



植物生物学

理论及新进展研究

ZHIWU SHENGWUXUE

LILUN JI XINJINZHAN YANJIU

主 编 杨青松 廖伟彪 穆俊祥
副主编 王秀英 刘拴成 韩 娜 陈宇浩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

植物生物学

理论及新进展研究

ZHIWU SHENGWUXUE

LILUN JI XINJINZHAN YANJIU

主 编 杨青松 廖伟彪 穆俊祥
副主编 王秀英 刘拴成 韩 娜 陈宇浩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书将植物科学在 20 世纪 90 年代的一些新进展,特别是分子水平的研究成果充实其中,将各分支学科的内容尽可能有机地交融在一起,使读者把植物的形态、结构、生理功能、多样性及其与环境相互关系的知识紧密联系在一起,以利于培养全面、综合思维的能力。

本书可作为大专院校相关专业植物生物学和植物学教学用书,也可供相关学科的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生物学理论及新进展研究/杨青松,廖伟彪,
穆俊祥主编.--北京:中国水利水电出版社,2014.10
ISBN 978-7-5170-2515-3

I. ①植… II. ①杨… ②廖… ③穆… III. ①植物学
—研究 IV. ①Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 214968 号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:陈 洁 封面设计:马静静

书 名	植物生物学理论及新进展研究
作 者	主 编 杨青松 廖伟彪 穆俊祥 副主编 王秀英 刘拴成 韩 娜 陈宇浩
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www. waterpub. com. cn E-mail:mchannel@263. net(万水) sales@waterpub. com. cn 电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京鑫海胜蓝数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 25.5 印张 652 千字
版 次	2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	89.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

21 世纪是生命科学的世纪,伴随着生物学科的发展和新兴生物产业的出现,生物技术对农业生产和社会经济等领域将产生越来越大的影响。植物生物学中的一些重要问题也得以进一步阐明,人们对植物各种生命过程的理解更加深入。

近代植物科学正以过去无法比拟的速度发展着,分子生物学的研究成果一方面促进各分支学科的深入发展,另一方面又使各分支学科在新的基础上统一。植物生物学是从细胞、组织、器官、个体、类群、生态系统等不同层次,有机地阐述植物的形态、构造、生理、分类、分布、遗传变异和进化及其与环境的相互关系的一门学科,其目的是使踏入生物学大门的读者们对植物科学有一个整体的了解,为后续学习打下较为广泛的知识基础和开阔的视野。

本书在编写过程中,力争阐明植物生物学基本理论和基础知识,注重理论与实际的结合。在内容编写上,尽量以植物个体发育和系统演化为主线,系统介绍植物体各部分形成和发展的前因后果以及进化变异的基本规律。按照植物形态解剖、植物生理生化、系统分类、植物生态、植物资源保护与利用的顺序进行描述和讨论。

全书共 13 章:第 1 章为绪论,简要概述植物生物学的发展背景及相关基础;第 2 章植物的细胞和组织,介绍了植物细胞和组织的相关内容;第 3 章从种子、根、茎、叶几个方面出发讲解了植物的形态结构与发育;第 4 章植物的物质与能量代谢,涉及植物的水分代谢、矿质营养、光合作用和呼吸作用;第 5 章主要是植物繁殖的相关知识;第 6 章为植物界的基本类群,包括原核藻类、真核藻类、苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物;第 7~10 章是植物生物技术方面的内容,分别是基因的克隆、遗传转化载体的构建、遗传标记与分子遗传图谱构建、分子标记辅助育种;第 11 章是植物的进化和系统发育,主要内容包括植物及生物进化基础理论,物种的形成和植物界的起源和进化;第 12、13 章主要探讨了植物与自然环境以及与人类之间的关系。

全书由杨青松、廖伟彪、穆俊祥担任主编,王秀英、刘拴成、韩娜、陈宇浩担任副主编,并由杨青松、廖伟彪、穆俊祥负责统稿,具体分工如下:

第 1 章、第 2 章第 2 节、第 6 章、第 9 章、第 12 章第 3 节:杨青松(云南民族大学);

第 2 章第 1 节、第 5 章、第 8 章:廖伟彪(甘肃农业大学);

第 10 章、第 11 章、第 12 章第 2 节:穆俊祥(集宁师范学院);

第 2 章第 3 节~第 4 节、第 4 章:王秀英(河套学院);

第 12 章第 4 节~第 5 节、第 13 章:刘拴成(集宁师范学院);

第 3 章:韩娜(集宁师范学院);

第 7 章、第 12 章第 1 节:陈宇浩(集宁师范学院)。

本书在编写过程中,得到了众多同行朋友的支持与帮助,同时也参考了国内外许多相关书籍,在此一并表示感谢。限于编者水平,书中不妥及错误在所难免,恳请广大同行、专家、读者批评指正。

