



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Essential Modern Biology

现代生物学基础

(第2版)

主编 靳德明



高等教育出版社
Higher Education Press



Essential Modern Biology

Essential
Modern Biology

现代生物学基础

[第2版]

王德芳





普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Essential Modern Biology 现代生物学基础 (第2版)

主 编 靳德明 (华中农业大学)

副主编 周永红 郑钦玉

编 委 (以姓氏笔画为序):

丁春邦 (四川农业大学)

王海英 (辽宁工业大学)

吴小平 (福建农林大学)

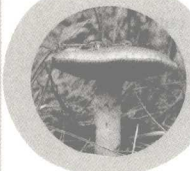
周永红 (四川农业大学)

郑钦玉 (西南农业大学)

靳德明 (华中农业大学)

解新明 (华南农业大学)

Modern



高等教育出版社

内容简介

全书共12章,以生物进化为纲,系统地介绍了生命起源与生命的基本单位、生物的物质能量代谢与营养、生物的生长发育和生殖、生物的遗传变异及其分子基础、现代生物技术、生物进化与生物多样性(微生物、植物和动物)、生物与环境的关系等方面的基本知识。

本书可作为生物学类和非生物学类本科生的普通生物学或现代生物学基础课程的教材或参考书。作为一本现代生物学入门书籍,它也适合对生命科学感兴趣的各界人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代生物学基础/靳德明主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-026324-4

I. 现… II. 靳… III. 生物学-高等学校-教材
IV. Q

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第043610号

策划编辑 潘超 责任编辑 田军 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉
版式设计 王莹 责任校对 俞声佳 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京新丰印刷厂

开本 850×1168 1/16
印张 19.75
字数 490 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2000年7月第1版
2009年5月第2版
印次 2009年5月第1次印刷
定价 25.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26324-00

第2版前言

随着生命科学的迅速发展及其对人类社会经济生活影响的加深,近年来很多高等院校为生物学类和非生物学类专业的本科生增设了生物学通识类课程如普通生物学、生命科学导论、现代生物学基础等课程。

本书沿袭了第1版的编写体例,大致以生命物质演化和生物进化的时空秩序为主线编排章节,各章节内容的衔接有其自然的逻辑关系。全书内容涉及现代生物学的各主要分支学科,力图系统地反映现代生物学的概貌。本书配有约200幅插图,希望以图文并茂的形式帮助读者理解和掌握相关知识。与第1版相比,第2版除根据现代生物学的发展作了相应的内容增补和更新之外,特别加强了对微生物、植物和动物等主要生物类群的基础知识的介绍,使本书更适宜作为生物学通识类课程的教材。为了兼顾系统性、完整性而又避免繁芜,特别注意了编写内容及附图的精选和文字的简练。

本书共分12章,各章编写人员及分工是:靳德明编写第1、2、4、8章,周永红编写第6、7章,郑钦玉编写第5、12章,王海英编写第3章,吴小平编写第9章,丁春邦编写第10章,解新明编写第11章。全书由靳德明统稿,统稿过程中为避免不同章节内容的重复和保持全书体例的一致性,对各章内容进行了一些调整。例如,第3章有关细胞工程的部分内容并入了第7章;第10章有关单细胞藻类等内容并入了第9章,被子植物胚胎发育等内容并入了第5章;第11章有关原生动物的内容并入了第9章,脊椎动物组织的部分内容并入了第3章。本书编写者都是长期在生物学相关领域从事教学科研的中青年教授、博士,编写内容中融入了各位编者丰富的工作积累。

由于我们的编写水平和能力有限,难免存在错误之处,恳请同行专家和读者给予指正。

编者

2008年12月8日

第 1 版前言

21 世纪将是生命科学的世纪,这已成为许多科学家的共识。随着生命科学在整个自然科学中地位的迅速提高,近年来,很多农林院校和其他高等院校为各种专业的本科生开设了“现代生物学基础”或“现代生物学导论”课程。

生物学是农林学科和医学的基础科学,因此,农林院校在生物学类的科研和教学方面具有一定优势。然而,长期以来在课程设置为培养专业人才服务这一传统教育思想的指导下,不同专业的课程设置泾渭分明:通常农学、植保、园林等专业很少开设动物学类课程(只开设与植物保护有关的昆虫学课程);同样,畜牧、兽医、水产等专业很少开设植物学类课程;至于在农林院校中非农科专业的课程表上,就更难见到生物学类的课程。然而,知识经济时代要求大学毕业生具有更全面的知识结构,因此,教育思想正在发生深刻变化,越来越重视复合型人才的培养。从这个新的视角看问题,任何专业的大学生都应该全面了解现代生物学基础知识,否则将可能被排斥在 21 世纪蓬勃发展的生命科学及其交叉学科之外。

