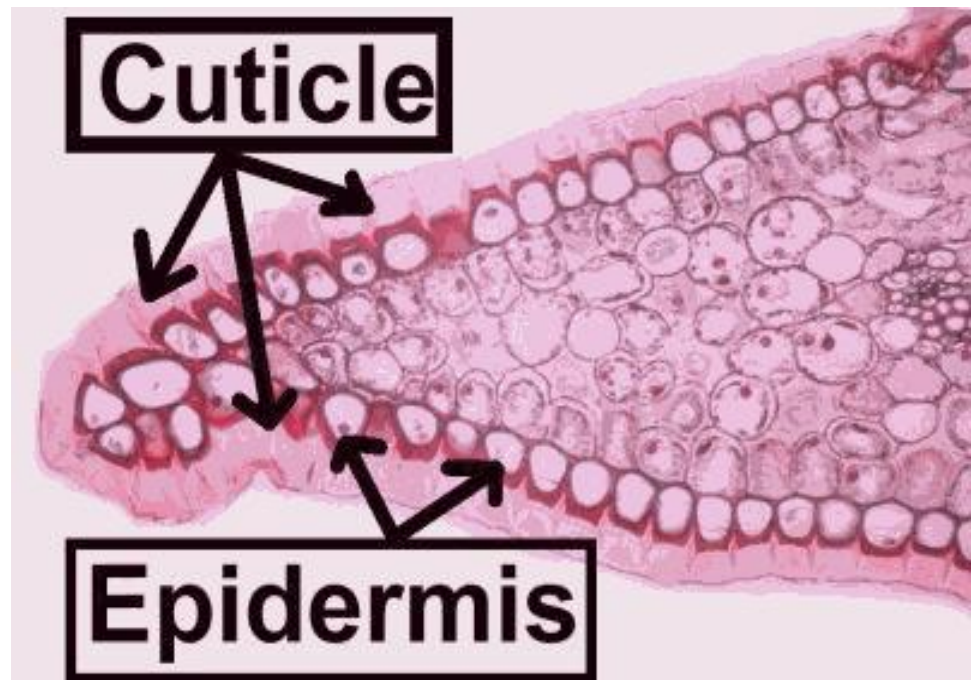




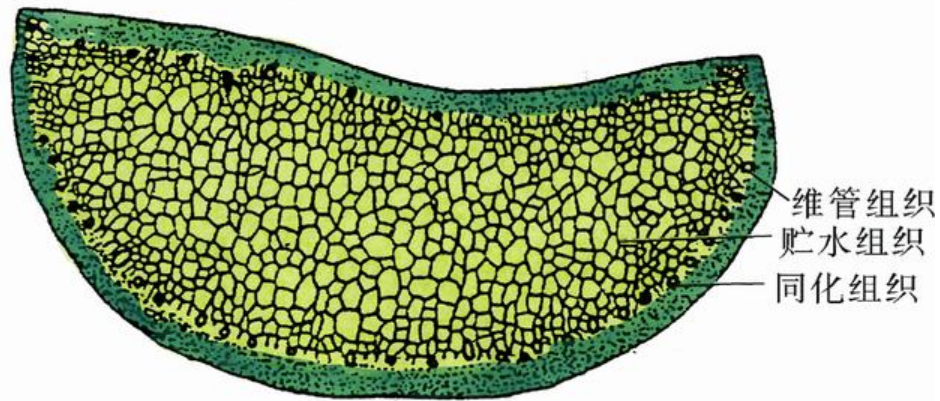
夹竹桃叶片的结构

表皮由**多层细胞**组成(复表皮)，**气孔下陷**，或限生于局部区域(如夹竹桃叶的**气孔窝**)。

栅栏组织细胞层次多，**海绵组织和细胞间隙**都不发达，机械组织的量较多。这些形态结构将**减少蒸腾面积**，或**减少蒸腾强度**，以适应**干旱**的环境。



龙舌兰属



芦荟叶横剖面

另一种类型称为**肉质植物** (fleshy plant), 如芦荟、马齿苋、龙舌兰、猪毛菜等。

其叶片肥厚多汁，叶内有**发达的贮水组织**，细胞液浓度高，保水力强。

仙人掌也是这一类型的植物，不过它的叶片退化，茎肥厚多浆汁，呈绿色，代替叶行光合作用。

细胞能**保持大量水分**，因此能够**耐旱**。

肉质化的叶



龙石兰



落地生根



Senecio succulent leaves.



