

全国高等林业院校试用教材

植 物 学

北京林学院主编

林 业 专 业 用

中 国 林 业 出 版 社

全国高等林业院校试用教材

植 物 学

北京林学院主编

林 业 专 业 用

中 国 林 业 出 版 社

全国高等林业院校试用教材

植 物 学

北京林学院主编

中国林业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 12.75印张 262千字

1981年8月新1版 1981年8月北京第1次印刷

印数 1—6,000册

统一书号 13046·1004 定价 1.30元

主编人 曹慧娟

编写人 丁祖福 康木生 王瑞勤

审稿人 郭锡昌 陈敬云 熊济华 马 骥 李文钊 郑 刚 王庭芬 李天庆
万云先 王 新 郭振庭 谢德文 乔士义 李裕久

前 言

本书根据 1977 年 11 月全国林业专业教材会议制订的《植物学教材编写大纲》，由北京林学院主编、南京林产工业学院参加编写，并经东北林学院、沈阳农学院、宁夏农学院、华中农学院、湖南林学院、华南农林学院、福建林学院、西南农学院、贵州农学院、河北林业专科学校的教师审阅、讨论及修改，作为全国高等林业院校林业专业试用教材。

全书共分五章，一至四章分别叙述植物细胞、植物组织以及种子植物个体生长发育过程中器官形态构造的变化，形态构造与机能的统一，植物体与环境的统一。第五章简述植物界的基本类群，各大类群的基本特征及植物界的进化发展趋势。

本书编写过程中参考了国内各兄弟院校的教材及部分国外教材，得到有关院校的帮助和指导。由于水平有限，时间仓促，错误缺点在所难免，请批评指正。

编 者

一九七八年五月

目 录

绪论	1
一、植物的多样性	1
二、植物在自然界的作用	1
(一) 绿色植物的光合作用	1
(二) 非绿色植物的矿化作用	2
(三) 植物在自然界物质循环中的作用	2
(四) 绿色植物对环境污染的净化作用	3
三、植物学研究内容及分科	3
四、我国植物学发展概况	4
五、植物学与林业科学的关系	5
第一章 植物细胞	6
第一节 关于植物细胞的一般认识	6
第二节 植物细胞的构造与功能	9
一、原生质及其理化性质	9
二、原生质体	10
(一) 细胞质及其膜系统	11
(二) 细胞核	14
(三) 质体	14
白色体(14) 叶绿体(14) 有色体(16)	
(四) 线粒体	17
(五) 其它细胞器	18
核糖体(18) 高尔基体(18) 溶酶体(19) 圆球体(19) 微粒体(19) 微管(19)	
三、液泡及细胞内含物	20
(一) 液泡的形成	20
(二) 细胞内含物	20
1. 贮藏的营养物质	21
淀粉粒(21) 蛋白质(21) 脂肪(21)	
2. 生理活性物质	21
酶(22) 维生素和植物激素(22)	
3. 其它物质	22
糖类(22) 有机酸(22) 单宁(22) 精油(22) 花青素(23) 植物碱(23)	
无机盐类和结晶体(23)	

四、细胞壁	23
(一) 细胞壁的结构	23
胞间层(23) 初生壁(24) 次生壁(24) 纹孔与穿孔(24) 胞间连丝(25)	
(二) 细胞壁的超微结构	25
(三) 细胞壁的变化	26
木化(26) 角化(26) 栓化(26) 矿化(27)	
第三节 植物细胞的繁殖	27
一、染色体的结构	27
二、有丝分裂	29
三、减数分裂	30
四、无丝分裂	32
第二章 植物组织	34
第一节 植物组织的概念	34
第二节 植物组织的类型	34
一、分生组织	34
(一) 原分生组织	35
(二) 初生分生组织	35
(三) 次生分生组织	36
二、薄壁组织	36
三、保护组织	37
(一) 表皮、气孔、表皮毛	37
(二) 周皮、皮孔、树皮	39
四、输导组织	41
(一) 导管和管胞	41
(二) 筛管和筛胞	43
五、机械组织	45
(一) 厚角组织	45
(二) 厚壁组织	45
六、分泌组织	47
(一) 腺毛	47
(二) 蜜腺	48
(三) 分泌囊	48
(四) 树脂道	49
(五) 乳汁管	49
第三节 植物体内的维管系统	51
第三章 种子植物营养器官的形态及解剖构造	52
第一节 种子萌发与营养器官的发生	52

