

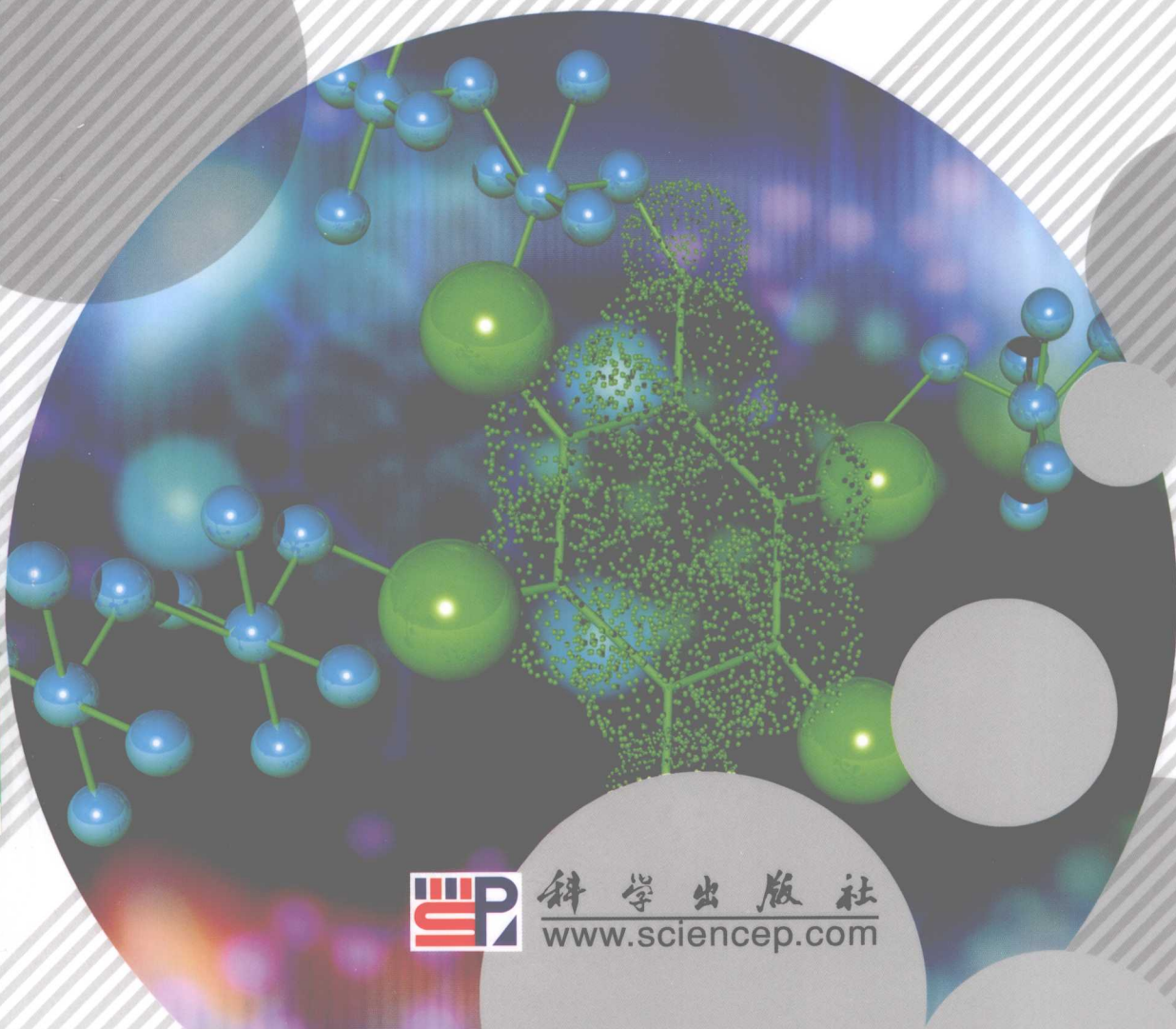


普通高等教育“十一五”规划教材

INTRODUCTION TO MODERN LIFE SCIENCES

现代生命科学导论

李金亭 段红英 主编



科学出版社
www.sciencep.com



教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

INTRODUCTION TO
MODERN LIFE SCIENCES

现代生命科学导论

主编 曹晓风 副主编 曹晓春 曹晓燕



普通高等教育“十一五”规划教材

现代生命科学导论

李金亭 段红英 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以生命科学中重大而基本的内容为主线,概述了生命科学各主要分支学科的基础知识和发展动态,向读者展示了生命科学的全景,内容涉及生命的物质基础、生命的新陈代谢、生命的自我调控、细胞与细胞工程、基因与基因工程、多姿多彩的生命世界、生命与环境、生物多样性及保护、现代生物技术的发展与社会伦理和生命科学与社会发展等内容。本书内容新颖,概念准确,语言深入浅出,文字通俗易懂,使读者对生命科学的热点与重点问题能有一个基本的了解和认识。

本书立足于高等院校非生物学类专业学生使用的公共课教材,目的在于提升学生的生物科学素养,帮助他们确立科学的现代生命观。同时也可作为综合性大学、师范、农林、医药院校有关专业本科生、研究生及教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代生命科学导论/李金亭,段红英主编. —北京:科学出版社,2009
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-03-025290-6

