



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向 21 世纪 课程 教材

Textbook Series for 21st Century



全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 植 物 学

第二版

胡宝忠 张友民 主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
面向 21 世纪课程教材 Textbook Series for 21st Century  
全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 植 物 学

第二版

胡宝忠 张友民 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

植物学 / 胡宝忠, 张友民主编. —2 版. —北京:  
中国农业出版社, 2011. 3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 面向 21 世纪课程教材 全国高等农林院校“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-109-15430-8

I. ①植… II. ①胡…②张… III. ①植物学-高等学校-教材 IV. ①Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 017263 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 李国忠

---

北京中新伟业印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版 2011 年 4 月第 2 版

2011 年 4 月第 2 版北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.75

字数: 474 千字

定价: 32.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 第二版编写人员

- 主 编** 胡宝忠 (东北农业大学)  
张友民 (吉林农业大学)
- 副主编** 胡国富 (东北农业大学)  
杨晓杰 (齐齐哈尔大学)
- 参 编** (按姓名笔画排列)  
王立军 (吉林农业大学)  
王丽娟 (东北农业大学)  
李凤兰 (东北农业大学)  
张阿英 (南京农业大学)  
孟 婧 (东北农业大学)  
胡小梅 (东北农业大学)  
姜述君 (黑龙江八一农垦大学)  
袁 强 (东北农业大学)
- 主 审** 吴秀菊 常 纓 (东北农业大学)

# 目 录

## 第二版前言

## 第一版前言

绪论 .....	1
一、丰富多彩的植物界 .....	1
二、植物学发展与分科 .....	2
三、植物学的学习目的和方法 .....	3
第一章 植物细胞 .....	5
第一节 细胞的概述 .....	5
一、细胞的发现及其意义 .....	5
二、原核细胞和真核细胞 .....	6
三、植物细胞的形态特征 .....	6
第二节 细胞生命活动的物质基础 .....	7
一、原生质的组成 .....	7
二、原生质的性质与新陈代谢 .....	9
第三节 植物细胞的结构和功能 .....	10
一、细胞壁 .....	10
二、原生质体 .....	15
第四节 植物细胞的后含物 .....	25
一、淀粉 .....	25
二、蛋白质 .....	26
三、油和脂肪 .....	27
四、晶体和硅体 .....	27
五、单宁和色素 .....	27
第五节 植物细胞的分裂 .....	28
一、细胞周期 .....	28
二、有丝分裂 .....	29
三、无丝分裂 .....	31
第六节 植物细胞的生长和分化 .....	31
一、植物细胞的生长 .....	31
二、植物细胞的分化与细胞的	

全能性 .....	32
思考题 .....	32
第二章 植物组织 .....	33
第一节 植物组织的类型 .....	33
一、分生组织 .....	33
二、成熟组织 .....	35
第二节 维管组织、维管束和组织系统 .....	50
一、维管组织 .....	50
二、维管束 .....	50
三、组织系统 .....	51
思考题 .....	52
第三章 种子和幼苗 .....	53
第一节 种子的基本结构 .....	53
一、胚 .....	53
二、胚乳 .....	54
三、种皮 .....	54
第二节 种子的主要类型 .....	54
一、有胚乳种子 .....	54
二、无胚乳种子 .....	56
第三节 种子的萌发 .....	57
一、种子萌发的条件 .....	57
二、种子萌发的过程 .....	61
第四节 幼苗的类型 .....	62
一、子叶出土幼苗 .....	62
二、子叶留土幼苗 .....	63
三、幼苗形态学特征的应用 .....	65
思考题 .....	66

# 绪论

## 一、丰富多彩的植物界

### (一) 植物的多样性

地球上的生命诞生至今，经历了近 35 亿年漫长的发展和进化过程，形成了约 200 万种现存生物，其中属于植物界的就有 50 余万种。它们从各个方面体现出植物的多样性，现分述于下。

1. 植物在地球上分布的多样性 无论是在高山、高原、平原、丘陵、大陆、荒漠、河海，还是在热带、亚热带、温带、寒温带等都有不同种类的植物生长繁衍。

2. 植物形态结构的多样性 有的植物形体微小，是由单细胞组成的简单生物体；有的由一定数量的细胞松散联系，形成群体；有的植物细胞之间联系紧密，形成多细胞植物体，在内部维管系统逐渐完善、营养器官逐渐健全的过程中，形成了进化程度较高的一系列由低等到高等的植物类群。其中最高级的种子植物，还能产生种子繁殖后代。

3. 植物营养方式的多样性 绝大多数植物，体内都有叶绿素，能够进行光合作用，自制养料，它们被称为绿色植物或自养植物。但也有部分植物其体内无叶绿素，不能自制养料，而是寄生在其他植物体上吸取现成的营养物质而生活，例如寄生在大豆上的菟丝子，称为寄生植物。还有些植物（如水晶兰和许多菌类），它们生长在腐朽的有机体上，通过对有机体分解而摄取生活上所需的营养物质，称为腐生植物。非绿色植物中也有少数种类，如硫细菌和铁细菌，可以借氧化无机物获得能量而自行制造食物，属于化学自养植物。

