

第四章 营养器官—根

- 一、根的生理功能和基本形态
- 二、根尖的初生生长与根的初生结构
- 三、侧根的发生
- 四、双子叶植物根的次生生长和次生结构
- 五、根瘤与菌根
- 六、根与农业生产的关系

§ 1 根的生理功能和基本形态

根 (root) : 一般指植物的地下部的营养器官。气生根、块茎等除外。

根是植物适应陆地生活而在进化过程中逐渐形成的营养器官。

根最基本的作用是固着和支持植物体，并从环境中吸收水分和养料。

一、根的生理功能

- 吸收作用：吸收水分和养料
 - 固着和支持作用：
 - 输导作用：
 - 合成作用：
 - 储藏作用：
 - 繁殖作用：
-

二、根和根系的基本形态

(一) 根的形态

1、**主根** (axial root) : 由胚根生长出来的、植物个体发育中最早出现的根叫主根。

侧根 (lateral root) : 侧根可长在主根、侧根和不定根上，长在主根和不定根上的为一级侧根，长在一级侧根上的为二级侧根，其余类推。

2、**定根** (normal root) : 从植物体固定部位长出来的根叫定根。
(主根起源于胚根、侧根起源于侧根原基)

不定根 (adventitious root) : 从植物体不固定部位长出来的根叫不定根。如从茎、老根和叶上长出的根。

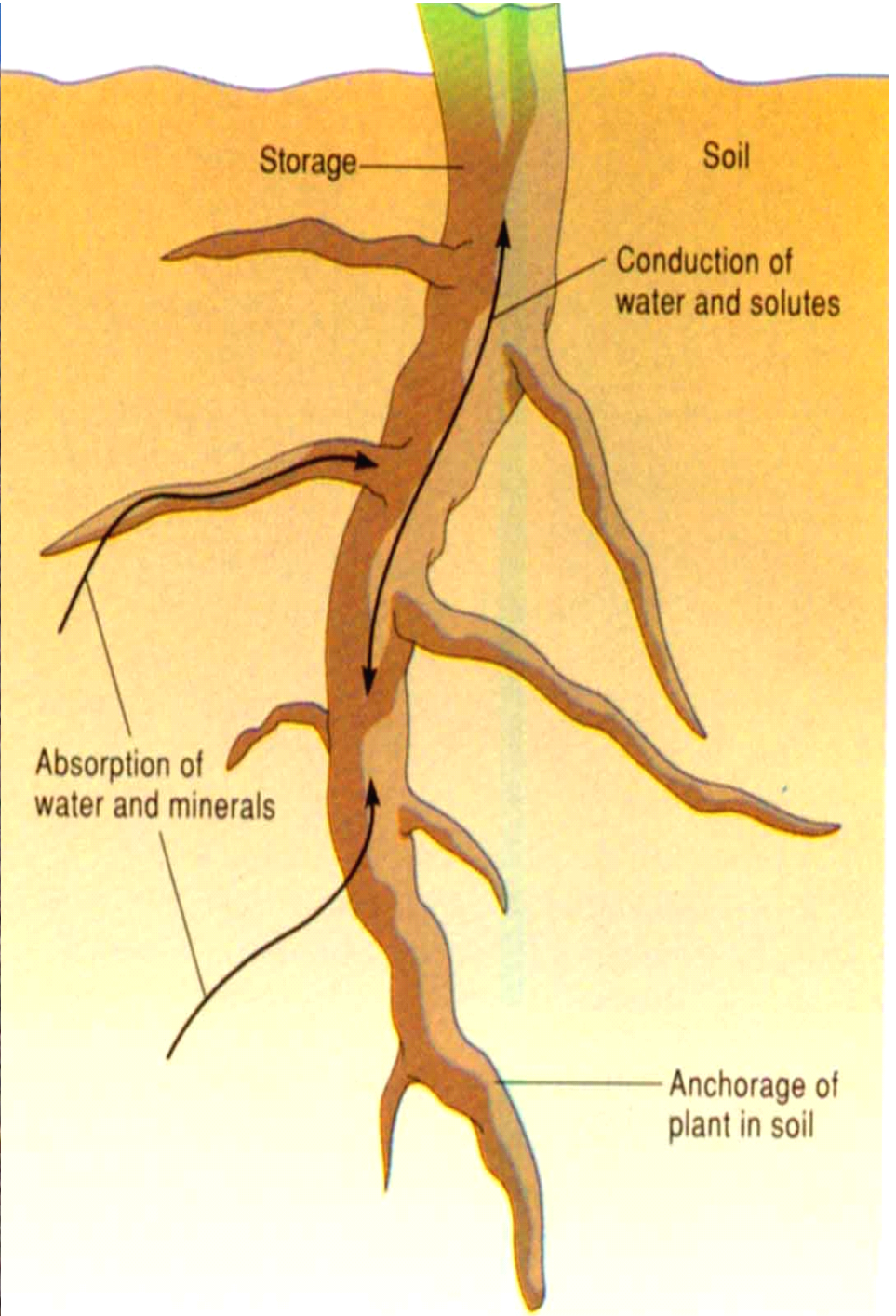
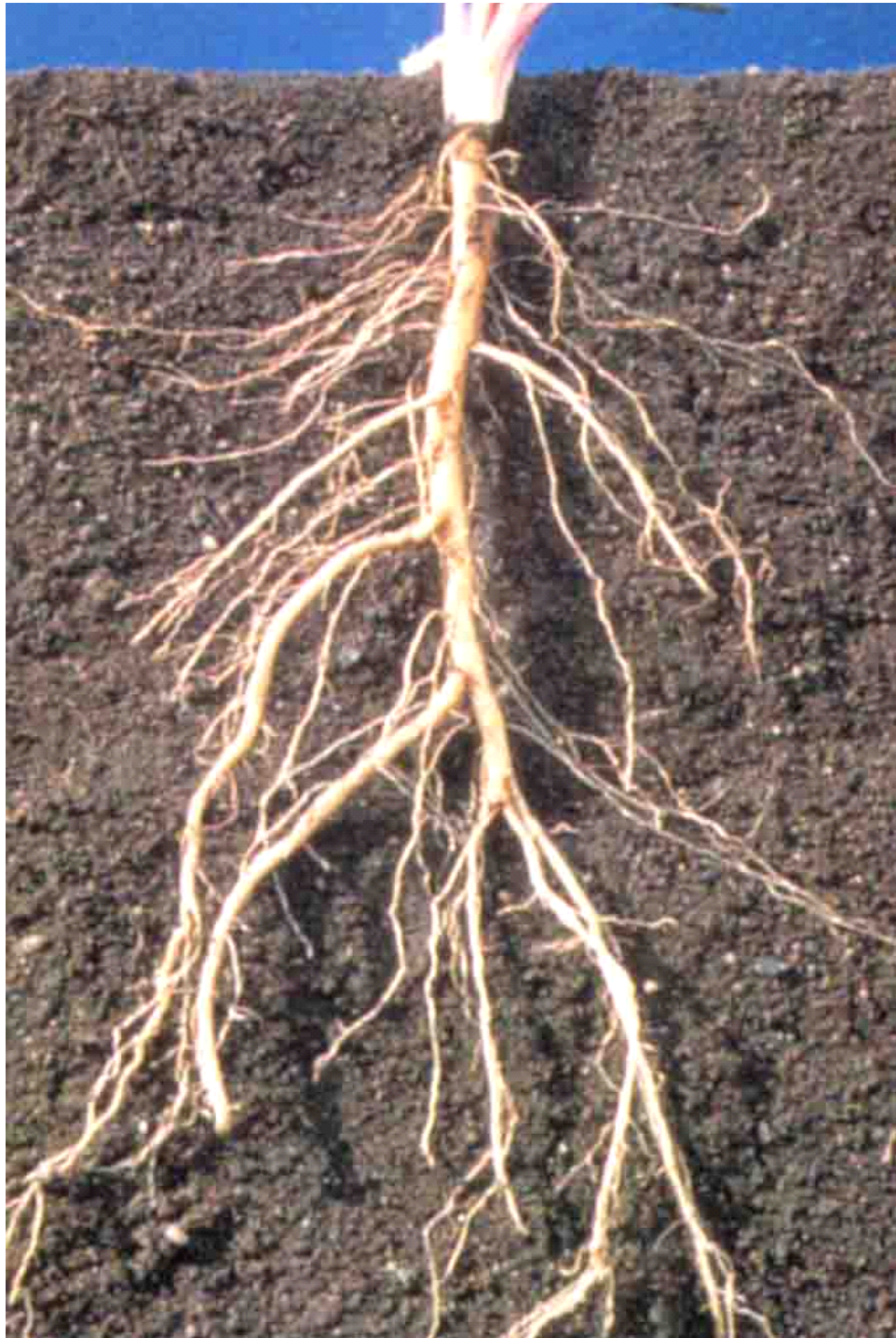
3、主根、侧根和不定根主要区别是起源不同，但它们的基本结构是相似的。