I. 现… II. ①李…②段… 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(2009)第 145550 号

责任编辑:王国栋 周 辉 李晶晶 / 责任校对:赵桂芬

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>

盛志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 8 月第一次印刷 印张:24 3/4

印数:1—4 000 字数:557 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着生命科学迅猛发展,生命科学与数理化各个学科交叉愈来愈多。近 30 年来,屡屡出现化学家或物理学家因与生命科学交叉的研究成果获得诺贝尔奖。为了主动适应知识经济时代和学科交叉时代的到来,全国很多高校都针对非生物类专业学生开设了生命科学课程。其目的不仅仅在于普及生物学知识、认识人类自身,更重要的是希望通过各个学科间的合作与交流,从不同角度对生命现象进行思考和探索,携手揭示生命的奥秘,以促进生命科学的发展。为了提高学生的综合素质,培养能够应对 21 世纪种种挑战的创新型的优秀人才,本教学组于 2004 年提出对非生物类专业的所有本科生开设必修课程——现代生命科学导论。

《现代生命科学导论》是立足于高等院校非生物类专业学生使用的公共课教材。本书根据生命科学的热点和重点问题,共编排了 10 章,内容涉及总论、生命的物质基础、生命的新陈代谢、生命的自我调控、细胞与细胞工程、基因与基因工程、多姿多彩的生命世界、生物与环境、生物多样性及保护、现代生物技术的发展与社会伦理和生命科学与社会发展等内容,分别从不同角度对生命科学进行全面、系统的介绍,体现了知识的系统性和科学性。本书内容新颖、概念准确、文字通俗易懂,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一个基本的了解和认识。

全书分为十章,各章(节)的执笔作者分别是:第一章、第二章、第三章、第四章、第八章、第九章,李金亭、段红英、邱宗波、代西梅、侯小改、郭君丽;第五章第一、二、三节,赵红艳;第五章第四节、第五节,第六章、第七章、第十章,杨建伟、李冰冰、宋鹏、邓小莉。

由于生命科学导论所含内容广泛,生命科学前沿和生物技术发展迅速,又限于我们的知识结构、专业方向和研究水平,书中的遗漏和错误之处在所难免,诚恳地希望大家为本书提出意见和建议。

编 者

2009 年 2 月

目 录

前言

第一章 总论	1
第一节 生命科学	1
第二节 生命科学的发展概况	4
第三节 生命科学的研究方法	6
第四节 学习生命科学的意义	8
思考题	9
主要参考文献	9
第二章 生命的物质基础	11
第一节 生命的元素组成	11
第二节 生命的分子组成	12
思考题	38
主要参考文献	39
第三章 生命的新陈代谢	40
第一节 生命新陈代谢的本质和特点	40
第二节 酶	42
第三节 光合作用	46
第四节 能量的释放——细胞的呼吸	52
思考题	58
主要参考文献	59
第四章 细胞与细胞工程	60
第一节 原核细胞与真核细胞	60
第二节 生物膜的结构与功能	63
第三节 细胞的增殖与分化	76
第四节 细胞的癌变及防治	106
第五节 细胞工程	118
思考题	136
主要参考文献	137
第五章 生物体内的信号和传递	138
第一节 信号的概念	138
第二节 植物激素	143
第三节 动物激素	147
第四节 神经系统的信息传递	153
第五节 学习和记忆	166
思考题	170

主要参考文献	170
第六章 人体的防御体系	172
第一节 固有性免疫和获得性免疫	172
第二节 淋巴器官和组织	176
第三节 免疫细胞	180
第四节 抗原与抗体	182
第五节 免疫应答	185
第六节 常见免疫性疾病	188
思考题	193
主要参考文献	193
第七章 遗传及其分子基础	194
第一节 基因与基因组	194
第二节 基因在遗传中的作用	203
第三节 生物的遗传变异	213
第四节 基因的表达与调控	224
第五节 人类基因组计划	242
第六节 基因工程	251
思考题	275
主要参考文献	276
第八章 丰富多彩的生命世界	277
第一节 神奇的微生物世界	277
第二节 郁郁葱葱的植物世界	292
第三节 灿烂多姿的动物世界	315
第四节 生物多样性及可持续发展	337
思考题	346
主要参考文献	346
第九章 生物与环境	348
第一节 生物与自然环境	348
第二节 种群及其基本特征	356
第三节 群落生态学	363
第四节 生态系统	366
思考题	376
主要参考文献	377
第十章 生物技术的发展 and 伦理问题	378
第一节 生命科学的发展	378
第二节 优生学	380
第三节 生物技术的安全性和伦理问题	381
思考题	385
主要参考文献	386

