

植物生物学教案

第一章 植物的细胞和组织

主要教学内容: 植物细胞的化学组成、植物细胞的基本结构、植物细胞的新陈代谢、植物细胞繁殖、植物的组织概念和分类和组织系统

重点和难点: 植物细胞的基本结构、植物细胞的分裂、植物组织的分类。

教学方式: 课堂讲授 4 学时, 实验 3 学时。以学生自学为主, 教师课堂总结, 重点讲解植物细胞的基本结构、植物细胞的分裂、植物组织的分类。

第一节 细胞的化学组成

一、细胞是生物体结构和功能的基本单位, 是生命活动的基本单位, 也是生物个体发育和系统发育的基础。细胞具有遗传上的全能性。

1. 细胞的发现

1665 年, 英国人罗伯特·虎克 (R.Hook) 观察软木片, 发现软木由很多“小室”构成, 形似蜂窝, 他称其为“cell”, 原意为小室, 后来, 随着研究的进展和细胞结构的进一步观察、发现, 赋予“cell”以特定的意义, 逐渐形成了“细胞”这一概念。实际上, 他当时所观察到的是死细胞的空腔, 细胞内的其他结构, 是后来其他学者观察所发现的。

2. 细胞学说

细胞学说的创立: 植物学家施莱登 (Schleiden) (德国): 于 1838 年提出, 所有植物体都由细胞构成。

动物学家施旺 (Schwann) (德国): 于 1839 年在动物研究中证实了上述结论。并首次提出“细胞学说”(Cell theory) 这一概念。他提出: “动物和植物乃是细胞的集合体, 它们依照一定的规律排列在动物和植物体内”。并明确提出: “一切动物和植物皆由细胞组成”。

二、无机化合物: 水、无机盐

三、有机化合物: 蛋白质, 核酸, 脂类, 糖类。

第二节 植物细胞的基本结构

一、植物细胞的形态和大小

(一) 植物细胞的形状

细胞单独生活时, 呈球形, 但在多细胞的植物体中, 由于细胞互相挤压而呈多边的立体形状, 高等植物体内的许多细胞其形状的特殊更体现着形态和功能相统一。

如起输导作用的细胞呈长筒形, 支持器官的细胞呈纺锤形, 吸水水肥的根毛细胞向外产生一条长管状突起, 增大了它和土壤的接触面, 许多薄壁细胞则常成为一种近于等径的多面体。细胞的形状由它所处的位置, 执行的功能有关, 是由遗传因素也就是细胞核控制的。

(二) 植物细胞的大小

大小差异很大, 通常以微米来计算, 细胞的直径一般为 20-50 μm , 要在显微镜下才能观察。

二、细胞的基本结构

植物体的细胞由原生质体和细胞壁两部分组成。原生质体是活的具有生命特征的部分, 细胞壁包在原生质体的外面。

(一) 原生质体

原生质体的概念: 构成生活细胞的除细胞壁以外所包含的各部分。

原生质的概念: 构成原生质体的主要物质称为原生质。细胞中具有生命的物质基础。原生质是生命活动的物质基础, 细胞内的一切代谢活动都在原生质内进行。包括质膜、细胞质和细胞核。细胞质又包括细胞器和胞基质

1. 质膜

质膜又称为生物膜。质膜具有“选择透性”，因而能控制细胞内外物质的交换。

单位膜模型：质膜横断面在电镜下呈现“暗-明-暗”三条平行带，暗带为蛋白质分子组成，明带为脂类物质组成，称为单位膜。

2、细胞质：包括细胞器和胞基质

(1) 胞基质

电子显微镜下无特殊结构的细胞质部分，称为胞基质。细胞器及细胞核都包埋于其中。

化学成份：小分子化合物包括水、无机盐、溶解的气体、糖类、氨基酸及核苷酸；大分子化合物包括蛋白质、RNA 和酶类。

理化性质：活细胞的胞基质处于不断运动状态，它能带动其中的细胞器，在细胞内做有规则的持续流动，这种运动称胞质运动。

功能：是细胞之间物质运输和信息传递的介质；细胞代谢的重要场所；为各类细胞器行使功能提供必需的原料。

(2) 细胞器：散布于细胞质内具有一定结构和功能的原生质微结构或微器官。

■ 质体：根据所含的不同色素，可划分成叶绿体 c，有色体 **chromoplast** 和白色体 **leucoplast**。

■ 叶绿体：高等植物的叶绿体主要存在于叶肉细胞内，含有叶绿素。电镜观察表明：叶绿体外有光滑平滑的双层单位膜，内膜向内叠成内囊体，存在基粒片层和基质片层。在个体发育上，叶绿体来自前质体，由前质体发育成叶绿体。

■ 有色体：有色体含有类胡萝卜素。类胡萝卜素包括：叶黄素（黄色）、胡萝卜素（红色），部分植物的花瓣，成熟的果实，胡萝卜的贮藏根，衰老叶片都存在有色体。有色体的形状有球形和不规则形状。