(二) 根系的形态

根系 (root system)：植物地下部分根的总称为根系。被子植物通过伸长、分枝、加粗和不定根的产生形成直根系和须根系两种根系。

1、**直根系** (taproot system)：一般为双子叶植物所具有。特点：有一个粗壮并保持垂直向纵深生长的主根，和分枝繁多、粗度依次递减的各级侧根，一般由定根组成。但也有的种类有少部分由胚轴上长出的不定根参与其直根系。一些成年的木本植物也常常从茎的基部产生一些不定根，参加到原有的直根系中去。

主根：由胚根发育而成，由于其最早开始伸长和加粗，又具有顶端优势，因而成为直根系中最粗最长的主干根。



2、须根系 (fibrous root system)

须根系为大多数单子叶植物所具有。

特点：主根不发达，主要由多条陆续从胚轴和茎上长出的不定根组成，组成须根系的根均不加粗，各条根的粗细近似，丛生如须，故名。

组成须根系的根不进行次生生生长，它与地上部分的输导联系以及支持、固着等作用主要由众多的不定根承担，因此它们都是骨干根。

直根系入土较深，为深根系；须根系为浅根系，但不同的植物也因其不同的遗传性而有差异。

须根系



§ 2 根尖的初生生长与根的初生结构

一、根尖及其分区

根尖 (root tip) :是根顶端至着生根毛处的一段根，是根系中生命活动最旺盛的部分，根的若干机能（如吸收、合成、分泌、贮藏等）主要在这个部位进行；根的伸长也是通过根尖进行的。

根尖从尖端起依次可分为根冠、分生区、伸长区和根毛区（成熟区）。

1、根冠 (root cap)

根冠：薄壁细胞组成的帽状结构，保护着被其包围其中的分生区。

2、分生区 (meristematic zone)

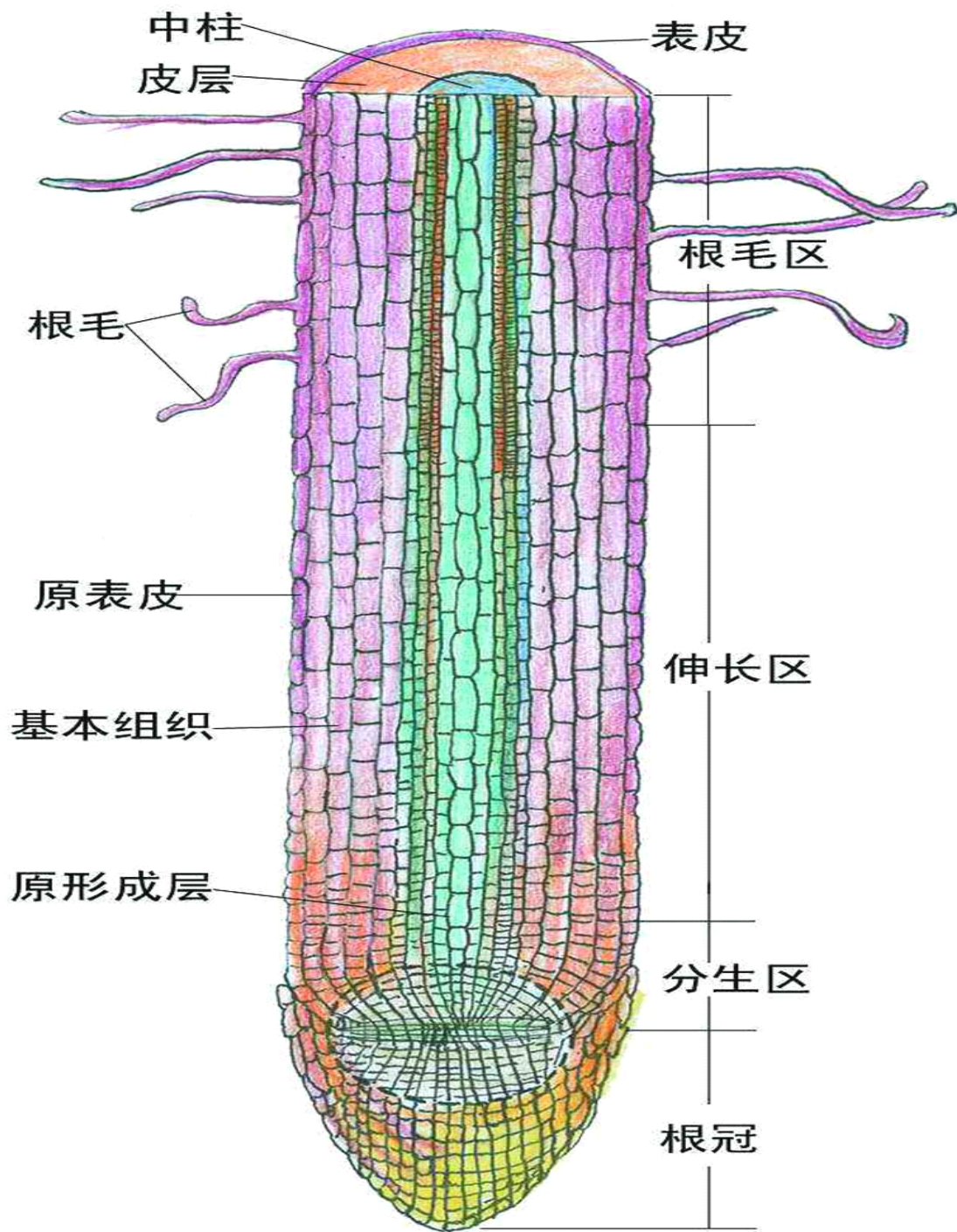
- 分生区由分生组织组成，整体如圆锥，所以又名生长锥 (growing tip)，大部分被根冠所包被。
 - 组成分生区的分生组织即为顶端分生组织。前端为原分生组织，向上/后逐渐成为初生分生组织，细胞分裂能力逐渐减弱，并逐渐有了初步分化。
-

3、伸长区 (elongation zone)

- 伸长区整体柱状，基本上由初生分生组织组成。向着根毛区方向细胞分裂活动愈来愈弱，细胞的长度和分化程度则随之增加，在靠近根毛区端原生韧皮部的筛管和原生木质部的导管先后出现。
 - 伸长区中许多细胞同时迅速伸长生长产生的伸长力量的总和，成为根尖深入土层的主要推动力。
-

4、根毛区 (root-hair zone)

- **根毛** (root hair)：是根毛区部分表皮细胞外壁向外突出生长而成的顶端封闭的管状结构。
 - **根毛区**：是根尖中紧接伸长区后部的一个区域，该区因密被根毛而得名。根毛的存在大大增加了吸收面积，使得根毛区成为根部吸收水分、无机盐的主要区域，所以叫**吸收区**；根毛区的细胞已停止生长，并多已分化成熟，形成各种成熟组织，所以也叫**成熟区**。
 - 根毛的寿命一般为2—3周或更短。但随着幼根向前生长，伸长区的后部又产生新的根毛。所以根毛区的位置不断向土层深处推移，大大提高了吸收效率。
 - 吸收组织是指根毛区的表皮细胞和根毛，因而吸收组织与根毛区关系密切，但两者定义不同。
-



二、根的初生结构

根毛区内的各种成熟组织，是由**原表皮**、**基本分生组织**和**原形成层**三种初生分生组织细胞分裂、分化而来，属于初生组织，它们共同组成的结构，称为**初生结构**。

(一) 双子叶植物根的初生结构

根的**成熟区**的各种结构都是由初生分生组织分化而来的，因此也称为初生结构。

根的**初生结构**，由外至内明显地分为表皮，皮层和中柱（维管柱）三个部分。

(一) 双子叶植物根的初生结构

1、**表皮**：成熟区最外的一层细胞，由原表皮发育而来。

特点：

- ① 包围在成熟区的最外方，常由一层细胞组成，由原表皮发育而来，细胞的长轴与根的纵轴平行。
- ② 表皮细胞的细胞壁与角质膜均薄，适与水和溶质渗透通过。
- ③ 部分细胞的细胞壁还向外突出形成根毛，以扩大吸收面积，对幼根来说，表皮的吸收作用显然比保护作用更重要。