在国家教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”项目的积极推动下,华中农业大学为农科专业本科新生开设了“生物学基础”课,以利学生在转入专业课学习之前,从宏观上了解生物学的概貌,希望以“先观森林,再看树木”的教学方式,改变以往许多大学生生物学知识面狭窄,“只见树木不见森林”的倾向。该校生物学基础课程已连续开设三年,取得了很好的教学效果,并由史红梅、赵建伟和李合生合编了一本校内规划教材——《生物学基础》。此外,靳德明根据其近年在欧美接触的现代生物学科研究和教学方面的新成果,从 1997 年开始在该校开设了面向全校各专业的“生命科学导论”公共选修课,学生报名选课和听课的热情亦很高。其他农林院校如山东农业大学、西北农业大学等也先后开设了“生物学基础”课程。本书便是在上述教学改革研究与实践的基础上编写的。

为了及时反映现代生物学及相关学科的最新进展,在《现代生物学基础》的编写中,我们参考了近年出版的国内外多种相关专业书籍和教材。我们还特意查阅了最近三年来在 Science 和 Nature 上发表的大量科学评论、综述及重要的科研论文,其中部分论文列入了本书的参考文献中,以便读者进一步深入学习。

作为一本面向新世纪的生命科学入门教材,本书在编写体系和内容上作了较多的改革和更新。本书大致以生命物质演化和生物进化的时空秩序为主线编排章节,各章节内容的衔接有其自然的逻辑关系。全书内容涉及现代生物学各主要分支学科,力图系统地反映现代生物学的概貌。为了兼顾内容的全面性和完整性而又不使教学内容太多,我们编入了部分选修内容(在相应的标题处加*号者),供感兴趣的读者自学。本书配有 128 幅插图和 15 个附表,其中多数图表引自近年国内外相关书籍和论文,少数为自己编绘,并对所引用的大多数图及表作了相应的修改和加工。

本书共分 17 章,各章编写人员及分工是:靳德明编写第 1、2、9、10、11、17 章;彭卫东编写第 8、15、16 章;史红梅编写第 4、5 章,以及第 3、7 章中细胞分裂、细胞全能性和克隆生物等内容;王慧编写第 12、14 章和第 7 章大部分内容;李彬编写第 6、13 章和第 3 章大部分内容。全书由靳德明统稿并负责全书附图的选定和编绘。此外,参考审稿人的意见,补充编写了细胞凋亡、营养物质转运等

内容。

本教材的编写得到了高等教育出版社的大力支持和帮助,责任编辑孟方女士为本书的出版付出了大量心血。承蒙中国科学院院士陈华癸教授和中国工程院院士、全国高等农业院校教学指导委员会副主任委员汪懋华教授为本书作序。武汉大学生命科学院院长何光存教授和华中农业大学李合生教授在百忙中仔细审阅了本书的初稿并提出了许多宝贵的修改意见。在插图的加工过程中还得到了蔡明历高级工程师的协助。我们谨在此一并表示衷心地感谢!

由于我们的知识水平和能力有限,经验不足,加之编写时间紧迫,这本教材难免存在错漏之处,恳请各位同行专家和读者予以指正。谢谢!

编者

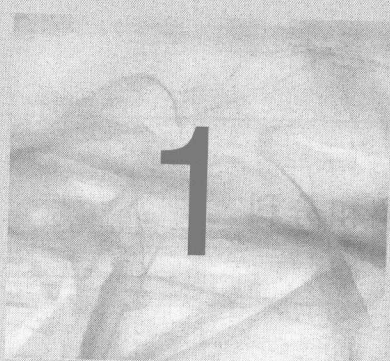
2000年2月

目 录

1 绪论	1	3 细胞——生命的基本单位	24
1.1 生物学的研究对象和分科	2	3.1 细胞的发现及细胞学说的建立	25
1.1.1 生物学的研究对象	2	3.1.1 细胞的发现	25
1.1.2 生物学的分科	2	3.1.2 细胞学说的建立	25
1.2 生物多样性与统一性	3	3.1.3 细胞的概念	26
1.2.1 生物多样性	3	3.2 细胞的组成成分、形态和类型	27
1.2.2 生物统一性	4	3.2.1 细胞的元素组成	27
1.3 生物学的产生和发展	5	3.2.2 细胞的分子组成	27
1.3.1 人类早期生物学知识的累积和 应用	5	3.2.3 细胞的形态、大小和数目	28
1.3.2 生物学作为独立自然科学的形成	6	3.2.4 原核细胞与真核细胞	29
1.3.3 现代生物学的建立和发展	7	3.3 真核细胞的结构与功能	31
1.4 认识生命现象的科学过程	7	3.3.1 细胞膜	31
1.4.1 科学原则:因果性和一致性	7	3.3.2 细胞质及细胞器	32
1.4.2 科学思维:归纳和演绎	8	3.3.3 细胞核	37
1.4.3 科学方法:观察、假说、实验和理论 ..	8	3.3.4 细胞壁	38
复习思考题	9	3.4 细胞分裂、分化和癌变	38
2 宇宙、地球与生命	10	3.4.1 细胞分裂	38
2.1 宇宙演化与物质形成	11	3.4.2 细胞分化	42
2.1.1 宇宙、星系和恒星	11	3.4.3 细胞的癌变	45
2.1.2 宇宙起源、恒星演化与元素形成	11	3.5 细胞的衰老与凋亡	46
2.2 太阳系形成与行星地球的特 殊性	12	3.5.1 细胞衰老	46
2.2.1 太阳系的形成和演化	12	3.5.2 细胞凋亡	47
2.2.2 行星地球的特殊性	13	复习思考题	48
2.3 地球演变与生命起源	14	4 生物的新陈代谢	49
2.3.1 原始地球演变与生命物质基础	14	4.1 细胞呼吸与能量代谢	50
2.3.2 生命起源——从分子到细胞	15	4.1.1 生物有序性与自由能	50
2.3.3 早期单细胞生物的进化与地球的 演变	17	4.1.2 ATP 的结构与功能	50
2.4 地球外生命的探索	20	4.2 呼吸作用途径	52
复习思考题	22	4.2.1 无氧呼吸	52
		4.2.2 有氧呼吸	55
		4.3 光合作用和其他同化作用	58
		4.3.1 光合作用	58