■ 白色体：白色体不含色素，存在于甘薯、马铃薯等植物的地下贮藏器官中。按照功能不同，可以分为：造粉体、造油体和造蛋白质体。在植物发育过程中，质体可以相互转化。

■ 线粒体：由双层单位膜构成，外面一层称外膜，内膜向内形成管状突起称“嵴”，在嵴上附有很多能与呼吸作用有关的酶，由于“嵴”的形成增大了内膜的表面积，“嵴”与“嵴”之间是一些可溶性的蛋白质称基质 **matrix**，由蛋白质、类脂组成。线粒体是细胞进行呼吸作用的重要场所，其呼吸释放出大量能量——把糖、蛋白质、脂肪等（含能物质）氧化产生 CO_2 和水——这一过程中产生能量被传递到含磷的分子中，形成含高能量的三磷酸腺苷 **ATP**，并透过膜传递到细胞的其他部分，提供各种代谢活动的需要。线粒体是释放能量的中心，被形容为“细胞的动力工厂”。

■ 高尔基体：由一层单位膜围成扁平的泡囊，若干泡囊叠合成复合体。泡囊周边有分枝的小管，连成网状，小管末端膨大成泡状，小泡由膨大部分收缩断裂而脱离高尔基体，游离到细胞基质中。高尔基体与细胞的分泌作用有关，把从粗糙内质网运来的蛋白质物质进行加、浓缩、储存、运输，最后形成分泌小泡，小泡脱离高尔基体成熟后最后排出细胞外。

■ 内质网：由一层单位膜围成的管状、泡状、片状结构，分枝形成网状复杂结构。内质网有两种，在膜的外侧附有有许多核糖体颗粒的，称为粗糙内质网，在膜的外侧不附有核糖体的，称为光滑内质网。由于内质网是核糖体集中分布的场所，而核糖体是合成蛋白质的细胞器，因而推测粗糙内质网与蛋白质的合成有关。光滑内质网主要合成和运输脂类和多糖。内质网可与细胞壁的形成有关。内质网可与核膜的外膜、质膜相连，甚至通过细胞壁的胞间连丝而与相邻细胞的内质网发生联系。因此有人认为内质网构成

■ 核糖体：与称核糖核蛋白体，长圆形或球形，主要成份是 RNA 和蛋白质，大量分布在细胞质中和附着在内质网的外表面。核糖体是细胞中蛋白质合成的中心。

■ 溶酶体：外形大小都很象线粒体，但仅具有 1 层单位膜，内部无“嵴”，膜内含有多种

很高浓度的水解酶等，它们能分解所有生物大分子。一般认为在溶酶体的外膜没有破裂或损坏时，溶酶体内存在的酶是不活化的；当细胞缺氧时，受伤时，溶酶体膜破裂，水解酶释放出来，把细胞中的各种化合物分解，细胞被破坏，为细胞自溶现象。细胞内含物的破坏是很多植物细胞，特别是维管细胞成熟的一种特征。

- 圆球体：是生活细胞中随细胞质运动的小圆颗粒，具有一层单位膜，是积累脂肪的场所。当大量脂肪积累后，圆球体便变成透明的油滴，内部颗粒消失。
- 微体：细胞基质中有极微小的构造，球形，大小相似，统称为微体。微体只有1层单位膜，内无“嵴”。可分为过氧化物酶体，乙醛酸酶循环体。

微体有二种：

- 过氧化物酶体：存在于高等植物叶肉细胞内，它与叶绿体、线粒体相配合，参与乙醇酸循环，将光合作用过程中产生的乙醇酸转化成己糖。
- 乙醛酸循环体：主要出现在油料种子萌发时，与圆球体和线粒体相配合，把储藏的脂肪转化成糖类。
- 微管和微丝：普遍存在于真核细胞内，微管是中空的细管，长数微米，直径为20-25nm，主要由微管蛋白组成13条原丝，纵行螺旋排列而成。微丝的纤维较细，直径为5-6nm，其主要成份是具有收缩功能的蛋白。微管可能在细胞中起支架作用，保持细胞一定的形状。在植物细胞有丝分裂和减数分裂过程中，微管是纺锤丝组成部分，指导着染色体移动和纤维素微丝沉积方位。微管也可能与细胞壁的增厚有关。一些藻类的鞭毛也由微管组成，微管因此也与鞭毛的运动有关。微管与细胞的移动和细胞质运动有密切关系。
- 液泡：植物细胞中最显著的内部结构，也是一种细胞器。液泡由一层膜包围，膜内充满细胞液。液泡膜选择透性膜，通透性比质膜高。液泡内的细胞液的主要成份是水及溶于水中的碳水化合物、脂肪、蛋白质、无机盐、有机酸、植物碱、花青素等。甘蔗的液泡内含有大量蔗糖，柿、番石榴未成熟时细胞液中含有单宁，罂粟中有吗啡碱，烟草中尼古丁。