4. 植物生命周期的多样性 有的细菌仅生活 20~30min，即可分裂而产生新个体。一年生和二年生的种子植物分别经过一年或跨越两个生长季节而完成生命周期，它们都为草本类型，如小麦、玉米、高粱。多年生的种子植物有草本（如草莓和菊）和木本（如桑、苹果和红松）两种类型，其中木本植物的树龄，有的可达数百年甚至千年以上。

植物的多样性是植物有机体与环境长期相互作用，通过遗传和变异，适应和自然选择而形成的。植物进化仍在继续，新的种类还会出现。同时，随着科学研究、生产实践的深化，人类对植物界的进化速度和繁荣昌盛也将产生越来越深远的影响。

### (二) 植物的基本特征与植物界的划分

1. 植物的基本特征 植物虽然多种多样，绝大多数植物仍具有共同的基本特征。例如，植物细胞有细胞壁，初生壁主要由纤维素和半纤维素构成，具有比较稳定的形态；绿色植物和少部分非绿色植物能借助太阳光能或化学能，把简单的无机物制造成复杂的有机物，进行自养生活；大多数植物从胚胎发生到成熟植物体的过程中，由于有分生组织的存在，能不断产生新的植物体部分或新器官；植物对于外界环境的变化一般不能迅速作出反应，而往往只在形态上出现长期适应的变化。例如，高山植物和极地植物，通常植株矮小，呈匍匐状，便

是对紫外光、低温的形态适应。上述特征在进化地位越高的植物类群中，越为明显；在种族延续上都保持了相对稳定的基因遗传以及变异带来的生物多样性。

2. 植物界的划分 18世纪瑞典的林耐（Carolus Linnaeus）将生物分为动物界和植物界，后者包括藻类植物、菌类植物、地衣植物、苔藓植物、蕨类植物和种子植物六大类群，这种两界系统至今仍被沿用。随着人们对自然界认识水平的不断提高，对植物界的划分范围又提出不同见解。1866年德国的海克尔（E. H. Haeckel）提出三界系统，除上述两界外，将既具有色素体又能游动的单细胞低等植物另立为原生生物界。1938年，美国的柯柏兰（H. F. Copeland）提出了四界系统，即原核生物界（包括蓝藻和细菌）、原始有核界（包括低等真核藻类、原生动物和真核菌类）、后生植物界和后生动物界。1969年，美国的韦塔克（R. H. Whittaker）认为应将真菌从原来的植物界中独立分出，而把生物重新划分为五界：原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。1979年，中国的陈世骧根据病毒和类病毒没有任何细胞形态、不能自我繁殖等特点，建议在五界系统的基础上，把它们另立为病毒界或非细胞生物界，从而形成六界系统。生物不同分界的系统，反映了人们对生物进化以及生物界各类型之间的实质联系，在认识上的逐渐深化，向建立符合客观规律的进化系统以及科学的划分植物界逐渐接近。本教材仍采用二界系统。

## 二、植物学发展与分科

植物学是研究植物和植物的生活与发展规律的科学，主要研究植物生长发育过程中的形态建成、器官发育与结构、植物类群进化与分类以及植物与环境的相互关系等内容。

植物学的发展是随着人类利用植物进行生产实践活动的深入而逐渐发展起来的。我国研究植物的历史悠久，早在殷代就开始种麦、黍、稻、粟。周代的《诗经》、晋代的《南方草本状》、明代的《本草纲目》及清代的《植物名实图考》和《植物名实图考长编》等著作都不同程度上对植物有所描述和总结。

在国外植物科学的发展历史上，古希腊亚里士多德（Aristotle）首创欧洲植物园。从德奥弗拉蒂斯（E. Theophrastus）所著《植物的历史》和《植物本原》到17世纪，属于描述性植物学阶段。从18世纪林耐创立植物双命名法，经过达尔文（C. Darwin）的《物种起源》到19世纪中叶德国的施莱登（M. J. Schleiden）和施旺（T. Schwann）创立细胞学说，以及恩格勒（A. Engler）和普兰特莱（K. Prantl）所著《自然植物科志》是人为对植物进行系统分类阶段。

随着人类社会的发展，对植物产品的数量和质量层次要求越来越高，这就要求挖掘更多的植物资源，了解及开发其经济价值，这就促使对植物的研究更加深入和广泛。现在植物学已从植物的形态、分类、解剖、生理、生态、分布以及遗传和进化等方面开展研究，旨在揭露在人和自然环境影响下植物的生长、发育等生命活动的规律，使能更好地为人类所利用、控制和改造，以满足人类生活的需要。现把按不同的研究领域分设出的若干分支科学简要分述于下。

1. 植物形态学 植物形态学研究植物的形态结构在个体发育和系统发育中的建成过程和形成规律。广义的植物形态学还包括研究植物组织和器官的显微结构及其形成规律的植物解剖学，研究高等植物胚胎形成和发育规律的植物胚胎学，以及研究植物细胞的形态结构、

代谢功能、遗传变异等内容的植物细胞学。

2. 植物生理学 植物生理学是研究植物生命活动及其规律性的科学，包括植物体内的物质代谢和能量代谢、植物的生长发育、植物对环境条件的反应等内容。有的内容已进一步形成专门的科学，如植物代谢生理学和植物发育生理学等。