仙人球



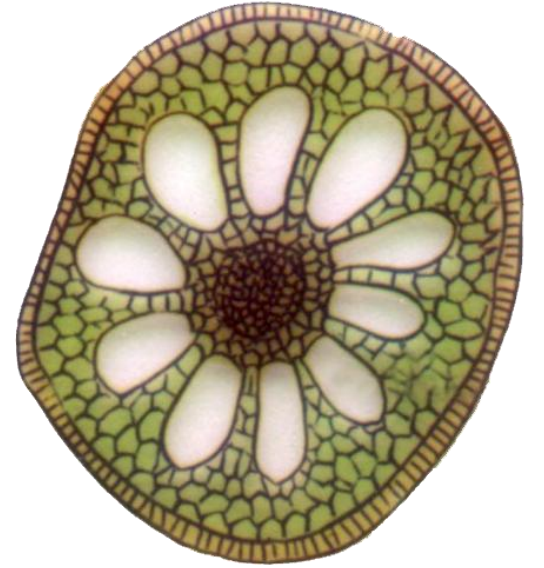
一种景天科植物的肉质叶



一种景天科植物的肉质叶

5.1

旱生植物和水生植物叶的结构

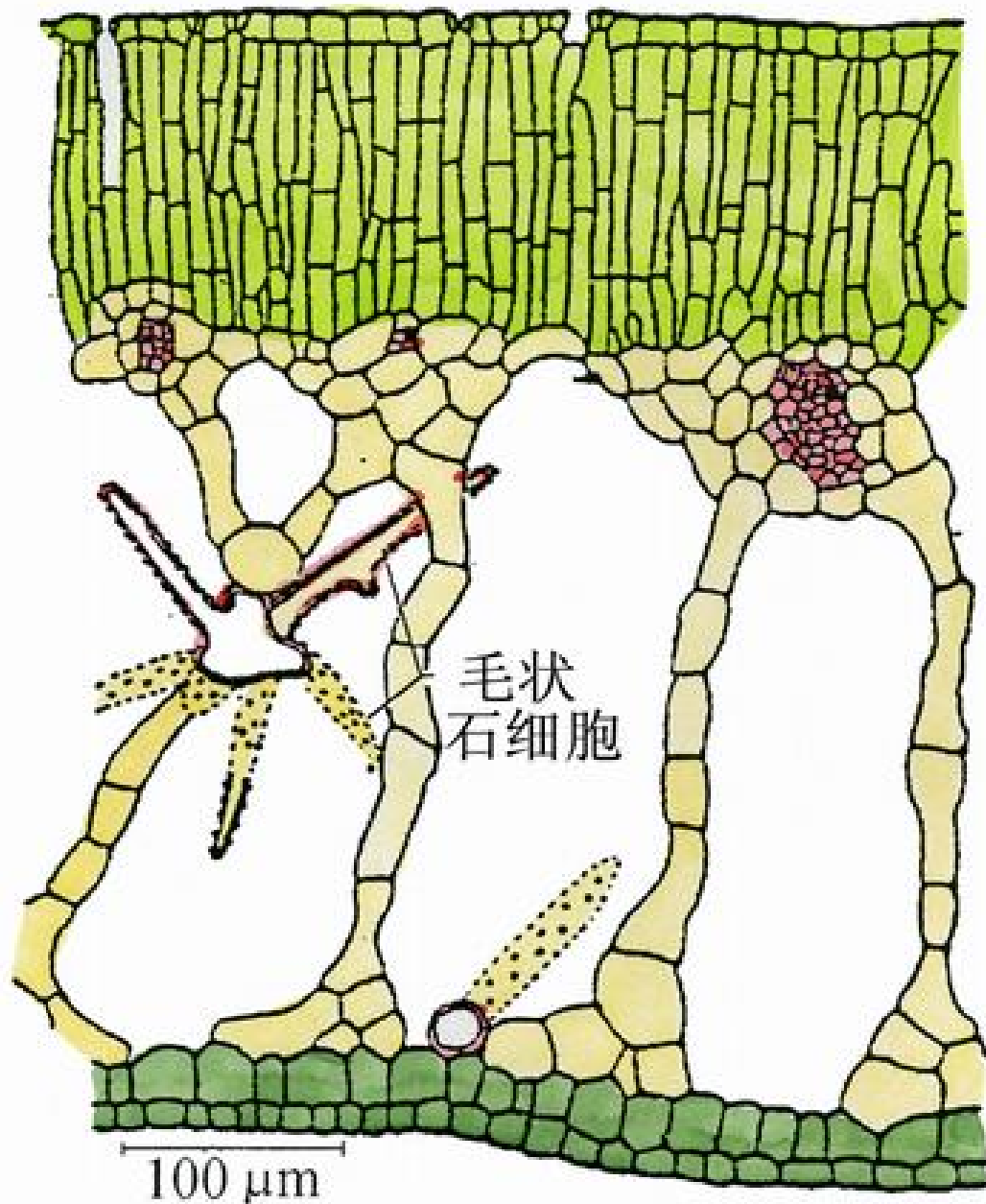


□ 水生植物的叶

沉水植物：无气孔，常裂为丝状。

挺水植物：植物在**空气**中的部分，具有**陆生**植物的特征；