色素主是花青素，呈溶解状态，如果实、花的颜色，有红、蓝、紫等色。

无机盐类：钙、镁、钾盐，呈溶解状态。如果无机盐浓度很高，便析出在结晶状态，最常见的是碳酸钙、草酸钙结晶，结晶状态有单晶、复晶、针晶。

液泡的功能：

- ①产生膨压，维持组织硬度
- ②贮存代谢产物(盐、糖、单宁、吗啡、花青素)
- ③参与物质循环
- ④具溶酶体性质，更新细胞器

3. 细胞核

细胞核由核膜、核质和核仁等部分组成。

- (1) 核膜：为核最外的一层与细胞质分界的薄膜。

结构：由内外二层膜构成，膜上有许多小孔，称核孔。

功能：核膜是核和细胞质之间的屏障和通道。核孔和膜的非孔部分具有不同程度的通透性，可以进行物质和信息的交流。

- (2) 核仁：核内的球形结构，一般为1个或2个。是核内合成和贮藏RNA的场所，其大小随细胞生理状态而变化。

- (3) 核质：核膜以内除核仁以外的部分。

染色质：是细胞中遗传物质存在的主要形式，电镜下为网状细丝状结构。其主要成分为DNA和组蛋白。当细胞分裂开始时，其结构进行螺旋化而转变为光学显微镜可分辨的染色体状态。

(4) 核基质：核内没有明显结构的基质，化学成分尚未完全弄清，现已知含有蛋白质、RNA和多种酶。

细胞核功能：

储存和传递遗传信息，在遗传上，核内遗传物质的遗传占主导地位。

控制整个细胞的生命活动。

(二) 细胞壁

细胞壁是包围在原生质体外面的一个坚韧的外壳，是植物体特有的结构。具有细胞壁、中央液泡、质体是植物细胞区别与动物细胞的三大结构特征。

细胞壁功能：保护原生质体。表现在影响植物的吸收、保护、支持、蒸腾和物质运输等重要的生理活动。

细胞壁的生物活性：细胞壁（主要是初生壁）中，含有具生理活性的蛋白质，可参与细胞壁的生长、物质的吸收、细胞间的相互识别以及细胞分化时壁的分解过程，还有抵抗病原物的作用。

1. 细胞壁的层次

细胞壁可以分为：胞间层、初生壁、次生壁。

(1) 胞间层：由相邻的两个细胞向外分泌的果胶构成，果胶为多糖物质，胶粘而柔软，能将相邻两个细胞粘连在一起。

(2) 初生壁：初生壁是细胞生长（增长体积）时所形成的壁层，由相邻细胞分别在胞间层两面沉积壁物质而成。初生壁的成分是：纤维素、半纤维素、果胶质。初生壁的特点是壁薄、有弹性、可随细胞的生长而扩大面积。但有时初生壁也局部增厚。如柿胚乳细胞，能储藏营养物质，供种子萌发需要。

许多细胞在形成初生壁后，如不再有新壁产生，初生壁便成为它们永久的细胞壁。

(3) 次生壁：在细胞停止增大体积后，在初生壁内表面增加厚的壁层，次生壁主要成分为：纤维素 此外还有：木质素。次生壁厚，质地坚硬，机械强度大。植物细胞一般有初生壁，但不都产生次生壁，具次生壁的细胞主要存在于输导组织、机械组织和保护组织中。具较强的支持和保护作用。具次生壁的细胞的成熟状态即死细胞。

2. 纹孔和胞间连丝

(1) 纹孔：次生壁上具有一些中断的部分，这些部分也就是初生壁完全不被次生壁覆盖的区域，称纹孔。

种类：据次生壁增厚的情况不同，纹孔分成单纹孔和具缘纹孔两类。

(2) 初生纹孔场：在初生壁上具有一些明显的凹陷区域，称为初生纹孔场。

(3) 胞间连丝：初生纹孔场集中许多小孔，细胞的原生质丝通过这些小孔，与相邻细胞的原生质体相连。这种穿过细胞壁，沟通相邻细胞的原生质细丝称为胞间连丝。

纹孔及胞间连丝的功能：初生纹孔场上胞间连丝主要以传递有机物和信息为主，而次生壁上的纹孔以传递水分为主。

3. 细胞壁的化学组成

(1) 细胞壁的基本化学组成

- 胞间层：果胶质。
- 初生壁：主要为纤维素，另有果胶质、半纤维素。纤维素是一种亲水的具有某些晶体性质的化合物，由 100 个或更多个葡萄糖基连接而成，分子呈长短不等的链状。
- 次生壁：与初生壁基本相似，但木质化或木栓化及矿化程度较大。

(2) 细胞壁中的其他化学成分

- 角质与角质化：角质属脂肪性物质，角质在细胞壁中的沉积称为角质化。因具疏水性，故可防止水分损失和浸渍，但不影响气体交换。

- 栓质与栓质化：脂肪性物质，栓质在细胞中的沉积过程称栓质化。功能类似角质，但具更强的坚韧性。
- 木质与木质化：木质素在细胞壁上的沉积称木质化。木质是亲水性物质，硬度大，可加强机械强度。
- 矿质与矿质化：主要是碳酸钙和硅化物，矿质成分在细胞壁中沉积的过程称矿质化。矿质化的壁具有大的硬度，增加了细胞壁的支持能力。

（三）后含物

- 1、概念：后含物是细胞原生质体代谢作用的产物，它们可以在细胞生活的不同时期产生和消失，其中有的是贮藏物，有的是废物。
- 2、种类：后含物一般有糖类、蛋白质、脂肪及其有关的物质（角质、栓质、蜡质、磷质等），还有结晶状态的无机盐和其他有机物，如丹宁、树脂、树胶、橡胶和植物碱、有机酸等。
- 3、存在部位：存在于原生质体中（主要在液泡中）或细胞壁上。