所以，根表皮是一种薄壁的吸收组织。

(一) 双子叶植物根的初生结构

2、**皮层**：由基本分生组织发育而来，多层薄壁细胞，排列疏松，细胞间隙大。

皮层

外皮层：最外 1-2 层排列整齐，无胞间隙的薄壁细胞组成。

中皮层：多层薄壁细胞组成。

内皮层：皮层最内的 1 层细胞，排列紧密，无细胞间隙，有凯氏带。

凯氏带：内皮层细胞的径向壁和横向壁上，常有栓质化和木质化增厚成带状结构，环绕细胞成一整圈，称凯氏带。

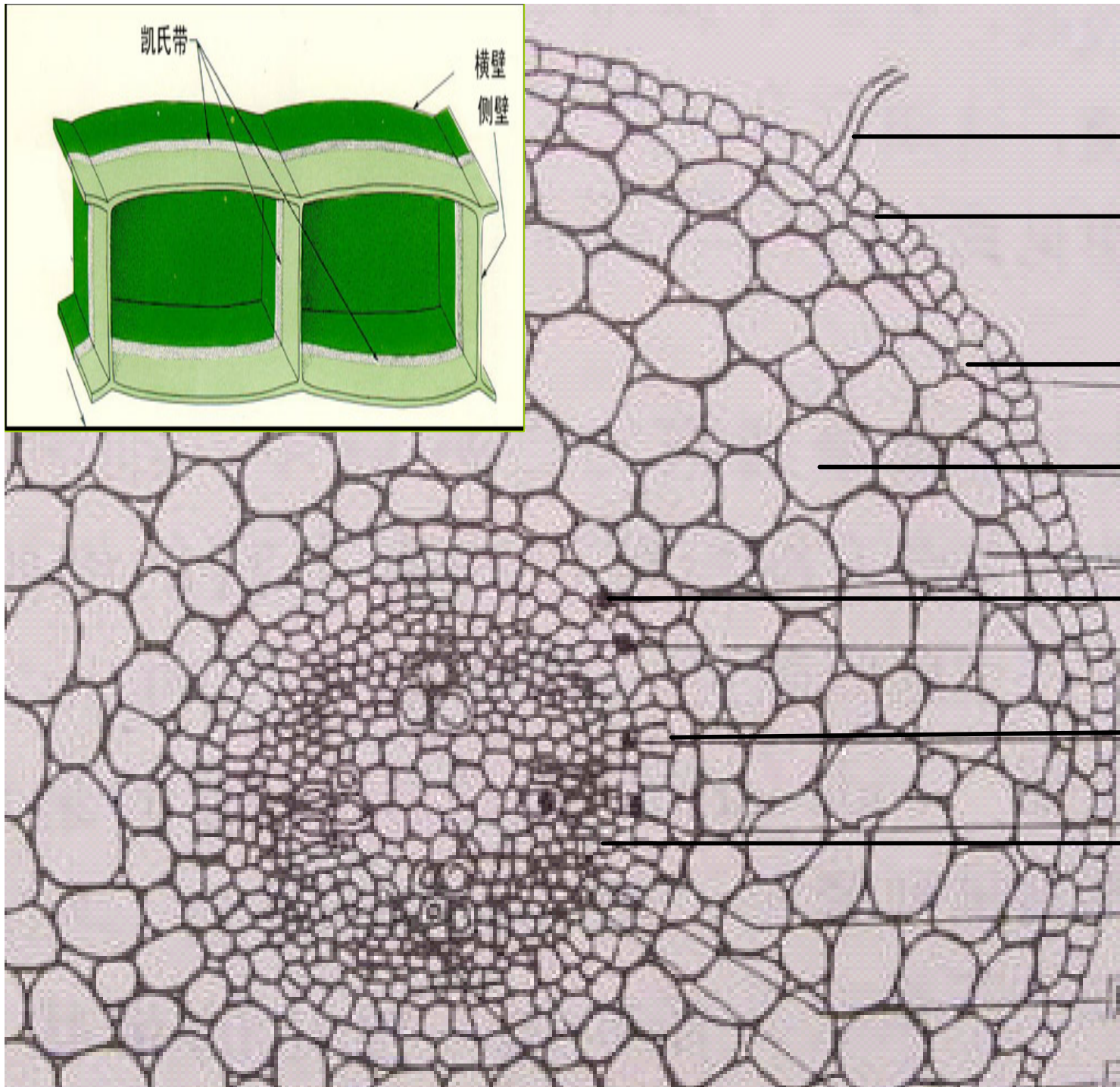
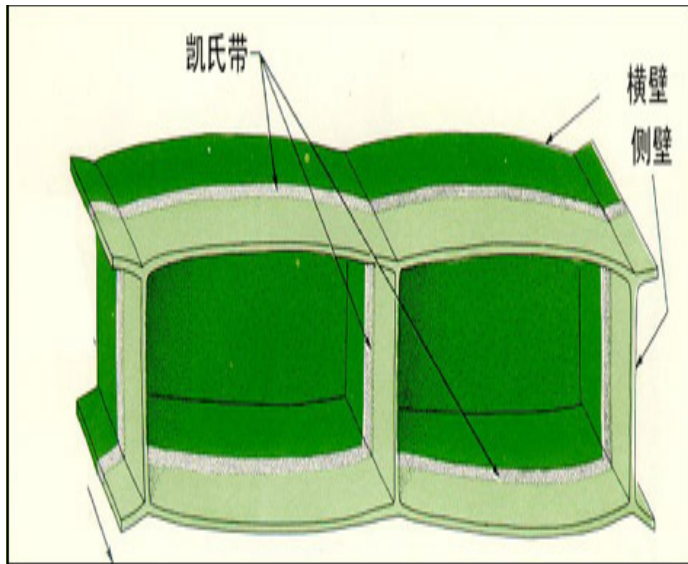
(一) 双子叶植物根的初生结构

3、中柱：内皮层以内的部分，包括中柱鞘、初生维管组织，有的有髓。

(1) 中柱鞘：维管柱最外的一层(也有的有2层、多层)细胞，由原形成层发育而来，具潜在的分生能力。由此可产生部分维管形成层、木栓形成层、不定芽、侧根和不定根。

(2) 初生维管组织：包括初生木质部和初生韧皮部，都为外始式发育，各自成束，相间排列。

(3) 薄壁组织和髓：初生木质部和初生韧皮部之间的为薄壁组织。极少数植物的根中央部分不分化，形成由薄壁组织组成的髓。



根毛

表皮

外皮层

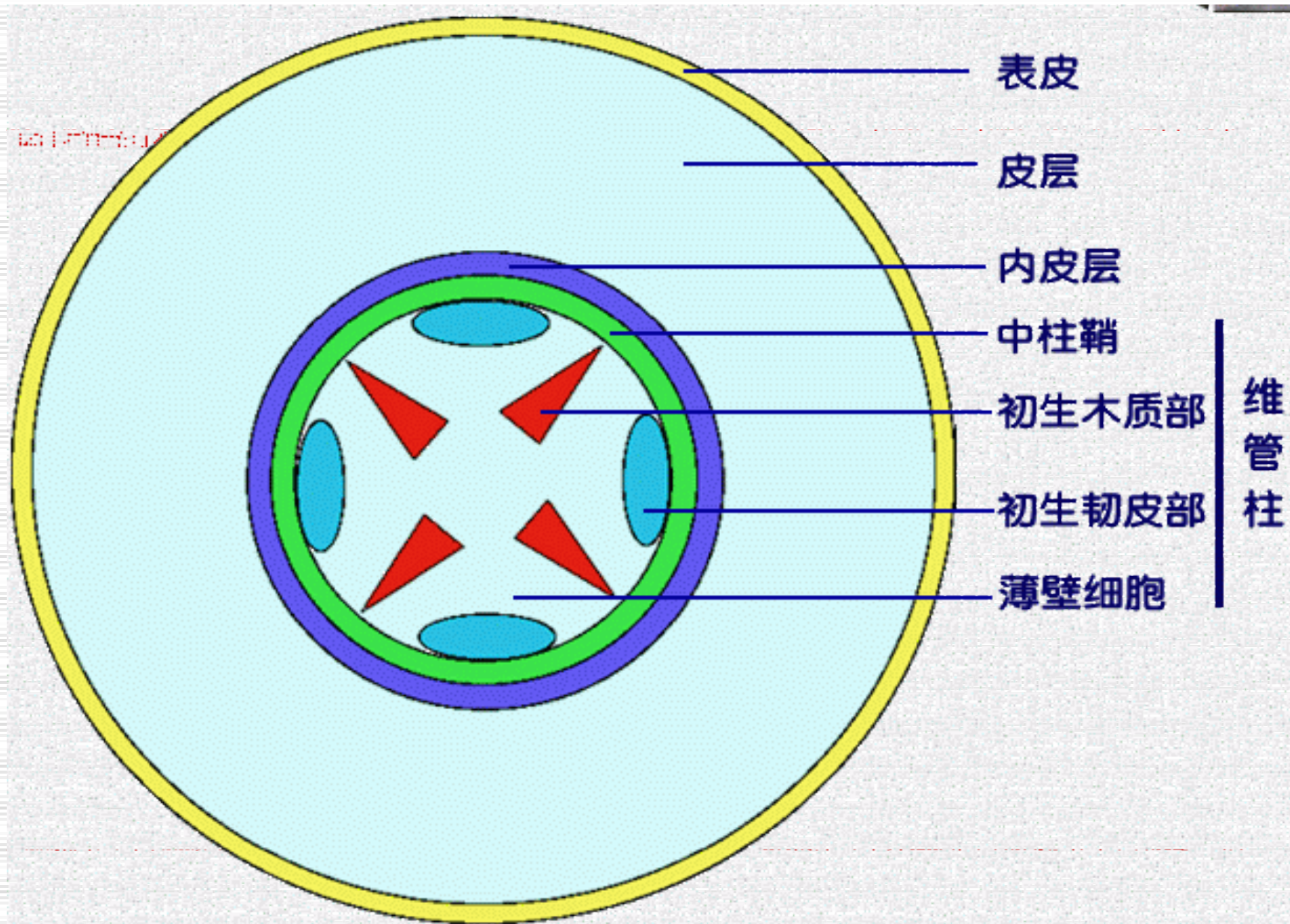
中皮层

凯氏带

内皮层

中柱

双子叶植物根的初生结构轮廓图



双子叶植物根的特点

双子叶植物根的初生结构

表皮 单层生活薄壁细胞，排列紧密

皮层 由多层生活的薄壁细胞组成，最外层称外皮层，最内层称内皮层。内皮层上有凯氏带。

中柱 { 中柱鞘
初生维管组织 { 初生木质部
薄壁组织 { 初生韧皮部

双子叶植物根的特点：

1. 表皮细胞壁薄，无气孔，有根毛。
 2. 皮层细胞层数较多，内皮层上有凯氏带；
内皮层和中柱鞘的界限明显。
 3. 初生木质部和初生韧皮部相间排列，发育方式都为外始式。
-