编者

2014 年 7 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 生物界的划分	1
1.2 植物在自然界和人类生活中的作用	4
1.3 植物科学发展史及发展趋势	5
1.4 学习植物生物学的目的和方法	8
第 2 章 植物的细胞和组织	10
2.1 植物细胞的形态与结构	10
2.2 植物细胞的增殖	25
2.3 植物细胞的生长、分化、全能性和死亡	31
2.4 植物组织	38
第 3 章 植物的形态结构与发育	46
3.1 种子概述	46
3.2 根	49
3.3 茎	58
3.4 叶	67
3.5 植物体营养器官间的相互联系	77
第 4 章 植物的物质与能量代谢	79
4.1 植物的水分代谢	79
4.2 植物的矿质营养	92
4.3 植物的光合作用	104
4.4 植物的呼吸作用	116
第 5 章 植物的繁殖	127
5.1 植物繁殖的类型	127
5.2 花的形态	130
5.3 花药与胚珠的发育及雌雄配子体的形成	139
5.4 开花、传粉与受精	143

5.5	种子的形成	147
5.6	果实	150
5.7	被子植物生活史	158
第 6 章	植物界的基本类群	160
6.1	生物多样性和植物的分类及命名	160
6.2	原核藻类	164
6.3	真核藻类	170
6.4	苔藓植物	180
6.5	蕨类植物	185
6.6	裸子植物	191
6.7	被子植物	197
第 7 章	植物基因的克隆	199
7.1	植物基因工程概述	199
7.2	植物基因的结构与功能	202
7.3	基因克隆所需要的工具酶	204
7.4	基因克隆的载体	209
7.5	基因克隆的方法	215
第 8 章	植物遗传转化载体的构建	230
8.1	植物遗传转化载体的种类及特点	230
8.2	根癌农杆菌 Ti 质粒载体	231
8.3	发根农杆菌 Ri 质粒载体	240
8.4	病毒转化载体	242
8.5	遗传转化常用的选择标记基因和基因报告	249
8.6	无选择标记基因转化系统	255
第 9 章	植物遗传标记与分子遗传图谱构建	258
9.1	遗传标记	258
9.2	分子标记技术	264
9.3	分子遗传图谱的构建	277
9.4	质量性状基因的定位	284
9.5	数量性状基因的定位	288
第 10 章	分子标记辅助育种	291
10.1	作物育种的基本环节	291

10.2	分子标记辅助选择的原理·····	293
10.3	分子标记辅助选择的策略·····	301
10.4	分子标记辅助选择技术在育种上的应用·····	307
第 11 章	植物的进化和系统发育 ·····	312
11.1	植物进化的证据与方式·····	312
11.2	生物进化的基本理论·····	318
11.3	物种及其形成·····	323
11.4	植物界的起源和进化·····	329
第 12 章	植物与环境的关系 ·····	344
12.1	环境概述·····	344
12.2	生态因子与植物的关系·····	347
12.3	植物种群生态·····	358
12.4	植物群落生态·····	366
12.5	植物在生态系统中的作用·····	376
第 13 章	植物资源的利用与保护 ·····	384
13.1	保护植物资源的重要意义·····	384
13.2	我国植物资源的利用与保护现状·····	385
13.3	植物资源的合理开发和利用·····	391
13.4	人类未来的发展与植物之间的关系·····	395
参考文献	·····	400

第 1 章 绪论

1.1 生物界的划分

人们对植物界的认识及其范围的划分是随着科学技术进步而发展的。就目前所知,关于生物分界的理论很多,但归纳起来,主要有两界、三界、四界、五界、六界等分类系统。

1. 林奈的两界系统

现代生物分类的奠基人、瑞典博物学家林奈(Linnaeus, 1707—1778 年)在《自然系统》(Systema Naturae, 1735 年)一书中明确将生物分为植物和动物两大类,即植物界(kingdom plant)和动物界(kingdom animal)。这就是常说的两界系统。两界系统的划分在当时的科学技术条件下具有重大科学意义。至今,许多教科书仍沿用两界系统。

2. 海克尔的三界系统

19 世纪前后,显微镜的发明和广泛使用,使得人们发现有些生物兼有动物和植物两种属性,如裸藻、甲藻等。它们中的一部分种类既含有叶绿素,能进行光合作用,同时又可以运动。裸藻还没有细胞壁,有的种类进行异养生活。特别是又发现曾列入植物中的黏菌类在其生活史中有一个阶段为动物性特征(营养时期为裸露的原生质团,可发生变形运动),另一个阶段为植物性特征(无性生殖时期形成孢子囊和产生具细胞壁的孢子)。在探索 and 解释这些矛盾的过程中,1860 年,霍格(Hogg)提出将所有单细胞生物,所有藻类、原生动物和真菌归在一起,成立一个原始生物界(kingdom protocista);1866 年,德国的著名生物学家海克尔(Haeckel, 1834—1919)提出成立一个原生生物界(kingdom protista)。他把原核生物、原生动物、硅藻、黏菌和海绵等,分别从植物界和动物界中分出,共同归入原生生物界。这就是生物分界的三界系统(图 1-1)。海克尔和霍格的三界系统内容基本相同。海克尔的三界系统在当时直至 20 世纪中叶并未被德国和国际上接受和应用。此外,Dodson 在 1971 年也提出了另外一个由原核生物界、植物界和动物界组成的三界系统。

3. 魏泰克的四界、五界系统

1959 年,魏泰克(Whittaker, 1924—1980 年)提出了四界系统,他将不含叶绿素的真核菌类从植物界分出,建立了真菌界(kingdom fungi),而且和植物界一起并列于原生生物界之上。10 年后,在此基础上,魏泰克又提出了五界系统,他将细菌和蓝藻分出,建立了原核生物界(monera),放在原生生物界之下。魏泰克的分界系统优点是在纵向显示了生物进化的三大阶段,即原核生物、单细胞真核生物和真核多细胞生物;从横向显示了生物演化的三大方向,即光合自养植物、吸收方式的真菌和摄食方式的动物。