三、原核细胞和真核细胞

- 1、原核细胞 **prokaryotic cell**：有细胞构造，有核质，无真正的细胞核，无内膜系统，有少数内膜片层，无高尔基体、质体等细胞器，有原始核，能进行无丝分裂。
- 2、真核细胞：有核膜，有真正的细胞核，有高尔基体，质体等细胞器，分裂方式多种多样，有丝分裂，无丝分裂，减数分裂。

第三节 细胞的新陈代谢

一、生命和能量

（一）自由能

自由能是指在温度恒定的条件下，系统中物质用于作功的能量。

（二）ATP——能量货币

二、酶

- 1、由活细胞产生具有高效率催化活性和专一性的特殊蛋白质
- 2、全酶=酶蛋白+辅基（辅酶）
- 3、酶的抑制剂和酶的激活剂

三、细胞的呼吸

体内有机物通过氧化还原产能、CO₂ 的过程。

以葡萄糖为底物：

- 1、糖酵解
- 2、丙酮酸氧化脱酸
- 3、柠檬酸循环
- 4、氧化磷酸化

熵----系统内有序度的状态函数

四、细胞与外界环境物质交换

（一）植物细胞对水分的吸收

1、水的物理化学性质

（1）水的比热容。水的比热容最大。由于这一特性，使水对气温、地温及植物体温有巨大的调节作用，从而有利于植物适应冷热多变的环境。

（2）水的沸点和气化热 在所有液体中，水的气化热是最大的。水的气化热高，有利于植物通过蒸腾作用有效地降低体温。

（3）水的电性质 水是一种极弱的电解质，具有高的介电常数。它是许多电解质和极性分子的良好溶剂。

2、水分在植物生命活动中的作用

- (1) 水是细胞的重要组成成分。
- (2) 水是代谢过程的反应物质
- (3) 水是各种生理生化反应和运输物质的介质
- (4) 水分能保持植物的固有姿态
- (5) 水在植物的生态环境中起着特别重要的作用

3、质壁分离：植物细胞由于液泡失水而使原生质体与细胞壁分离的现象。

质壁分离复原：把发生质壁分离的植物细胞放入清水或水势较高的溶液中，液泡变大，整个原生质体慢慢恢复原来状态的过程。

渗透作用：水分从水势高的系统通过半透膜向水势低的系统移动的现象。植物细胞就是一个渗透系统 成熟细胞的原生质层（原生质膜、原生质和液泡膜）相当于半透膜。液泡液、原生质层和细胞外溶液构成了一个渗透系统。

4、化学势和水势的基本概念

- 每 mol 某物质所具有的自由能则为该物质的化学势。化学势是对一种物质能够用于作功的能量的度量
- 水势就是偏摩尔体积水的化学势差。
水的偏摩尔体积是指加入 1mol 水使系统中体积发生的变化。
纯水的自由能最大、水势最高。

5、植物细胞水势的构成

对于含有液泡的成熟细胞来说，其水势组成可用下式表示： $\psi_{\text{细胞}} = \psi_{\text{液泡}} = \psi_s + \psi_p$

4、植物细胞的水势构成

$$\Psi_w = \Psi_\pi + \Psi_p + \Psi_m$$

(1) 溶质势 (Ψ_s) 又称渗透势 (Ψ_π) (solute potential)

由于溶质颗粒的存在而引起的水势降低值。恒为负值。

(2) 压力势 (Ψ_p) (pressure potential)

由于细胞壁压力的存在而引起的水势增加值。

一般情况下，压力势为正值；质壁分离时，压力势为零；剧烈蒸腾时，压力势为负值。

(3) 衬质势 (Ψ_m) (matric potential)

由于细胞胶体物质亲水性和毛细管对自由水的束缚而引起的水势降低值。恒为负值。未形成液泡的细胞有一定的衬质势（如干燥种子的可达-100MPa），具液泡的细胞绝对值很小可忽略不计故具有液泡的成熟细胞： $\Psi_w = \Psi_\pi + \Psi_p$

5、植物细胞吸水方式

植物细胞的渗透吸水

细胞的吸胀吸水：指亲水胶体吸水膨胀的现象。

细胞的代谢性吸水：利用细胞呼吸释放的能量使水分透过质膜进入细胞的过程

(二) 植物细胞对矿质元素的吸收

1、被动吸收 (passive absorption)：细胞不耗代谢能，由于扩散作用或其他物理过程的影响而进行的矿质元素的吸收过程

动力：浓度梯度或电化学势梯度

2、主动吸收 (active absorption)：细胞利用呼吸作用释放的能量作功而逆着电化学势梯度吸收矿质元素的过程。

特点：具有选择性和累积作用与呼吸作用密切相关

动力：呼吸作用释放的能量

1) 离子载体学说

2) 离子泵学说

3、胞饮作用 (pinocytosis): 物质吸附于质膜上, 通过膜的内折而转移到细胞内的吸收物质及液体的过程。

第四节 植物细胞的增殖

一、细胞周期

持续分裂的细胞, 从结束第一次分裂开始, 到下一次分裂完成为止的整个过程, 称为细胞周期。细胞周期可进一步分为间期和分裂期。间期又可分为 DNA 合成前期 (G1 期), DNA 合成期 (S 期), DNA 合成后期或有丝分裂准备期 (G2 期), 分裂期 (M 期或 D 期), 分为前、中、后、末四个时期。