4.3.2 化能合成作用	63	7.1.3 生物技术的产生和发展	131
4.3.3 生物固氮作用	63	7.2 DNA 重组技术与基因工程	132
4.4 生物的营养	64	7.2.1 获取目的基因	133
4.4.1 自养生物的营养	65	7.2.2 DNA 重组和基因克隆	135
4.4.2 异养生物的营养	67	7.2.3 遗传转化	139
复习思考题	72	7.2.4 转化子的筛选和鉴定	141
5 生物的生殖与发育	73	7.2.5 基因工程的应用	143
5.1 生命周期与生殖方式	74	7.3 细胞工程、蛋白质工程、酶工程和	
5.1.1 生命周期	74	发酵工程	144
5.1.2 生殖方式	75	7.3.1 细胞工程	144
5.2 胚胎发育	82	7.3.2 蛋白质工程	150
5.2.1 动物的胚胎发育	82	7.3.3 酶工程	152
5.2.2 植物的胚胎发育	86	7.3.4 发酵工程	152
5.3 胚后发育	88	7.4 生物技术与生物安全	153
5.3.1 生长与发育	88	7.4.1 转基因技术的安全性	154
5.3.2 衰老与死亡	89	7.4.2 克隆人的社会伦理问题	154
复习思考题	90	7.4.3 个人基因信息的隐私权问题	155
6 生物的遗传与变异	91	7.4.4 基因治疗的应用范围问题	155
6.1 遗传的基本规律	92	7.4.5 生物武器及其他问题	156
6.1.1 一对基因遗传与分离定律	92	复习思考题	156
6.1.2 两对基因遗传与独立分配定律	95	8 生物进化与生物多样性	158
6.1.3 连锁与交换定律与染色体遗传	98	8.1 生物进化的理论与证据	159
6.1.4 非孟德尔遗传现象	104	8.1.1 生物进化理论	159
6.1.5 环境对基因表达的影响	109	8.1.2 生物进化的证据	163
6.2 遗传的分子基础	110	8.2 物种的起源与进化机制	167
6.2.1 DNA 是遗传物质的发现和证明	110	8.2.1 物种的概念	167
6.2.2 DNA 的结构和功能	111	8.2.2 生物种群的遗传变异	168
6.2.3 RNA 的结构和功能	113	8.2.3 物种的起源与大进化	170
6.2.4 遗传信息的表达	115	8.2.4 物种选择与灭绝	172
6.2.5 基因表达的调控	121	8.3 生物进化的历程	173
6.2.6 基因突变	123	8.3.1 单细胞生物的进化	175
复习思考题	127	8.3.2 多细胞生物的起源	175
7 生物技术	129	8.3.3 多细胞生物的进化	177
7.1 生物技术的定义和主要内容	130	8.4 生物进化与分类	187
7.1.1 生物技术的定义	130	8.4.1 生物多样性的分类	187
7.1.2 生物技术的主要内容	130	8.4.2 生物界的划分及其进化关系	188
		复习思考题	189