3. 植物遗传学 植物遗传学是研究植物的遗传变异规律以及人工选择的理论和实践的科学。已发展出植物细胞遗传学和分子遗传学。

4. 植物生态学 植物生态学是研究植物与其周围环境相互关系的科学。随着科学的发展，派生出了植物个体生态学、植物群落学和生态系统学等。

进入 20 世纪以来，科学技术进入迅速发展时期。新技术的大量涌现，如超速离心、层析和凝胶电泳技术、光谱分析和显微分光光度术、X 射线衍射、电子显微镜和超薄切片、免疫荧光、DNA 重组、放射性元素示踪、组织培养和细胞杂交以及计算机技术的应用，使植物学的各分支科学开始渗透和结合，同时更与相关科学（例如，物理、化学和数学）发生了密切的关系，出现了生物物理学（biophysics）、生物化学（biochemistry）和生物数学（biomathematics）等边缘科学。尤其是有关分子生物学的新概念和新技术的引入，使边缘学科和新的综合性研究领域层出不穷，如植物细胞分类学、植物化学分类学、植物生态解剖学、植物细胞生物学、植物生殖生物学、空间植物学等。随着信息科学的发展，又出现了生物信息学等。第十三届国际植物学会议将植物科学研究内容分为 12 类：分子植物学、代谢植物学、细胞及结构植物学、发育植物学、环境植物学、群落植物学、遗传植物学、系统及进化植物学、菌类学、海水淡水植物学、历史植物学和应用植物学，这同样反映了植物学研究的方向和发展趋势。

### 三、植物学的学习目的和方法

在研究生命活动这种最复杂、最高级的运动形式时，无疑要对所有生物的形态结构、物质基础、系统发育等方面做深入研究。植物学作为发展生命科学的基础科学之一，包含了广泛的生产和实践意义。因此，要学好植物学，提高分析问题和解决问题的能力。在学习时应注意以下 5 个统一：①机能和结构的统一；②局部和整体的统一；③个体发育和系统发育的统一；④植物和环境的统一；⑤理论和实践的统一。

在以往的学习过程中，普遍存在“上课记笔记，下课读笔记，考试背笔记”的现象，这似乎成了一种习惯的学习方式。既不利于个人实际问题解决能力的充分挖掘和发挥，更不符合社会发展的需要。因此，著名科学家钱伟长曾经说过“大学生应以自学为主，课堂教学为辅，逐渐培养学生无师自通，更新知识的能力”，这句话给现代学生的学习指引了方向。

在学习过程中，在课堂教学的基础上要充分挖掘自学能力，循序渐进并遵循以下要求：①掌握知识，理解是关键，只有真正理解所学的内容，才能在将来的生产实践中运用自如；②注意理论与实践相结合，增强感性认识；③扩大阅读面，注意对知识深度和广度的积累；④注意分析、概括和总结，找出规律性的东西，这是学习和掌握知识的深化和浓缩，有利于更好的掌握所学的内容。

总之，学无止境，随着生物科学的深入发展和探索生命活动的微观化，会出现一系列的



交叉科学和边缘科学，但科学无论发展到什么程度，都不会脱离基础，植物学作为生命科学的基础科学之一，一定要学好，学扎实，只有对基础知识牢牢把握，充分学习，善于积累，才有可能在未来生物学的发展过程中，充分发挥主观能动性，为满足人类生产、生活的需要发挥更大的潜力。

## 第一节 细胞的概述

细胞是构成生物有机体形态结构和生理功能的基本单位。生物有机体，除了病毒和类病毒外，都是由细胞构成的。最简单的生物有机体仅由一个细胞构成，如细菌、衣藻等，各种生命活动都在一个细胞内进行。复杂的生物有机体可由几个到亿万个形态和功能各异的细胞组成，如海带、蘑菇等低等植物以及所有的高等植物。多细胞生物体中的所有细胞，在结构和功能上密切联系，分工协作，共同完成有机体的各种生命活动。植物的生长、发育和繁殖都是细胞不断进行生命活动的结果。因此，掌握细胞的结构和功能，对于了解植物体生命活动的规律有着重要意义。

### 一、细胞的发现及其意义

1665年，英国学者虎克（Robert Hooke）首次发现了细胞。他用自己制造的复式显微镜（放大倍数为40~140倍）观察软木（栎树皮）薄片，发现木片上布满许多蜂窝状的小室，他把这些小室命名为cell，中文翻译成细胞。其实，虎克当年看到的只是栎树皮死细胞的细胞壁和空腔。虎克的发现是生物学的一个重大突破，使人们对生物结构的观察跨入了一个新的领域，即从肉眼可见的宏观领域进入了微观领域，打开了生物微观世界的大门，引起了人们对植物和动物的显微结构进行广泛研究的兴趣。虽然那时的植物学家已注意到生活细胞含有液体内容物，但是大部分注意力却集中在细胞壁上。