第一章 总 论

第一节 生 命 科 学

一、生命科学的内涵和任务

众所周知,生物学是研究自然界中各种生命现象及其规律的科学,又称为生命科学。它是自然科学中的一个重要分支。长久以来,人类在与自然界的不断搏斗中生存和繁衍,凭借自己的智慧和劳动,创造了一个又一个奇迹。从远古时期火的使用到今天太阳能、核能的利用,从早期人们狩猎、放牧到今天的人类基因组计划,无一不体现出人类的聪明才智和创新精神。人们不断地进取、积累,创造了今天灿烂的文明。在这个过程中,人类从来没有放弃过对未知事物的探索 and 追求。生命科学一直吸引着人们为之努力。今天,生命科学已成为当今最热门的前沿科学之一。大量新潮的词汇诸如“克隆”、“基因组计划”等映入我们的眼帘,使我们感到一个新的时代——“生物科学的时代”已经到来。

现代科学技术带动了生命科学的研究,同时也因生命科学的发展而取得更大的进步。近几十年来,生命科学的发展超过了历史上任何一个时期。几个世纪以前,人们还被天花、瘟疫等疾病所困扰,而今天,人们已向大自然发出了新的挑战,整个人类的基因组序列已经完全呈现在眼前,人类对于自身的全面了解指日可待。这一切,都得益于生命科学的发展,得益于人类不懈的努力。

动物、植物、微生物……从人们日常生活中经常见到的飞禽走兽,到通过显微镜才能观察到的细菌、病毒,所有这些丰富多彩的生命形式,都是生命科学的研究对象。生命科学的任务就是通过观察我们身边的多姿多彩的生命现象,了解生物的结构与功能,研究生命活动的本质与特征,探索生命繁衍与代谢的分子生物学机制,揭示生物个体发育和系统发生的规律,掌握生物与环境之间的辩证关系,从而使人类能够从本质上认识生命现象,掌握生命世界的运动规律,并运用这些规律更好地改造客观世界,为人类的生存发展谋福利。

近几十年来,工业的迅猛发展几乎让人类完全忘记了对大自然的保护,长期对自然资源的过度开发和利用,使整个自然界呈现出一副疲劳不堪的景象,人类开始尝到了自己种下的种种恶果。人口问题、粮食问题、环境污染问题等接踵而至,在人们急于寻找一切问题的根源和解决之道时,生命科学为人们指出了一条光明的道路。利用生态学原理,运用科学技术,使自然资源得到高效合理的利用,人类社会才能实现可持续发展,人类与大自然的关系才能更加和谐。另外,具有生物资源可再生性优点的生物技术,在节约资源和能源、减少环境污染的前提下,为人们生产出了许多有用的产品。利用基因工程技术,人们不仅通过将外源基因导入细菌或细胞廉价生产医用蛋白质或多肽,还将这种技术运用到了高等生物中,人工创造了许多高产、优质、抗逆的动植物新品种,甚至对过去束手无策的遗传病也有了防治的新手段。

随着生命科学的发展,人们在了解大自然的进程中朝着了解自身的理想又迈进了一大步。人类文明在日新月异的今天正面临着一个转变的时机,科学在这个过程中也谋求着自然科学

和人文科学的完美统一,生命科学对于人类自身奥秘的揭示必将为这种历史性的重大转变开辟道路。

二、生命的本质

生命是什么?或者说生命体与非生命体的本质区别是什么?这个生命科学最基本的问题,看似简单,但是从科学的角度来看,确实又是一个很难全面而准确回答的问题。依照人们的常识,很容易区别出岩石、铁等没有生命,花、草、鸟、兽是有生命的。但是真要概括出“生命”与“非生命”的本质区别,或是简要说出生命的定义,却又不是那么容易。

虽然,人类对生命规律和生命本质的探索早已开始,但是“生命”作为一个科学概念提出出来是在 19 世纪初,与“生物学”(biology)作为一个学科出现差不多同步。那时人们已经认识到动物与植物具有某些共同的基本性质,它们都是“生物”,都有“生命”。人们想用“生命”概念把生物与非生物区别开来,想用“生物学”代表一个与原有的动物学和植物学不同的、以研究生命的共同特征和生物共同的发展规律为目标的新研究领域。

虽然给出简短的生命定义比较困难,但是对生命与非生命之间的界线和关系的哲学思考,持续地吸引着人们的关注。19 世纪的著名生物学家多是从“活力论”(vitalism)观点认识生命,认为生物体具有与物理化学过程不同的生命力,即活力。居维叶(Cuvier, 1769~1832 年)、利比希(Liebig, 1803~1873 年)等把生命理解为同物理和化学力的对抗,物理和化学力作用的结果是破坏性的,而生命的作用在于形成维护有机体的结构与功能。

与活力论观点相对立的“机械论”(mechanistic view)或“还原论”(reductionism)观点,认为生命问题说到底还是物理和化学问题,一切生命现象都可以用物理和化学定律作出解释,生物体内没有什么与物理化学力不同的生命力。19 世纪时路德维希(Ludwig, 1816~1895 年)、赫姆霍兹(Helmholtz, 1821~1894 年)等阐述这种观点,进入 20 世纪后,这种观点的影响增大,促进了生物学向分子水平的发展,而这反过来又进一步加强了生物学上的还原论观点,如今还原论在生物学界,尤其是分子生物学中占据着主导地位。