(二) 禾本科植物根的初生结构

禾本科植物属于**单子叶植物**，根的初生生长与双子叶植物基本相同，初生结构也可分为表皮、皮层和中柱三部分，但有下列特点：

皮层

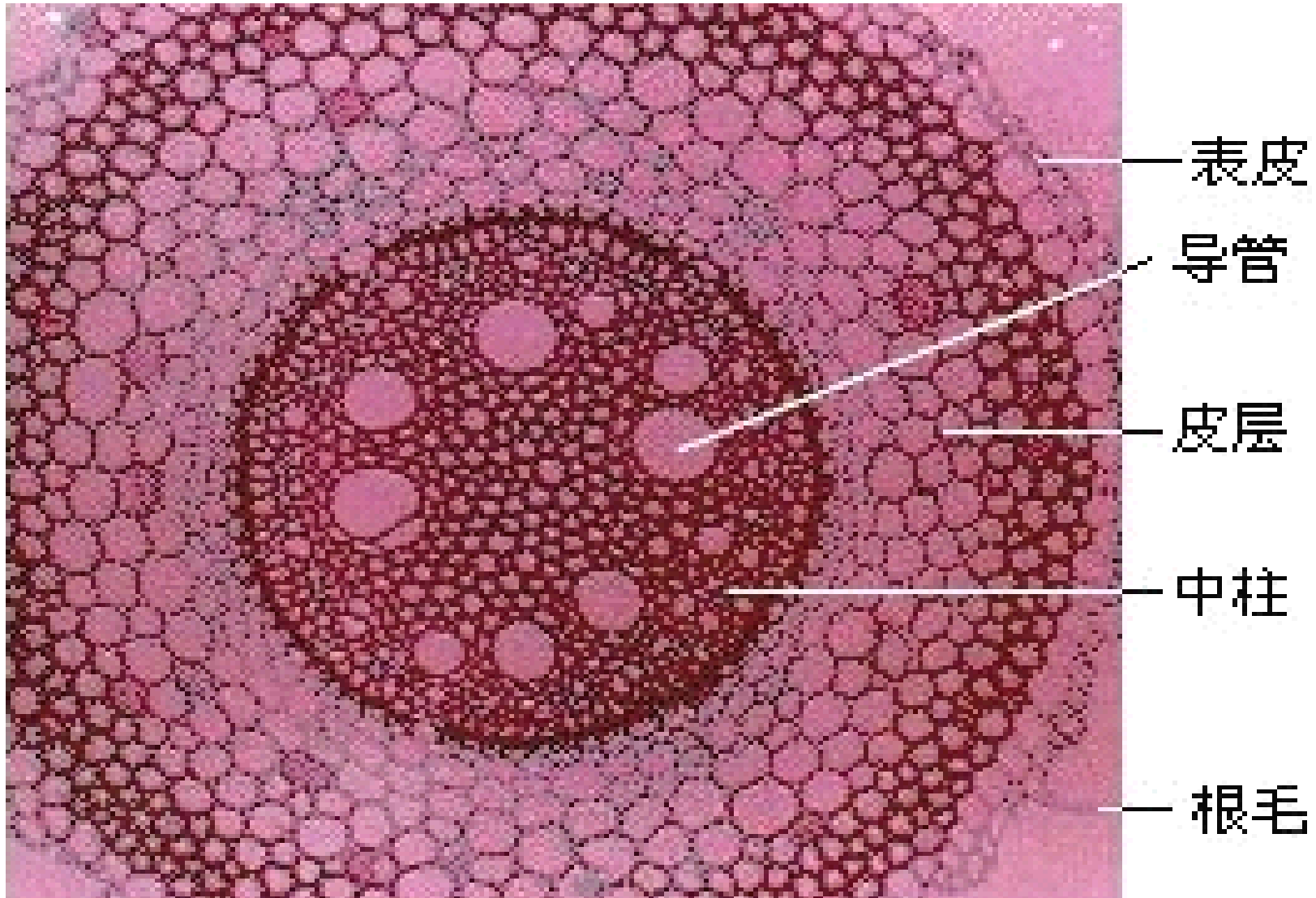
外皮层：最外1-2层排列整齐，无胞间隙的薄壁细胞组成。

中皮层：多层薄壁细胞组成。

内皮层：皮层最内的1层细胞，排列紧密，无细胞间隙，有凯氏带。

通道细胞：在单子叶植物中，发育后期的内皮层，除外切向壁外其余细胞壁均增厚。但对着初生木质部的内皮层细胞的细胞壁不增厚，保留凯氏带，称通道细胞。

禾本科植物根的结构：



双子叶植物和单子叶植物初生根比较

比较	双子叶植物	单子叶植物
内皮层	具凯氏带	五面细胞壁增厚
有无形成层	木质部与韧皮部之间有形成层，能进行次生生长	木质部与韧皮部之间无形成层，不能进行次生生长
木质部脊	少于 6 个	多原型（6 个以上）

§ 3 侧根的发生

- 当侧根开始发生时，**中柱鞘**上一定位置的细胞经脱分化、恢复分裂能力形成**侧根原基**，其顶端逐渐分化为生长点和根冠，最后由于生长点的不断分裂、生长和分化而向外突出，穿过母根的皮层和表皮成为**侧根**。
 - 侧根（原基）的发生，在根毛区就已经开始，但突破表皮，露出母根外，却是在根毛区以后的部分。这样就使侧根的产生不会破坏根毛而影响吸收功能，这是长期以来自然选择和植物适应环境的结果。
-