9 微生物	190	11.1.9 脊索动物门(Chordata)	240
9.1 原核微生物	191	11.2 脊椎动物的基本结构与功能	241
9.1.1 细菌	191	11.2.1 皮肤系统	241
9.1.2 其他原核微生物	195	11.2.2 运动系统	243
9.1.3 古细菌	197	11.2.3 消化系统	244
9.2 真核微生物	199	11.2.4 呼吸系统	245
9.2.1 原生生物	199	11.2.5 循环系统	246
9.2.2 真菌	202	11.2.6 排泄系统	249
9.3 病毒	207	11.2.7 生殖系统	251
9.3.1 病毒的基本特征	207	11.2.8 神经系统	253
9.3.2 病毒的主要类型	208	11.2.9 内分泌系统	257
复习思考题	211	11.3 动物的行为	258
10 植物	212	11.3.1 动物行为的获得	259
10.1 植物的主要类群及其基本 特性	213	11.3.2 动物行为的类型	261
10.1.1 藻类植物	213	复习思考题	265
10.1.2 苔藓植物	215	12 生物与环境	266
10.1.3 蕨类植物	216	12.1 生物种群的分布和动态 变化	267
10.1.4 裸子植物	218	12.1.1 种群的空间分布特征	267
10.1.5 被子植物	219	12.1.2 种群的数量动态特征	269
10.2 高等植物的基本结构与功能	220	12.1.3 人口增长及相关因素	272
10.2.1 植物的营养器官	220	12.2 生物群落与种间关系	274
10.2.2 植物的生殖器官	230	12.2.1 生物群落	274
复习思考题	232	12.2.2 种间关系	280
11 动物	233	12.3 生态系统和生物圈	283
11.1 动物的门类及其基本特征	234	12.3.1 生态系统	283
11.1.1 海绵动物门(Spongia)	234	12.3.2 生物圈	290
11.1.2 腔肠动物门(Coelenterata)	235	12.4 人类活动对环境的影响	295
11.1.3 扁形动物门(Platyhelminthes)	235	12.4.1 陆地生态系统	295
11.1.4 原体腔动物门(Protocoelomata)	236	12.4.2 水域生态系统	296
11.1.5 环节动物门(Annelida)	237	12.4.3 大气和气候	297
11.1.6 软体动物门(Mollusca)	238	12.4.4 生态环境保护	300
11.1.7 节肢动物门(Arthropoda)	239	复习思考题	300
11.1.8 棘皮动物门(Echinodermata)	239	主要参考文献	301



绪 论

- 1.1 生物学的研究对象和分科
- 1.2 生物多样性与统一性
- 1.3 生物学的产生和发展
- 1.4 认识生命现象的科学过程

本章提要

什么是生物学？生物学是研究生物的科学。什么是生物？生物是具有生命的物体。如果进一步问：什么是生命？生命现象有哪些基本特征？生物学家是如何研究和认识复杂的生命现象的？生物学是怎样建立和发展起来的？现代生物学的知识体系包括哪些分支学科？生物学的意义和发展前途有多大？对于这些问题，就不再是一句话所能够回答的了，但这些又都是生物学的初学者常常急于提出的问题。因此，在系统地介绍现代生物学的基础知识之前，本章试图先对上述问题作一些概括性的说明。

1.1 生物学的研究对象和分科

1.1.1 生物学的研究对象

生物学(biology)又称为生命科学(life science),是研究生物和生命现象的科学,其研究对象包括各种生物的生命活动、生物的发生与发展规律以及生物与生存环境之间的相互作用。整个物质世界可划分为非生物界和生物界,而生物学的研究对象包括整个生物界高度复杂的各种生命物质形态,同时也涉及构成生物生存环境的一些非生物界的物质形态。从这个意义上讲,生物学是研究领域最广泛的自然科学。

1.1.2 生物学的分科

现代生物学已发展成为包括众多分支学科的庞大知识体系。各门分支学科的内容主要是根据具体的研究对象、研究方面、研究层次和研究方法的不同来划分的。

生物学的一些分支学科是根据其研究对象所属的生物类群划分的,如动物学(zoology)、植物学(botany)、微生物学(microbiology)、人类学(anthropology)以及古生物学(paleontology)等,这些学科还可分为更小的分支学科,如由动物学分出昆虫学(entomology)、鱼类学(ichthyology)等。

由于生物体的高度复杂性,对生命活动的各个方面和各个层次需进行专门研究。

根据研究方面的不同而划分的学科主要有:形态学(morphology)、解剖学(anatomy)、分类学(taxonomy)、胚胎学(embryology)、遗传学(genetics)、生理学(physiology)、病理学(pathology)、病毒学(virology)、免疫学(immunology)、神经生物学(neurobiology)、发育生物学(developmental biology)、进化生物学(evolutionary biology)、行为学(ethology)和社会生物学(sociobiology)等。

根据研究层次划分的学科主要有:分子生物学(molecular biology)、细胞生物学(cell biology)、组织学(histology)和生态学(ecology)等。

以研究方法划分的分支学科主要有:生物化学(biochemistry)、生物物理(biophysics)、生物地理(biogeography)和生物技术(biotechnology)等。

上述分支学科又可分解、合并和重组而形成其他分支学科,如植物生理学(plant physiology)、动物胚胎学(animal embryology)、分子遗传学(molecular genetics)和分子细胞生物学(molecular cell biology)等。