19世纪，人们认识到细胞中存在更重要的生活内容物，观察到细胞质、细胞核及核仁等结构，并认识到在植物细胞中细胞核有重要的调节作用。1838—1839年，在不断认识的基础上，德国植物学家施来登（M. J. Schleiden）和动物学家施旺（T. Schwann）根据自己的研究并总结了前人发现，共同创立了细胞学说（cell theory）。细胞学说认为：“一切生物从单细胞到高等动植物都是由细胞组成的，细胞是生物形态结构和功能活动的基本单位。”细胞学说的建立，论证了生物的统一性，即植物和动物有着细胞这一共同起源，成为建立生物界发展学说的基础，对现代生物学的发展有重要意义。恩格斯对细胞学说的创立给予了高度的评价，将它列为19世纪自然科学的三大发现之一。

20世纪初，细胞的主要结构在光学显微镜下都已被发现。50年代以后，电子显微技术、同位素示踪、超速离心等生物化学研究方法的应用使人们逐渐认识了细胞各部分的结构和功能。近年来，从分子水平上深入地认识细胞的生命活动及其调控，拓宽了细胞学的研究深度和广度，使细胞的发展走向新的阶段，从显微水平、超微水平进入了大分子和分子水平。

## 二、原核细胞和真核细胞

根据细胞的进化程度，可将其分为原核细胞 (prokaryotic cell) 和真核细胞 (eukaryotic cell) 两大类型。

在自然界中，绝大多数植物细胞都有被膜包围的细胞核和多种细胞器，这种细胞称为真核细胞。还有一些细胞它们虽有细胞结构，但没有典型的细胞核，即没有核膜将它的遗传物质与细胞质分开，只有一个由裸露的环状 DNA 分子构成的拟核体 (nucleoid)，除核糖体、类囊体外，一般不存在其他细胞器，这类细胞称为原核细胞。蓝藻和细菌是原核细胞的典型代表，此外支原体、衣原体、放射菌等也都是原核细胞。根据上述两类细胞的不同，可将生物分为原核生物和真核生物。原核细胞和真核细胞的主要区别见表 1-1。

表 1-1 原核细胞和真核细胞的主要区别

特征	原核细胞	真核细胞
细胞大小	较小 (1~10 $\mu\text{m}$ )	较大 (10~100 $\mu\text{m}$ )
染色体	一个细胞只有一条染色体，其 DNA 没有和 RNA、蛋白质联结在一起	一个细胞有多条染色体，其 DNA 和 RNA、蛋白质联结在一起
细胞核	无核膜和核仁	有核膜和核仁
细胞器	无细胞器	有线粒体、质体、高尔基体、内质网等细胞器
内膜系统	简单	复杂
细胞分裂	出芽或二分裂，无有丝分裂	能进行有丝分裂

## 三、植物细胞的形态特征

植物细胞的形态主要是指细胞的形状和大小，植物细胞的形状和大小取决于细胞的遗传性、细胞的生理功能及其对环境的适应性。植物体不同组织器官的细胞，其大小、形状及内部细胞器的分化程度、数目等都存在差别。

植物细胞的形状是多种多样的 (图 1-1)。单细胞植物体或离散的单个细胞，因细胞处于游离状态，不受其他细胞的约束，多为球形或近球形，如单细胞的衣藻。在多细胞植物体内，细胞有多面体形的，如根尖和茎尖的生长锥细胞，由于细胞间的相互挤压而呈多面体形；有长管状的，如输导水分和无机盐的导管分子，输导同化产物的筛管分子；有长纺锤形的，如起支持作用的纤维细胞。此外，还有长

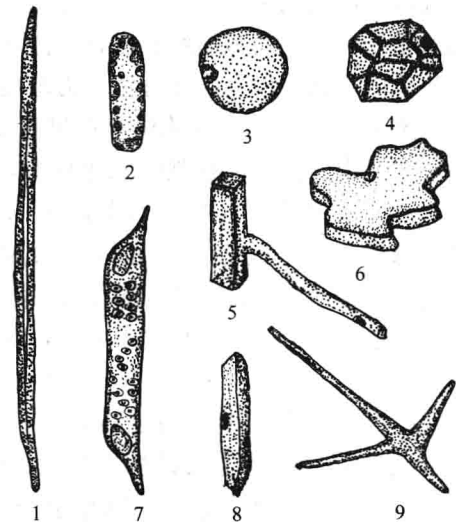


图 1-1 植物细胞的形状

1. 长纺锤形 2. 长柱形 3. 球形 4. 多面体形 5. 细管形  
6. 不规则形 7. 长筒形 8. 长棱形 9. 星形

柱形、星形及不规则形状等。细胞形状的多样性，反映了细胞形态与其功能相适应的规律。

植物细胞的大小差异悬殊，小的细胞如支原体，直径为  $0.1\mu\text{m}$ ，在电子显微镜下才能看到；种子植物的分生组织细胞，直径为  $5\sim 25\mu\text{m}$ ；而分化成熟的细胞，直径为  $15\sim 65\mu\text{m}$ ；也有少数大型的细胞，肉眼可见，如西瓜成熟的果肉细胞直径达  $1\text{mm}$ ，棉花种子的表皮毛长  $75\text{mm}$ ，苧麻茎的纤维细胞长可达  $550\text{mm}$ 。多数高等植物细胞的直径为  $0.01\sim 0.2\text{mm}$ 。细胞与外界的物质交换是通过表面进行的，细胞体积小则相对表面积大，有利于和外界进行物质交换。此外，细胞内部有着复杂的结构，有序地进行着各种生物化学反应，细胞核、细胞质及各种细胞器相互配合完成各种功能，如果细胞体积过大，细胞内部的物质运输、信息传递等都会变得困难起来。因此，细胞体积小对细胞生活具有特殊意义。