1974 年,黎德尔(Leedale)提出了另一个四界系统,他取掉了原生生物界,将魏泰克五界系统

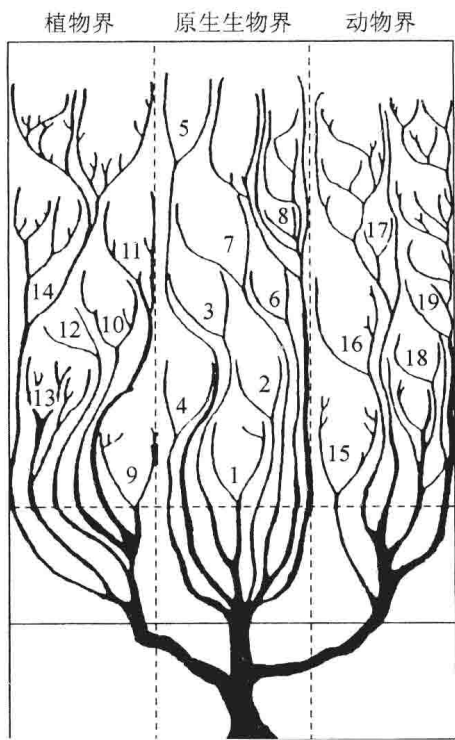


图 1-1 海克尔的三界系统(1866)(自梁家骥等)

- 1—原核生物;2—原质虫类(原生动物);3—鞭毛生物(原生动物);4—硅藻;
5—黏菌;6—黏壳虫类(原生动物);7—根足虫类(原生动物);8—海绵动物;
9—原始植物(绿藻类);10—红藻类;11—褐藻类;12—轮藻类;13—真菌及地衣;
14—茎叶植物;15—腔肠动物;16—棘皮动物;17—关节动物;
18—软体动物;19—脊椎动物

中的原生物归到植物界、真菌界和动物界中。

4. 六界和八界系统

1949 年,Jahn 提出将生物分成后生动物界、后生植物界、真菌界、原生生物界、原核生物界和病毒界的六界系统。1990 年,R. C. Brusca 等提出另一个六界系统,即原核生物界、古细菌界(Archaeobacteria)、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。1989 年,Cavalier-Smith 提出生物分界的八界系统,他们将原核生物分成古细菌界和真细菌界(Eubacteria);把真核生物分成古真核生物超界和后真核生物超界,前一超界仅有古真核生物界,后一超界有原生动物界、藻界、植物界、真菌界和动物界。

5. 三域系统

20 世纪 70 年代末以来,分子生物学的研究与发展对上述的分界系统提出了挑战。如伍斯(Woese)等人对 60 多株细菌的 16S rRNA 序列进行比较后发现,产甲烷细菌完全没有作为细菌特征的那些序列,于是提出了“古细菌”的生命形式。随后,他又对大量的原核和真核菌株进行了 16S rRNA 序列的测定和比较分析,发现极端嗜盐菌和极端嗜酸嗜热菌与甲烷细菌一样,它们的序列特征既不同于其他细菌,也不同于真核生物,而它们之间则具有许多共同的序列特征。这样,他就提出将生物分为三界,后来改为三域理论,即古细菌(Archaeobacteria)、真细菌(Eubacte-

ria)和真核生物(Eukaryotes)3 个域。1990 年,他为了避免人们把古细菌也看做是细菌的一类,又将其改称为细菌(Bacteria)、古菌(Archaea)和真核生(Eukaryotes)。早在 1981 年,伍斯等人就根据某些代表生物的 16S rRNA(或 18S rRNA)的序列比较,首次提出了一个涵盖整个生命界的生命系统树,后来,又进行了多次修改和补充。该系统树图(图 1-2)的根部代表地球上最早出现的生命,它们是现代生物的共同祖先。rRNA 序列分析表明,这些最早出现的生命最初先分成两支:一支发展为现今的真细菌;另一支发展为古菌—真核生物。后来,古菌(古细菌)和真核生物分化产生两个谱系。该系统树还表明古菌和真核生物为“姊妹群”,它们之间的关系比它们和真细菌之间的关系更密切。伍斯的三域生物系统提出后,在国际上引起了极大的影响和关注。人们对 rRNA 序列继续进行了广泛的测定与比较,同时,还结合研究了包括表型特征在内的其他特征,这些特征的研究结果也在一定程度上支持伍斯三域生物系统的划分。三域理论的建立和发展,不仅从分子水平上对生物分界的划分进行了新的探讨,而且对于研究生命的起源和生物的进化也具有重要的科学价值。