随着生物学的迅速发展以及与其他自然科学的相互渗透,新兴分支学科不断涌现。例如,随着分子生物学的发展,产生了生物信息学(bioinformatics)、基因组学(genomics)、功能基因组学(functional genomics)、蛋白质组学(proteomics)等;随着人类进入太空,产生了宇宙生物学(astrobiology)这一新学科。

生物学又是农学(agronomy)、畜牧学(animal husbandry)、食品科学(food science)、医学(medicine)和环境科学(environment science)等应用科学的基础科学,从应用研究角度又可分出多种分支学科,如作物学(crop science)、家畜育种学(animal breeding)、食品微生物学(food microbiology)、医学解剖学(medical anatomy)、药用植物学(medicobotany)和森林生态学(forest ecology)等。因此,生物科学的实际分支学科更多。

随着生物学的发展,一些研究领域的分支学科有越分越细、越分越多的现象。另一方面,生物

学各分支学科之间以及生物学与其他自然科学之间又呈现日益相互渗透、彼此交融的趋势。

1.2 生物多样性与统一性

1.2.1 生物多样性

地球上的生物种类繁多,从幼嫩的小草到参天的大树,从水中的游鱼到天上的飞鸟,从肉眼看不见的微生物到海洋中的庞然大物蓝鲸,从人工栽培的作物、驯养的畜禽到人类自身,都是生物。各种生物在形态结构、生活习性以及对环境的适应方式等方面千差万别。多种多样的生物相互依存,共同组成了蔚然壮观、生机勃勃的生物界。

生物多样性(diversity of organisms 或 biological diversity)指一定时间和空间范围内生存的各种生物(植物、动物和微生物)变异性的丰富程度。生物多样性通常分为遗传多样性(genetic diversity)、物种多样性(diversity of species)和生态系统多样性(diversity of ecosystems)三个层次。其中,物种多样性指一定区域内物种的数量,常用物种多样性粗略估计生物多样性。遗传多样性则不仅包括不同物种间的遗传变异多样性,还包括对物种内遗传变异的衡量。一般来说种群大的物种遗传多样性较大,而濒危物种通常种群小、遗传多样性低。生态系统多样性则包括生物多样性和环境资源的丰富程度两方面。通常,自然生态系统(如原始森林等)比人工生态系统(如城市、工矿生态系统等)的生态系统多样性更大,因此自然生态系统中生物多样性更大而且更稳定。

人类的生存和发展依赖于对生物多样性的利用。人类已使用大约 5 000 种植物作为食物,但只有约 150 种进入商品市场,不足 30 种成为人们广泛种植的粮食作物,其中水稻、小麦和玉米 3 种作物约占人类粮食总需求量的一半。在人类饮食中,动物提供所需蛋白质的 1/3 左右,其中在发展中国家约为 20%,发达国家约为 55%。能作为食物的动物种类之多不计其数,但只有 50 多种动物作为家禽、家畜被驯养。除了鱼类,动物食品主要来自 10 多种家养动物,如牛、羊、猪、鸡、鸭、鹅等。植物、动物和微生物资源还是医药和轻工业的主要原材料。随着生态学和生物技术的发展,人们对生物多样性的生态重要性和基因多样性的潜在价值的认识进一步加深。

生物多样性是极其宝贵的自然资源,但我们对生物多样性的研究还很不充分。事实上,我们迄今并不完全清楚地球上生物资源的家底,不同的生物学家对地球上究竟有多少生物物种所作出的判断大相径庭。

到目前为止,生物学家已发现、命名和记录了近 200 万种生物,其中 70% 以上是动物(大部分是昆虫),约 22% 是植物和真菌,约 5% 是单细胞生物。生物分类专家都同意迄今对生物物种的研究是不完全的,但对存在多少未知物种的看法不一致。一些生物学家估计,已发现的物种大约只是实际存在的物种数的 1/3 ~ 1/2,据此推测地球上 有 300 万 ~ 500 万种生物。然而,美国昆虫学家 Erwin 1983 年研究亚马孙河流域热带雨林树冠层的昆虫之后,发现其中 90% 以上是未知物种,因此推测全球物种数可能高达 1 000 万 ~ 3 000 万种。由于迄今很少研究像深海底层、珊瑚礁、土壤和原始森林树冠层等特殊生境的生物,有人甚至认为地球上物种总数有可能高达 5 000 万种。

人类活动对生物多样性的影响是多方面的,但最深刻和不可逆转的影响是加速了物种的灭绝。人类对物种灭绝速度的影响可追溯到几千年以前,但自 19 世纪开始,人类活动给生态系统造成的破坏对生物多样性的负面影响明显加剧。据估计,鸟类和哺乳动物现在的灭绝速度是其

自然灭绝速度的 100 ~ 1 000 倍,而大规模毁林可能已导致大批还未被描述过的昆虫等生物悄然消失了。

有关生物多样性的保护与持续利用问题,近年已引起全世界范围的普遍关注。国际生物多样性公约和各种特殊生态区保护公约等国际公约为全球生物多样性保护提供了一定的立法基础和基金来源。更重要的是,公众生态保护意识的加强必将有利于生物多样性保护。人类应该有足够的智慧避免亲手葬送掉自己赖以生存和发展的生物多样性资源。

