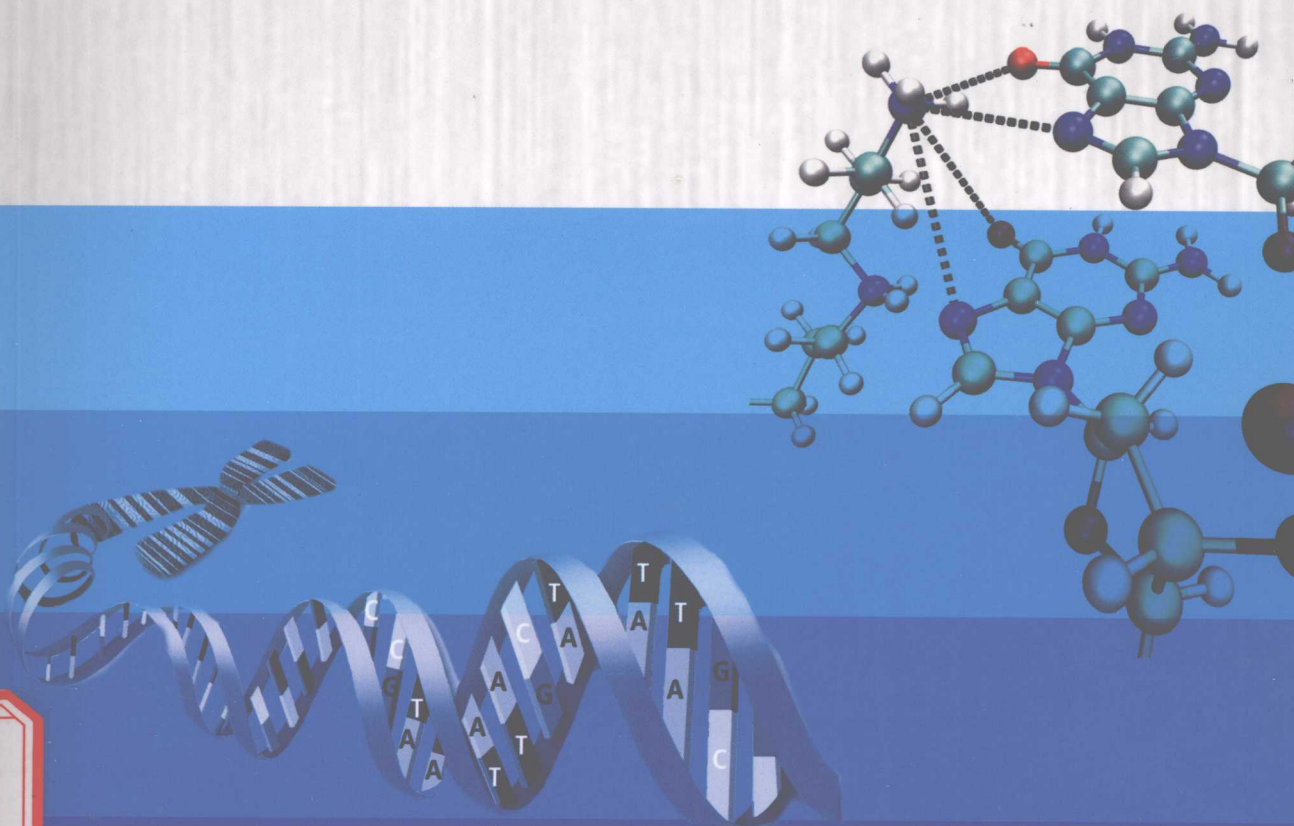




普通高等教育“十一五”规划教材

现代 生命科学概论 (第二版)

刘广发 © 编著



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

现代生命科学概论

(第二版)

刘广发 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书首先介绍了生命科学简史及发展动向,然后按照生物分类等级分述各大门类生物的主要特征。接着从微观层次逐步向宏观层面展开,依次论述生命体的物质基础,构成生命体的基本单位,生命体的新陈代谢,高等植物的结构、功能和调控,高等动物的结构、功能和调控,生物繁殖,胚胎发育与个体发育,遗传与变异,生物进化与进化论,生物与环境,资源与生物多样性以及环境污染与环境保护等内容。本书通过深入浅出、图文并茂的描述,使读者对生命科学的全貌有了基本的认识,对日新月异的生命科学新进展有所了解。

本书可供大中专院校学生、中学教师和准备参加研究生入学考试人员参考,也可供企事业单位的有关人员了解生命科学之用。

图书在版编目(CIP)数据

现代生命科学概论/刘广发编著. —2版. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-022718-8

I. 现… II. 刘… III. 生命科学-高等学校-教材 IV. Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 120625 号

责任编辑:周辉 席慧/责任校对:朱光光

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 8 月第 二 版 印张:32 1/2

2008 年 8 月第一次印刷 字数:756 000

印数:1—3 500

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

第二版前言

时间过得很快，一转眼，本书第一版与读者见面已经 6 年有余。承蒙全国各院校以及读者的厚爱，第一版连续印刷了 9 次（包括台湾繁体字版）。在这段时间里，生命科学延续了 20 世纪末强劲的发展势头，新的科学成就层出不穷，令人目不暇接。遗憾的是，由于多方面的原因，第二版的修订工作一直拖至今天才基本完成，尽管本人还不大满意。