一、种子的构造与类型	52
(一) 种子的组成部分	52
(二) 种子的类型	54
二、种子的萌发与幼苗的形成	55
(一) 种子的萌发过程	55
(二) 幼苗的形态和类型	56
第二节 根	57
一、根的来源与种类	58
二、根系的类型	58
三、根系在土壤中的分布及与环境的关系	59
四、根的伸长生长与初生构造	60
(一) 根尖的分区	61
(二) 根的初生构造	65
(三) 侧根的形成	68
五、根的增粗生长与次生构造	69
六、根瘤与菌根	72
第三节 茎	74
一、茎的功能与基本形态	74
二、芽的类型与分枝关系	75
三、茎尖的构造与发育	77
(一) 关于茎尖结构的解释	78
(二) 茎尖的分区与高生长	79
四、茎的解剖构造	83
(一) 双子叶植物茎的初生构造	83
(二) 叶迹与枝迹	85
(三) 双子叶植物茎的次生构造	86
1. 形成层的产生与活动	86
2. 木栓形成层的产生与活动	89
3. 木材的构造	91
(四) 裸子植物茎及木材构造的特点	96
(五) 单子叶植物茎构造的特点	98
五、根与茎过渡区的变化	100
第四节 叶	100
一、叶的形态	102
二、叶的发生与生长	103
三、叶的解剖构造	103
(一) 双子叶植物叶的构造	103

(二) 裸子植物叶的构造	105
(三) 单子叶植物叶的构造	108
四、叶的构造与生态条件的关系	109
五、叶的寿命与落叶	111
第五节 植物营养器官的变态	112
一、变态的概念	112
二、营养器官变态的主要类型	112
三、同功器官与同源器官	114
第六节 种子植物的营养繁殖	115
一、营养繁殖在林业生产中的意义	115
二、常用的营养繁殖及解剖学基础	115
第四章 种子植物的有性生殖	119
第一节 裸子植物的有性生殖	119
一、大、小孢子叶球的构造与发育	119
二、雌、雄配子体的构造和发育	121
三、传粉与受精	122
四、胚与胚乳的发育和种子的形成	123
第二节 被子植物的有性生殖	126
一、花的形态构造及发育	126
(一) 花芽分化	126
(二) 花的组成部分	128
二、雄蕊的发育与构造	129
(一) 花药的发育、构造与花粉粒的形成	129
(二) 花粉粒的发育与雄配子体的形成	131
三、雌蕊的发育与构造	133
(一) 胚珠的发育与构造	133
(二) 胚囊的发育与构造	134
四、开花与传粉	136
(一) 开花	136
(二) 传粉	137
1. 自花传粉与异花传粉	137
2. 自花传粉与异花传粉的生物学意义	138
3. 植物对异花传粉的适应	138
五、受精作用	138
(一) 花粉的萌发与生长	138
(二) 被子植物的双受精现象	140
(三) 受精的多重性	141

(四) 受精的选择性	142
六、种子和果实	142
(一) 种子的形成	142
1. 胚的发育	143
2. 胚乳的发育	144
3. 种皮的形成	145
(二) 果实的形成	146
七、单倍体、二倍体和多倍体植物	148
第五章 植物界的基本类群	150
第一节 概述	150
一、植物的分类单位	150
二、植物的拉丁名	151
三、现代植物的基本类群	151
第二节 低等植物	151
一、藻类植物	152
(一) 念珠藻属(Nostoc)	152
(二) 衣藻属(Chlamydomonas)	153
(三) 水绵属(Spirogyra)	154
(四) 轮藻属(Chara)	155
(五) 昆布属(Laminaria)	156
(六) 藻类在自然界和人类经济上的意义	157
二、菌类植物	157
(一) 细菌(Bacteria)	157
1. 细菌的形态与构造	157
2. 细菌的繁殖	159
3. 细菌的营养	159
4. 细菌的固氮作用	160
5. 细菌在自然界及人类经济上的作用	160
(二) 真菌(Fungi)	161
1. 根霉属(Rhizopus)	161
2. 青霉属(Penicillium)	161
3. 白粉菌属(Erysiphe)	163
4. 蘑菇属(Psalliota)	163
5. 多孔菌属(Polyporus)	164
6. 真菌在自然界和人类经济上的意义	166
三、地衣(Lichenes)	167
(一) 地衣的类型	167