生长在**水**中的部分（根或地下茎），具有**水生**植物的特征。

浮水植物：只有**上表皮**具少量气孔。



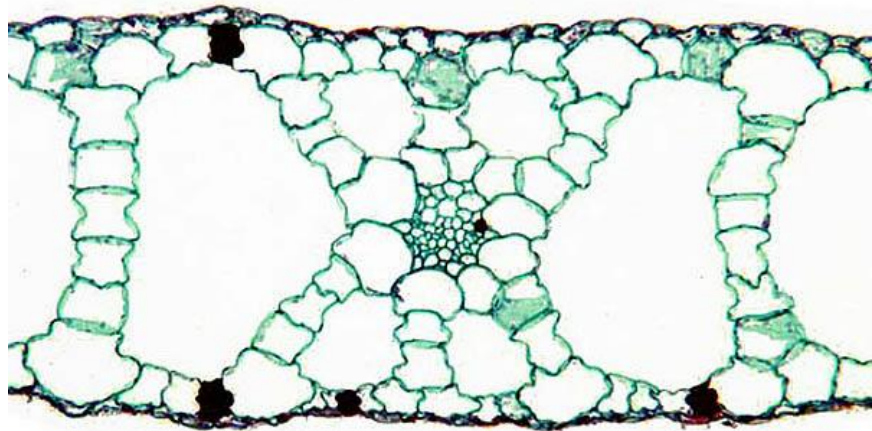
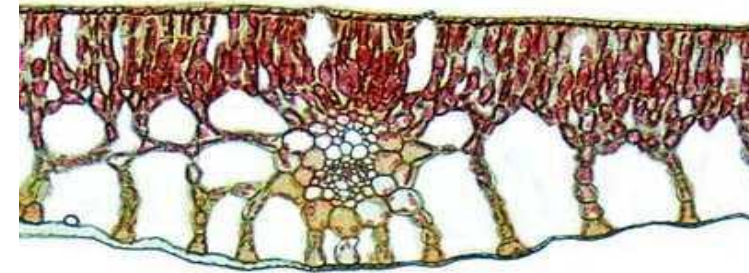
叶片通常较薄，表皮细胞的外壁**不角质化**，没有角质层或角质层很薄，细胞内具叶绿体。叶肉不分化为栅栏组织和海绵组织，形成发达的**通气组织**。