近来,科学界已很少有人相信生物体具有神秘的活力,比较有影响的是从“系统论”的观点反对还原论,认为生物体是不同于物理化学系统的,而是高级的、非常复杂的生命系统,把它还原为简单的物理化学系统以后,它所具有的一些特别的性质便失去。

对生命本质的认识虽然还在不断发展,但至今仍然还没有一个为多数科学家所接受的生命的定义,还需要人们进行不断的努力。孜孜不倦地探讨,努力寻找问题的答案,这就是科学研究的态度。

三、生命的基本特征

随着生物科学的飞速发展和研究的不断深入,人们对生命现象已经有了相当的了解,这里我们尝试着在今天对生命认识的水平上,给出某种概括和归纳,也提出我们的思考,希望这一讨论对后面各章节的学习有所帮助。

1. 化学成分的同源性

从构成生物的化学元素和生物大分子的生物化学成分看,不同生物之间有很大的同源性。组成生物的物质成分并没有超出自然界存在的化学元素之外,其中 C、H、O、N、P、S、Ca 等占有较大的比例。这些元素构成了生物特有的基础生物大分子,包括 4 种核苷酸、20 种氨基酸,以

及糖类、脂肪等,这些成分是生物构建和一切生命活动赖以进行的基础。

2. 结构层次的高度有序性

生物体的结构不仅具有复杂性,而且具有高度的有序性,这种严格的有序性体现在许多方面。首先,DNA→RNA→蛋白质的秩序是生命有序性的物质基础;其次,细胞内部结构的有序性,是生物体的结构与功能实现统一的结果;最后,从细胞到组织、器官、有机体、种群、群落、生态系统和生物圈,形成了生命世界各个不同的层次体系,这也是生命高度有序性的表现之一。

3. 新陈代谢

新陈代谢是生命的基本特征之一,是维持生物体生长、繁殖、运动等生命活动过程的化学变化的总称,简称“代谢”。生物体是一个开放的系统,同周围环境不断地进行着物质和能量的交换。它把吸收的养分转化为自身的组成部分并储存能量,这是同化过程;同时生物体也不断地将自身的组成物质分解以获取能量,并向环境散发能量,这是异化过程。新陈代谢失调会引发病,新陈代谢停止则意味着生命终止,生物体将会解体。

4. 生长和发育

任何生物体都表现出在体积和质量上的增加,这个过程称为生长。随着生物体的生长,细胞数目不断增多,细胞和组织不断分化,由营养生长转入生殖生长,最终进入衰老与死亡,这个过程是发育。生长与发育始终伴随在一起,是建立在新陈代谢基础上的。一个生物有机体的全部发育过程,即生活史全过程称为个体发育。而一个物种的发生和演化的历史,称为系统发育,个体发育的程序是受系统发育影响的,是系统发育短暂而快速的重演过程。

5. 繁殖与遗传

所有生物都有产生后代、使之得以代代不断延续的能力,这称为生物的繁殖现象。无论是简单的无性繁殖,还是复杂的有性繁殖,都是生命延续的必要手段,是生命最重要特征之一。生物的繁殖表现出高度的遗传特性,即亲代的各种结构、性状被精确地传给下一代,获得重现。但是同时,子代结构和性状的改变也时有发生,称为变异。俗话说“种瓜得瓜,种豆得豆”,这是由生物的遗传性所保证的。遗传性只是反映了生殖现象的主流,而变异性也是生殖过程中产生的“副产品”,正如民间所说:“一母生九子,九子不相同。”通过遗传,物种才能延续,生物类群才能识别和分类。通过变异,新物种才能产生,物种才能进化。所以说,遗传和变异是生命进化的基础,正是两者的相互作用推动着整个生物界由简单至复杂、由低级向高级的进化和发展。

6. 应激性

生物体对外界环境的变化和刺激会主动地作出反应和调节的能力,称为应激性。一般来说,生物常以各种行为方式或运动对环境的变化作出应答,以维持生物体内的环境相对稳定。例如,动物寻觅食物和逃避追捕、植物茎尖趋光生长等,生物依此得以生存。在生物对环境的相互作用中表现出它们对环境因素的高度适应性,即生物表现出其结构和功能对环境的和谐一致。如鸟类有适于飞翔的翅膀,鱼类有适于水中呼吸的鳃,而植物有发达的吸收水分和营养的根系及有利于光合作用的充分展开的枝叶结构。但是,生物对环境的适应又不是一个可以随意应变的现象,外界的环境可能有很大的波动,而生物仍能维持自身相对稳定,这称为生物的稳态性。生物的稳态性表现在细胞、个体、群落和生态系统的各个层次上。

7. 适应性

生物体通过在形态、结构、生理或行为上的主动变化,提高自身在逆境中的生存能力称为适应性。适应性是生物进化的结果,是环境胁迫作用下的主动适应方式,是生物界的普遍现象。所以说,生物是自然环境的产物。

总之,生物特征体现了生物与环境的统一,结构与功能的统一,宏观结构与微观结构的统一,以及进化与保守性的过程。在经过了 38 亿年的漫长演化后,便形成了目前约 200 万生物物种生存的大千世界。