1. 壳状地衣	167
2. 叶状地衣	167
3. 枝状地衣	167
(二) 地衣的构造	168
(三) 地衣的繁殖	168
(四) 地衣在自然界的作用及经济意义	168
第三节 高等植物	169
一、苔藓植物(Bryophyta)	169
(一) 苔类(Hepaticae)	169
(二) 藓类(Musci)	170
(三) 苔藓植物在自然界的作用及经济意义	172
二、蕨类植物(Pteridophyta)	173
(一) 石松属(Lycopodium)	174
(二) 卷柏属(Selaginella)	174
(三) 木贼属(Equisetum)	175
(四) 蕨属(Pteridium)	176
(五) 蕨类植物在自然界的作用及经济意义	179
三、种子植物(Spermatophyta)	179
(一) 裸子植物(Gymnospermae)	179
(二) 被子植物(Angiospermae)	180
1. 双子叶植物(Dicotyledoneae)	181
2. 单子叶植物(Monocotyledoneae)	181
(三) 种子植物在自然界中的作用及对人类的经济意义	181
第四节 植物界基本类群的进化	183
附录 种子植物中名、拉丁名对照	186

绪 论

一、植物的多样性

我国土地辽阔，植物资源丰富，仅已记载过的高等植物约有三万种，占全世界高等植物的十分之一。我国的植物不仅种类繁多，分布极广，而且在形态结构上也表现出多种多样，有单细胞的、群体的和多细胞的植物体。根据不同植物的特征，一般分为藻类植物、菌类植物、地衣、苔藓植物、蕨类植物和种子植物。其中藻类、菌类和地衣统称低等植物，苔藓、蕨类和种子植物统称高等植物。此外，还因植物体内是否含有叶绿素，把植物界区分为绿色植物和非绿色植物。细菌和真菌植物体内不具叶绿素，属于非绿色植物；藻类、苔藓、蕨类和种子植物具叶绿素，属于绿色植物。在自然界中，绿色植物和非绿色植物都有特殊的作用。彼此之间既是相互依存，又是相互制约的关系。

种子植物是现今地球上种类最多、形态构造最复杂的一群植物，也是和人类经济生活最密切的一类植物。全部树木、农作物和绝大多数的经济植物都是种子植物。种子植物从形态构造到生活习性等各方面同样表现了极其不同的多样性。如有多年生的高大干直的乔木，低矮丛生的灌木，缠绕它物的藤本植物，一、二年生的多样的草本植物等等。

二、植物在自然界的作用

(一) 绿色植物的光合作用

光合作用是含叶绿素的植物组织在光下利用二氧化碳和水合成碳水化合物的过程，是有机物的合成作用，也是光能转变为化学能贮藏在碳水化合物中的过程。

对绿色植物光合作用产生有机碳的数量，据有的研究者估计，在林分中除用于呼吸作用以外，每天每公顷产生相当于75—300公斤的葡萄糖，净光合作用每一个生长季每公顷产生21.8—77吨的葡萄糖；陆生植物在一年中产生 16.6×10^9 吨有机碳，而其中三分之一是树木产生的。他们认为植物在光合作用中转变和贮藏的总能量比全世界一年开采的煤差不多大100倍。同时还估计，光合作用总产物的25—45%转变成为可用的木材。

光合作用形成的碳水化合物具有特殊的重要性。在植物体内的碳水化合物是合成脂肪、蛋白质等其它有机化合物的基本有机物。植物光合作用产生的碳水化合物绝大部分用于生长发育，一部分在呼吸过程中被氧化，释放出植物生命活动中所需要的能量，剩余部分贮藏在各器官中，供动物和人类进一步利用。由此可见植物的光合作用是地球上唯一的最大规模地把无机物转化为有机物、把太阳能转化为化学能以及释放出氧的过程，是地球上生命活动所

需要的能量的基本源泉。

植物的光合作用和人类生活有密切关系，是人类维持生活的物质基础。人类的衣、食、住、行、药物以及工业原料，很大部分是来源于植物光合作用的产物。就食的方面来说，粮食、油料、蔬菜、水果、糖、茶、咖啡等等都是植物提供的；就衣着方面来说，棉花、麻类是主要的原料；甚至动物提供的食品、原料，也是间接来源于植物的；在住和行的方面，主要表现在木材利用上，房屋建筑、家具、桥梁、矿柱、枕木等等都要依靠植物提供大量木材；在药物及工业原料方面，许多植物含有治疗各种疾病的药物，造纸、纺织、制糖、橡胶、油漆、染料、芳香油、生物碱等等都以植物为原料。