本书第二版秉承第一版全面、严谨的写作体系和通俗易懂、深入浅出的论述风格，力图兼顾基础理论和学科进展两个方面，即全书以生命科学的基本知识和基础理论为主干展开，然后在各个适当的节点结合理论知识介绍与之相关学科的新亮点。我想，这样处理的效果可能比只讲授基础知识，或只猎奇支离破碎的零星动态，或囿于某些学科需要而偏离生命科学全貌的体系，更为可取。本书各章前有“提要”，后有“小结”和“复习思考题”，以利学习。以本书为教材，并拥有 30 年课程建设的积淀和助手们的鼎力协作，厦门大学本科生必修课“普通生物学”课程经福建省教育厅组织专家评审，获得 2007 年“福建省精品课程”光荣称号。这是对本教材的肯定，也是对我们工作的鞭策，同时它也向我们提出了更高的要求。相关的教学大纲、教案、课件、习题及答案、试卷、部分教学录像和教学效果评价等内容请参见 <http://life.xmu.edu.cn/kejian/ptswx>。

写书的目的不仅在于传授知识，特别是在当今“知识爆炸”的时代，知识更新的速度是很快的，我们永远也不可能要求学生掌握本学科的所有知识。因此，本书的目的主要在于通过书本这一载体，在让学生理解、掌握学科基本理论知识的过程中，启迪他们对生命科学的兴趣，培养大家主动学习、不断提升自己的能力。因此，本书设计了 5 个与教材内容相关但又相对独立的小栏目：资料链接、放眼世界、科学中国、生命探秘和人物风云，希望能对同学们的学习有所裨益。

借此修订之际还对第一版的部分内容进行了调整，主要是把动植物具有共性的“生物繁殖”独立成第八章，将“胚胎发育与个体发育”组织成第九章，以利于同学们在学习时进行比较与分析。为了顺应国家和民众对我们所处环境的关心和忧虑，本书补充和更新了与环境有关的资料和内容，还将原来的第十章“生物与环境”改写成紧密相连的“生物与环境”、“资源与生物多样性”和“环境污染与环境保护”三章。此外，第二版还补充了免疫与传染病、人工辅助生殖、人类基因组计划、哺乳动物克隆、人类干细胞工程、RNA 干扰技术、可再生生物能源、生物入侵、湿地和自然保护区等方面的内容。同时更新了绝大多数的数据，以求使日新月异的生命科学新面貌在第二版得到一定程度的反映。

本书的许多内容和插图来自各方，多已在参考文献中得以体现。在此本人特向各位作者一并表示衷心的感谢！

生命科学是 21 世纪自然科学的带头学科之一，无尽的新发现正在井喷式地呈现在

第一版前言

在 20 世纪,自然科学的发展突飞猛进,日新月异。自从分子生物学在 20 世纪下半叶诞生以来,生命科学的进展令人耳目一新,目不暇接。遗传密码的破译、蛋白质的人工合成、基因工程的兴起、单克隆抗体的获得,以体细胞克隆繁殖哺乳动物、人类基因组 DNA 序列的测定等激动人心的新发现、新成就不断涌现。鉴此,在人类即将进入 21 世纪之时,许多科学家和政府官员纷纷指出,生命科学必将成为 21 世纪自然科学的主导学科,这是有其充分的科学依据的。

在这种新形势下,厦门大学为了提高学生的综合素质,培养能够应对 21 世纪种种挑战的优秀人才,决定普遍推行文理科学生交叉选课的教学改革。作为从事生命科学教学和科研任务的教师有责任也有义务在广大同学中普及现代生命科学的基本知识,介绍本学科的发展动态,使我们的学生和年轻的一代能在 21 世纪世界各国的竞争中为中华民族争得应有的席位。正是出于这样的考虑,笔者在多年承担生物学系和全校公共选修课的基础上,整理、编写了本教材。

为了便于文科及经济类的学生学习,本书共分为十章,并且将“生命的多样性”一章置于书前,以利于让学习者首先对整个生物界有一个基本的认识。随后内容依次在分子和细胞层次、个体生物学层次以及生物与环境的关系等层次展开。在本书的组织和编写过程中,尽可能以图、表、事例和通俗易懂的语言深入浅出地阐明生命现象及其本质。如何不再把课堂仅仅当作传授知识的场合,而是要更注重培养学习者分析问题、解决问题的能力,这些一直是本人一再考虑和力图在书中反映的问题。除此之外,为了兼顾中学教师、大学生考研、部分科技工作者的需要,本书对某些章节和知识点进行了较为详细、深入的阐述。在本课程讲授过程中,教师可依据实际情况酌情处理。