四、特殊的生命——病毒

根据上述生命特征,一般来说我们可以判定某物是否有生命。凡是表现出生物特征的物体就是生命。但是,还有一类特殊的生物——病毒,其生命特征并不是那么明确,它没有细胞结构,也不含完整组织的原生质,在它侵入寄主之前,既不能繁殖,也没有新陈代谢,却可以像无机物一样结晶。由此看来,生命的许多基本特征它都不具备,似乎应将其归为非生物。但其结构中有最基本的两种生命大分子——蛋白质和核酸,一旦它侵入寄主细胞,其核酸分子就能与细胞的核酸分子整合,借助寄主细胞的一套生命物质系统复制自己,大量繁殖,表现出明显的生物特征。因此,我们说病毒是一类特殊的生物。

第二节 生命科学的发展概况

今天的生命科学是经过漫长的历史发展过程而逐步形成的。作为一门重要的自然科学学科,生命科学的发展大致经历了三个主要的阶段:从古代到 16 世纪左右,这是生命科学的准备和奠基时期;从 16 世纪到 20 世纪中叶是系统生命科学创立和发展的时期,这一阶段以自然科学各领域分支学科迅速建立为主要特点,与其他学科共同归纳为历史上的“小科学”发展时期;20 世纪中叶以后,生命科学随着各学科纵横交错发展的大趋势,出现了不同分支学科和跨学科间的大交汇、大渗透、大综合的局面,由此人们获得了进入“大科学”历史发展阶段的认识。

一、生命科学建立的准备和奠基时期

从古代到 16 世纪左右,这是生命科学的准备和奠基时期。在这一时期,特别是远古年代,人们对生命现象的认识常常是和疾病斗争、农业禽畜生产以及宗教迷信活动(如古代木乃伊的制作)联系在一起的,由此人们积累着动物、植物和人类自身的解剖、生长、发育和繁殖方面的知识。到古希腊的年代,已开始了对生命现象进行深入专题性的研究。亚里士多德(Aristotle, 382~322BC)在《动物志》一书中相当细致地记述了他对动物解剖结构、生理习性、胚胎发育和生物类群的观察,并对生命现象作出了许多深刻的思考。亚里士多德的观点和方法集中地反映了那个时代的特点,观察和哲学参半、描述和思辨混合。这一时期为以后系统生命科学的建立作出重要贡献的还有:德奥弗拉斯特(Theophrastus, 373~286BC)对植物乔木、灌木、草本的分类确定;希罗费罗斯(Herophilus, 约 300BC)、盖仑(Galen, 130~200 BC)对人体解剖的研究,等等。其后西方进入了漫长的中世纪的年代,科学的发展受到极大的压抑。但是即使在那个黑暗的年代,仍不断地有人在危险的条件下默默地探索着,如莱茵河畔的希尔德加德(Hildegard)修女写的《医学》一书继承和发扬了古希腊的创新精神,大胆地记录了她对动物、植物的观

察和用来当作药物的使用方法。

中国古代有神农尝百草的传说。古代贾思勰的《齐民要术》、明代李时珍的《本草纲目》以及历代花、竹、茶栽培和桑蚕技术书籍等,记录了大量对动物、植物的观察和分类研究。但总体看,这些工作突出的是在生产和医疗中的应用,并没有形成真正的科学体系。

二、现代生命科学创立和分支发展时期

目前,学术界普遍认为现代生命科学系统的建立开始于 16 世纪。其基本特征是人们对生命现象的研究牢固地植根于观察和实验的基础上,以生命为对象的生物分支学科相继建立,逐渐形成一个庞大的生命科学体系。现代生命科学可以说是从形态学创立开始的。1543 年,比利时医生维萨里(A. Vesalius, 1514~1564 年)的名著《人体的结构》的发表不仅标志着解剖学的建立,也直接推动了以血液循环研究为先导的生理分支学科的形成,其标志是 1628 年英国医生哈维(W. Harvey, 1578~1657 年)发表了他的名著《心血循环论》。解剖学和生理学的建立为人们对生命现象的全面研究奠定了基础。

18 世纪以后,随着自然科学全面蓬勃地发展,生命科学也进入了辉煌发展阶段,生命科学的重要分支相继建立,其中以细胞学、进化论和遗传学为主要代表,构成了现代生命科学的基石。

1665 年,罗伯特·胡克(Robert Hooke, 1632~1702 年)在他的《显微图谱》一节中第一次使用“细胞”(cell)一词。这是他对软木显微观察看到的细小蜂室状结构的描述,他在显微镜下还观察到了植物的活体细胞。进而,施莱登(Schleiden, 1804~1881 年)和施万(Schwann, 1809~1882 年)提出,细胞是生物体的基本结构单位。由此,逐渐形成细胞学说。细胞的发现和细胞学说建立的意义在于:从此人们认识到,形形色色的大千世界,不论是单细胞生物还是多细胞生物,不论是植物还是动物,所有生物都有着共同的结构基础;各种生物学现象,无论是发育的、生理的还是生化的,都获得了分析的依托和联络的纽带。细胞学的建立把人类对生命的认识带到了一个新的高度。