## 第二节 细胞生命活动的物质基础

### 一、原生质的组成

构成细胞的生活物质称为原生质 (protoplasm)，它是细胞结构和生命活动的物质基础。原生质的化学组成极其复杂，随着代谢活动的进行而不断更新。在不同的植物体中或同一植物体的不同细胞中，甚至同一细胞的不同发育时期，原生质的化学组成都存在着差异。然而，所有的原生质却有着相同的基本组成成分。

#### (一) 组成原生质的化学元素

原生质的化学成分分析表明，原生质所含的主要化学元素是碳、氢、氧和氮 4 种，约占全重的 90%；其次有少量的硫、磷、钠、钙、钾、氯、镁、铁等元素，约占全重的 9%；还有极微量的元素，如钡、硅、矾、锰、钴、铜、钼等。

#### (二) 组成原生质的化合物

组成原生质的化学元素，构成分子质量大小不同的许多化合物。这些化合物可分为无机物和有机物两类。

1. 无机物 原生质中含量最多的无机物是水，一般占细胞全重的 10%~90%。干燥种子细胞内的含水量较低，仅为 10%~14%。原生质中的水以结合水和游离水两种方式存在。前者是由水与构成原生质的很多物质的分子或离子结合而成，参与细胞的构成，成为原生质的结构物质；后者是细胞中矿物质离子和各种分子的溶剂以及原生质胶粒的分散介质，也是细胞中许多代谢反应的场所，且参与细胞的代谢过程。水分的多少影响原生质的胶体状态，水分多时，原生质呈溶胶状态，代谢活动旺盛；水分少时，原生质呈凝胶状态，代谢活动缓慢。同时，水的比热容大，能吸收大量热能，使原生质的温度不会剧烈变化，这对维持原生质的生命活动有重要作用。

除水外，原生质中的无机物还有溶于水中的气体（如二氧化碳和氧等）、无机盐以及许多呈离子状态的元素，如铁、铜、锌、锰、钾、镁、钠、氯等。

2. 有机物 组成原生质的有机物有蛋白质、核酸、脂类、糖类和极微量的生理活性物质等。

(1) 蛋白质 蛋白质 (protein) 是构成原生质的一类极其重要的高分子有机化合物，相对分子质量为  $10^4\sim 10^7$ 。蛋白质在原生质中的含量仅次于水，约占干重的 60%。蛋白质不仅是原生质的结构物质，而且还以酶形式存在，酶能通过催化生化反应来调节新陈代谢。

构成蛋白质的基本单位是氨基酸，目前已知的构成蛋白质的氨基酸有 20 余种。蛋白质分子是由很多氨基酸通过肽键连接而成的高分子长链化合物。由于氨基酸的数量、种类和排列顺序等方面的不同，可以形成各种各样的蛋白质。在原生质中，蛋白质往往不是单独地、孤立地存在，它们和某些物质的分子或离子结合。例如，和脂类结合成脂蛋白，和核酸结合成核蛋白，和某些金属离子结合成色素蛋白等等，充分体现出蛋白质的多样性。

酶是生活细胞内一类重要的蛋白质，是细胞内生化反应的催化剂。在大多数情况下，一种酶只催化一种反应，具有专一性。由于细胞内要进行多种生化反应，因此细胞内有很多不同的酶。据估计，一个细胞内约有 2 000 种酶，合理地分布在细胞的特定部位，使各种生化反应同时在细胞中有条不紊地进行。所以，原生质的不同部分或结构的特定功能与所含的特定酶类有关。例如，线粒体中含有许多呼吸作用的酶类，而细胞核中则没有这种酶。

(2) 核酸 核酸是最重要的一类生物大分子，有脱氧核糖核酸和核糖核酸两大类。脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA) 主要存在于细胞核中，细胞质中也有少量的 DNA，细胞质中的 DNA 存在于线粒体与叶绿体中。核糖核酸 (ribonucleic acid, RNA)，在细胞质中的含量较高。

组成 DNA 和 RNA 的基本单位是核苷酸。每个核苷酸是由一个五碳糖（核糖或脱氧核糖）、一个磷酸分子和一个含氮碱基组成。核酸中的含氮碱基有 5 种：腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、胞嘧啶 (C)、胸腺嘧啶 (T) 和尿嘧啶 (U)。核酸是由许多核苷酸经过脱水聚合而形成的高分子有机化合物。

RNA 所含的五碳糖是核糖，所含的碱基种类为 A、G、C 和 U 共 4 种，以单链形式存在，主要功能是合成蛋白质。DNA 所含的五碳糖是脱氧核糖，所含的碱基种类为 A、G、C 和 T 共 4 种，以双链形式存在，是构成染色体的遗传物质。

(3) 脂类 凡是水解后产生脂肪酸的物质都属于脂类。它是一类脂肪性质的物质，其特点是难溶于水。脂类在原生质中可作为结构物质，例如磷脂和蛋白质结合，参与质膜和细胞内部的各种膜构成；角质、木栓质和蜡等脂类物质参与细胞壁的构成。有些脂类物质在细胞生理上有活跃的作用，例如类胡萝卜素、维生素 A 等，属于脂类物质中的色脂类物质。