1.2.2 生物统一性

生命形态的多样性并不妨碍我们将其归为一类,统称为生物——生活着的物体。具有生命这一特性,使一切生物可与非生物明确区别开。生命具有下述一系列特殊的基本特征:

(1) **有序性 (order) 与新陈代谢 (metabolism)**: 生物具有远远超越任何非生物的高度有序性。生物体的元素组成都是非生物界存在的,并无特殊之处。但构成生物的分子却相当独特,主要是一些以碳链为骨架的高度复杂的有机大分子,如核酸、蛋白质、脂质和糖类,这些有机大分子再以特定的精妙组合方式构成生物的基本单位——细胞。单细胞生物个体仅由一个细胞构成,而多细胞高等生物个体常常由亿万个在结构和功能上发生了分化的细胞构成。

生物有机体是一个开放系统,它通过与外界进行物质交换获取所需的物质和能量,排除不需要的物质,同时生物体内的物质不断发生一系列相互联系的分解反应和合成反应,这些过程称为代谢或新陈代谢。分解代谢是将有机大分子分解成较小的分子并从中截获化学能。合成代谢则是利用小分子和能量逐步合成各种生物大分子,用于建立新结构和更新旧结构等。例如,每个成年人每天平均约更换掉身体中 1% 的细胞,也就是说每天要重建约 6 000 亿个细胞。分子的更新速度更快,成年人每天约更换 3% 的蛋白质,平均每公斤体重每天约需 1 g 蛋白质,用于补充在蛋白质分解和重新合成过程中的损耗,同时排除相当数量的含氮化合物。

生物个体依靠不停的代谢反应获取能量和不断更新组成成分来维持其高度有序的组织结构。代谢途径本身也是高度复杂有序的反应网络。生物个体不是孤立的,而是由同种和异种生物个体的相互作用进而形成种群、群落、生态系统等较高层次的有序的结构与功能。生物界所有层次、结构和功能及其发生、发展和变化过程也都是严整有序的。

(2) **生长 (growth) 和发育 (development)**: 生物有机体由小到大的过程称为生长,单细胞生物表现为细胞体积和质量的增加,多细胞生物则主要表现为细胞数目的增加。

在多细胞生物生长过程中,还伴随细胞分化以及组织、器官和形态建成的过程,也就是说,生物体在结构和功能上有一个从简单到复杂的内在质变过程,即发育过程。

生物的生长发育是最显而易见的生命特征之一,例如,种子植物从种子发芽到开花结果,高等动物和人从受精卵到胚胎,从幼体到成体,都要经历一系列的生长发育过程。

(3) **稳态 (homeostasis) 和适应 (adaptation)**: 生物体具有一定的调节和维持内环境稳定的能力。外在环境出现很大波动时,生物仍能维持自身的相对稳定,使生物可以在一定程度上克服外在环境条件的制约而进行正常的生命活动。例如,不论气温高低,人的体温在正常情况下始终维持在 37℃ 左右。内环境稳定又称为稳态,生物的稳态性表现在细胞、组织、器官系统、个体、群落和生态系统各个层次。

生物必须适应其生活的环境才能生存,各种生物以其独特的方式适应特定的环境。生物适应环境的例子不胜枚举:海豚流线型身躯适应游泳,信天翁的双翅和体形适应长时间在空中翱

翔,蝴蝶的口器适应吸取花朵中蜜腺分泌的花蜜,许多昆虫的保护色适应躲避敌害,长臂猿的长臂适应在森林树栖生活环境中灵活地攀援跳跃等。

人类是唯一不适应特定环境,而又能在各种环境中生存的生物。这是因为人类在进化过程中另辟蹊径,不是完全被动地适应自然环境,而是主动地以各种方式改造环境使之适应自己的生存。例如,穿衣御寒创造了一个贴身的温暖小环境,使人类可以在北极圈内生存而不需要像北极熊那样长出厚密的绒毛。

(4) **反应 (responsiveness) 和运动 (motility)**: 生物能对环境的物理化学变化的刺激作出反应。引起反应的刺激包括光、温、水分和营养物质浓度变化等。植物叶片等器官的趋光生长,微生物的趋化性都属于反应。复杂的动物有专门的器官系统——神经系统,以便作出正确反应。反应通常可分为瞬间反应和延缓反应,例如,当人的手指无意触及高温物体时会迅速缩回,这就是瞬间反应,而延缓反应指生物接受环境刺激后经过一个信息处理过程再作出的反应。

运动是生物的另一特征。一些单细胞生物利用鞭毛和纤毛的摆动进行运动。植物看似不动,但其叶片上的气孔有开闭的运动,一些植物细胞中的原生质也在不停地作环流运动。动物的运动最显著,其捕食、逃生本领在很大程度上取决于运动能力。高等动物和人在一生中心脏都在跳动。能够自主运动常常被当做动物和人类生命存在的标志特征。