林奈(Linnaeus, 1707~1778 年)对现代生物分类系统的建立作出了卓越贡献,成为有史以来最伟大的生物分类学家。千姿百态的生物物种被科学地归纳在界、门、纲、目、科、属、种的秩序里。林奈生物分类系统的建立为生物进化理论的创立奠定了基础。经过 100 多年的酝酿,在布丰(Buffon, 1707~1788 年)、拉马克(J. B. Lamarck, 1744~1829 年)等工作的基础上,1859 年,达尔文(C. Darwin, 1807~1882 年)发表了《物种起源》。生物进化理论的创立不仅是生物学的一项伟大工作,也是人类思想史上的一次伟大的革命。

1856 年,现代遗传学创始人孟德尔(G. Mendel, 1822~1884 年)在“布隆自然历史学会”上宣读了自己的豌豆杂交实验结果,遗憾的是其工作的价值被埋没了 30 多年。直到 20 世纪初,当孟德尔发现的生物遗传规律几乎同时被几个人再次试验证实时,才引起了人们的注意。为遗传学作出重大贡献的另一位伟大的遗传学家是摩尔根(T. H. Morgan, 1862~1945 年)。20 世纪他以果蝇为实验材料确立了以孟德尔和摩尔根的名字共同命名的经典遗传学的分离、连锁和交换三大定律,并因此荣获了 1933 年的诺贝尔奖。遗传学科学地解释了生物的遗传现象,将细胞学发现的染色体结构和进化论解释的生物进化现象联系起来,指出了遗传物质定位在染色体上,从而推动了 DNA 双螺旋结构和中心法则的发现,为分子生物学的建立奠定了基础。

在 19 世纪中叶,法国科学家巴斯德(L. Paster, 1822~1895 年)创立了微生物学。微生物

学直接促使了医学疫苗的发明和免疫学的建立,推动了生物化学的进展,并为分子生物学的建立准备了条件。生物化学的辉煌发展出现在 20 世纪的前叶到中叶,围绕能量和生物大分子物质代谢的研究,发现了生物以三羧酸循环为中心的生物能量获取、利用的基本方式。从此一切生命的构成和活动被坚实地植根在物理、化学规律的基础上,人们也不再认为生物有什么超自然的神奇“活力”存在。

三、生命科学的新纪元

分子生物学的建立是生命科学进入 20 世纪最伟大的成就。遗传学的研究预示了生物遗传载体分子的存在,而 DNA 双螺旋结构的发现(J. D. Watson, F. Crick, 1953 年)直接促进了对生物 DNA→RNA→蛋白质中心法则(central dogma)的揭示。人们因此探索到了生命运作的基础框架和生物世代更替的联系方式。从此,以基因组成、基因表达和遗传控制为核心的分子生物学的思想和研究方法迅速地深入到生命科学的各个领域,极大地推动了生命科学的发展。

分子生物学是生物学向微观方向的发展,生态学则是生物学向宏观方向的发展。在新的科学技术条件下,其他传统的生物学各分支学科也改变了面貌。无论是在理论上还是在应用上,生命科学都在迅猛发展。

第三节 生命科学的研究方法

生命科学是自然科学中的一个学科,自然学科的一般研究方法也适用于生命科学,如通过观察、实验等手段研究现象及因果关系,获得科学事实;通过归纳、演绎等推理事实进行分析思考,形成理性认识;理论必须接受事实检验等。但是,生命科学又有其特殊性,主要表现为:①非生命科学研究的实体(如原子、分子、声波、电磁波),一般具有固定不变的特性,主要研究某类实体的共性,而生命科学研究的实体(如细胞、生物体、物种)却是活的、易变的,常常既要研究其共性,又要研究其个性;②生物体高度的复杂性和组织性,是非生命系统难以比拟的,因而,要把握生命系统中某一现象发生的全部条件和原因极其困难;③生物学研究常常难以定量,生物学定律一般只是定性描述;④依据生物学定律作出的预测,一般是概率性的,而不是严格确定性。但就广泛意义的科学方法而言,生命科学研究方法大致可以分为三大类型。

一、观察与描述

观察与描述是研究生命现象的最基本的方法。观察可以是针对大尺度的生态行为来进行,也可以对生命的细小部分借助仪器(如显微镜)来完成;可以对生命的活体过程进行观察(如胚胎发育过程),也可以将生命杀死固定并用特定方法(如染色、同位素标记)显示生命的瞬间结构和理化状态。这些观察的结果往往要经数据和资料的分析或再处理后才能得到对生命真实过程的了解。人们对生命现象的认识很多来自于观察,如物种的生态分布和地域、季节性迁移,胚胎的发育过程,细胞分裂时的染色体行为变化、细胞的超微结构等。

生命有自己的原理和定义,也有它的推导法则。但是生命现象是如此的复杂,观察与描述的任务就显得格外突出,没有这一步,人们不可能进入对生命深刻认识的阶段。科学观察的基本要求是客观地反映可观察的事物,并且是可以检验的。观察结果必须是可以重复的。只有可重复的结果才是可以检验的,从而才是可靠的结果。