光合作用创造了自然界无穷无尽的宝库，对光合作用的研究将使人类创造获取自然界的财富，更有效地提高林木、农作物、经济植物的产量，并大规模地把太阳能转变为工业上可利用的能源。

（二）非绿色植物的矿化作用

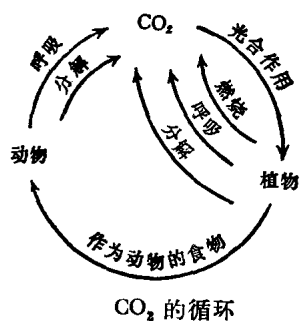
自然界的物质总是处在不断的运动中，不仅有从无机物合成有机物的过程，还有有机物分解成无机物的过程。有机化合物分解作用的主要途径：一方面是植物和其它生物的呼吸作用；另一方面是死的有机体经过非绿色植物细菌和真菌的作用发生分解，或称非绿色植物的矿化作用。经过非绿色植物的矿化作用，使复杂的有机物分解成为简单的无机物，再回到自然界中，重新被绿色植物利用。

（三）植物在自然界物质循环中的作用

在各种植物体中可以找到化学周期表中半数以上的元素。这就表明在植物生长的周围环境中存在的每一元素都可能被吸收。例如，北美乔松的木材中已测出 27 种元素，此外还有更微量的元素存在；在西黄松的分析中，发现有铂、锡和银。

植物体中除含碳、氢、氧以外，还含有需要量较大的营养元素：氮、磷、钾、钙、镁、硫；需要量较小的微量元素：铁、锰、锌、铜、硼、钼等。这些元素被植物吸收后，又通过各种途径把这些元素归还给自然界，进行物质循环。

碳素循环 大气中含有 0.03% 的二氧化碳(CO_2)。据估计地球上的绿色植物在光合作用过程中每年吸收的二氧化碳约等于大气中二氧化碳总量的 $\frac{1}{35} - \frac{1}{50}$ 。按照植物每年光合作用



所需要的二氧化碳量来计算，只要 35—50 年的时间，大气中的二氧化碳将全部耗尽。事实上大气中的二氧化碳含量是保持相对稳定的，因为大气中的二氧化碳可从植物、动物、微生物的呼吸作用，动植物尸体的分解以及木材、煤炭、石油等物质的燃烧和火山的喷发等方面得到补充，使大气中的二氧化碳保持平衡。二氧化碳在自然界的循环可见图解如左。

氮素循环 氮素是植物生命活动中不可缺少的最重要元素之一，大气中约含 80% 的氮素，这种游离状态的氮素，绿色植物不能直接利用，只有通过

固氮作用即与其它元素结合后,才能被植物吸收。少数细菌和兰藻能够进行固氮作用,把空气中游离的氮合成为含氮化合物,供给植物的氮素营养。绿色植物利用吸收的氮素合成蛋白质,建造自己的躯体。蛋白质又通过动植物的呼吸作用以及动植物尸体的分解放出氨。一部分氨成为氨的盐类被植物吸收,另一部分氨经过一系列硝化细菌的作用变成硝酸盐,成为植物吸收氨盐的主要来源。硝酸盐也可以由反硝化细菌的作用回复成游离氮,再回到大气中。自然界的氮素就是这样通过植物的作用而辗转循环的。

植物体内除碳和氮的循环以外,其它元素也都类似上述情况,被植物吸收,又从植物复还自然界而循环着。总之,植物界是按照辩证的规律来完成它的作用,一方面有合成作用,一方面有分解作用,由于两者辩证的统一,作有规律的变化,循环反复,使自然界成为无尽的宝库,维持着无数的生命。同时,使整个自然界,包括绿色植物、动物和非绿色植物以及非生物间成为不可分割的统一体。