生命科学是研究物质高级运动形式的一门综合性学科,它所涉及的知识十分广泛,各学科的进展也非常迅速。囿于笔者知识面和学识水平的差距,难免挂一漏十,疏忽和错误一定在所难免,恳请各位同行和读者批评、指正。

本人特别感谢厦门大学生命科学学院楼士林教授在百忙之中不辞辛苦,十分认真仔细地审阅了本书的大部分章节,并提出不少宝贵的修改意见。此外,科学出版社的周辉编辑等同志在本书的审校、编辑、出版等各个环节都付出了大量的时间和精力,谨让笔者在此一并致以最诚挚的谢意。

作 者

2000 年 8 月于厦门大学

目 录

第二版前言	
第一版前言	
第一章 生命科学	1
第一节 生命科学发展简史	2
第二节 21 世纪生命科学发展展望	6
第三节 生命体的基本特征	7
第二章 生命体的多样性	9
第一节 生物分类与物种命名法	9
第二节 生物界别	10
第三节 病毒、类病毒与朊病毒	12
第四节 原核生物界	18
第五节 真菌界	22
第六节 植物界	23
第七节 动物界	30
第三章 构成生命体的物质基础	49
第一节 原生质的主要无机物组成	49
第二节 原生质的主要有机物组成	52
第三节 生命是什么	60
第四章 细胞与细胞工程	63
第一节 细胞学说的建立和发展	63
第二节 细胞的结构与功能	63
第三节 细胞增殖与分化	75
第四节 生殖上皮细胞减数分裂	83
第五节 细胞工程	83
第六节 细胞重建	97
第五章 生命体的新陈代谢	100
第一节 生命体新陈代谢的本质和特点	100
第二节 光合作用	107
第三节 生物中的基本物质代谢和能量代谢	119
第六章 高等植物的结构、功能和调控	126
第一节 根的结构与功能	126
第二节 茎的结构与功能	133
第三节 叶的结构与功能	137
第四节 植物的繁殖	142

第五节 植物激素及其作用	142
第六节 植物的感应活动	146
第七章 高等动物的结构、功能和调控	151
第一节 消化系统	151
第二节 营养与健康	159
第三节 循环系统	170
第四节 免疫与传染病	184
第五节 呼吸系统	199
第六节 排泄系统	207
第七节 感受器官	212
第八节 神经系统	222
第九节 运动系统	233
第十节 内分泌系统	238
第十一节 行为与通讯	245
第八章 生物繁殖	257
第一节 生物繁殖概述	257
第二节 减数分裂	260
第三节 被子植物两性花的结构与功能	262
第四节 哺乳动物生殖系统	265
第五节 人工辅助生殖	271
第六节 性病概览	275
第七节 哺乳动物体细胞克隆	280
第九章 胚胎发育与个体发育	290
第一节 植物胚胎发育与果实形成	290
第二节 高等动物胚胎发育	293
第三节 胚后发育	299
第十章 遗传与变异	308
第一节 分离定律与自由组合定律	310
第二节 连锁与互换定律	315
第三节 性别决定与伴性遗传	318
第四节 基因突变与染色体变异	326
第五节 基因工程	336
第六节 人类基因组计划	347
第十一章 生物进化与进化论	362
第一节 原始细胞的起源	362
第二节 生物进化的主要历程	367
第三节 生物进化的证据	373
第四节 生物进化的理论	376
第五节 生物进化的基本规律	384

第六节 人类起源与进化	387
第十二章 生物与环境	403
第一节 自然环境	404
第二节 生物种间关系	408
第三节 种群生态学	410
第四节 人口增长	413
第五节 植被生态学	420
第六节 水生生态系统	425
第七节 植物群落演替与生态平衡	431
第八节 人工生态系统	434
第十三章 资源与生物多样性	444
第一节 资源与能源	444
第二节 物质循环	464
第三节 能量流动	466
第四节 生物多样性	468
第五节 自然保护区	476
第十四章 环境污染与环境保护	480
第一节 水质污染	481
第二节 大气污染	489
第三节 垃圾污染	500
第四节 噪声污染	504
参考文献	509

第一章 生命科学

提 要 本章简介生命科学三个基本层次的划分、生命科学数百年的发展简史及发展动向,对林林总总的生物大千世界的共同特征也进行了扼要的介绍。

生命科学是自然科学的一个重要分支。生命科学研究的范畴极其广泛,并已和许多学科交叉形成了不少令人瞩目的新兴学科。生命科学涉及生命的起源和演化,各类型生物的结构、功能,各种生命现象的本质和规律,以及生物同环境复杂而密切的相互关系等领域,已经成了农业、林业、医药卫生、水产及相关产业的基础学科。甚至一些政府部门和企业单位的领导,在他们做出决策以前,也往往需要从生命科学的角度进行考虑做出抉择。

生命科学的研究从宏观上可以分成三个层次:

1. 核心层次 包括分子生物学和细胞生物学学科。生命科学经历数百年的发展,从 20 世纪中叶开始已深入到分子生物学水平,几乎所有的生命科学本质问题,都得用分子生物学手段去解决不可。自 1973 年基因工程诞生以来,科学家已经可以在生命的最核心领域“动手术”,极大地促进了生命科学的发展。21 世纪初,人类基因组计划测序已经完成,人类在分子水平认识自我取得了决定性的胜利。细胞是构成生命体的基本结构单元,各种具有独立代谢能力的生命体无一例外。虽然细胞生物学的建立已有一百多年的历史,取得了许多重要的进展与发现,但是对细胞生物学的深入探究依然是解决生命科学诸多关键问题的突破口与着眼点。

2. 个体生物学层次 对多个物种及类群的结构、功能以及生命活动规律逐一进行研究是本层次的主旨内容。经过无数生物学工作者的努力,在生物演化的纵向上,已形成了多个以类群划分的学科,如藻类学、昆虫学、鱼类学等。从深入阐明生命体遵循的共同规律出发,也逐步建立了遗传学、生理学、解剖学、进化生物学、发育生物学等综合性科目。在这些基础理论的指导下,农、林、牧、渔、医、药、食品等许多行业发生了日新月异的变革,甚至是革命性的飞跃。抗生素的发现,使发酵工业翻开了崭新的一页,开辟了人类医疗史的新纪元。1997 年 2 月,一头经无性繁殖——克隆技术降生的“多莉”绵羊,引起了全世界的轰动。这项重大的科技成果,不仅大大推动了基础生物学、医学生物学和药物开发等多个领域的研究,而且它将可能成为 21 世纪关系到国家经济甚至国家安全的一项战略技术。

3. 生物圈层次 人类只有一个地球。在可以预见到的将来,人类尚未能在地球以外找到一片可能安身的绿洲。因此科学地利用地球资源,坚定不移地实施循环经济和可持续发展战略,是全人类责无旁贷的选择。水资源短缺、土地沙漠化、人口激增、环境污染、能源紧张等,这一系列的严峻问题已经明确无误地向我们拉响了警报。事实上,日趋恶化的人类生活与工作环境,已经引起各国政府的高度重视及人民的严重关切。人无远虑,必有近忧。1998 年夏天长江、嫩江及松花江大范围全流域的洪水肆虐,

已经向中华民族敲响了警钟：保护我们的环境，爱护国家的资源！生命科学与多个学科紧密结合，已经而且必将在改善生态环境、提高人类生存质量、实施可持续发展等领域做出更大的贡献。

第一节 生命科学发展简史

生命科学的发展经历了一个从不自觉到自觉，由浅入深，由表及里，乃至今天全面发展的漫长过程。

一、前生物学时期

从人类诞生至公元 16 世纪以前，都属于这一时期。古人出于生存需要，他们认识的自然界首当其冲是生物，是那些作为食物以及人类天敌的生物。古代文明发展程度较高的国家，如埃及、巴比伦（今伊拉克）和中国、印度等国，已大力开展了与人类生活密切相关的植物栽培与动物驯养利用。据 2002 年美国《科学》(Science) 杂志报道，早在 1.5 万年前，东亚人首先开始驯化狼，也就是今天狗的祖先；2006 年，以色列巴依兰大学科学家通过最新考古发现认为，人类开始从事农业生产的年代可以追溯到 11 000 多年前。这不仅使早先人类开始农业生产的年代大大提前，而且更新了过去对人类如何从游牧时期转变到从事农业生产时代的一些认识。大约 9000 年前，非洲人开始了饲养牛的生产活动。6000 年前，中亚地区已出现被人类驯服的马匹。在中国，已经在 1 万年前的江西省万年县仙人洞遗址和湖南省道县玉蟾岩遗址等处发现栽培稻的硅酸体和陶器，说明我们的祖先当时已经学会了栽培水稻和制作陶器；杭州附近距今 1 万年左右的新石器时代早期遗址上山，考古学家也出土了种植水稻的遗迹；距今 9000 年前的河南省舞阳县贾湖遗址已经出现中国最早的家畜狗的遗骸；开始驯养家猪的时间大概在距今 8000 年前；浙江河姆渡遗址和陕西西安半坡村人类新石器时期遗址的考古发掘也出土了 7000 年前的稻谷和白菜籽。大约到 5000 年前，在现在的上海地区，水稻已经作为重要的粮食作物被广泛种植。此外，中华民族的先人们在大约 4700 年前就已经开始种桑养蚕，织布裁衣在长江流域逐渐流传开来。甘肃省永靖县大河庄遗址出土了 4000 年前的牛、羊骨骼。2500 年前的战国时代写成的《吕氏春秋》和《上农》等著作中，我国先哲已经就农业生产中的十大问题展开不少讨论。酒的历史几乎与人类文明的历史一样久远。苏美尔人在距今 5000 年前的文献中就已经提及了这种饮料。2000 多年前的周代，我国人民已懂得酿酒、制酱、做豆腐。2003 年 6 月，在西安市北郊的一座古墓中，考古学家意外发现了西汉时代保存的重达 26kg 的古酒，依然散发出浓郁的醇香味。