观察需要有科学知识。如果没有必要的科学知识,就谈不上科学地观察。科学地观察应该是从看热闹中逐渐深入而发现其中的“门道”。另外,观察切不可为原有的知识所束缚。当原有的知识和观察到的事实发生矛盾时,只要观察的结果是客观的而不是主观揣测的,那就说明原有知识不完全或有错误,此时就应修正原有知识而不应有于原有知识而抹杀事实。做科学观察时既要尊重已有的成果,又不能受已有成果的限制。只有不断地修正观察的事实,才能使认识更接近于事实。

二、生物学实验

科学实验是在人为控制的条件下再现某种自然现象和过程,以研究其发生条件和规律。生物学实验就是在人工控制条件下再现某种生命现象和过程。例如,有计划地改变培养条件,观察某种生物的生长状况,以研究它对生长条件的要求;改变某种蛋白质的分子结构,看对其生理功能有什么影响,以研究结构与功能的关系等。

采用实验手段的一个重要目的在于使自然现象简化和单纯化,常常是控制其他所有条件不变,只让一个条件发生变化,看对结果有什么影响。

生物实验设计的一个重要内容就是对照实验的设置。物理和化学研究,对照实验常是用同一装置先后完成的。生命现象的影响因素特别复杂,很难控制全部相关条件,所以,在生物学研究中,对照实验经常是同时进行的。许多生物学实验只能在活体外进行,其结果不一定适用于活体内,这也使问题进一步复杂化。

生物学研究中,由于各种原因,通常不能直接用研究对象(如人体)做实验,需要使用模型或替代物。例如,研究人的生物学问题往往以动物替代。对生理过程(如视觉、听觉、思维过程)的研究,对生命起源问题的研究,直接研究难以进行,常常使用模式生物(model organism)加以模拟。

实验方法在当今生命科学研究中占有着优势的比例和重要的地位。一个好的实验的完成依赖于许多的因素,除了仪器设备、药品、资料的方便获得等条件外,实验者的素质条件也很重要。实验者除了应该具有必要的生物学知识、及时掌握有关的研究动态外,还要有精密的实验设计和敏锐的观察能力,要有良好的动手操作和分析归纳能力,更要有顽强的意志修养。

三、生命现象的人工模拟

人工模拟生命是又一类型的生物学研究方法。在生物学研究中广泛应用的、建立各种实验模型的方法就是对生命过程的一种模拟。无论是物理的、化学的还是数学的以至诸如经济学的方法和手段,都可以在一定的程度上借鉴用来模拟生命现象。

近年来已有用计算机手段直接模拟、探索思维活动规律的研究,如将生物信息输入计算机来分析高级神经活动的规律;函数化了的数学模型可以模拟许多生态结构变化的动力学过程,从而提示我们生态变迁的可能性并给出对它的预测;用计算机模拟生物生长发育过程的“实验”也有报道,实验者以生物发育过程中特定成分(如钙离子)浓度的分布为指标,在给定初始条件、作用法则和生长限定的情况下,通过计算机运算的迭代操作,直观地显现了一幅生动的伞藻顶端生长发育的画面,揭示了这一过程的动力学成因(Goodwin, 1994);用模拟远古地球表面可能存在的物理和化学环境的办法,在反应瓶里观察到简单的化学组成成分可以产生出多种重要的生物大分子(Miller, 1953);用生物演化适应度模型,即考察在对环境适应的过程中引起生物有序改变的内在总体因素(包括基因、蛋白质及其他)和它们之间的相互制约性来研究

生命计划汇总的有序起源(Kauffman, 1993),等等。值得注意的是,近年选取生物材料模拟生命复杂动力学过程的尝试已经开始,如在实验室里给出一定的促使生物发生系统性改变和再自组织过程发生的条件,观察生物的“进化”潜能和模式,这一方法无疑有着重要的理论和现实意义。可以预见,随着生物学研究的深入和各学科交叉的深入发展,这一类型的工作会越来越多,并将有力地推动生命科学的发展。

第四节 学习生命科学的意义

一、生命学科是 21 世纪的带头学科

在科学发展的历史上,各门学科并非齐头并进,常是一门或一组学科走在其他学科前面,从理论观念、思维方式或研究方法上对其他相关学科发挥重要影响,这就是带头学科。回忆自然科学史,近代科学的带头学科是力学,现代科学的带头学科是物理学,多数人们认为,21 世纪的带头学科是生命科学。因为生命科学的发展方向是朝着微观和宏观两个方向进行的,目前发展的趋势是宏观更宏、微观更微。无论是基础理论研究,还是应用研究方面,生命科学涉及面广,对其他学科渗透性强,甚至打破了自然科学和人文社会科学的界限,形成了多角度、多途径和多种方法的研究新领域,这是其他任何一个学科无可比拟的。所以说,21 世纪是生命科学的世纪。