(5) **生殖 (reproduction) 和遗传 (heredity)**: 前述 4 个生命特征可在一定时期内维持生物个体的生存,但生物个体的生存期终究是有限的,生命的长期延续有赖于生物另一个特征——生殖和遗传。生物通过生殖产生与它们自身相似的后代个体,亲代个体的特征传递给后代个体称为遗传。单细胞生物通过细胞分裂进行一分为二的简单增殖。多细胞生物则以无性生殖和有性生殖方式产生后代个体,其中有性生殖是高等生物的主要生殖方式。例如,各种种子植物、绝大多数动物和人类通常都以有性生殖方式繁殖后代。

(6) **变异 (variability) 和进化 (evolution)**: 生物并不是一成不变的代代相传,后代个体的特征不同于亲代个体称为变异。地球上的生物经历了一个漫长的发展变化过程,生物的发展变化即进化。通过对古生物化石的研究,对生物遗传物质的分子生物学研究,以及对其他证据的研究,多数现代生物学家相信,所有现代生物有共同起源,千差万别的生物是在长期的进化过程中通过遗传变异的积累逐渐形成的,所有现在生活着的各种生物类群就像是一棵古老的进化树上的众多新枝条。生物进化是生物多样性和统一性共存的根本原因。

综合上述 6 个生命特征,可以作为划分生物与非生物的相当可靠的依据。唯一的例外是病毒类物质形态,当病毒进入寄主细胞内时能表现某些生命特征,如类似繁殖行为的复制增殖等,但当病毒单独存在时则不表现这些生命特征。因此严格地讲,病毒不是独立的生物。但是病毒作为既可以独立存在于生物体之外,又能在寄主细胞中复制增殖并引起生物病变的一类特殊的大分子有机体,显然应属于生物学的重要研究对象。

1.3 生物学的产生和发展

1.3.1 人类早期生物学知识的累积和应用

人类的生物学知识源远流长。狩猎采集 (hunter-gatherer) 时期的史前人类,对作为其取食对象的动植物的基本形态、解剖特征和行为特性就有较深刻的认识。例如,发现于法国南部 Chau-

vet 等洞穴中的一系列距今三万多年的岩画,生动地描绘着犀牛、熊、狮、猫头鹰等动物,展现了史前人类具有丰富的动物形态学知识。在发生于大约一万年前的农业革命 (agricultural revolution) 时期,人类第一次创造性地大规模应用所掌握的生物学知识,驯化动植物,逐步建立和发展了种植业和养殖业,从而掌握和促进了对人类生存至关重要的食物生产,实现了从流动的渔猎社会向定居的农业社会的变迁。

随着文字的发明,以及农业和医学的发展,人类开始记载各种有关生物学的知识,进一步促进了生物学知识的累积、传播和应用。最早发展起来的是与农业、医学有关的生物形态解剖学和分类学知识。距今三千多年的我国殷商甲骨文中就有许多动物和植物名称。在二千多年前的春秋战国时期,古籍《诗经》记载了近 200 种动植物。《吕氏春秋》的《上农》、《任地》、《辨土》、《审时》等篇都是最早的农学文献,讨论了作物栽培与耕作的原理。古医书《内经》记载了许多人体解剖学知识,并提出了“心主身之血脉”、“经脉流行不止,环周不休”的正确血液循环观念。古埃及、古希腊和古罗马时期也有许多关于动物和人体解剖学知识和动植物分类学知识的记载。例如二千多年前古希腊学者亚里士多德 (Aristotle) 和提奥弗拉斯特 (Theophrastus) 曾分类描述过近千种动物和植物。

虽然生物学知识的来源可追溯到史前时期,文献记载也有数千年的历史,但直至 18 世纪仍大体停留在对有关生物的事实资料的简单记述阶段。由于生物多样性和复杂性,加上宗教迷信的影响等原因,生物学作为一门系统的自然科学的建立,远远滞后于数学、物理学、化学等学科。

1.3.2 生物学作为独立自然科学的形成

欧洲文艺复兴和随后资本主义生产的兴起,促进了科学技术的全面发展。16 世纪,荷兰人詹森 (H. & Z. Janssen) 父子试制成功复式显微镜,其后 17 世纪英国人胡克 (R. Hooke) 用自制的显微镜首先观察到植物组织的细胞结构。自 16 世纪至 18 世纪,欧洲兴起了包括动物、植物的收集、考察和分类研究的博物学。18 世纪,瑞典博物学家林奈 (C. Linnaeus) 综合前人的工作,创立了以等级从属单位分类和双名法命名物种的科学分类系统,其《自然系统》一书代表了博物学阶段生物学研究的巨大成就。

