

21世纪生物科学与工程系列教材

现代生物科学与生物工程导论

● 杨汝德 主编

华南理工大学出版社

21 世纪生物科学与工程系列教材

现代生物科学与 生物工程导论

主编 杨汝德

编者 杨汝德 罗立新 潘 力
王菊芳 周世水 王亚琴

华南理工大学出版社

· 广州 ·

内 容 简 介

本书简要介绍了生物科学的基础知识及近半个世纪以来主要研究进展与成就,着重论述生物工程四大技术体系的基本原理、基本技术和应用领域。

全书分为生物科学篇和生物工程篇。生物科学篇内容包括:生物科学概论,生物多样性与分类,生物细胞的结构与化学组成,生物的能量与代谢,生物的繁殖与遗传,生物的基因及其表达;生物工程篇内容包括:生物工程概论,基因工程,酶工程,细胞工程,发酵工程,新型生物工程技术等。

本书的编写特色是简单明了、多用图示、论述精练、通俗易懂、语言生动、激发兴趣、基础与前沿并重。本书适合高校理工科院校非生物类专业的学生作为教科书使用,也适合相关专业人士和管理人员作为了解和掌握现代生物工程技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代生物科学与生物工程导论/杨汝德主编. —广州:华南理工大学出版社, 2006.3
(21世纪生物科学与工程系列教材)
ISBN 7-5623-2380-1

I. 现… II. 杨… III. ①生物学-教材 ②生物工程-教材 IV. Q

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004896 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

发行部电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:张颖

印刷者:广东省农垦总局印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:462 千

版次:2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定价:28.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

21 世纪是生物科学与技术的世纪，是多学科交叉的时代，是知识经济的时代。生物学科与其他学科的相互交叉、相互渗透、相互促进，必将对解决目前困扰人类生存和发展的许多重大问题产生积极的作用。这意味着在新世纪，将会有更多各个学科领域杰出的人才加入到与生物学科交叉的边缘领域的研究开发中来。

作为一名新世纪的大学生，尤其是理工科专业的大学生，不能没有现代生物科学与技术的基础知识。这是因为当今知识经济的社会需要的大学毕业生应该是在掌握本专业技能的基础上，具有更为全面的知识结构、更为积极的应对挑战的能力、整体素质更高的人才。况且，学科交叉更有利于促进科技创新。在学习中，您将会发现生物学知识与所学专业知识的结合点，从而启发思维、开拓创新，为今后的发展奠定良好基础。这也将有利于涌现一批推动生物科学和生物工程向各个专业渗透、在边缘学科领域发展的优秀人才。

由于生物工程技术的飞速发展，与人们日常生活、经济和社会发展的关系越来越密切，与其他学科的交叉越来越普遍，因此，生物工程几乎已经渗透到所有的学科。结合理工科大学的学科特点，我们编写了本书，该书适合理工科大学非生物类专业一、二年级学生作为校级选修课程教材。本教材除了简要介绍生物科学的基础知识及在近半个世纪来的主要研究进展与成就外，我们把编写的重心放在生物工程的基本原理、基本技术和应用领域上，旨在使每一位大学生都能了解、掌握生物工程的基本理论、技术和方法，认识生物工程在未来世界中的重要地位。

本书由华南理工大学杨汝德主编。全书分为两篇共 12 章：第一、二、四章由罗立新编写；第三、十一章由潘力编写；第五、十二章由周世水编写；第六、十章由王亚琴编写；第七、八章由杨汝德编写；第九章由王菊芳编写。本书适合理工科大学非生物类专业学生作为教材使用，也适合相关专业人士和管理人员作为了解和掌握现代生物工程技术的参考书。本书获得华南理工大学 2003 年度出版基金项目资助。

由于编者的学识和水平所限，书中差错及不妥之处在所难免，恳切希望广大同行和读者多提出宝贵意见并予以指正，全体参编人员将十分感谢。

编 者
2005. 11

目 录

生物科学篇

第一章 生物科学概论	(1)
第一节 生物科学的概念及其研究	
内容	(1)
一、生物科学的基本概念	(1)
二、生物科学研究的基本内容	(3)
第二节 为什么要学习生物科学	(5)
一、生物科学将成为 21 世纪的	
带头学科	(5)
二、生物科学与社会可持续发展	
.....	(6)
第三节 生物科学的研究进展	(9)
一、生物科学的历史沿革	(9)
二、生物科学发展前景展望	(12)
第二章 生物多样性与分类	(13)
第一节 什么是生物多样性	(13)
一、遗传多样性	(13)
二、物种多样性	(14)
三、生态系统多样性	(14)
四、景观多样性	(15)
第二节 生物多样性的意义	(15)
一、生物多样性的价值	(15)
二、保护生物多样性的意义	(17)
第三节 生物分类的标准	(19)
一、生物分类的意义	(19)
二、生物分类和生物物种的命名	
.....	(19)
三、生物分类的标准和依据	(20)
第四节 生物分类系统	(22)
一、生物分类的等级	(22)
二、分类系统	(23)

第三章 生物细胞的结构与化学组成

.....	(26)
第一节 生物细胞的基本概念	(26)
一、细胞是生命活动的基本单位	
.....	(26)
二、原核和真核细胞	(27)
第二节 生物细胞的结构	(28)
一、原核细胞的结构	(28)
二、真核细胞的结构	(30)
第三节 细胞的基本化学组成	(36)
一、生命的元素组成	(36)
二、生命的分子组成	(37)
第四章 生物的能量与代谢	(42)
第一节 细胞呼吸与能量的产生	
.....	(42)
一、细胞呼吸产生能量	(42)
二、细胞呼吸的化学过程	(44)
第二节 ATP 的形成机理	(49)
一、ATP 的生成方式	(49)
二、细胞呼吸的能量总账	(51)
第三节 酶促反应	(52)
一、酶的催化作用机理	(52)
二、影响酶活性的因素	(54)
第四节 生物代谢	(56)
一、代谢是生命的基本特征	(56)
二、生物代谢的调节	(57)
第五章 生物的繁殖与遗传	(60)
第一节 生物繁殖与遗传的关系	
.....	(60)
一、繁殖是遗传的外在表现形式	
.....	(60)
二、基因与染色体的复制	(61)