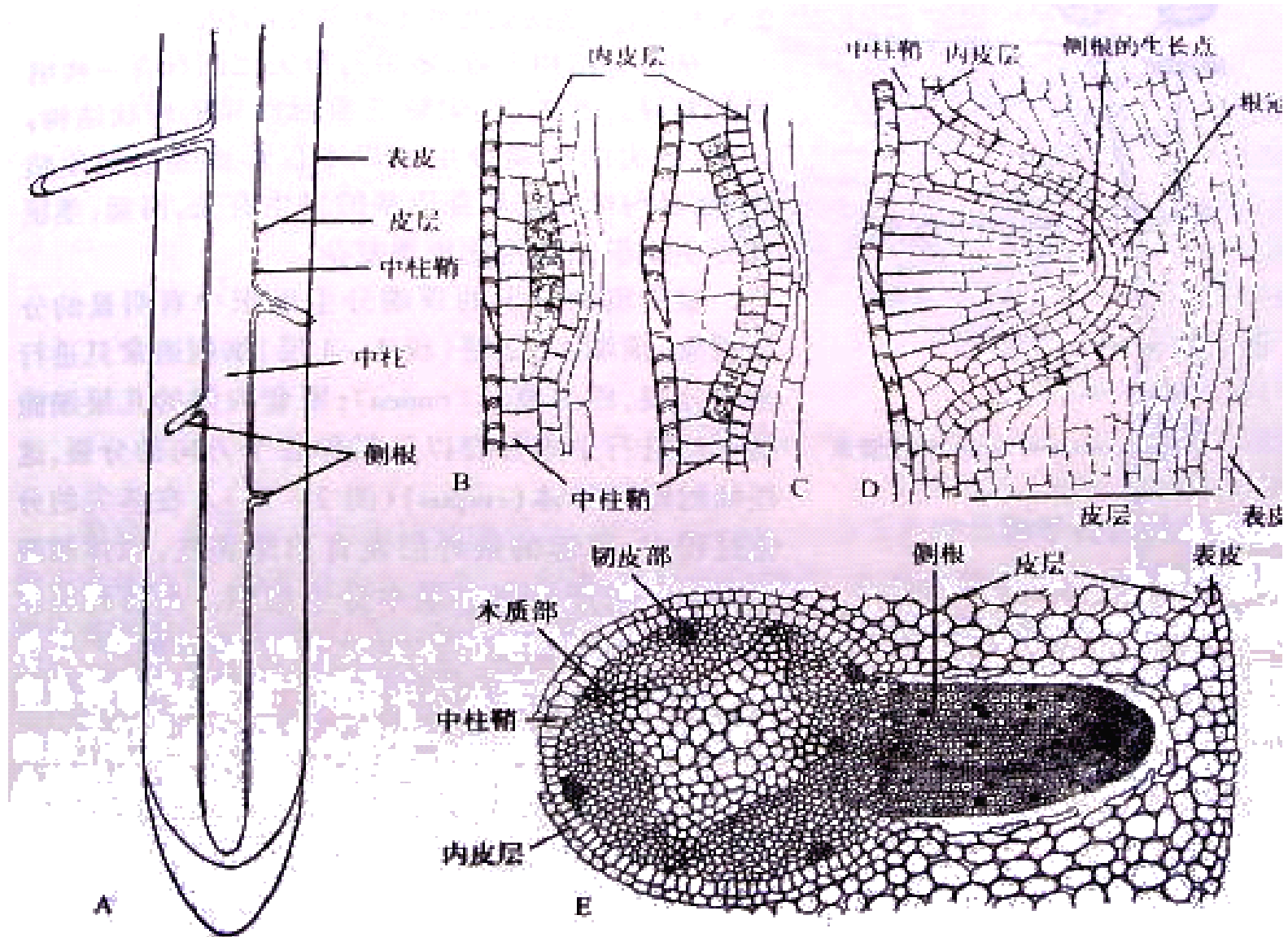
几个概念

- **横向壁**：与生长点的横切面平行的壁。
 - **径向壁**：与该细胞所在部位的半径相平行的壁。
 - **切向壁**：与该细胞所在部位的同侧外周切线相平行的壁。

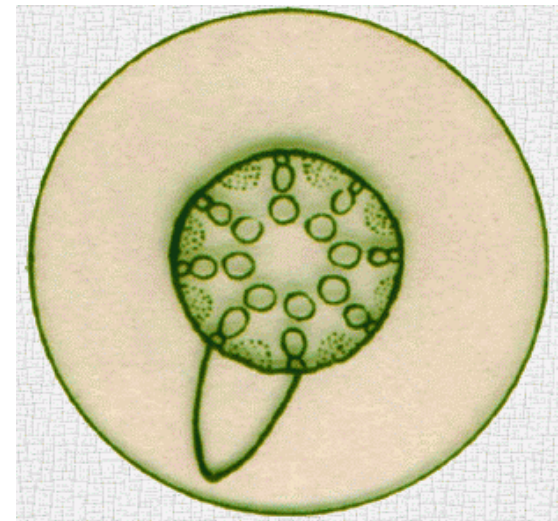
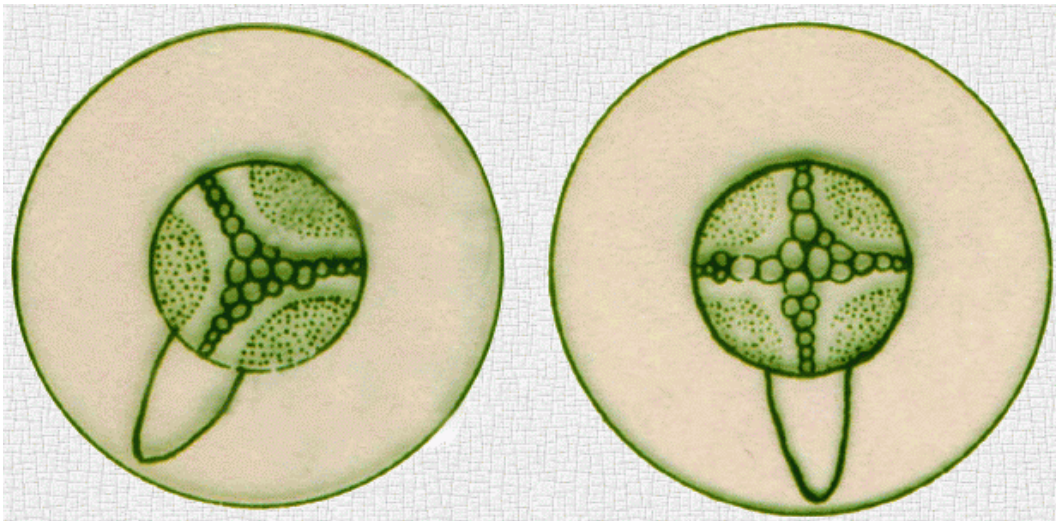
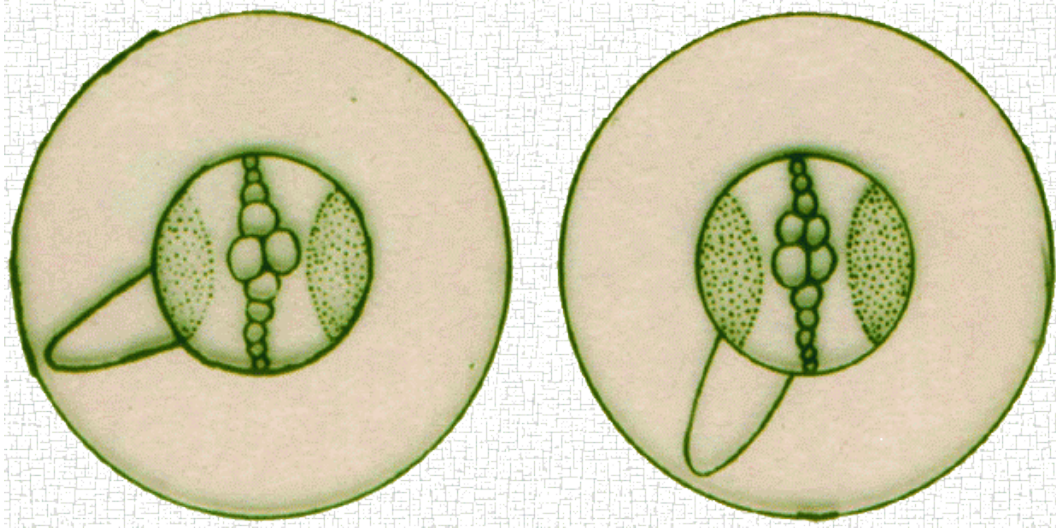
 - **横分裂**：新壁与母细胞的横向壁平行的细胞分裂叫横分裂。
 - **径向分裂**：新壁与母细胞的径向壁平行的细胞分裂叫径向分裂。
 - **切向分裂**：新壁与母细胞的切向壁平行的细胞分裂叫切向分裂。

 - **垂周分裂**：可分为横分裂和径向分裂，产生的新壁与所在部位的同侧外周切线垂直，叫垂周分裂。垂周分裂是扩大圆周面积和伸长生长的重要因素。
 - **平周分裂**：即切向分裂。增加半径方向的细胞量，成为器官加粗的重要因素。
-

侧根的发生



侧根的发生位置



§ 4 双子叶植物根的次生生长和次生结构

- **次生生长**：由于次生分生组织（维管形成层和木栓形成层）活动而进行的生长（加粗生长）过程称为次生生长。
 - **次生结构**：次生生长所形成的结构（次生维管组织和周皮等）叫次生结构。
-