除了食物以外，我们祖先必须面对的另一项严酷挑战就是与疾病作斗争。由于人类当时认识自然、与自然抗争的能力十分低下，因此，尝试用身边的植物或动物进行治疗也就顺理成章。历经无数代人的酸甜苦辣，我国春秋战国时期（大约完成于公元前 6 世纪）编定的第一部药书《诗经》已收入药物 200 多种。汉朝的《神农百草经》又将药物增至 300 多种，公元 10 世纪，我国已发明预防天花的疫苗。这个时期最杰出的代表作当推明朝末年的《本草纲目》（明万历六年，1578 年写成）。在这部不朽的科学典籍中，李时珍对 1892 种植物、动物及其他天然成分分门别类详细进行了形态描述及药性探讨，

还附图 1126 幅,收入药方 11 096 付,为后人留下了极其宝贵的寻药看病的经验与智慧结晶。《本草纲目》不仅是中医科学史上最重要的名著,同时书中蕴涵的生物分类学体系比瑞典人林奈(K. von Linnaeus)早了约 150 年。

考古发现,在 1.2 万~1.0 万年前,生活在南美洲厄瓜多尔的印第安人就已经开始种植西葫芦和加拉巴木。畜牛数千年前就起源于非洲,然后才被近东和欧洲人大批引进。在西亚,美丽的幼发拉底河和底格里斯河流域,8000 多年前,人们就开始种植小麦;几乎与此同时,苏美尔人和巴比伦人在 8000 年前发明了啤酒发酵。古埃及人在 6000 年前开始制作面包。16 世纪随着资本主义工业的逐渐兴起,以研究植物、动物及矿产为主要内容的博物学才在欧洲日渐开展起来。总之,着手对与人类生产、生活密切相关的生物进行形态及其本性的描述和记载是这个时期最突出的特征。

二、古典生物学时期

从 17 世纪到 19 世纪中期,随着欧洲工业革命的蓬勃发展,生物学也取得了长足的进步。自从 1590 年荷兰人詹森(Janssen)兄弟发明显微镜后,英国人胡克(R. Hooke)1665 年用他自制的简陋显微镜观察了多种切成薄片的软木,首次发现了其中无数的 cells,即细胞(其实仅为细胞壁),并于同年出版了撩开微观世界神秘面纱的第一本专著《显微图集》。从此,对细胞的研究成了古典生物学的热门。1735 年,针对当时生物分类和命名的混乱局面,瑞典植物学家林奈整理出版了名著《自然系统》,创立了生物分类的等级和双命名法,并一直被科学界沿用至今。与此同时,英国化学家普利斯特利(J. Priestley)对人们熟视无睹的光合作用进行了初步分析,发现植物能产生可供动物呼吸和维持蜡烛燃烧的气体,但对气体的成分还不得而知。1838 年,德国植物学家施莱登(M. Schleiden)在他的论文《论植物的发生》中指出,细胞是所有植物的基本构成单位。第二年(1839 年),另一位德国动物学家施旺(T. Schwann)在发表《显微研究》的论文时进一步阐明说,动物和植物的基本结构单元都是细胞。他们的工作及总结,标志着细胞学说这个生命科学的核心学科正式诞生了。细胞学说的建立受到了恩格斯的高度重视,把它推举为 19 世纪自然科学的三大发现之一。1859 年,达尔文(C. Darwin)在随“贝格尔号”考察船环球一周 23 年后,出版了他的巨著《物种起源》,从根本上动摇了上帝创世和物种不变的唯心主义史观,大大推动了生命科学的发展。本时期的科学家虽然主要还是对各物种的特性进行描述,但已逐渐深入到微观的水平。经过归纳和总结,提出了一些初步阐明生命科学规律的理论和学说,标志着生命科学正在酝酿一场从感性认识到理性研究的变革。

三、实验生物学时期

从 19 世纪中期到 20 世纪中叶大约 100 来年的时间里。随着数学、物理、化学等学科与生命科学的相互交叉渗透,生命科学取得了一系列引人注目的成就。1865 年,奥地利神父兼中学代理教师孟德尔(G. Mendel)在家乡的自然科学家协会上宣读了他历经 8 年进行豌豆杂交试验总结出的划时代论文《植物杂交实验》,奠定了现代遗传学的基础。与此同时,微生物学的奠基人法国化学家巴斯德(L. Pasteur)发明了加热灭菌的消毒法,证明了生物不可能在短时期内“自然发生”。1928 年,英国细菌学家弗莱明