(4) 糖类 糖类是光合作用的同化产物。它作为结构物质，参与原生质和细胞壁的构成；作为原生质进行生命活动的能源，储存在细胞内，供植物体以后的生命活动需要。同时，糖也是合成其他有机物的原料。

糖类可分为单糖、双糖和多糖 3 类。

①单糖：单糖是简单的糖，水解时不再产生更小的糖单位。细胞内最重要的单糖是五碳糖和六碳糖，前者如核糖和脱氧核糖，是核酸的组成成分之一；后者如葡萄糖，是细胞内能量的主要来源。

②双糖：双糖是由两个单糖分子脱去一个水分子聚合而成的。植物细胞中最重要的双糖是蔗糖和麦芽糖。

③多糖：多糖是由许多个单糖分子脱去相应数目的水分子聚合而成的高分子糖类。植物细胞中最重要的多糖有纤维素、果胶质、淀粉等。纤维素和果胶质是细胞壁的重要成分，淀粉是植物细胞最常见的储存营养物质。

蛋白质、核酸、脂类和糖类构成原生质的大量有机化合物。它们极其错综复杂地、有机地结合，构成原生质或细胞形态结构上或生理上特化的组成部分。除上述四大类有机物质

外，原生质中还有生理活性物质。这些物质含量极微少，但生理作用颇大，是细胞甚至整个植物体正常生活必不可少的，如维生素、激素、抗生素等。

## 二、原生质的性质与新陈代谢

原生质的化学组成决定了它既有液体与胶体的特性，又有液晶态的特性，因此在生命活动中起着重要且复杂多变的作用。

### （一）原生质的物理特性与新陈代谢

原生质是具有一定弹性和黏度的、半透明的、不均一的亲水胶体。由于原生质含有大量的水分，使它具有液体的某些性质，如有很大的表面张力（surface tension），即液体表面有自动收缩到最小的趋势，因而裸露的原生质体呈球形。原生质还具有一定的弹性和黏性，随着植物生育期或外界环境条件的改变而发生变化。当黏性增强时，代谢活动降低，植物与外界的物质交换减少，抗逆性增强；反之植物生长旺盛，抗逆性减弱。越冬休眠芽和成熟种子的原生质黏性大，抗逆性强；而处于开花期和旺盛生长期的植物，其原生质黏性低，抗逆性弱。原生质的弹性与植物抗逆性也有密切关系，弹性大，则植物对机械压力的忍受力也越大，对不良环境的适应性也增强。因此，原生质黏性和弹性大的植物，对于干旱、低温等不良环境的抗性强。

生活的原生质必须不断地从环境中吸取水分、空气和营养物质，经过一系列复杂的生理生化作用，使之成为原生质自身的物质，这个过程称为同化作用。与此同时，原生质的某些物质不断地分解成为简单的物质并释放能量，供生命活动的需要，这个过程称为异化作用。

### （二）原生质的胶体性质与新陈代谢

胶体（colloid）是物质的一种分散状态。不论何种物质，凡能以1~100nm大小的颗粒分散于另一种物质之中，就可以形成胶体。构成原生质的蛋白质、核酸等生物大分子，直径符合胶粒范围，其水溶液具有胶体的性质。

原生质具有带电性和亲水性。蛋白质是亲水化合物，在其表面可以吸附一层很厚的水合膜，由于水合膜的存在，使原生质胶体系统更加稳定。蛋白质是两性电解质，在两性离子状态下，原生质具有缓冲能力，这对细胞内代谢有重要意义。但当处于其等电点时，蛋白质表面的净电荷为零，溶解度减小。这既破坏了原生质胶体的稳定性，又降低了原生质的黏度、弹性、渗透压及传导性。植物原生质胶体的等电点通常在4.6~5.0之间。

原生质具有吸附作用。吸附在细胞生理中具有特殊的作用，如增强了对离子的吸收、使受体与信号分子结合等。许多化学反应都是在界面上发生的，所以，细胞内的空间虽小，但其内部界面很大。这一方面有利于原生质对各种分子和离子的吸附和富集，同时也为新陈代谢过程中的各种生化反应扩大了反应场所。

原生质具有凝胶作用。当原生质处于凝胶状态时，细胞生理活性降低，但对低温、干旱等不良环境的抵抗能力提高，有利于植物渡过逆境。当恢复到正常条件下时，原生质胶粒动能增大，分子运动速度加快，胶粒联系消失，网状结构不再存在，胶粒均匀分布，呈自由活动状态，又成为溶胶。原生质在溶胶状态时，黏性较小，代谢活跃，生长旺盛，但抗逆性减弱。此外，凝胶还有强大的吸水能力，凝胶吸水膨胀的现象，称为吸胀作用。种子就是靠这种吸胀作用在土壤中吸水萌发的。

### (三) 原生质的液晶性质与新陈代谢

液晶态是物质介于固态与液态之间的一种状态。在植物细胞中，有不少分子（如磷脂、蛋白质、核酸、叶绿素、胡萝卜素、多糖等）在一定温度范围内都可以形成液晶态。一些较大的颗粒（像核仁、染色体和核糖体）也具有液晶结构。