一、维管形成层的发生与次生维管组织的形成

1、维管形成层的发生：

木质部与韧皮部之间的薄壁细胞发生，形成条状形成层；
与由中柱鞘细胞发生的形成层连接成波浪形的形成层环。

2、维管形成层的活动：

(1) 不等速分裂，形成层环由波浪形变为圆形。

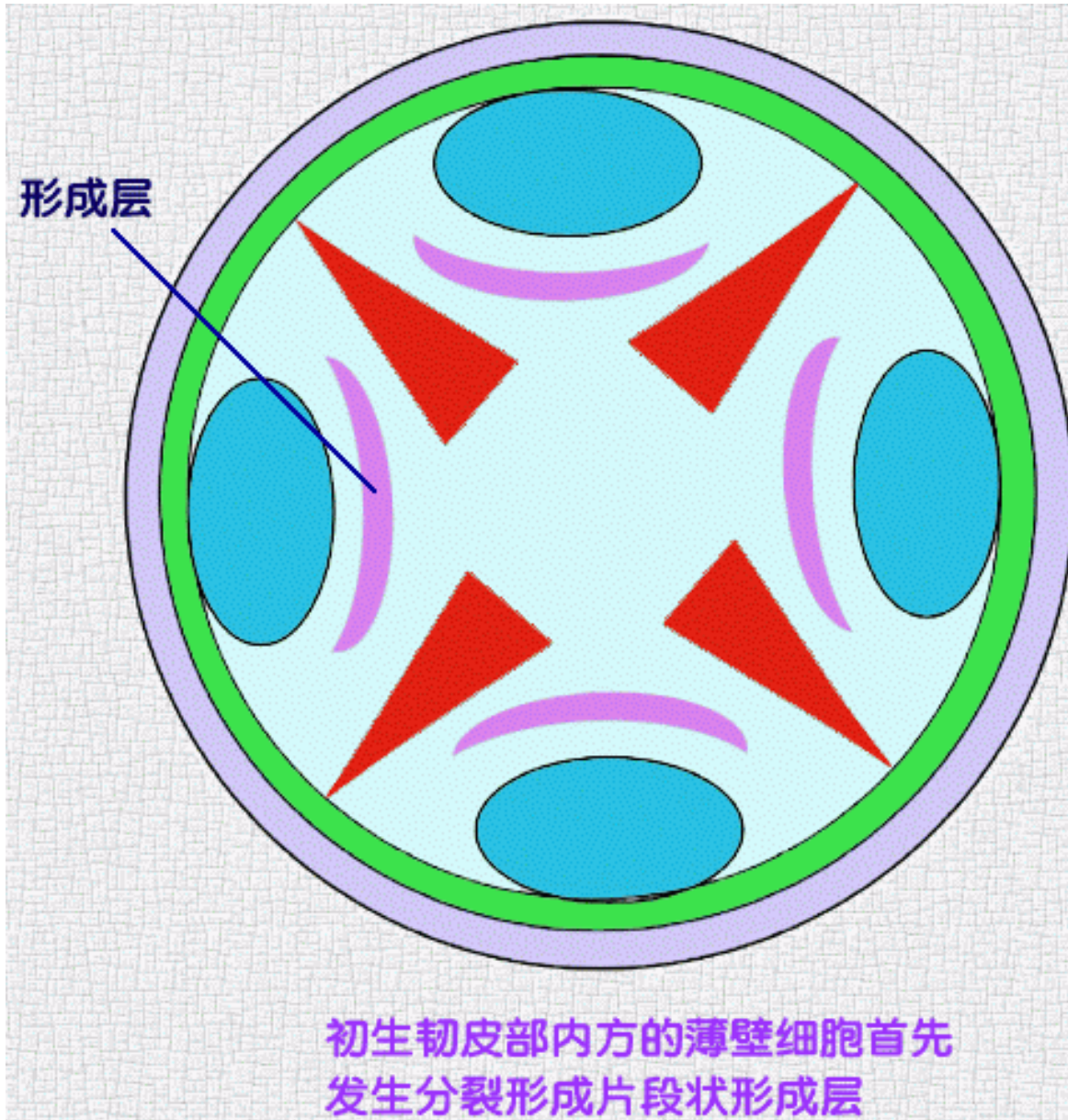
(2) 等速分裂，向内形成次生木质部，向外形成次生韧皮部，两者合称次生维管组织。在具有次生生长的根中，次生木质部和次生韧皮部间始终存在着形成层。