(A. Fleming) 发现青霉菌的代谢产物具有很强的抑菌、杀菌效果。俄国生理学家巴甫洛夫在心脏生理、消化生理和高级神经活动生理等方面做出了突出的贡献。德国博物学家海克尔 (E. Haeckel) 和德国动物学家施佩曼 (H. Spemann) 在动物胚胎发育等方面取得了重大发现。从 20 世纪初开始, 美国遗传学家摩尔根 (T. Morgan) 和他的学生一起通过大量的果蝇实验, 发现了遗传学的连锁互换定律和遗传的基本单位——基因。1926 年, 摩尔根出版了工作总结《基因论》, 开辟了分子遗传学的新领域。20 世纪三四十年代, 英国人赫胥黎 (J. Huxley) 和美国人杜布赞斯基 (T. Dobzhansky) 等人综合了达尔文的变异-自然选择学说、摩尔根的基因-染色体理论以及哈迪-温伯格 (G. H. Hardy & W. Winberg) 群体遗传学理论, 创立了新达尔文主义 (现代综合进化论)。1944 年, 美国化学家埃弗里 (O. Avery) 以直接的证据证明了遗传物质是 DNA 而不是蛋白质。所有这一切工作突出表明了生物学家已经不再囿于以观察、描述性的手段研究生物体和生命现象, 他们通过一系列的实验设计与操作, 迈开了窥视生命奥秘的步伐。

四、分子生物学时期

1953 年, 美国人沃森 (J. Watson) 和英国人克里克 (F. Crick) 在《自然》(Nature) 杂志上发表《核酸的分子结构》一文, 阐明了 DNA 的双螺旋构造。生命科学的发展从此进入了一个崭新的迅猛发展的阶段, 一系列令人惊叹的新成就接踵而来。1957 年, 克里克提出了著名的遗传信息流——中心法则。1961 年, 莫诺 (Monod) 和雅各布 (F. Jacob) 提出乳糖操纵子模型, 探讨基因调控原理。1965 年, 中国科学院生物化学研究所、有机化学研究所和北京大学化学系的科研人员在世界上首次合成了具生物活性的、由两个亚基 51 个氨基酸残基构成的结晶牛胰岛素, 这标志着在人类探索生命起源奥秘的伟大历程中迈出了重要的一步。1966 年, 经过美国生物化学家 M. W. 尼伦伯格等科学家多年的探究, 生物界通用的 64 个遗传密码被全部破译。这是人类在解开生命之谜的征途中取得的重大突破。1973 年, 美国柯恩 (S. Cohen) 领导的小组开创了体外重组 DNA 并成功转化大肠杆菌的先河。这一年被称为基因工程元年。1975 年, 柯勒 (Kohler) 和米尔斯坦 (Milstein) 成功获得淋巴细胞杂交瘤, 并生产出了单克隆抗体, 在临床诊治领域树起了一座革命性的里程碑。1977 年, 依塔库拉 (Itakura) 等将人生长激素释放抑制因子基因引入大肠杆菌并成功表达。在 9L 细菌培养液中这种激素的含量约等于从 50 万头羊脑中提取的量。从此, 基因工程成为分子生物学的带头学科, 在世界范围内如火如荼地开展起来。基因工程涉及的领域非常广泛, 其中基因工程药物的研制、转基因植物和转基因动物的研究是多国争相投入的热点。目前, 国内外已有不下几十种的基因工程药物获准生产上市。1981 年, 我国成功地完成了酵母丙氨酸转运核糖核酸的人工合成, 为人工合成核糖核酸闯出了新路, 对于揭示核酸在体内的遗传作用具有重要的理论意义。

此外, 20 世纪 60 年代、70 年代和 80 年代, 联合国先后三次组织世界各国科学家开展了大规模的“国际生物学规划”、“人与生物圈”和“国际地圈与生物圈规划”, 大大推动了各国对生态环境的研究与保护。1986 年, 美国诺贝尔奖获得者杜尔贝克 (Dulbecco) 首先提出对人类基因组进行全长测序的主张。1990 年, 美国政府批准该

计划的启动,计划用15年的时间耗资30亿美元测定人类基因组约30亿个碱基对的序列,进而破译其中全部8万~10万个基因的遗传信息(近期研究表明,人类基因约2万~2.5万)。我国政府也启动类似的规划,在北京、上海和湖南等省市开展了大规模的人类基因探寻研究。该计划的胜利实现,将能使人类首次在分子水平全面认识自我,对深入研究人类本身乃至推动整个生命科学的发展无疑具有极其重要的意义。1997年2月,英国罗斯林研究所的维尔穆特(I. Wilmut)博士在《自然》杂志撰文,宣布以乳腺细胞的细胞核成功地克隆出一只名为“多莉”(Dolly)的绵羊。生命科学领域的这一重大突破再一次震撼了人类社会。一年半后,克隆牛、克隆鼠相继问世,甚至对克隆鼠的再克隆也获得了成功。1999年,灵长类(猴子)的克隆也顺利诞生。这一系列成就标志着人类无性繁殖哺乳动物的技术已日臻成熟。同年底,科学家发现,只需300个左右的基因即可构成一个最简单的生命。这意味着在可以预见的将来,人类也许可以充当“上帝”,在实验室中设计并创造出人造生命体。在1999年行将结束的时候,人类基因组计划取得了重大的进展。由美、英、日三国科学家组成的小组率先测出人类第一条完整的染色体——第22号染色体的全部核苷酸序列,破译了染色体上所有的遗传信息。2004年10月21日,一张精度大于99%、误差小于十万分之一的人类基因组完成图公诸于世,人类基因组计划正在一步步顺利实施,在生命科学研究的征途中树起一座座不朽的丰碑。深入探究生命本质问题,按照人类的意愿有计划地改造生物已经成了这个时期的显著特征。