睡莲

叶片薄、或呈丝状、叶肉细胞层数少、常等面叶。

气室发达、叶脉少、机械组织和保护组织不发达，

表皮细胞很少角质化。



苦草





睡蓮科**王蓮**的浮水叶

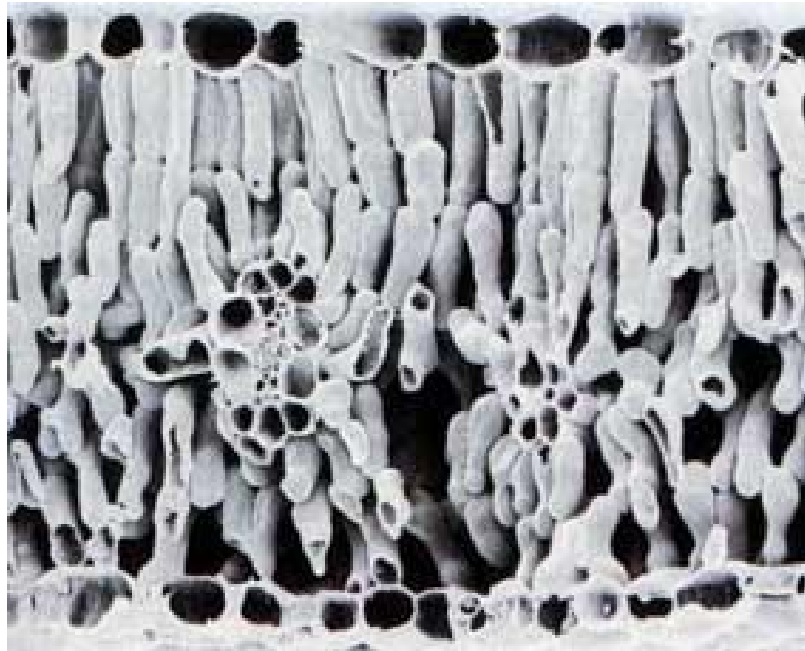
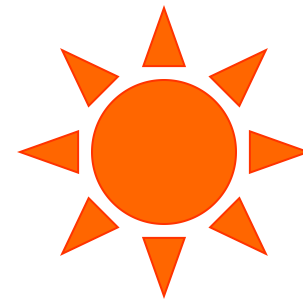




莲的挺水叶

5.2

阳地植物和阴地植物叶的结构



阳地植物



阴地植物



根据对光照条件的适应
关系分为：
阳地植物(sun plant)和
阴地植物(shade plant)