(四) 绿色植物对环境污染的净化作用

由于工业生产规模日益扩大,工厂排放的含有各种有害物质的废气、废水、废渣大量进入大气、水体和土壤,越来越严重的污染环境,影响人类的生产和生活。

就植物与环境污染的关系来说,污染物对植物具有不同程度的危害,甚至造成植物的死亡。植物受害的程度,随着污染物的性质、浓度和植物的种类而有差异。有些植物表现出相当敏感,并在植物体上,特别在叶片上显出可见的症状,因此可以用来监测环境污染的程度。有些植物具有抗性及吸收累积污染物的能力,例如银桦、滇杨、拐枣、蓝桉、桑树、垂柳等具有较高的吸收氟的能力;杨树和槐树具有较高的吸收镉的能力。树木对大气污染具有不同程度的净化作用,除能吸收大气中污染物质之外,树木能够吸收二氧化碳,补充大气中的氧气,并有调节气候、减弱噪音、阻止灰尘等各种效果。一些水生的藻类植物有积累重金属的作用,有些细菌可以转化有毒物质,均可用于净化污水、改善水质。

三、植物学研究内容及分科

植物对人类生活与经济活动有极其重要的作用,衣、食、住、行、医药及工业品等都与植物的生产利用密不可分,因此植物是重要的生产对象,也是重要的研究对象。

植物学是研究植物界和植物体的生活和发展规律的科学。研究的目的是要了解和掌握植物生活、发育的规律,从而更好地控制、利用和改造植物,为社会主义建设服务。

植物学研究的内容极为广泛,主要包括研究植物的形态构造、生理机能、生长发育的规律,植物与环境的相互关系以及植物分布的规律,植物的进化与分类和植物资源利用等方面。

随着其它学科的发展,植物学的研究逐渐形成了一些比较专门的研究分科,如研究植物形态及形成规律的植物形态学;研究植物内部构造及形成规律的植物解剖学;区别植物种类,探索植物间亲缘关系,按照植物进化对植物进行分类的植物分类学;研究植物细胞结构、机

能及其生命现象的植物细胞学；研究植物生命活动、生长发育规律的植物生理学；研究植物遗传与变异的植物遗传学；此外还有植物生态学、植物群落学、植物地理学等等。

随着物理、化学等学科的发展，电子显微镜及其它新技术的应用，引起生物研究的巨大变化，近年来又形成了许多新的分科，如从分子水平上研究生物生命现象的物质基础的分子生物学；从分子水平研究遗传和变异的物质基础的分子遗传学等。

上述学科的发展，都是由社会生产实践对它的要求所决定的，它们之间既是互相区别又是互为基础的。各学科都是植物学方面的基础理论，在植物学的发展史上以及现代的科学领域中都具有重要的意义。科学发展至今，要说明一个问题的本质，要解决一个生产上的问题，必须既有学科的分工，又有各学科的共同研究，按照辩证唯物主义的观点和理论联系实际的方法才能有效地解决。

四、我国植物学发展概况

我国文化有悠久的历史，科学技术曾有不少的发明创造。早在四、五千年前就有相当丰富的植物学知识。周代(前 1066 年—前 256 年)《诗经》、《尔雅》记载和描述了 200 多种植物。汉代(前 206 年—公元 220 年)《神农本草经》记有药用植物 260 多种；郭橐驼著《种树书》描述接枝法。西晋(304 年)嵇含著《南方草木状》，东晋(317—420 年)戴凯之著《竹谱》，北魏(533—544 年)贾思勰著《齐民要术》，这些著作，论述了各种农作物、蔬菜、果树、竹类的栽培育种，并记述了嫁接、树苗繁殖等技术。明代(1578 年)李时珍著《本草纲目》，详细描述了 1,880 种药物，其中一半以上是药用植物。清代(1849 年)吴其濬著《植物名实图考》记述了 1,714 种栽培植物和野生植物等，这些有名的著作中，积累了丰富的植物学知识。但是，由于长期受历代封建制度的束缚，植物学的研究只是停留在形态描述阶段，未能得到发展。

辛亥革命以后，我国虽有少数植物学工作者，在艰苦的条件下，主要在分类学方面，分散地进行了一些工作，但在旧中国的反动统治下，民生雕蔽，对科学工作肆意蹂躏，根本得不到应有的发展，其它植物学分科，仍然处于落后甚至空白状态。