轴向系统：导管、管胞、筛管、伴胞、纤维等

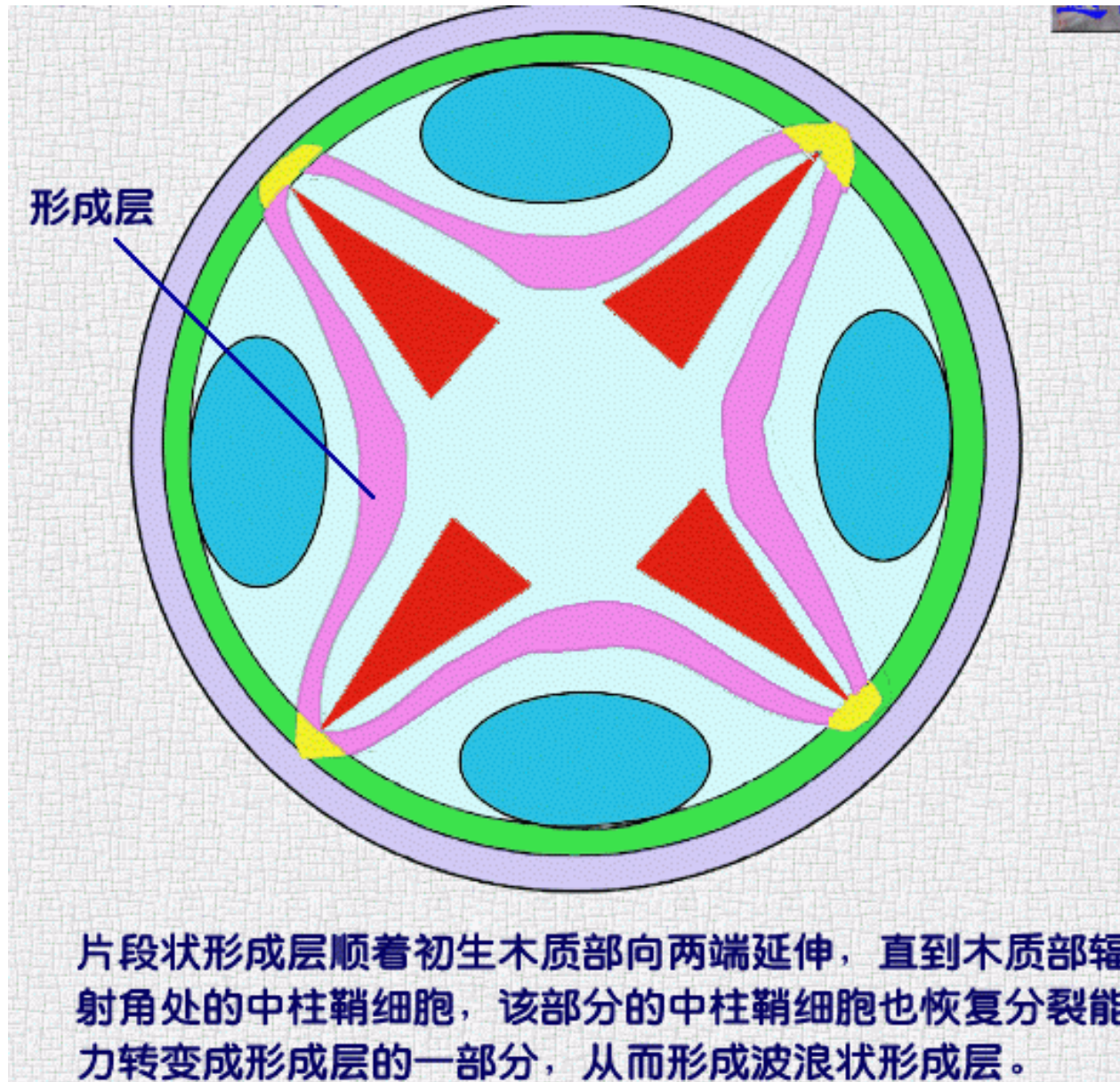
横向（径向）系统：维管射线

维管射线 { 木射线
 { 韧皮射线

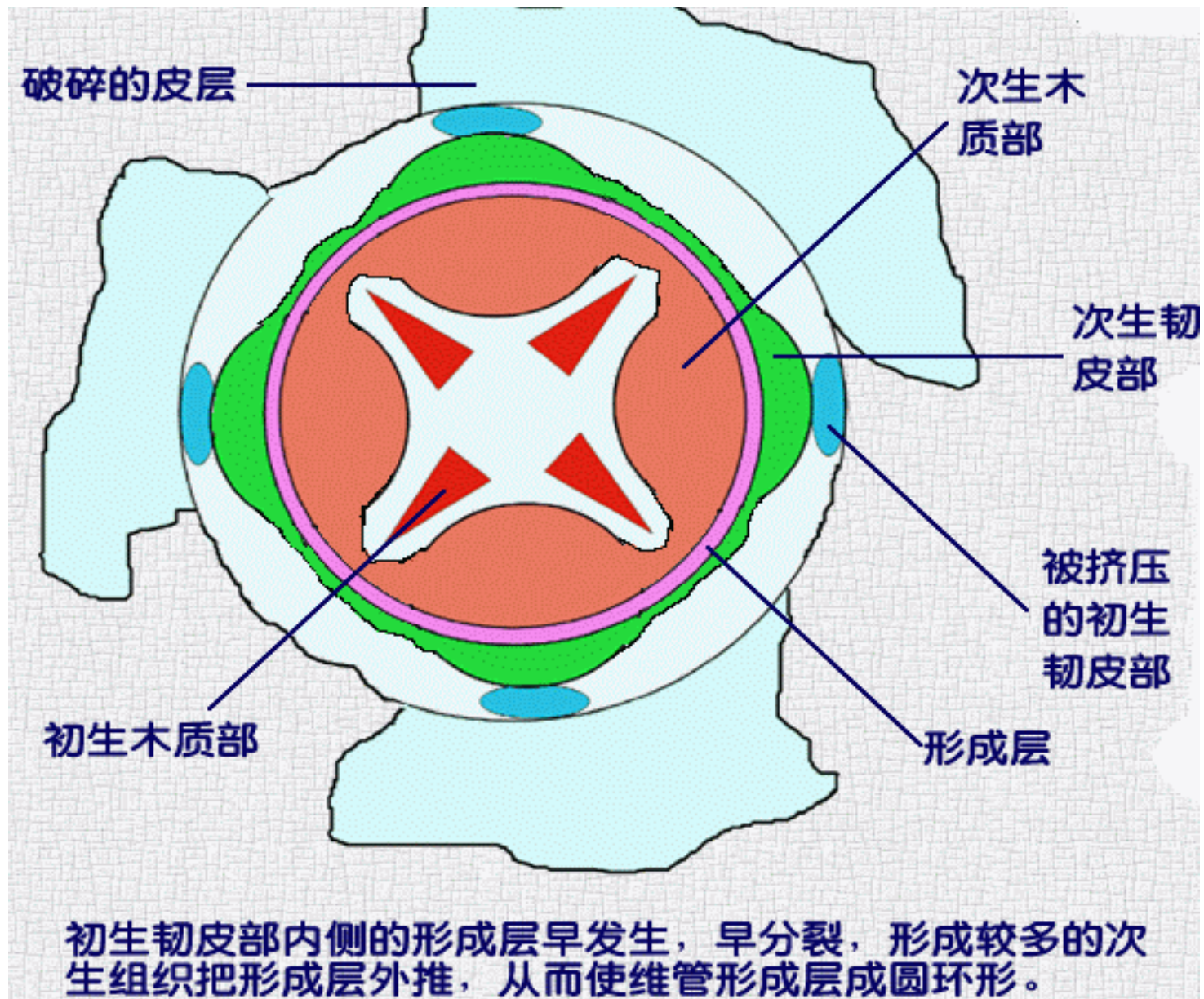
维管形成层的发生与活动

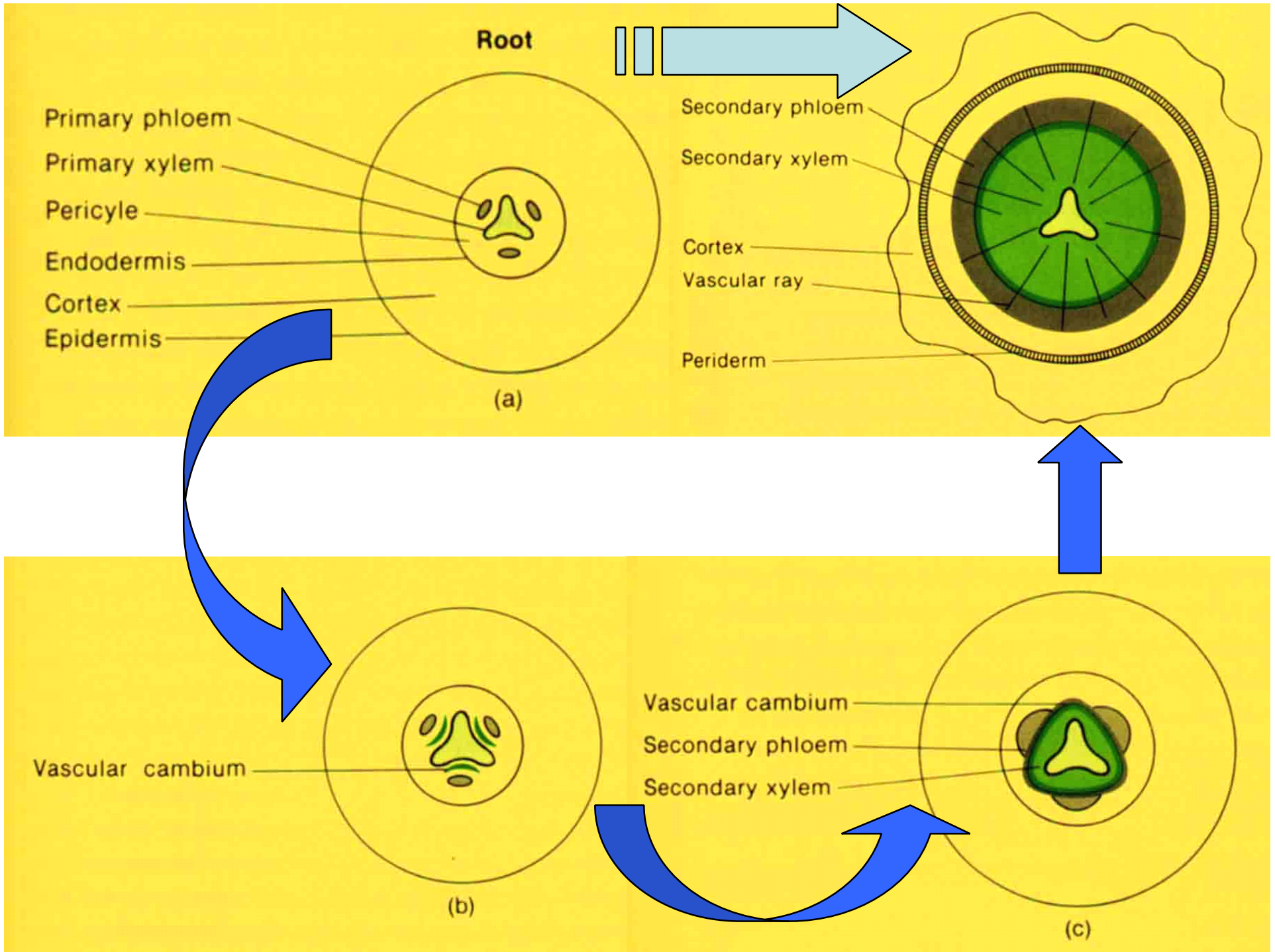


维管形成层的发生与活动



维管形成层的发生与活动





根的维管形成层所形成的次生结构的特点

1、次生维管组织内，次生木质部居内，次生韧皮部居外，**相对排列**，与初生维管组织中初生木质部与初生韧皮部二者的相间排列，完全不同。维管射线(木射线和韧皮射线)是新产生的组织，它的形成，使维管组织内有**轴向和横向（径向）系统**之分。

2、形成层每年向内、外增生新的维管组织，特别是次生木质部的增生，使根的直径不断地增大。因此，形成层也就随着增大，位置不断外移，这是必然的结果。所以形成层细胞的分裂，除主要进行**切向分裂**外，还有径向分裂，及**其他方向的分裂**，使形成层周径扩大，才能适应内部的增长。

3、**次生结构中以次生木质部为主**，而次生韧皮部所占比例较小，这是因为新的次生维管组织总是增加在旧韧皮部的内方，老的韧皮部因受内方的生长而遭受压力最大。越是在外方的韧皮部，受到的压力越大，到相当时候，老韧皮部就遭受破坏，丧失作用。尤其是初生韧皮部很早就被破坏，以后就依次轮到外层的次生韧皮部。木质部的情况完全不同，形成层向内产生的次生木质部数量较多，新的木质部总是加在老木质部的外方，因此老木质部受到新组织的影响小，所以初生木质部也能在根的中央被保存下来。因此，在粗大的树根中，几乎大部分是次生木质部，而次生韧皮部仅占极小的比例。

二、木栓形成层的发生、活动与周皮形成

根的次生生长只发生在中柱内部。中柱最外方的中柱鞘可随次生生长作垂周分裂而扩大本身，但中柱外方的皮层和表皮却不能恢复分裂活动。于是，当中柱增粗到一定程度时，其外方的皮层和表皮即被撑破。在此之前，整个中柱鞘细胞除继续进行垂周分裂外，又开始进行平周分裂，成为**木栓形成层**。

木栓形成层向外产生多层木栓形成层细胞组成木栓层；向内产生几层薄壁细胞形成栓内层。木栓层、木栓形成层和栓内层共同组成次生保护结构——**周皮**。周皮形成后，由于木栓层的不透水性，表皮、皮层因得不到水分和营养的供应而脱落。