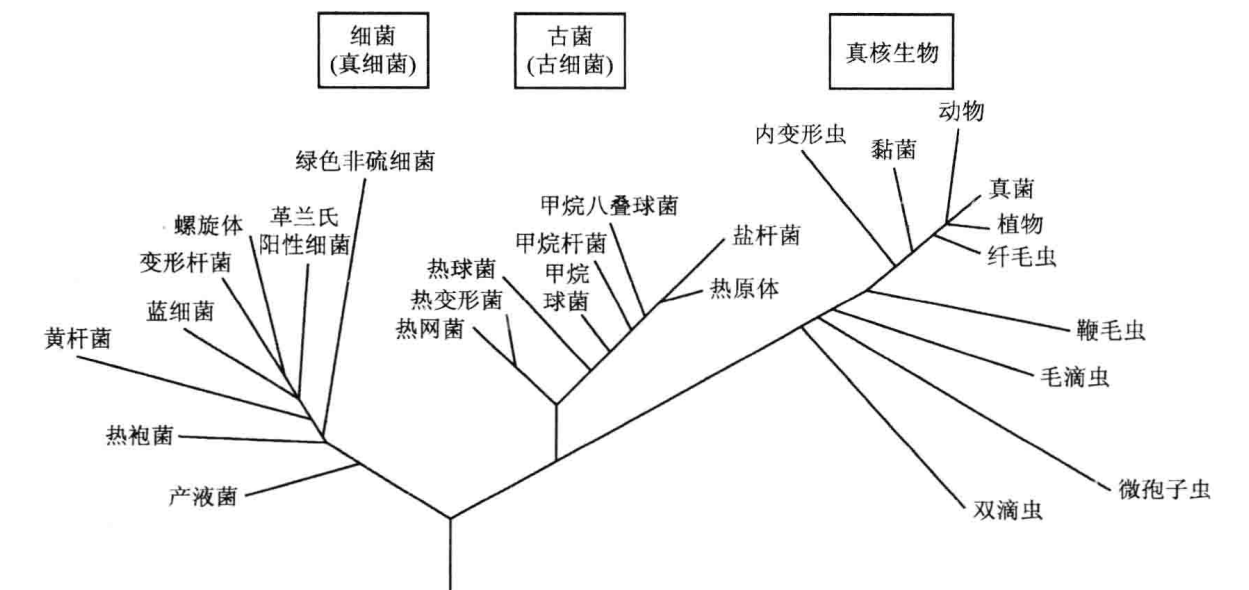


图 1-2 三域系统和生命系统树图

6. 中国学者对生物分界的意见

1966 年,邓叔群根据 3 种营养方式把生物分成植物界(光合自养)、动物界(摄食)和真菌界(吸收)。1965 年胡先骕将生物分为始生总界和胞生总界,前者仅包括无细胞结构的病毒,后者包括细菌界、黏菌界、真菌界、植物界和动物界。1979 年,陈世骧根据生命进化的主要阶段将生物分成三个总界的五界或六界新系统,即非细胞总界(仅为病毒),原核总界(包括细菌界和蓝藻界),真核总界(包括真菌界、植物界和动物界)。1977 年,王大耜等认为应在魏泰克五界系统基础上增加一个病毒界的六界系统。迄今为止,对于病毒是否属于生物以及病毒是否比原核生物更原始,国内外尚无定论。

目前,较为一致的观点是生物分界应该主要依据生物营养方式,并考虑生物进化水平。因此,植物界的概念应是“含有叶绿素,能进行光合作用的真核生物”。按照这一概念,植物界包括的主要类群是各门真核藻类、苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物。

1.2 植物在自然界和人类生活中的作用

植物界绚丽多姿,五彩缤纷,不同植物的形态、结构、生活习性及对环境的适应性各有差异,但却具有共同的基本特征,即植物细胞有细胞壁,具有比较固定的形态;大多数种类含有叶绿体,能进行光合作用和自养生活;大多数植物个体终生具有分生组织,在个体发育过程中能不断产生新器官;植物对于外界环境的变化影响一般不能迅速做出反应,而往往只在形态上出现长期适应的变化等。

植物是生物圈中一个庞大的类群,有 50 余万种,广泛分布于陆地、河流、湖泊和海洋,它们在生物圈的生态系统、物质循环和能量流动中处于最关键地位,在自然界中具有不可替代的作用。植物在自然界和人类生活中的作用主要体现在以下几方面。

1. 自然界的第一生产者

绿色植物是自然界的第一生产者,能够利用光能把简单的无机物(水和二氧化碳)合成复杂的糖类,并进一步同化为脂类、蛋白质、核酸等物质。这些物质除了少部分消耗于本身生命活动或转化为组成躯体的结构材料之外,大部分以贮藏物的形式在细胞中积累,成为人类及其他异养生物的食物和能量来源。当人类、动物食用绿色植物以及异养生物从绿色植物躯体上或死后残骸上摄取养料时,绿色植物体中的贮藏物质被分解利用,能量被释放出来,并沿着食物链实现生态系统的能量流动。

2. 促进自然界循环

植物是自然界中各种物质循环不可缺少的参与者,现以碳、氧气和氮的循环为例说明植物在自然界物质循环中的作用。

碳是生命的基本元素,绿色植物进行光合作用所需的大量二氧化碳除了地球上的物质燃烧、火山喷发和动植物的呼吸释放外,最主要的还是要依靠生物尸体的分解所产生,植物在碳循环中所起的作用见图 1-3。