解放后，在党的正确领导下，植物学才得到真正的发展。国家在发展生产的同时，大力支持和鼓励科学事业。在植物学方面，成立了许多研究机构，在高等学校中设立有关的专业，植物学工作者人数倍增，仪器设备、资料得到充实，填补了空白的学科，植物学的研究水平获得很大提高。在很多方面开展了实验研究，例如，在细胞研究方面，1965 年我国在世界上第一次人工合成具有生命的蛋白质——结晶胰岛素，开辟了人工合成蛋白质的新纪元。近年来，单倍体育种、马铃薯无病毒原种培养、体细胞杂交等都取得巨大成果，有的已用于生产，在植物生理、植物遗传、资源植物调查利用、植物分类等方面开展了大量工作，发表了许多专著和论文，如全国植物志、全国植物区划、各地方植物志、药用植物志。出版了各学科的论文学报，如植物学报、植物分类学报、植物生理学报、遗传学报等等。

五、植物学与林业科学的关系

植物学是林业的一门重要的基础学科。林业科学是发展国民经济、实现科学技术现代化中一个重要的组成部分。它应用科学的方法来研究林木的生产和利用,解决大规模绿化荒山荒地,营造用材林、防护林、水土保持林、经济林以及保护环境的城市绿化和农村“四旁”植树等生产问题。这就需要掌握林木及果树的选育、种苗的繁殖栽培、林木的抚育管理和采伐利用等方面的技术,为此必须学习造林学、森林学、育种学、果树栽培学、植物病理学、植物生理学、树木学等专业和专业基础学科。植物学是学习上述各学科的基础。

学习植物学必须以辩证唯物主义的观点和理论联系实际的方法来进行学习,通过各教学环节,掌握植物学的基本理论、基本知识和基本技能,为学习专业学科打下必要基础。

第一章 植物细胞

第一节 关于植物细胞的一般认识

植物界的种类形形色色，千差万别。但就植物体的构造来说，植物有机体都是由细胞构成的。伟大导师恩格斯曾概括了十九世纪细胞学研究的结果，精辟地指出：“一切有机体，除了最低级的以外，都是由细胞构成的，即由很小的、只有经过高度放大才能看得到的、内部具有细胞核的蛋白质小块构成的。”植物体有的很简单，如某些单细胞的低等植物，一个细胞就代表一个个体，一切生命活动，包括新陈代谢、生长、发育、繁殖都由一个细胞来完成。至于复杂的高等植物，一个个体是由无数细胞构成的，细胞之间有了机能上的分工和形态结构上的分化。细胞是生命结构的单位，是生物结构中的一个形态学单位和生理学单位，又是生物个体发育和系统发育的基础，是生物结构、功能和遗传变异的基本单位。要了解各种植物的生活、生长、发育、遗传、繁殖和病变的规律，就必须了解植物的基本结构单位——植物细胞。

细胞知识的进展很大地决定于观察研究用的仪器和方法。细胞结构的发现是和欧洲十五世纪到十六世纪工业生产的巨大发展相联系的，特别是和透镜制造与光学技术的发展直接有关。没有显微镜就不可能发现细胞。

十六世纪至十七世纪之间制造了最早的显微镜。1665年英国人虎克（Robert Hooke）用经过他自己改进的显微镜研究软木的结构，发现了极小的蜂窝状的小室，命名为细胞。实际上虎克所观察到的仅仅是软木死细胞的细胞壁。十九世纪显微镜有了重大改进，对细胞的认识也随之发展。经过许多人的研究，到1840年前后已认识到细胞包含细胞核、细胞质和叶绿体等组成部分。1838—1839年德国植物学家施莱登（M. Schleiden）和动物学家施旺（T. Schwann）根据对植物和动物观察的大量资料提出一切动植物由细胞组成的概念，建立了细胞学说。伟大导师恩格斯高度评价了细胞学说，把它和能量守恒与转化定律及生物进化论并列为十九世纪自然科学的三大发现。细胞学说揭露了生物的规律，给“生物是神创的、物种永恒不变”的唯心论形而上学观点以有力的打击，大大推动了生物科学的发展。

细胞学说的建立，不但引起了许多学者的注意，而且进行了广泛深入地研究，从而发现了细胞的直接分裂和有丝分裂。有丝分裂的基本事实是形成染色体以及它们均等分配到子细胞的细胞核中，同时发现每一种生物细胞中的染色体数是恒定的。十九世纪末发现另一类细胞分裂——减数分裂。与此同时，由于遗传学的发展，二十世纪初形成了染色体，可能是遗传物质载体的概念。从而使细胞与遗传密切联系，开始了细胞遗传学的阶段。