20世纪已经成为历史。回眸世纪科技发展史可以看出,早在30年代,量子力学和相对论两大科学研究纲领就已提出。“曼哈顿原子计划”、“阿波罗登月计划”和“人类基因组计划”堪称20世纪三大科学技术工程。基本粒子模型、宇宙大爆炸模型、遗传物质结构模型、地球板块运动模型和认知科学大脑模型并列为五大科学理论模型。据此,如果说,20世纪科学技术的发展以物理科学为主导、生命科学蒸蒸日上的话,那么近20年来世界科学的格局已经发生了重大变化,生命科学异军突起,迅猛发展。美国《科学观察》精心统计、分析了近几年世界自然科学各学科的学术论文,发现最热门的研究领域是信号转导、基因组和分子生物学,都属生命科学范畴。1996年最热门的科研项目有13个,其中12个为生命科学领域。1998年底,美国“科学促进协会”评出并刊登在《科学》杂志的世界十大科学发现中,生命科学的成果占了6项。2006年和2007年美国《科学》杂志评选出年度十大科学发现中,生命科学研究的成果分别占了7项和5项。英国《自然》杂志评选出的2006年度和2007年度十大科学事件中,生命科学领域也占据约“半壁江山”。美国科学院的1900多位院士中,从事生命科学领域研究的有1100多位;美国规模最大的及民间投资最多的工业是现代生物制药业;美国联邦政府用于资助科学研究的预算中,有一半以上用于生命科学的研究,仅美国国家卫生研究院(NIH)在2006年度的预算就有280亿美元。

同样地,经我国两院院士与群众共同评出的“1998年中国十大科技新闻”中,除了三条国家的政策、法规新闻外,其余7项科技成果中,生命科学类囊括三项半。1999年底经我国科学院院士和工程院院士共同投票选出的当年中国和世界各十大科技进展中,生命科学都各占4项。2006年国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》中提出的八大科学前沿问题,生命科学占了两项,分别是生命过

程的定量研究和系统整合以及脑科学与认知科学。其中重点部署包括蛋白质研究和发育与生殖研究等 4 项重大科学研究计划。

几个不同来源的数据高度吻合,决非偶然。它一方面反映了人类对与自身利益密切相关的粮食、人口、健康、资源、能源和环境等生命学科的关注与希望;另一方面也凸显了多学科交叉渗透促进生命科学发展的必然趋势。在这两股动力的涌托下,生命科学无疑将成为 21 世纪科学发展的主导学科。

第二节 21 世纪生命科学发展展望

毋庸置疑,21 世纪的生命科学必将在深度和广度两方面取得一系列重大进展和突破,对人类的生存和发展产生难以估量的深远影响。

(1) 向生命本质深入,分子生物学仍然是生命科学的带头学科。21 世纪初,经过包括中国在内的 6 国科学家十几年艰苦努力,已经完成人类基因组 31.647 亿个碱基的测序,对人类自身的认识深入到分子水平;包括对受精卵进行定位基因矫正在内的基因治疗手段日趋成熟;基因工程药物的种类持续增加,对多种疾病的防治能力大大增强。多种重大疾病,包括癌症和艾滋病都将得到有效的预防和治疗;人类的生活质量明显提高,衰老过程得以减缓,平均寿命进一步延长。基因工程及细胞工程的各种手段将广泛应用于农林牧渔各个种植养殖领域。将多种优良性状的基因或人类需要的基因转移到农作物或家养动物中,以进一步改善生物的品质,提高它们的抗逆性和产量,或收获人类所需的基因工程产品等,这些都将成为 21 世纪十分看好的新兴产业。

一个多世纪来,无数科学家孜孜以求的从一个受精卵开始,如何通过基因在时空上有条不紊地程序性调控,最终发育成结构与功能都无比复杂的生物个体的问题,将能得到较为满意的回答。藉此,发育生物学将异军突起。人类将不仅能比较从容地控制农作物、家养动物及其天敌的生长发育,而且还将在节制人类过度繁衍以及帮助不孕夫妇生育等方面闯出令人耳目一新的坦途。无性繁殖克隆哺乳动物将摆脱母畜子宫的温床,在工厂化的能提供所需条件的“人工子宫”中大量进行。