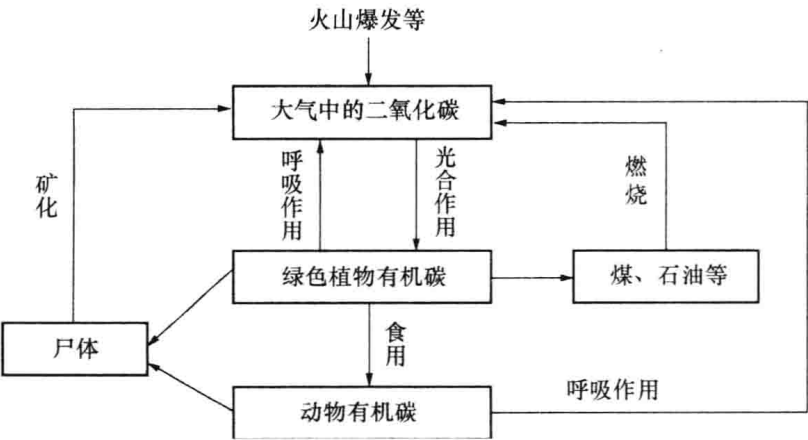


图 1-3 碳循环

绿色植物持续不断的光合作用能产生大量的氧气,补充了大气中因动植物呼吸和物质燃烧及分解对氧气的消耗,使大气中氧气的浓度维持在 21% 左右,保证了生物的生存。

氮在大气中约占 78%，但这些游离氮不能被生物直接利用。固氮细菌和少数固氮蓝藻把空气中的游离氮固定转化为含氮化合物，使之成为植物可以吸收利用的氮。绿色植物利用这些含氮化合物进一步合成蛋白质等高级化合物，完成自身的形态建成或储存在体内。动物取食植物后，植物蛋白又转化形成动物蛋白质。植物和动物死亡后经非绿色植物的降解作用而释放出氨，一部分氨成为铵盐，作为营养再次直接被植物吸收利用；另一部分氨经硝化细菌的硝化作用形成硝酸盐，从而成为植物可利用的氮源，或经反硝化作用放出游离氮和氧化亚氮返回大气(图1-4)。

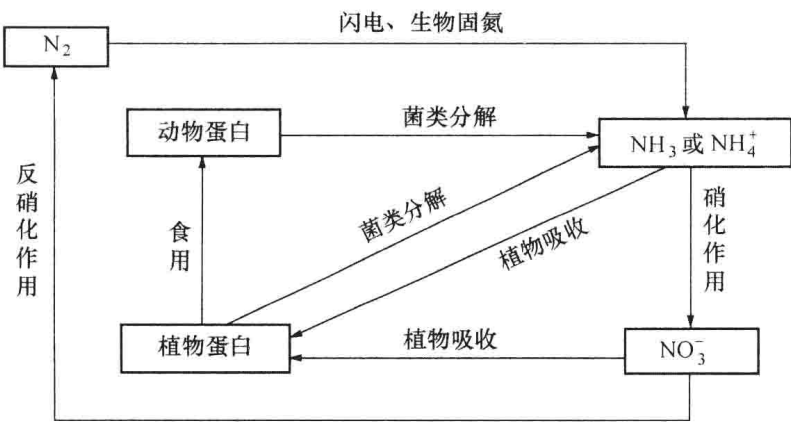


图 1-4 氮的循环图

3. 为人类生存提供必需品

植物是人类赖以生存的物质基础,生活中的衣食住行均离不开植物。纤维植物陆地棉和海岛棉等为人们提供了最基本的纺织原料,解决了穿衣问题。全世界能直接或间接食用的植物有 75000 种,粮食、蔬菜、水果等是由植物直接提供的,肉类、乳类是由植物间接提供的,人类从食物中获取蛋白质、淀粉、脂肪和各种维生素等营养物质,同时获取能量。木材和竹子在住房和家具建造中发挥着重要作用,植物药材在防病治病方面占有重要地位,煤炭、天然气等能源由植物转化而来。石油源自植物,是飞机、汽车等交通工具的重要燃料。

4. 人类发展的主要原料来源

植物除了为人类提供生存的必需品外,也是人类寻求发展、提高生活质量的重要原料来源。农林业生产的直接对象是植物,畜牧业和水产养殖业主要以植物为饲料或饵料,制药、建筑、纺织、食品、制糖、油脂、造纸、橡胶、酿造、化工、油漆、皮革、烟草等工业以植物为原料。因此,工农业生产均离不开植物。

1.3 植物科学发展史及发展趋势

1.3.1 植物生物学的发展简史

回顾植物科学的发展史,可以大体分为描述植物学、实验植物学和现代植物学三个主要时期,各时期有主要的成就和特点。

1. 描述植物学时期

植物科学的创立和发展是和人类对植物的利用程度密不可分的。自从人类有了利用植物的活动,也就有了植物科学知识的萌芽。例如,在我国和瑞士等国家新石器时代人类的居室里就发现了小麦、大麦、粟、豌豆等多种植物的种子。随着人类生产实践活动的发展,积累的植物学知识不断增多,有关植物学的著作也不断问世。一般认为植物学的奠基著作是希腊的特奥弗拉斯托(Theophrastus,公元前 371—公元前 286)所著的《植物的历史》(Historia Plantarum)和《植物本原》(De Causis Plantarum)两本书,这两本书中记载了 500 多种植物。意大利的塞萨平诺(Caesalpino, 1519—1603)根据植物的习性、形态、花和营养器官等性状对植物进行分类,并在《植物》一书中记述了 1500 种植物。瑞士的鲍欣(Bauhinn, 1560—1624)出版了《植物界纵览》一书,并用属和种进行分类,在属名后接“种加词”来命名植物。1672 年,英国的格鲁(Grew, 1641—1712)出版了《植物解剖学》一书。1677 年,荷兰的列文·虎克(Leeuwenhoek, 1632—1723)用自制的显微镜进行了广泛的生物观察。1690 年,英国的雷(Ray, 1627—1705)首次给物种下定义,依据花和营养器官的性状进行分类,并用一个分类系统处理了 18000 种植物。在这一历史时期内,农业和林业生产也有了很大发展,即使是在黑暗的宗教统治下,农业技术也发展很快。