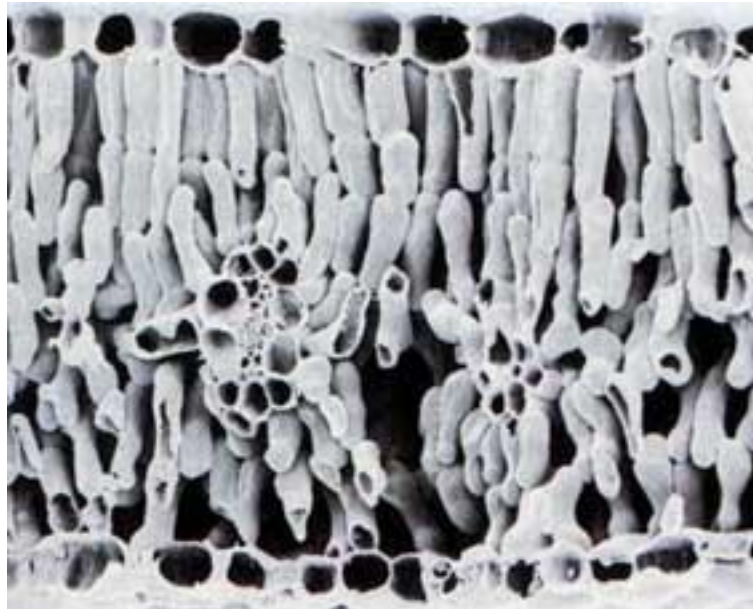


1.阳地植物的叶

阳地植物的叶倾向于旱生形态。

叶片较厚较小，表皮细胞壁和角质层较厚；
栅栏组织发达，海绵组织则不甚发达；
叶脉细密而长，机械组织发达。

阳生植物不等于旱生植物：水稻。

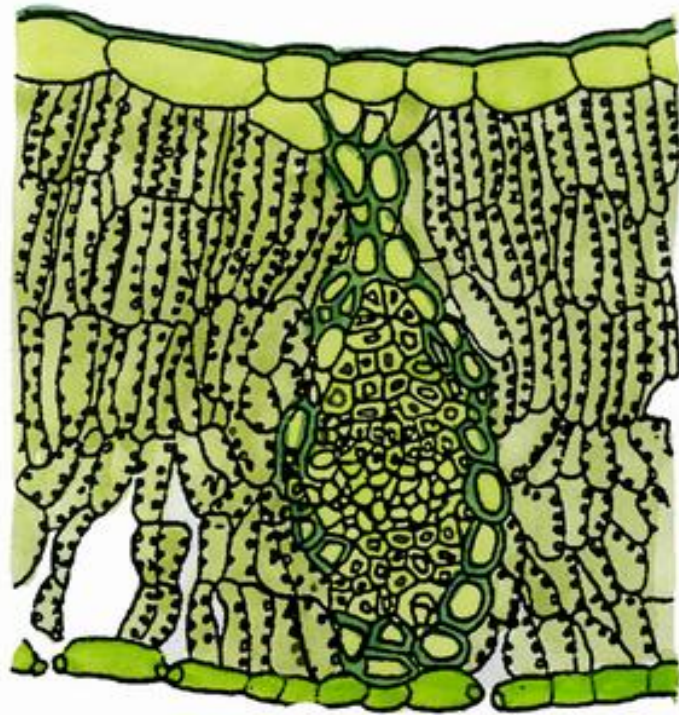


2. 阴地植物的叶

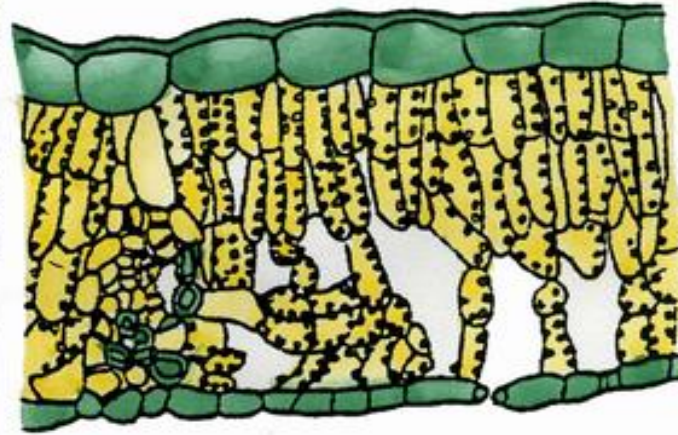
阴地植物的叶倾向于**湿生形态**。

叶大而薄，栅栏组织发育不良，细胞间隙发达，叶绿体较大，表皮细胞也常含有叶绿体。





阳叶



阴叶

栎树叶片解剖结构

同一植物在不同的环境，叶的结构也多少有些变化，即使在同一植株中，因各叶所处位置的光照不同，也会有**阳叶**与**阴叶**的差异。

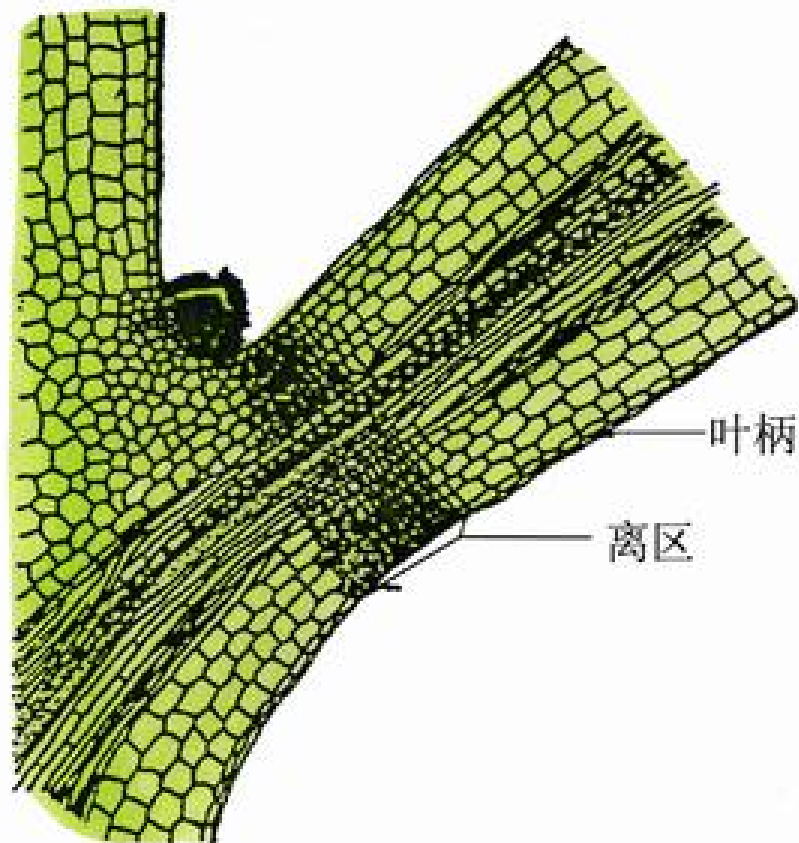
顶部与向阳的叶为**阳叶**；

下部和荫蔽的叶为**阴叶**。

六、叶的衰老与落叶

1. 叶的衰老：叶有一定的生活期，不管是落叶树(deciduous tree)还是常绿树(evergreen tree)
 - 叶衰老的原因：
 - 一是植株内的营养物质再分配，转移到竞争力更强的部位。
 - 二是叶内生长物质质量的改变，包括生长促进物质细胞分裂素的减少和生长抑制物质脱落酸(abscisic acid, 简称ABA)在叶内的积累。
2. 叶的脱落