19 世纪初,生物学从博物学中脱胎而出,成为一门新兴的独立学科。生物学的许多重要的理论体系和分支学科也都是在 19 世纪建立的。例如,施莱登 (M. Schleiden) 和施万 (T. Schwann) 等于 1838—1839 年提出细胞学说 (cell theory),指出细胞是生物体的基本单位,说明了生物基本结构的统一性。实验生物学家在微生物学、生理学、生物化学的研究中也取得了很大成功,如巴斯德 (L. Pasteur) 于 1864 年以精确的实验证明包括微生物在内的各种生物只能由已经存在的生物产生。

19 世纪英国生物学家达尔文 (C. Darwin) 于 1831 年开始搭乘“贝格尔”号军舰作了历时 5 年的环球航行,搜集和考察了大量生物和化石材料。回国后又潜心研究 20 多年,终于在 1859 年出版了《物种起源》这部具有划时代意义的著作。这部著作系统地提出了科学的生物进化理论,标志着人类科学地认识生命现象的一次思想革命。达尔文的进化学说也深刻地影响了其他自然科学和社会科学的理论和思想体系,其影响所及远远超越了生物学范围。

19 世纪生物学领域的另一位大师孟德尔 (G. Mendel) 通过 8 年严谨的豌豆杂交实验,于 1866 年发表了《植物杂交试验》这篇经典的遗传学论文,提出遗传因子假说和分离定律、独立分配定律两大遗传规律。然而,其超越时代的科学见解并没有引起当时生物界的注意。

1.3.3 现代生物学的建立和发展

在 20 世纪,由于物理学、化学等自然科学的渗透,各种先进研究设备和方法的应用,使生物学的发展更为迅速。

20 世纪伊始,德弗里斯(H. de Vries)、柯伦斯(K. Correns)和西马克(E. Tschermak)于 1900 年几乎同时发现了他们各自的实验结果与前辈孟德尔研究论文的结论相符。孟德尔遗传理论的“重新发现”立即引起强烈反响,预示生物学的核心学科——遗传学的发展时机已经成熟。随后,摩尔根(T. Morgan)等在孟德尔遗传规律的基础上,开展果蝇的细胞遗传学实验研究,于 1926 年发表《基因论》,提出了另一个遗传规律即基因连锁和交换定律,确定基因存在于染色体上。从而基本建立了以三大遗传定律为核心的经典遗传学理论。

20 世纪 40 年代,遗传学和生物化学在微生物学领域结合起来。比德尔(G. Beadle)等 1941 年提出“一个基因一个酶”学说,把基因与蛋白质功能联系起来。艾弗里(O. Avery)等 1944 年证明引起细菌遗传转化的物质是 DNA。赫尔希(A. Hershey)等 1952 年用放射性同位素示踪证明噬菌体的遗传物质是 DNA。这些研究成果成为分子生物学的先导。

1953 年沃森(J. Watson)和克里克(F. Crick)参考富兰克林(R. Franklin)和威尔金斯(M. Wilkens)的 DNA X 射线衍射照片提出了精确的 DNA 分子双螺旋结构模型,从分子结构与功能的角度解释了 DNA 的两大功能:复制和储存遗传信息。这一成就被认为是分子生物学诞生的标志。

分子生物学的发展速度是前所未有的,这一领域的研究已获得了许多重大进展。继沃森、克里克等荣获 1962 年的医学或生理学诺贝尔奖之后,又出现了众多诺贝尔奖得主。难能可贵的是,克里克和沃森一直活跃在分子生物学领域。克里克于 1958 年提出了遗传信息传递的“中心法则”,并在 20 世纪 60 年代破译遗传密码的研究中起到了组织指导的重要作用。沃森则是人类基因组计划(Human Genome Project, HGP)的主要发起者和组织者之一。

随着分子生物学的兴起,生物学跻身精确科学行列,并一跃而成为当代成果最多和最引人注目的基础学科之一。在分子生物学研究基础上发展起来的生物技术,包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程等,已成为现代新技术革命的重要组成部分,生物技术为解决人类面临的诸如随着人口增长不断加深的粮食问题、医疗保健问题、能源和环境问题等全球性问题带来了新的机遇和挑战。分子生物学还带动了整个生物学的全面发展,深刻影响到每一个分支领域。现代生物学在发育学、免疫学、神经生物学、进化生物学和生态学等领域都取得了许多重大成就。在最近短短数十年里,生物学取得的成就是辉煌的。然而,对于生命奥秘的深度和广度而言,现代生物学的成就仍然只是一个开端。

1.4 认识生命现象的科学过程

1.4.1 科学原则:因果性和一致性

自然科学的基本原则之一是因果性(causality)原则,即认为任何事物的存在都有其自然的原因。因果性原则也是生物学遵循的基本原则,例如,生物学家探讨遗传和变异现象的原因,终于从 DNA 分子的结构和功能上找到答案。还有很多复杂的生命现象,例如,大脑的思维功能等,