二、细胞分裂

植物细胞通过分裂进行繁殖。繁殖是生物或细胞形成新个体或新细胞的过程。

植物细胞的分裂包括无丝分裂、有丝分裂和减数分裂和细胞的自由形成等不同的方式。

(一) 有丝分裂

有丝分裂又称为间接分裂, 它是一种最普遍, 而常见的分裂方式。

有丝分裂为连续分裂, 一般分为核分裂和胞质分裂。

1、核分裂 (时间长): 核分裂是一个连续的过程, 为了叙述的方便, 人为地把核分裂划分为前期、中期、后期作末期四个时期。有丝分裂各期的特点如下:

前期: 核内的染色质凝缩成染色体, 核仁解体, 核膜破裂以及纺锤体开始形成。

中期: 中期是染色体排列到赤道板上, 纺锤体完全形成时期。

后期: 后期是各个染色体的两条染色单体分开, 分别由赤道移向细胞两极的时期。

末期: 为形成二子核和胞质分裂的时期。染色体分解, 核仁、核膜出现, 赤道板上堆积的纺锤丝, 称为成膜体。

2、细胞质分裂 (时间短): 核分裂后期, 染色体接近两极时, 细胞质分裂开始。在两个子核之间的连续丝中增加了许多短的纺锤丝, 形成一个密集着纺锤丝的桶状区域, 称之为成膜体。微管的数量增加, 成膜体中有来自高尔基体和内质网的泡囊 (含多糖类物质), 沿着微管指引方向, 聚集, 融合, 释放出多核物质, 构成细胞板, 从中间开始向周围扩展, 直至与母细胞壁相连, 成为胞间层——初生壁, 新质膜由泡囊的被膜融合而成。新细胞壁形成后, 把两个新形成的细胞核和它们周围的细胞质分隔成为两个子细胞。

有丝分裂的特点: 通过细胞分裂使每一个母细胞分裂成两个基本相同的子细胞, 子细胞染色体数目、形状、大小一样, 每一染色单体所含的遗传信息与母细胞基本相同, 使子细胞从母细胞获得大致相同的遗传信息。使物种保持比较稳定的染色体组型和遗传的稳定性。

(二) 无丝分裂

无丝分裂又称直接分裂。在低等植物中普遍存在, 在高等植物中也常见。例如胚乳发育过程愈伤组织形成、不定根产生。

无丝分裂的方式有: 横缢、纵缢、出芽、碎裂等。

无丝分裂的特点: 过程简单, 无染色体和纺锤丝的形成, 能量消耗少, 分裂速度快, 分裂中细胞还能进行正常活动。细胞核的核仁分裂为 2, 细胞核伸长为哑铃状, 中间分开, 形成两个细胞核, 两细胞核中间产生新壁形成两个细胞。

无丝分裂, 是指间期核不经任何有丝分裂时期, 直接地分裂, 形成差不多的两个子细胞。

可分为许多类型, 如: 横缢、出芽等。

(三) 减数分裂

高等植物繁殖后代要产生雄性生殖细胞、精子 (有鞭毛, 能游动)、精细胞 (不能游动)、雌性生殖细胞, 卵细胞, 精子、精细胞结合成合子 (受精卵) 发育成长为植物体, 如果染色体

数目和体细胞数目一样，后代染色体数目就会一代代加倍。生殖细胞形成时，染色体数目已经分别减半，所以结合产生的后代染色体数目恢复到原来的状态。

1、减数分裂 I，可划分为前、中、后、末四期。

(1) 前期 I：变化复杂，经历时间长，又分为 5 个阶段：

①细线期：核中染色质聚集成细线状的染色体（染色丝），细丝上有很多染色粒。

②偶线期：同源染色体联会。

③粗线期：染色单体片断互换即“交叉”。

④双线期：同源染色体开始分离。

⑤终变期：观察染色体形态度、数染色体数目的最好时期，核仁、核膜消失。

(2) 中期 I：纺锤体出现，成对同源染色体排在赤道面上。

(3) 后期 I：成对同源染色体各自分开，在纺锤丝的牵引下分别称向两极，每极染色体数目只有原来母细胞的一半。

(4) 末期 I：两组染色体到达两极，聚集成团，每条染色体呈细线状，核仁、核膜重新出现。

2、减数分裂 II：减数分裂第二次分裂：两个子细胞经过很短间期或紧接着末期就进行和有丝分裂相似的过程，但不进行染色体加倍（复制）。亦可分为前期、中期、后期和末期。

(1) 前期 II：染色体出现，膜仁消失，纺锤丝再现。

(2) 中期 II：纺锤体形成，成对染色单体排列在纺锤体的赤道板上。

(3) 后期 II：染色体分开，在纺锤丝牵引下向两极移动。

(4) 末期 II：到两极后形成丝状，核膜，核仁再现，细胞板再现，在两核间形成成膜体→细胞板→胞间层→初生壁。1 个子细胞再分成 2 个新的子细胞。

减数分裂的特点：一个母细胞通过连续两次的核分裂，通过“联会”和“交叉”，每个子细胞的染色体数目比母细胞减少一半，4 个子细胞聚在一起时称四分体。

减数分裂的意义：染色体的数目减少，避免后代染色体数目加倍，保证物种染色体数目的恒定，即保持物种特性；通过同源染色体的交叉，产生遗传物质重新组合，使两个性细胞（配子）的结合产生后代遗传性更为丰富多样，产生的变异大，对环境适应可能性也较大，进化可能性越大。