无比复杂的人类大脑是大自然亿万年进化的产物。随着神经生物学取得的一个个突破,21 世纪科学家将在分子水平深入研究脑的结构和功能的基础上,在阐明学习、思维、记忆、情感、行为以及智力的本质等方面将取得革命性的进展,从而推动脑科学、心理科学、教育科学和人的认知能力产生重大的飞跃。

生命起源和人类起源是生命科学长期悬而未决的重大问题。由于 RNA 除了转录和反转录功能之外,还发现它具有酶的功能,因此,它在生命起源中的重要作用可能会被科学家重新认识。在试管中合成生命、重建细胞也不是不可实现的愿望。人类发源于何处?人类是否同祖?这两个人类起源的核心问题有望在 21 世纪经分子生物学家和考古学家的通力合作得到解决。

(2) 向宏观方向发展,生态学受到科学家、政府和大众的共同关注。西方发达国家走过的是一条代价巨大的生产-污染-治理曲折之路。我国改革开放经济高速发展已 20 年,环境污染已成为不容忽视的负面因素。在某些地区,群众的身心健康和大气、水源、土壤已经受到污染物的严重影响。森林滥伐、水土流失和人口激增使中华民族本来

并不充足的人均耕地面积持续下降,直逼维系共和国安危的保障线。1998年,长江、嫩江和松花江的世纪大洪水和植被的破坏直接有关。在污染与滥伐的双重打击下,许多物种在尚未被人类认识之前就已灭绝。饱经亿万年沧桑酿就成的宝贵基因库无可挽回地消失,对自然界对人类无疑都是痛苦的灾难。因此,保护生物多样性成了21世纪生命科学最为紧迫的任务。“我们只有一个家”的呼声直观地道出了爱护地球、保护环境的迫切愿望。

(3) 多个学科与生命科学密切交叉,相互渗透,有力地推动了生命科学的一次次飞跃与革命。孟德尔用数学统计的方法发现了遗传学的基本定律。沃森和克里克用物理学的手段阐明了DNA双螺旋的空间结构。化学和生命科学犹如血溶于水,早已密不可分。工程学与生命科学联姻,诞生了基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程等朝气蓬勃的新兴学科。天文学和生命科学的结合产生了宇宙生物学。地理学在生物考古与生物进化等方面发挥了不可替代的作用。

展望21世纪,生命科学充满生机与希望。生命科学的研究正在从直观走向抽象,从定性走向定量,从分散走向综合,从现象的描述走向机制的阐明。我们满怀信心地伸出双手迎接辉煌的生命科学世纪的到来。

第三节 生命体的基本特征

30多亿年来,生物生生不息,虽几经劫难,却顽强地繁衍成现在超过200万物种的大千世界。从最简单的细菌之类单细胞原核生物到最高等的被子植物和哺乳动物(包括人),生物虽千差万别,但其中都蕴含着生命的本质特征。这些特征可以归纳如下:

(1) 原生质是生命的载体。除了病毒、类病毒和朊病毒这些十分原始的、不完整生命形式外,各种各样的生物都是原生质的不同表现形式。其中核酸是记载、复制和转录遗传信息的核心,蛋白质(如激素、酶)则扮演了调控、催化各种代谢反应的重要角色。原生质外以质膜包裹就成了细胞。细胞是构成各种生物的基本结构单位。

(2) 新陈代谢是生命得以生存、延续的核心要素。新陈代谢一旦停止,生命也就终止。在地层里保存了千年的种子被发掘后有的还能发芽、生长;在南极冰封达百万年之久的永久冻层之下还能发现细菌,并不是因为它们停止了新陈代谢,而是由于它们与世隔绝,新陈代谢速率极低的缘故。

(3) 生长、发育是生物成长、壮大、成熟的基本保证,其中经历了从量变到质变、生老病死的发展过程。有些无机物似乎也能“生长”,如海水晒盐时NaCl晶体的逐渐增大,但它们只是量的增减而无质的飞跃。

(4) 遗传、变异与进化使生物既保持了物种种性的稳定性,又逐渐累积了适应环境的变异,从而使生物能在历史的长河中不断演进,推陈出新。

(5) 应激性与活动性是生物对自然信息的本能反应。生物生于自然,立于自然,在物质、能量、信息等方面与自然(包括无机环境与其他生物)保持密切、适当的关系是生物生存的前提。晨曦初露,植物开始光合作用即是应激性的反应。

小 结

生命科学基本上可以划分为三个大的层次：核心层次包括分子生物学和细胞生物学各学科，其次是个体生物学层次，第三是生物圈层次。生命科学的发展大体经历了前生物学、古典生物学、实验生物学和分子生物学 4 个主要阶段。我们现在正处于分子生物学阶段。21 世纪将是生命科学作为自然科学的带头学科蓬勃发展的世纪。200 余万种生物的共同特征是：形成原生质和细胞、新陈代谢、生长发育、遗传变异与进化、应激性与活动性五大项。

复习思考题

1. 生命科学的发展可以分成哪几个时期？它们的主要特点是什么？
2. 简要说明生物的共同特征是什么？