2. 实验植物学时期

18 世纪至 20 世纪初的 100 多年为实验植物学时期。18 世纪早、中期,植物学主要还是继续记述新发现的植物种类和建立植物的分类系统,其主要成就是林奈于 1735 年出版的《自然系统》一书。林奈在这本书中,把自然界分成植物界、动物界和矿物界,并将动物和植物按纲、目、属、种、变种 5 个等级归类,1753 年他发表的《植物种志》一书,其中对 7300 种植物正式使用了双名法进行命名。18 世纪后半叶以后取得了许多重要的实验植物学的成就。如瑞士的塞内比尔(Senebier)证明光合作用需要 CO_2 。瑞士的索绪尔(Saussure)于 1804 年指出绿色植物可以阳光为能量,利用 CO_2 和 H_2O 为原料,形成有机物和放出 O_2 。英国的布朗(Brown)于 1831 年在兰科植物细胞中发现了细胞核。德国的施莱登(Schleiden)于 1838 年发表了《植物发生论》,他指出细胞是植物的结构单位。德国的施旺(Schwann)于 1839 年出版了《关于动植物的结构和生长一致性的显微研究》,与施莱登共同建立了细胞学说。德国化学家李比希(Liebig)于 1843 年出版了《化学在农业和生理学上的应用》,创立了植物的矿质营养学说。1859 年,英国伟大的自然科学家达尔文(Darwin)发表的《物种起源》和后来的其他著作,创立了进化论,批判了神创论。他把整个生物界看作是一个自然进化的谱系,直接推动了 19 世纪植物分类学的发展,使植物分类学开始建立在科学的、反映植物界进化的真实情况的系统发育的基础上,进一步完善了植物界大类群的划分,并促使独立形成了真菌学、藻类学、地衣学、苔藓植物学、蕨类植物学和种子植物分类学等各分支学科。

农业上的育种实践、植物受精生理学说的建立,使植物遗传学得到了迅速发展。1866 年,孟德尔(Mendel)的《植物杂交试验》揭示了植物遗传的基本规律。约翰逊(Johannsen)阐明了纯系学说。德弗里斯(De Vries)提出了突变论。特别是美国的摩尔根(Morgan)于 1926 年在《基因论》这本书中总结了当时的遗传学成就,完成了遗传学理论体系。与此同时,植物生态学也得到了迅速发展。

总之,植物学经过 18 世纪,特别是 19 世纪和 20 世纪初期的发展,已由描述植物学时期发展

到主要以实验方法了解植物生命活动过程的时期。植物学已形成了包括植物形态学、植物分类学、植物生理学、植物解剖学和植物生态学等许多分支学科的科学体系。同时,植物学在这一时期对现代农业体系的形成也做出了重要贡献,促使农业生产技术发生了根本性变化,推动了以品种改良、高产栽培、大量使用农药和化肥以及机械化为标志的现代农业体系的形成。这是实验植物学时期对生产实践所起的显著作用。

3. 现代植物学时期

从 20 世纪初至今为现代植物学时期。19 世纪科学技术的迅速发展,为 20 世纪植物科学的巨大变革创造了条件。许多生命过程所显示的运动形式得到了解释,特别是确定了 DNA 为遗传的物质基础,并阐明了 DNA 的双螺旋结构之后,分子遗传学带动了植物学和整个生物学的迅速发展。这一时期的最大特点就是应用先进技术从分子水平上去研究生命现象。所以,这一时期可以概括为分子生物学的时期。近 30 多年来,分子生物学和近代技术科学,以及数学、物理学、化学的新概念和新技术被引入到植物学领域,植物科学在微观和宏观的研究上均取得了突出成就,无论在研究的深度和广度上都达到了一个新的水平。在微观的研究上,由于发现了一批用于分子生物学的模式植物,如被子植物中的拟南芥、金鱼草、短柄草、蒺藜苜蓿和烟草等,蕨类植物中的水蕨、苔藓植物中的小立碗藓等,都在探讨植物生长发育的分子机制上取得了大量成果。对模式植物拟南芥和金鱼草的分子生物学的研究,已使植物发育生物学的研究面貌一新,特别是一系列调控基因的发现与克隆,为了解植物发育过程及其调控机制增加了大量新知识。如利用拟南芥已分离到多种影响开花时间的突变体,其中一些基因促进开花,包括 CONSTANS(CO)、LUMINIDEPENDENS(LD)、FCA、ELF 等;另有一些基因则抑制开花,如 EMF1 等。近年来,在植物发育分子生物学研究中取得的重大突破之一,就是有关花发育中调控各类花器官形成的器官特征基因(organ identify gene)的克隆及其功能分析。在植物生殖生物学的研究上也取得了重大进展,如配子识别、配子分离、配子融合和人工培养合子等均获成功,已可在离体条件下观察受精过程中的变化。同时,在宏观的研究上,如生态学、植物(生物)多样性的研究等领域也取得了重大进展。总之,近 30 多年来,特别是近 20 多年来植物科学发展迅速,其中对植物科学发展影响最大、最深刻的就是分子生物学及其技术。这是现代植物学时期的一个明显特点。植物科学在一些研究领域取得了突破性成果,每年发表的论文均达数万篇。