液晶结构与生命活动密切相关，若其流动性增大，膜透性也会加大，可导致细胞内葡萄糖和无机离子等大量流失。温度过低也会使膜的液晶性质发生改变。

## 第三节 植物细胞的结构和功能

植物细胞由细胞壁（cell wall）和原生质体（protoplast）两部分组成。原生质体包括细胞膜（cell membrane）、细胞质（cytoplasm）和细胞核（nucleus）3部分（图 1-2）。组成原生质体的生命物质即为原生质，植物细胞中还常有一些储藏物质或代谢产物，称为后含物（ergastic substance）。

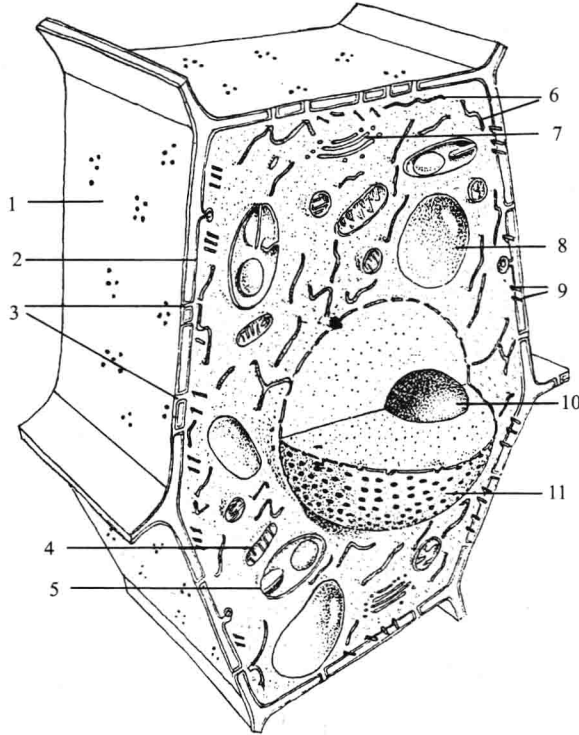


图 1-2 植物细胞的亚显微结构立体模式图

1. 细胞壁（上面具有胞间连丝通过的孔） 2. 质膜 3. 胞间连丝 4. 线粒体  
5. 前质体 6. 内质网 7. 高尔基体 8. 液泡 9. 微管 10. 核仁 11. 核膜

### 一、细胞壁

细胞壁是植物细胞最外的一层，是植物细胞区别于动物细胞的特征之一。它是由原生质



体分泌的多种壁物质加在质膜外方形成的，具有一定的硬度和弹性，当细胞生长时，它的性质因细胞所处环境、营养和分化阶段不同而有所变化。细胞壁能保护原生质体，使其免受外界不利因素的影响，如减少蒸腾、防止病原微生物的侵入和机械损伤等；支持和巩固细胞的形状；参与植物组织的吸收、运输和分泌等方面的生理活动；在细胞生长调控、细胞识别等重要生理活动中也起一定作用。

### (一) 细胞壁的结构和化学组成

由于植物种类、细胞年龄和所执行的生理功能不同，细胞壁的结构和化学成分有较大差异。

1. 细胞壁的层次 根据形成的先后和化学成分的不同，细胞壁的结构大体可分为中层 (middle lamella)、初生壁 (primary wall) 和次生壁 (secondary wall) (图 1-3 胡宝忠)。

(1) 中层 中层又称为胞间层 (intercellular layer)，它是相邻两个细胞初生壁之间所共有的部分，在细胞分裂产生新细胞时形成的。它的主要成分是果胶质。果胶质是一类多糖，胶黏而柔软，能将相邻的细胞粘连在一起；同时又有一定的可塑性，能缓冲细胞间的挤压又不影响细胞的生长。果胶易被酸、碱等分解，致使相邻细胞彼此分离。西瓜、番茄等果实成熟时，部分果肉细胞彼此

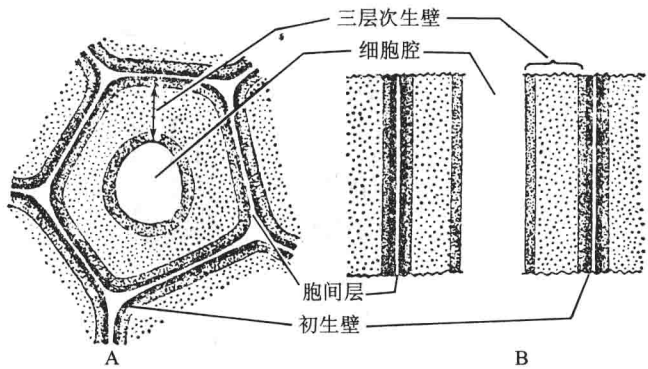


图 1-3 细胞壁的分层

A. 横切面 B. 纵切面

分离就是这个原因。沤麻是利用细菌产生的果胶酶，使胞间层的果胶溶解破坏，从而使细胞分离。在药材鉴定上，常用硝酸和氯酸钾的混合液、氢氧化钾或碳酸钠等溶液将细胞处理后进行观察鉴定。