三、植物细胞的生长与分化

(一) 植物细胞的生长

1、植物生长：指植物体因细胞数目的增加和细胞的生长而发生的变化（主要体现在植物体高度、体积和重量的增加）。

2、细胞生长：细胞体积、重量的增加，以及细胞内物质的合成和各种细胞器的发育过程即为细胞生长。

(二) 植物细胞的分化

植物细胞通过内部结构、外部形态和生理上的变化而造成其结构和功能上的特化，称为细胞分化。即包括内部和外部两个方面的变化。

■ 内部变化：表现在生理和内部结构上的特化。

■ 外部变化：主要是细胞外部形态的特化。

这两个方面的特化，使细胞的结构和功能向一方向定转化。所有组织都是细胞分化的结果。细胞的分化、组织的形成是生物由单细胞向多细胞进化的关键。

第五节 植物的组织和组织系统

一、组织和器官

1、组织的概念：在个体发育中，具有相同来源的（即由一个或同一群分生细胞生长、分化而来的）同一类型的或不同类型的细胞群组成的结构和功能单位，称为组织（tissue）。由一

种类型细胞构成的组织，称简单组织。由多种类型细胞构成的组织，称复合组织。

2、器官的概念：由不同的组织按一定的规律构成了器官（organ）。

二、组织的类型

（一）分生组织

分生组织是一群具有分生能力的细胞，能不断进行细胞分裂，增加细胞的数目，使植物不断生长

特点：细胞小，排列紧密，无细胞间隙，细胞壁薄，细胞核大，无明显的液泡。

1、按在植物体上的位置分 顶端分生组织，侧生分生组织，居间分生组织。

（1）顶端分生组织是植物生长的源泉。其他所有组织均来自于此。包括原分生组织和初生分生组织。

（2）侧生分生组织

位于器官侧向的周围部分，靠近器官的外围，包括维管形成层和木栓形成层。树剥开皮的部位就是维管形成层。功能是使植物根、茎进行加粗生长。发育方向：两种侧生分生组织经细胞分裂和分化分别形成次生保护组织——周皮和次生维管组织——次生韧皮部和次生木质部。

（3）居间分生组织

由顶端分生组织衍生而位于分化成度较低的成熟组织之间（故称居间分生组织）；只能保持一定时间的分生能力，以后则完全转变为成熟组织，这种组织在种子植物中并不是普遍存在的常穿插间生于茎、叶、子房梗、花梗、花序轴等器官中的成熟组织之间茎中，如禾本科植物茎的每个节间的基部，叶中，如葱、韭菜叶的基部，子房柄，花生子房柄中的居间分生组织，使花生有入土结实的现象。功能：其活动能使器官迅速伸长。发育方向：通过其分裂增加细胞数目，加速植物伸长生长；发育到一定程度时转化为成熟组织。

2、按来源的性质分 原分生组织，初生分生组织，次生分生组织。

（1）原生分生组织：来源于种子内的胚，由胚遗留下来的终身具有分裂能力的胚性细胞组成，细胞体积小，核大，质浓，形状多为等径多面体。位于根、茎和枝的先端，即生长点，又称顶端分生组织；原生分生组织分生的结果，使根、茎和枝不断地伸长和长高。

（2）初生分生组织：原生分生组织衍生出来的，位于根尖、茎尖的先端，原分生组织的后面，保持分生能力的细胞，如原表皮层、基本分生组织和原形成层，初生分生组织分生的结果，产生根和茎的初生构造。

禾本科植物茎节的基部，葱、韭菜等百合科植物叶的基部，都具有分生组织，称为居间分生组织，由于它分生的结果，使茎叶伸长。居间分生组织是从顶端分生组织保留下来的一部分分生组织，因此，从来源上看它属于初生分生组织，故由它所产生的组织仍是初生构造。

（3）次生分生组织：由已经成熟的细胞,经过生理上和结构上的变化重新具有分裂能力的组织。如木栓形成层、根的形成层和茎的束间形成层。

（二）保护组织——表皮和周皮。

分布于植物的体表，常为一群外壁和整个细胞壁增厚的细胞，对植物体起保护作用，防止遭受病虫害的侵害和机械损伤，并有控制和进行气体交换、防止水分过度散失的能力。

1、表皮

表皮由原表皮分化而来，通常是一层细胞组成的，但也有少数植物有几层细胞构成的复表皮。表皮除表皮细胞外，在幼茎和叶上还有气孔器、表皮毛或腺毛等结构。表皮细胞行状扁平，排列紧密，无细胞间隙，细胞的外壁增厚，形成角质膜。气孔器由2个保卫细胞围成，禾本科植物的保卫细胞旁侧还有一对副卫细胞。表皮毛有多种类型，它们能增强表皮的保护作用；腺毛则有分泌作用。