 - 叶经历衰老的变化后即死亡、脱落。植物落叶与叶柄中产生离层(abscission layer)有关。
 - 大多数单子叶植物和草本双子叶植物并无离层形成。
 - 叶脱落后在茎上留下外敷保护层或周皮的痕迹，即叶痕。叶痕内有凸起的叶迹，是茎与叶柄间的维管束断裂形成的断面。

叶落前后离区和离层，保护层的形成



落叶前后离区的形成



落叶前后离层、保护层的形成

落叶前的一种槭树，叶一片金红



七、特化的叶

1. 苞片 (bract)和总苞 (involucre)
2. 鳞叶 (scale leaves)
3. 叶卷须 (tendrils)
4. 叶刺 (spines)
5. 叶状柄 (phyllode)
6. 捕虫叶 (insect-trapping leaves)
7. 贮藏叶 (storage leaves)
8. 瓶状叶 (flower-pot leaves)
9. 窗状叶 (window leaves)
10. 繁殖叶 (reproductive leaves)



玉叶金花花萼变态扩大白化

宝巾

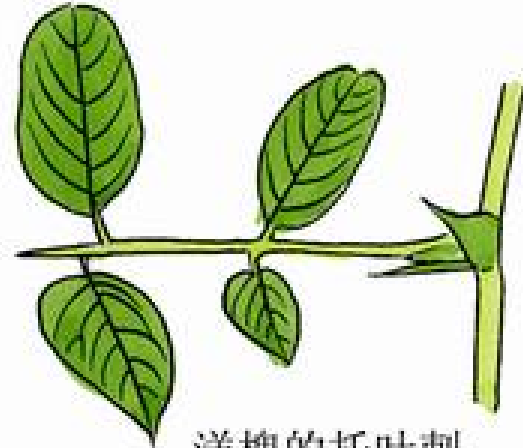
变态的总苞



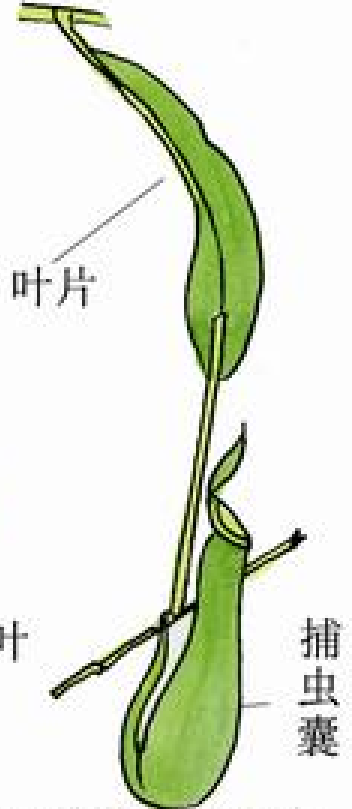
几种变态叶



豌豆的叶卷须



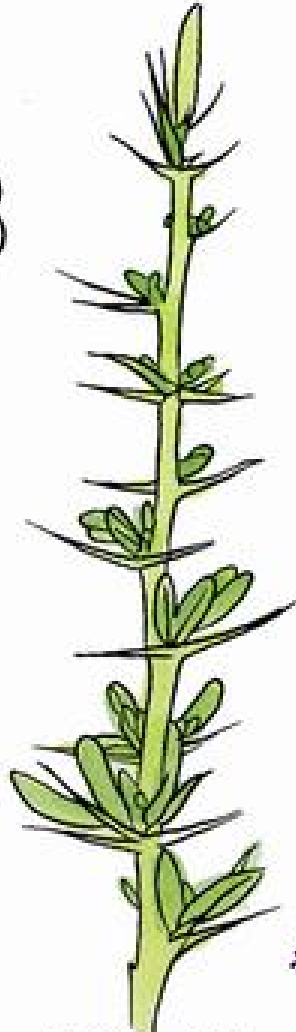
洋槐的托叶刺



猪笼草的捕虫囊
(叶柄的变态)