1.3.2 植物生物学的分支学科

植物生物学是以植物学知识体系为核心发展起来的,涵盖了植物科学多个领域的知识范畴,具有较强的学科交叉特征,融合了多个分支学科。植物形态学(plant morphology)是研究植物个体发育和系统发育中形态结构的建成规律和特征,阐述植物体各器官的形态结构和生理功能间的相互关系的学科。广义的概念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等。植物解剖学是研究植物体的内部结构、个体发育和系统发育中的结构建成规律,以及结构与功能关系的学科。植物分类学是研究植物种类的鉴定、物之间的亲缘关系和植物界自然系统的学科。植物生态学是研究植物与环境间相互关系的科学,又可分成植物个体生态学、植物种群生态学、植物群落生态学及生态系统生态学等。植物生理学是研究植物生命活动规律、揭示植物生命现象本质的科学,主要内容包括植物细胞的结构与功能

(水分代谢、矿质营养、光合作用、呼吸作用),有机物运输与分配(植物的生长、生殖、衰老、脱落)和逆境生理及其调控规律等。分子植物学是研究植物生长发育和生理代谢过植物遗传学是研究植物的遗传和变异规律性的科学。植物化学是研究植物代谢产物的成分、结构、分布规律的科学,植物分子基础,即蛋白质、基因的结构和功能及其在植物生长发育和生理代谢过程中的作用。植物胚胎学是研究植物胚胎形成和发育规律的科学,研究受精前胚囊和花粉管形成、受精过程、胚胎发育以及胚胎发育与外界环境条件和内在生理、生化及遗传的关系等,植物生殖生物学、植物发育生物学等是在其基础上新形成的分支学科。植物地理学是研究地球上现在和过去植物传播和分布的学科。植物资源学是研究自然界所有植物的分布、数量、用途及其开发的科学,它与药用植物学、植物分类学和保护生物学有密切关系。

1.3.3 植物生物学的发展趋势

进入 21 世纪,现代植物科学的发展更加突飞猛进,其发展趋势主要表现在以下 3 个方面:

第一,现代植物科学的发展已经进入到两极分化与趋同性的阶段,一方面在微观领域进一步探索生物分子水平的结构、过程与机制,以揭示生物界的高度的同一性;另一方面继续在宏观领域生物圈的水平上发展对大气圈、水圈、岩石圈相互作用的认知,而且还将会跨出地球,进入外层空间,研究宇宙射线的作用与无重力世界中的生命行为。上述两方面(两极)的研究与发展又相互融合。在这种分化与融合的过程中,人类会进一步深化对植物界的复杂性、多样性与同一性的认识,这些认识将会大大丰富植物科学的内容,而且还会产生一系列新的分支学科,形成现代植物科学的体系。

第二,植物科学中传统的各分支学科彼此交叉渗透,各分支学科间的界限逐渐淡化,而且植物科学也与其他生物学科或非生物学科间进行交叉渗透和相互影响、相互推动。植物科学将在这种广泛的交叉渗透中得到更大的发展。

第三,植物科学的研究(包括微观领域和宏观领域)和所获得的成果将会与解决人类面临的人口增长、粮食和能源短缺、环境污染、生物多样性减少、人类和其他生物的生存环境日益恶化等重大问题更为密切地相互联系,并在解决这些重大问题中发挥作用。

1.4 学习植物生物学的目的和方法

植物生物学是生命科学相关专业的专业基础课之一,它为生理学、生态学、遗传学、资源学,以及农学、林学、医学等众多的课程打下基础。可以这么说,凡是以植物为研究对象的工作都需要植物生物学基础知识。因此,学习本课程的基本要求就是扎扎实实地掌握植物生物学的基本知识、基本理论和基本技能,既要了解植物生物学的过去和现在,又要了解植物生物学的发展趋势,还要了解植物生物学和其他科学技术的关系,以及植物和植物生物学在自然界、在人类社会的生存和发展中的重要意义。

学好本门课程需要注意以下几点。

①要明确各类知识之间存在千丝万缕的联系,必须学会辩证思维,才能把握知识间的内在联系。如植物形态结构与其生理功能的关系、形态结构与所处的生态环境的关系、个体发育和系统发育的关系、遗传与变异的关系、共性和个性的关系、多样性的保护和资源的利用的关系、基础知识与应用的关系等。防止死板的、孤立的和片面的思维方式,防止死记硬背的学习方式。

②加强技能培养。植物生物学是一门实验性科学,其主要研究方法是实验方法。要掌握植物生物学最基本的实验方法手段,如显微镜的使用;切片、临时装片、染色技术;植物最基本的生理生化过程的测定技术,如呼吸强度、光合强度的测定,叶绿素含量的测定以及一些特征性酶活性的测定等;在野外工作中要掌握植物标本采集、制作和记录的方法。这些技能是今后独立开展工作的基础,在求学时期就要注意培养自己独立工作的能力。