(2) 初生壁 初生壁存在于中层的内侧，是细胞在生长过程中，原生质体分泌形成的细胞壁层。初生壁一般较薄，厚为  $1\sim 3\mu\text{m}$ ，具有弹性和可塑性，能随着细胞生长而延展。但也有增厚类型，如柿子胚乳细胞，其初生壁成为储藏养分的场所而变得很厚，当种子萌发时因养分转移为幼苗的营养，细胞壁被消化。构成初生壁的主要成分是纤维素、半纤维素和果胶质。许多细胞在停止生长后，细胞壁不再加厚，初生壁便成为它们永久的细胞壁。

(3) 次生壁 次生壁是细胞体积停止增大后，在初生壁内侧继续沉积的细胞壁层。次生壁一般可分为外层 (outer layer)、中间层 (central layer) 和内层 (inner layer) 3 层，其中内层最薄。次生壁的主要成分是纤维素，含少量的半纤维素。另外，在次生壁中还常常含有木质素 (lignin)，木质素具有较大的硬度，木质素的存在增加了细胞壁的硬度。次生壁较厚，一般为  $5\sim 10\mu\text{m}$ 。在植物体中，并非所有的细胞都有次生壁，只有那些在生理上分化成熟后，细胞壁继续增生、加厚的，才产生次生壁，例如各种纤维细胞、导管、管胞等。

2. 细胞壁的化学组成和超微结构 构成细胞壁的物质很多，根据在细胞壁中的作用可分为构架物质、衬质和附加物质。

(1) 构架物质 构架物质是构成细胞壁的骨架，主要是纤维素。初生壁中约  $1/4$  为纤维



素，次生壁中 1/2 以上为纤维素。但不同植物的相同部位，或同一植物的不同组织或器官的细胞壁，纤维素含量存在差异，如玉米穗轴为 34.9%，而子粒为 3.5%。

纤维素分子是由 2 000~14 000 个葡萄糖分子聚合而成的链状多糖。在构成细胞壁时，许多链状的纤维素分子有规则地排列成分子团（微团）（micelle），由分子团进一步结合成为生物学上的结构单位，称为微纤丝（microfibril），许多微纤丝再聚合成为光学显微镜下可见的大纤丝（macrofibril）（图 1-4）。所以，高等植物细胞壁的构架是由纤维素分子组成的纤丝系统。

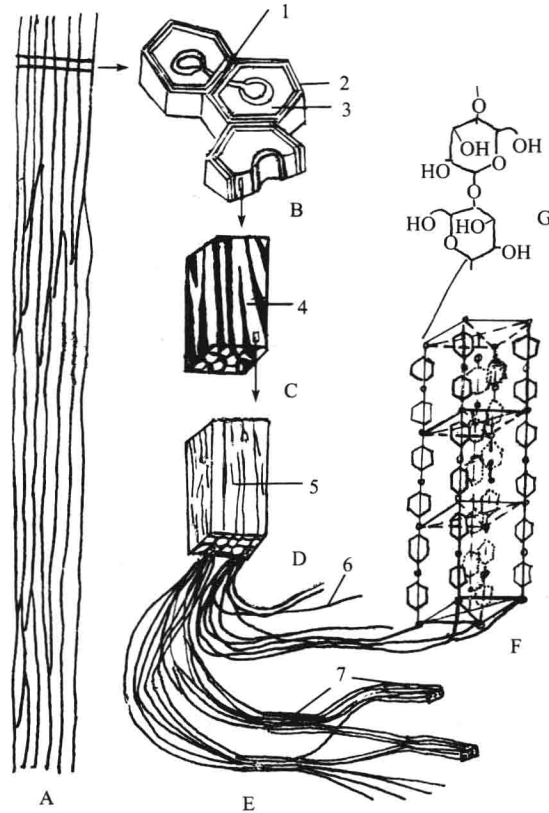


图 1-4 细胞壁的详细结构

A. 纤维细胞束 B. 纤维细胞横切面（示 1 层初生壁和 3 层次生壁） C. 次生壁的部分放大 [示纤维素的大纤丝（白色）和大纤丝间的空间（黑色），这些空间充满了非纤维素的物质] D. 大纤丝的部分放大 [示在电子显微镜下见到的微纤丝（白色），微纤丝之间的空间（黑色）也充满了非纤维素的物质] E. 微纤丝的结构 [纤维素的链状分子，在微纤丝的某些部分有规则地排列，这些部分就是分子团（微团）] F. 分子团的一部分（示链状纤维素分子的部分排列成空间晶格） G. 由一个氧原子连接起来的两个葡萄糖残基（纤维素分子的一小部分）

1. 中层 2. 初生壁 3. 3 层次生壁 4. 大纤丝 5. 微纤丝 6. 纤维素分子 7. 分子团

（引自 Esau）

(2) 衬质 组成细胞壁的其他物质，如果胶质、半纤维素和蛋白质等，填充在框架的空隙中，从而在纤维素微纤丝之间形成一个非纤维素的间质，即衬质。由于这些物质都是亲水的，因此细胞壁中一般含有较多的水分，溶于水中的任何物质，都能随水透过细胞壁。

(3) 附加物质 在形成了构架和衬质后，某些细胞还分泌附加物质，结合到细胞壁内或