叶状柄 (金合欢属)



小檗的叶刺



植株

捕虫叶

茅膏菜的植株及捕虫叶



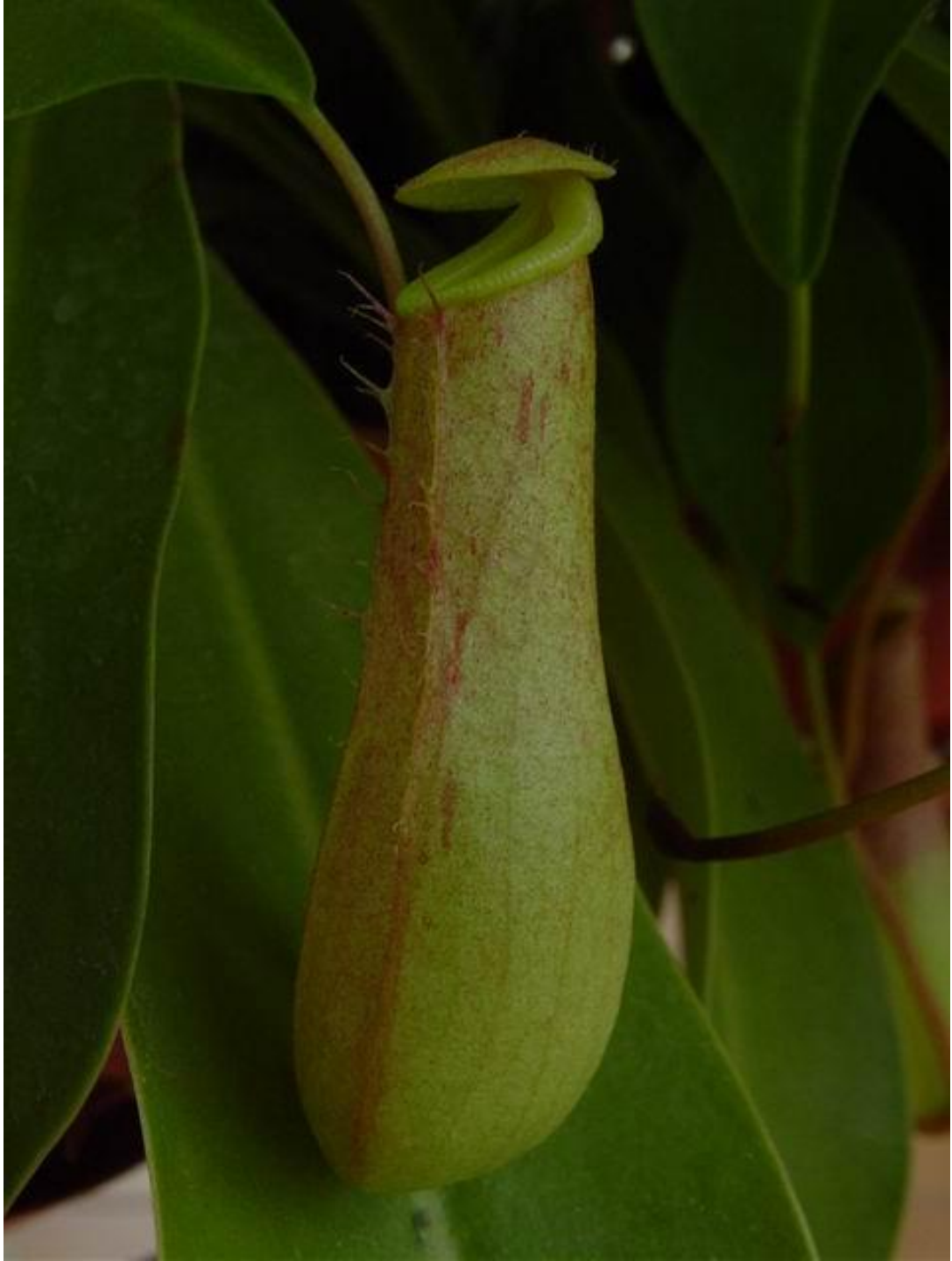
老鼠筋叶齿变态成刺



仙人科植物叶变态为刺



锦地罗的捕虫叶



猪笼草叶变态为捕虫囊



瓶子草

瓶子草的叶变态为捕虫囊

一种番杏科植物的窗状叶





一种萝藦科植物繁殖叶