③加强理论联系实际。大自然是一本活的教科书,抓住植物一岁一枯荣的生长、发育、开花、结果的规律,把植物学的知识学活,这是区别于其他课程的行之有效的学习方法。同时要联系生产实际、生活实际,尝试以植物科学的基本知识和基本理论来解释生活和生产实际中的问题。还可以在教师的指导下开展一些探究性的实验或科研课题研究,这样不仅可以培养运用所学知识分析和解决问题的能力,而且还可以学习科学研究的方法,培养科学思想和科学态度,激发进一步探讨植物科学中未知世界的欲望和兴趣。

作为大学生,要关注社会热点和科学发展的新动向。当前社会上关注的食品安全、白色污染、温室效应、大气污染、臭氧层保护、开发大西北等重大问题都与生物科学有关。要主动了解这些问题,并进行思考。

④依照认识论的客观规律进行学习。为课程服务的教材总是以演绎法编写的,即先写一般的、抽象的特征,然后再演绎出具体的实例,学习时不妨倒过来,以归纳法进行,即先从实例取得感性认识,然后再由个别到一般、由具体到抽象掌握它们的共同特征,建立起进化的观念。

在认识植物生命活动规律时,必须要注意植物生命活动的一些重要特性。如植物的整体性,即植物虽有各种器官的分化和功能的分工,但各器官、功能间既相互协调又相互制约;又如植物与环境的统一性,即植物生活和生长所需的物质、能量和信息均来自周围环境,植物只有与外界不断地进行物质、能量和信息交换才能生存;还有植物自身的可变性,即植物的遗传性是以往长期进化形成的,同时还将不断地发生适应、变异和进化。

⑤要注意学习方法的更新,了解新成就、新动向、新发展。任何教材都难以及时反映这些领域的最新成果。尤其是现在,每年都有许多新的发现和新的进展,一定要注意知识更新,加大自学力度,多阅读专业期刊中的最新文献,多听有关专家的学术报告,以此了解学科最新的发展动态。

互联网的发展为我们提供了一个很好的信息平台。要充分利用国内外丰富的网络资源,不断地学习和更新有关知识。这种新的学习方法,对学习植物生物学有很大帮助,对学习其他课程也非常重要。

生命科学正以过去无法想象的速度飞速发展,转基因植物、克隆与细胞全能性、人类基因组计划、生物多样性保护、空间生物学等都是与人类生活密切相关的生命科学中的重大问题。通过对这些问题的了解,开阔自身视野,才能高瞻远瞩,把自己培养成为21世纪的高级科技人才。

第 2 章 植物的细胞和组织

2.1 植物细胞的形态与结构

2.1.1 植物细胞的化学组成

构成细胞的生活物质为原生质,它是细胞活动的物质基础。原生质有着相似的基本成分,主要有 C、H、O、N、S、P、K、Ca、Mg、Mn、Zn、Fe、Cu、Mo、Cl 等。其中,C、H、O、N 四种元素占 90% 以上,它们是构成各种有机化合物的主要成分,除此以外的其他化学元素含量很少或较少,但也非常重要。各种元素的原子或以各种不同的化学键相互结合而形成各种化合物,或以离子形式存在于植物细胞内。

组成细胞的化合物分为有机物和无机物两大类,无机物包括分子质量相对较小的水和无机盐,分子量较大的有机物主要包括核酸、蛋白质、脂类和多糖等物质。

1. 无机物

(1) 水

水是生命之源,水生植物的含水量可以达到鲜重的 90% 以上,草本植物的含水量为 70%~85%,休眠芽为 40%,而根尖、嫩稍、幼苗和绿叶的含水量为 60%~90%,种子(成熟的)含水量为 10%~14%。凡是植株生命活动比较旺盛的组织和细胞,其水分含量都较多。生命活动中各项化学反应和酶促反应都须溶解在水中才能进行;植物的大部分物质及由根吸收的矿质元素也须溶解在水中才能被运输到植物体的各部位;叶片所含水分还可以降低叶温,免受炙热阳光的灼伤。

(2) 无机盐

除水之外,原生质中还含有无机盐及许多呈离子状态的元素,如 Fe、Zn、Mn、Mg、K、Na、Cl 等。这些无机元素可以作为植物细胞结构物质的组成部分,也可以是植物生命活动的调节者和作为酶的活化因子;同时,有些离子可以起电化学作用,在离子的平衡、胶体的稳定和电荷的中和等方面起作用。植物细胞中的金属离子,可以与一些无机物的阴离子或有机物的阴离子结合成盐,有些难溶的盐类,如草酸钙可以沉淀在液泡中,从而降低草酸对细胞的伤害。

2. 有机化合物

(1) 糖类

糖类是光合作用的同化产物,主要由 C、H、O 元素组成,分子式为 $C_n(H_2O)_m$,故又称为碳水化合物。其功能除参与构成原生质和细胞壁外,还作为细胞中重要的贮藏物质。细胞中最重要的糖可分为:单糖(如葡萄糖、核糖等)、双糖(如蔗糖、麦芽糖等)及多糖(如纤维素、淀粉等)。另外,植物体内有机物运输的主要形式也是糖;植物生命活动所需的能量,也主要是来自糖氧化