- 气孔器：双子叶植物气孔由两个肾形保卫细胞构成；单子叶植物气孔器由两个副卫细胞和两个亚铃形保卫细胞构成。地下表皮无气孔器。

2、周皮

周皮是次生分生组织形成的，它由木栓层、木栓形成层和栓内层组成。木栓层细胞之间无细胞间隙，细胞壁较厚且高度栓化，形成不透水、绝缘、隔热等特性，对植物有较强的保护作用。周皮存在于裸子植物和被子植物的双子叶植物中，这些植物能进行增粗生长。

- 皮孔：是植物枝条上一些颜色较浅而凸出或凹陷的点状物。当周皮形成时原来位于气孔下面的木栓形成层向外分生许多非木栓化的薄壁细胞—填充细胞，由于填充细胞的增多，结果将表皮突破，形成圆形或椭圆形的裂。功能：可作为气体交换的通道

（三）薄壁组织

概念：在植物体内占有很大部分，是组成植物体的基础，是由主要起代谢活动和营养作用的薄壁细胞所组成，所以又称为薄壁组织。

特征：细胞壁薄，有细胞间隙；细胞壁有纤维素和果胶构成，是具有原生质体的生活细胞。

功能：薄壁组织是基本组织系统中的主要组成部分，并且在所有的植物器官中成为连续的组织，例如茎中的皮层和髓、根的皮层、叶柄的基本组织，叶的叶肉组织。薄壁组织也可能成为某些复合组织的组成部分（维管组织）；植物的各种代谢活动都是在薄壁组织细胞的原生质体内进行的

发育：薄壁组织具有分生能力，创伤愈合、再生作用、不定根和不定茎叶的形成、嫁接的愈合等现象的发生是因为薄壁组织还有再现分生生活的能力，也就是说，薄壁组织具有潜在的分生能力，从发育上来看，它和分生组织差不多，因此可以认为这种组织在发育上是原始的，即形态上的描述可能是简单的，但在生理上必定是很复杂的。

类型：

- 吸收组织：根尖外层的表皮，其细胞壁和角质膜均薄，且部分细胞的外壁突出形成根毛，具有明显的吸收作用。主要功能是从土壤中吸收水分和矿物质等，并将吸收的物质运送到输导组织中。
- 同化组织：又称绿色组织，含有极多的叶绿体，多存在于植物的叶肉细胞中的幼茎、幼果的表面而易受光照的部位。能够进行光合作用的薄壁组织。
- 贮藏组织：根、茎、果实和种子的薄壁细胞中常贮藏有大量的淀粉、蛋白质、脂肪等营养物质，这类薄壁组织称为贮藏组织，如水稻、小麦种子的胚乳细胞。
- 通气组织：多存在于水生和沼泽植物体内；细胞间隙特别发达，它们形成较大的气腔或贯连的气道，特称为通气组织，具有储藏空气的功能。如莲的叶柄和灯心草的髓部
- 传递细胞：传递细胞是一种特化的薄壁细胞，它们具有内突生长的细胞壁和发达的胞间连丝。这种内突生长的细胞壁是由非木质化的次生壁向细胞腔内突生长而成。传递细胞的这种结构有利于它的短途运输功能。细胞质膜紧贴这种多褶的胞壁内突物，使细胞的吸收、分泌以及与外界交换物质的面积大大增加。它大多出现在溶质大量集中的、与短途运输有关的部位，例如小叶脉的输导分子周围、茎节、子叶节和花序轴节部的维管组织中；某些植物子叶的表皮，胚乳的内层细胞等处都有传递细胞的分化；在营分泌功能的各种细胞中，也发现有传递细胞存在。

（四）机械组织

机械组织是巩固、支持植物体的组织，机械组织的共同特点是其细胞壁局部或全部加厚，根据机械组织细胞的形态及细胞壁的加厚方式，可分为厚角组织和厚壁组织两类：

1、厚角组织

组成：细胞壁为纤维素和果胶质。

特点：为活细胞，含有叶绿体；不木质化，呈不均匀增厚，一般在角隅处增厚，也有在切向壁和细胞间隙处增厚的。

分布：双子叶植物地上部分幼嫩器官的支持组织，在表皮下成环或成束存在，如伞形科植物的棱角处。(2)2、2、厚壁组织

组成：细胞壁为纤维素、木质素。

特点：为死细胞，次生壁全面增厚，具层纹和纹孔，成熟后细胞腔变小。

分类：纤维和石细胞。

(1) 纤维为二端尖细成梭状的细长细胞，长大于宽许多倍。壁明显地次生增厚，但木质化程度很不一致，从不木质化（草本植物）到强烈木质化的（木本植物）都有。壁上纹孔较石细胞的稀少，并常呈缝隙状，成熟时原生质体消失，细胞腔中空，少数纤维可保留原生质体，生活较长一段时间。

(2) 石细胞：为等径或略为伸长的细胞，或为不规则的分枝状及星芒状。具厚的、强烈木质化的次生壁，壁上有很多圆形的单纹孔，由于壁特别厚而形成明显的管状纹孔道，有时纹孔道随壁的增厚彼此汇合，会形成特殊的分枝纹道。细胞成熟时原生质体通常消失，只留下空而小的细胞腔。