木栓形成层的发生和它的活动

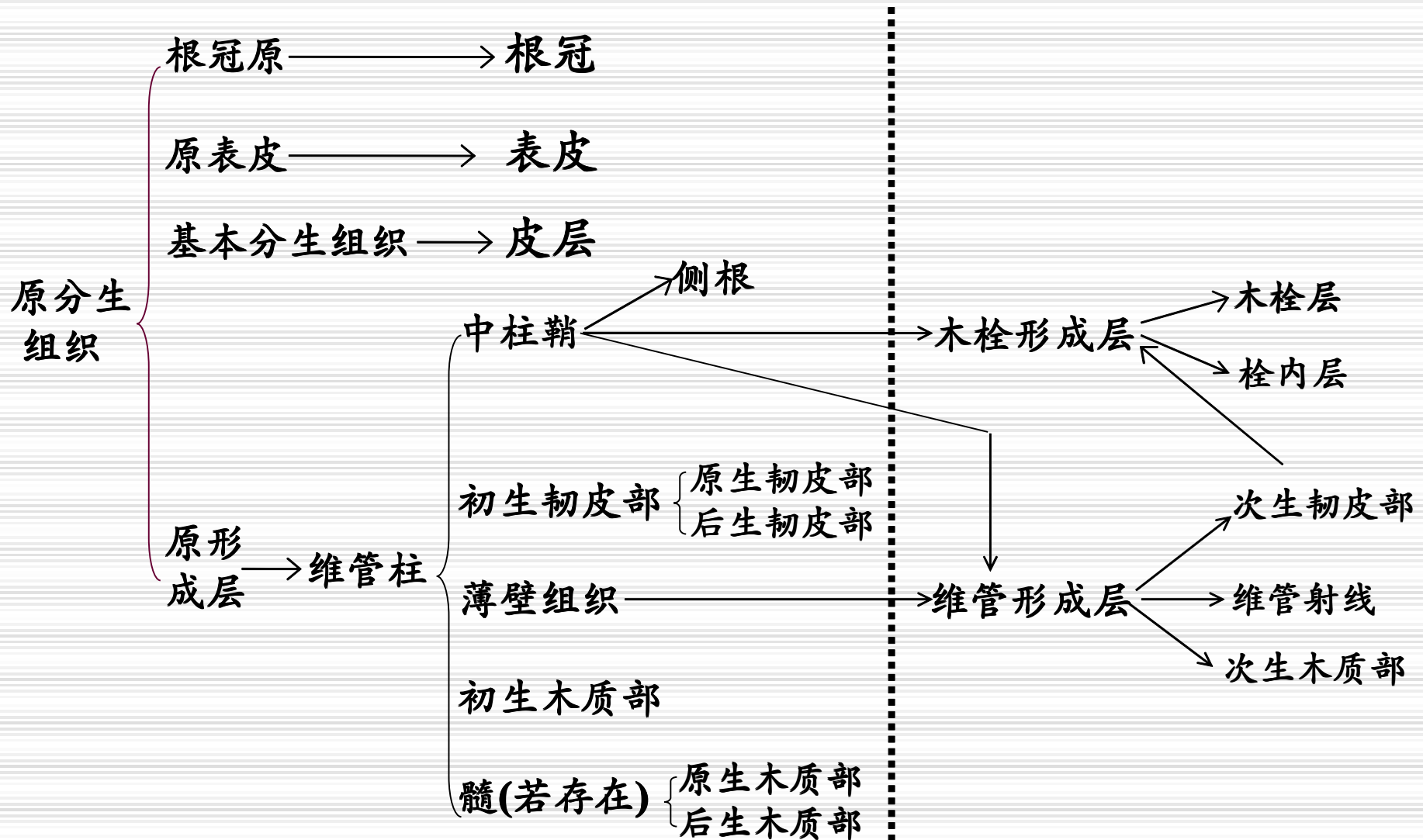
1、木栓形成层的发生：先由中柱鞘细胞恢复分生能力而形成，以后的发生逐渐内移，可深达次生韧皮部。

2、木栓形成层的活动：向外形成大量木栓层，向内形成栓内层。

木栓、栓内层与木栓形成层合称周皮。

周皮是次生保护组织，起保护作用。

复习：双子叶植物根的发育过程



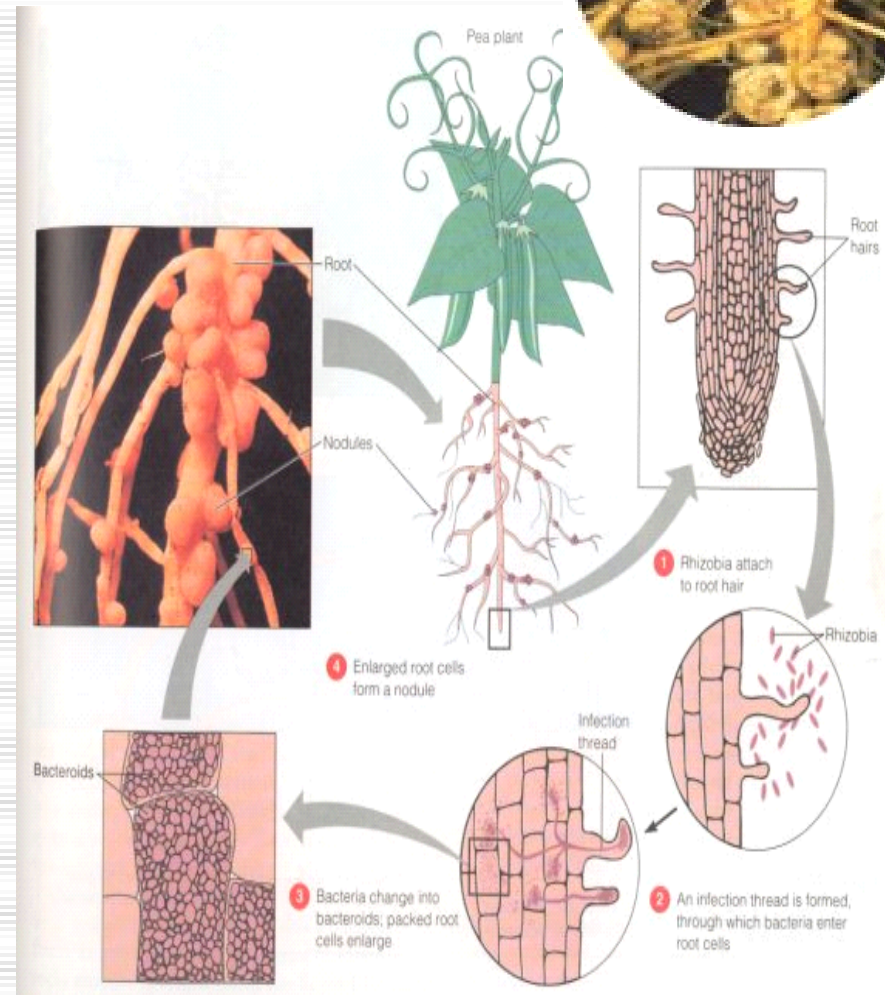
初生生长及初生结构

次生生长及次生结构

§ 5 根瘤和菌根

根瘤：由固氮菌或放线菌侵染宿主根部细胞而形成的瘤状共生结构。

自然界中有数百种植物能形成根瘤，其中与生产关系最为密切的是豆科植物的根瘤。



§ 5 根瘤和菌根

菌根：高等植物根部与某些真菌共生形成的共生体，可分为外生菌根、内生菌根和内、外生菌根。

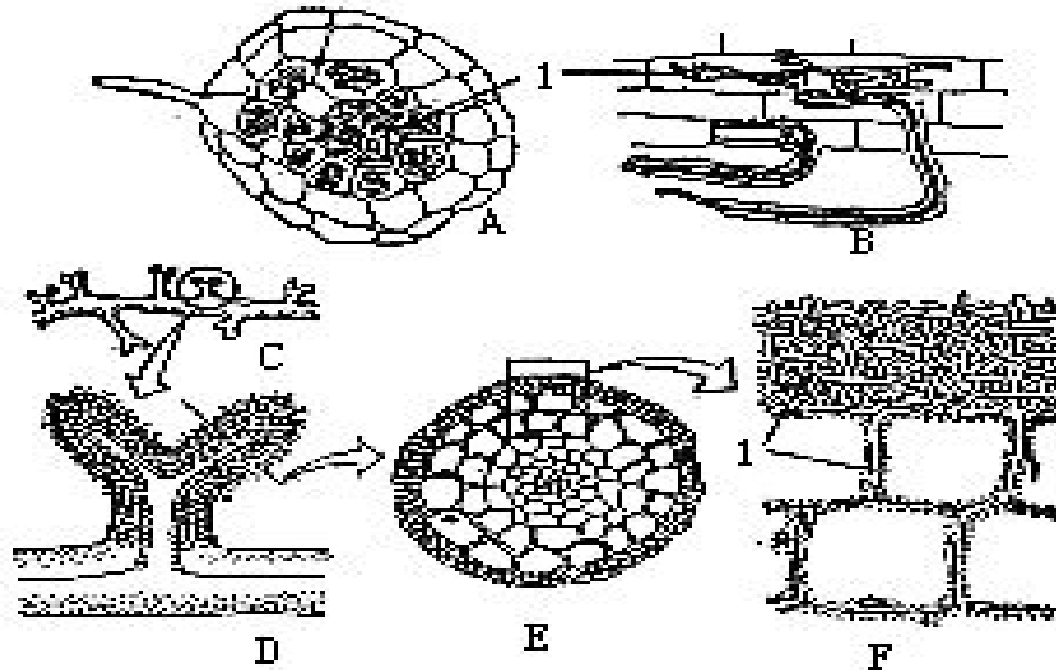


图3-24 菌根

- A. 小麦的内生菌根的横切面； B. 芳香豌豆的内生菌根的纵切面；
C. 松的外生菌根的分枝； D. 同C，分枝纵切面的放大；
E. 松的外生菌根的横切面； F. 同E，一部分的放大
1. 菌丝（体）

§ 6 根与农业生产的关系

自学为主

谢谢大家!