二、生命科学在维持地球生态平衡方面将发挥关键作用

整个地球表面是一个巨大的生态系统,其中所有的生物及其生存环境构成了生物圈。在长期演化适应、与环境相互作用的过程中,才形成了地球上现在的生态系统,人类也就是在这样一个生态系统中进化而来的。人类在创造现代“物质文明”过程中,对自然进行了掠夺式的开发,同时也严重破坏了地球环境,实际上就是自绝生存之路。“保护地球环境,维持地球生态系统平衡,保护人类家园”,此理念正为越来越多的人所理解,生命科学将在其中发挥关键作用。生态学研究为维持自然生态平衡提供理论基础,运用生态系统中物种共生关系、物质循环再生利用、能量多层次利用等原理建立生态工程系统,将会在农业、工业、资源开发、城乡建设中全面展开。

三、生命科学在保证社会可持续发展方面将产生重要作用

当前,在全球范围内,物质文明建设的高度发展与生存危机并存。例如,人口爆炸、粮食短缺、能源枯竭、环境污染和疾病猖獗等严重问题困扰着人类,可持续发展已成为全球的呼声,对科技发展提出了更高的要求。在这种大背景下,人们对生命科学寄予了很大希望。例如,粮食问题会随着耕地的减少变得更加突出,依靠杂交育种提高单产的潜力不大,只有依靠基因工程在未来人工育种中发挥重要作用;用农副产品发酵生产乙醇,代替汽油作燃料,现在已进入实用阶段;人工模拟光合作用,利用太阳能分解水得到氢燃料,这样就有了用之不竭的可再生能源。

四、生命科学在促进人类健康长寿方面将起主导作用

医药的理论基础是生命科学理论的一部分。人类医学在 20 世纪取得了长足的进步,人均

期待寿命大为延长。但是,一方面,一些代谢性和器质性疾病对人类健康的威胁增加,另一方面,许多新的更为严重的传染病陆续出现,例如,艾滋病、SARS 和禽流感。可见,实现健康长寿的目标,还是任重道远。生命科学将从不同方面为医学保健服务:

1) 研制更有效的药物:如磺胺药、抗生素类、甾类激素、安定药和酶制剂等,都是生命科学的研究成果。生命科学技术的发展将可以发现更多更有效的药品,可以有更高效的提取技术,可以通过改造微生物提高发酵生产率或使其能生产新的发酵产物,有人预计,在 21 世纪,药品将主要依靠经过基因工程改造过的微生物发酵生产。

2) 在基因组基础上认识人体,理解疾病:人类基因组的长度约为 30 亿个碱基对,含 3 万多个基因。人类基因组的碱基顺序测定工作已经完成。将人的所有基因在染色体上定位并将其全部遗传信息的破译的科研课题已经开始。将来完成以后,有望从根本上了解各种遗传性疾病、癌症和心脑血管疾病的发病机制及防治途径,改造人的基因组成有可能成为增强体质、防治疾病的重要手段。

除了大量新的基因工程药物和基因治疗外,还有克隆人体器官等新的治疗手段,这些必将能使人类战胜多种疾病,并可大大提高医疗保健水平,延年益寿。

五、生命科学在提倡伦理道德文明方面将产生积极作用

从生物学方面看,人类是生物界的一员,人是一个物种,即智人。但从社会学角度看,人类又不同于普通生物,人类是文化的创造者和拥有者。事实上,对生命现象和本质的认识是适用于人类的,生物的技术也可应用于人类,因而生命科学的发展会引起一些伦理道德问题,如试管婴儿、器官移植、变性手术、终止妊娠、安乐死和克隆人等。所以,随着生命科学的发展,人类自身也面临着许多复杂和紧迫的问题,于是各种边缘和交叉学科更加引人注目,主要是生命法学和医学伦理学。生命法学有可能从法规、法律的角度研究和制定出一系列规范,把生命科学与生物技术的研究纳入人们可以接受的法制轨道,从而防止在生物技术应用中的一些不良行为和后果的发生。

由此可见,现代生命科学不仅自身得到了迅速发展,而且对其他学科也产生了积极的影响,特别是生命科学与人类社会的进步和发展息息相关。所以,在高等学校普及生命科学知识的意义和重要性是不言而喻的。

思 考 题

1. 什么是生命科学?
2. 生命的基本特征是什么?
3. 关于地球上生命起源的解释有哪些?
4. 研究生命科学的主要方法有哪些?
5. 在非生物类专业的大学生中普及生命科学知识有何意义?

主要参考文献

- 北京大学生命科学学院编写组. 2003. 生命科学导论. 北京:高等教育出版社
- 郝守刚等. 2000. 生命的起源与演化——地球历史中的生命. 北京:高等教育出版社
- 康育义. 1997. 生命起源与进化. 南京:南京大学出版社
- 沈显生. 2007. 生命科学概论. 北京:科学出版社

张惟杰. 1999. 生命科学导论. 北京: 高等教育出版社

Goodwin B. 1994. How the Leopard Changed Its Spots—The Evolution of Complexity. New York: Touchstone Rockefeller Center, Inc

Kauffman S A. 1993. The Origins of Order—Self Organization in Evolution. New York: Oxford University, Inc

Miller S L. 1953. A production of amino acids under possible primitive earth conditions. Science, 117: 528, 529