石细胞可以或多或少地成为广泛的分层或丛簇，但是，它们常常孤立地存在与其他类型的细胞中，并由于厚的细胞壁和特殊的形状而显得十分不同，这种孤立的细胞列为异细胞。

石细胞广泛地分布在表皮、基本组织和维管组织中，有些植物的叶和花中也有分布，通常呈分枝状，又称为畸形石细胞 *idioblast* 或支柱细胞，如茶叶。

(五) 输导组织 导管和管胞，筛管和筛胞

输导组织是植物体内担负物质运输和起支持作用的最主要组织。它们将根吸收的水分和无机盐运送到地上部分，将光合产物运送到根、茎、花、果实中去。植物体各部之间进行的物质的重新分配和转移，也由输导组织来进行。

植物体水分的运输和有机物的转移，分别由二类输导组织承担，即运输水分和无机盐的木质部和运输有机物质的韧皮部。

1、木质部

木质部中输导组织由导管、管胞、木纤维和木薄壁细胞组成。主要输导水分和无机盐（导管、管胞）；除此之外还具有支持作用（木纤维）；另有一定的贮存用（木薄壁细胞）。

(1) 导管

存在于木质部，是被子植物所特有的，由许多长管状，细胞壁木化的死细胞纵向连接而成。组成导管的每一个细胞称为导管分子。导管分子的端壁解体，形成穿孔。具有一个穿孔的叫单穿孔，具有几个穿孔的复穿孔。这些穿孔致使导管成为中空连续的长管，减少了水分运输的阻力。

根据导管发育先后和次生壁木化增厚的方式不同，可将导管分为以下五个类型：

①环纹导管：环状的木化增厚的次生壁，其余未加厚的部分是初生壁，还保持较大的延伸性。

②螺纹导：其木化增厚的次生壁呈螺旋状加在导管内的初生壁上。

③梯纹导管：木化增厚的次生壁呈横条突起，似梯形与不增厚的初生壁相间。

④网纹导管：木化增厚的次生壁呈突起的网状，“网眼”为未增厚的初生壁。

⑤孔纹导管：导管壁大部分木化增厚，未加厚的部分则形成许多纹孔。

环纹导管和螺纹导管在器官形成过程中出现较早，一般存在于原生木质部中，它们的口径较小，输水能力较弱。梯纹导管直径较大，出现于器官停止生长的部分，网纹导管与孔纹导管的次生壁坚固，直径更大，输导效率提高，它们出现于器官组织分化的后期，即后生木质部和次生木质部中，为被子植物主要的输水组织。

(2) 管胞

管胞是一个两端斜尖，径较小、壁较厚，不具穿孔的管状死细胞，管胞的次生壁增厚，也常形成环纹、螺纹、梯纹、网纹和孔纹等类型。

管胞以其偏斜的两端相互穿插而连接，水溶液主要通过侧壁上的纹孔来相互沟通，机械支持能力强而输导能力不及导管。

2、韧皮部

韧皮部中输导组织由筛管（或筛胞）和伴胞、韧皮纤维和韧皮薄壁细胞组成。主要输导输导有机物；除此之外还具有支持作用（韧皮维）；另有一定的贮存用（韧皮薄壁细胞）。

1、筛管和伴胞

存在于韧皮部，是运输叶所制造的有机物的一种输导组织。

筛管为多数薄壁长棱柱状活细胞纵向连接而成，为生活细胞(称筛管分子 sieve element)，但当细胞成熟后，胞核消失。其上下两端横壁由于不均匀孔状纤维质增厚而成筛板(sieve plate)，其上具筛孔(sieve pore)，彼此相连形成同化产物输送的通道。

细胞质成丝状联络索，通过筛孔上下相连，彼此贯通，形成同化产物运输的通道。

伴胞，每个筛管的旁边有一个或数个细长的两端尖前的薄壁细胞叫伴胞。

2、筛胞

细长的末端尖斜的细胞，细胞壁上筛域特化程度不大，无筛板，筛域上分布的小孔，其孔径较小，通过小孔的原生质丝也很细，

(六) 分泌组织

凡能产生分泌物质的细胞或细胞组合，称为分泌结构。根据分泌物是否排出体外，通常又将分泌结构分为外分泌结构和内分泌结构两大类。

1、外分泌结构：将分泌物排到植物体外的分泌结构称为外分泌结构。它们大多分布于植物体的外表，如腺毛、腺鳞和蜜腺等。

2、内分泌结构：将分泌物贮藏在植物体内的分泌结构，称为内分泌结构。常见的有分泌细胞、分泌腔、分泌道和乳汁管。

三、维管植物的三大组织系统

植物整体或其器官上的一种组织，或几种组织在结构和功能上组成一个单位，称为组织系统。

维管植物的主要组织构成三种组织系统：皮组织系统（皮系统）、维管组织系统（维管系统）、和基本组织系统（基本系统）。

皮系统：覆盖于植物体表的组织系统，包括表皮和周皮。覆盖于植物各器官的表面，成为包裹整个植物体的连续的保护层。

维管系统：包括输导有机养料的韧皮部和输导水分的木质部，贯穿于整个植物体内，把生长区、发育区与有机养料制造区和储藏区连接起来。

基本系统：包括各类薄壁组织、厚角组织和厚壁组织，是植物体各部分的基本组成。

植物整体的结构表现为：维管系统包埋于基本系统之中，外面覆盖着皮系统。各器官结构上的变化，除表皮或周皮是始终包被在最外层外，主要表现在维管组织的和基本组织相对分布的差异上。