三、细胞周期与有丝分裂	(62)	四、现代生物工程将成为 21 世纪	
四、配子形成与减数分裂	(63)	支柱产业之一	(94)
第二节 遗传的基本法则	(64)	第二节 生物工程的研究内容	(94)
一、孟德尔遗传学第一定律:		一、基因工程	(94)
分离定律	(65)	二、细胞工程	(96)
二、孟德尔遗传学第二定律:		三、酶工程	(99)
自由组合定律	(68)	四、发酵工程	(101)
三、遗传学第三定律:基因连锁与		第八章 基因工程	(104)
交换	(72)	第一节 基因工程概述	(104)
四、性染色体和伴性遗传	(74)	一、基因工程的诞生和兴起	(104)
第六章 生物的基因及其表达	(77)	二、基因工程的定义、特点与步骤	
第一节 基因的起源	(77)		(107)
一、基因的概念	(77)	三、基因工程早期开创性的研究	
二、三个著名的实验	(78)	成果	(109)
三、基因的结构与功能	(81)	第二节 基因工程常用的工具酶	
第二节 基因的表达与调控	(82)		(111)
一、原核生物基因的表达与调控		一、限制性核酸内切酶	(111)
.....	(83)	二、DNA 连接酶	(113)
二、操纵子学说	(86)	三、DNA 聚合酶	(114)
三、真核生物基因的表达与调控		四、DNA 修饰酶	(115)
.....	(88)	第三节 基因工程常用的克隆载体	
第三节 人类疾病与基因表达	(90)		(116)
一、镰状细胞贫血症	(90)	一、质粒载体	(117)
二、癌症	(91)	二、噬菌体载体	(119)
三、艾滋病	(91)	三、病毒载体	(121)
四、基因治疗	(92)	四、重组型载体	(122)
生物工程篇		第四节 外源目的基因的获得	(122)
第七章 生物工程概论	(93)	一、目的基因的化学合成	(123)
第一节 什么是生物工程	(93)	二、构建基因组文库法分离目的	
一、生物工程是生物科学与工程		基因	(124)
技术的有机结合	(93)	三、酶促合成法制取目的基因	
二、生物工程是一门多学科交叉的			(125)
综合性学科	(93)	第五节 目的基因与克隆载体的	
三、现代生物工程的特点是高技术、		体外重组	(128)
高投入、高利润	(94)	一、目的基因与质粒载体的连接	

..... (128)	四、酶的作用机制..... (163)
二、目的基因与 λ 噬菌体载体的	五、变构酶、同工酶及诱导酶
连接..... (130)	 (170)
第六节 重组克隆载体引入受体	第二节 酶促反应动力学 (173)
细胞 (131)	一、酶促反应速度的测定..... (174)
一、受体细胞概述..... (131)	二、底物浓度对酶促反应速度的
二、重组体 DNA 分子的转化或	影响..... (174)
转染..... (133)	三、酶浓度对酶促反应速度的
三、重组 λ 噬菌体 DNA 的体外	影响..... (177)
包装与转导..... (134)	四、温度对酶促反应速度的影响
四、重组克隆载体导入哺乳动物	 (177)
细胞的转染..... (135)	五、pH 值对酶促反应速度的
第七节 目的重组体的筛选、鉴定	影响..... (178)
与分析 (137)	六、激活剂对酶促反应速度的
一、含目的基因重组体的筛选	影响..... (179)
..... (137)	七、抑制剂对酶促反应速度的
二、目的重组克隆的鉴定..... (139)	影响..... (179)
三、重组 DNA 的序列分析 (142)	第三节 酶工程的研究内容及应用
第八节 目的基因在宿主细胞中的	 (180)
表达 (143)	一、酶工程的定义及分类..... (180)
一、外源目的基因在原核细胞中的	二、酶工程的应用..... (182)
表达..... (144)	第四节 酶工程的最新研究进展
二、外源目的基因在真核细胞中的	 (192)
表达..... (147)	一、微生物酶源是酶工程研究的
第九节 基因工程的应用与发展	主流..... (192)
态势 (147)	二、以基因工程与蛋白质工程
一、基因工程制药..... (147)	改造和设计酶..... (192)
二、蛋白质工程..... (149)	三、酶工程热点——酶法转化及
三、转基因动植物生产药物..... (150)	拆分合成手性药物..... (192)
四、基因组工程..... (151)	四、构建新酶——抗体酶、核酶及
第九章 酶工程 (153)	人工合成酶..... (193)
第一节 酶的基本性质 (153)	第十章 细胞工程 (195)
一、概论..... (153)	第一节 细胞工程的发展概况 ... (195)
二、酶的性质..... (156)	第二节 细胞工程的研究内容 ... (196)
三、酶的命名与分类..... (160)	一、植物细胞工程..... (196)

二、动物细胞工程····· (202)	第六节 典型产品的发酵生产 ··· (245)
三、微生物细胞工程····· (211)	一、酒精的发酵生产····· (245)
第三节 细胞工程的发展前景 ··· (220)	二、丙酮丁醇的发酵生产····· (246)
一、医药卫生业····· (220)	三、谷氨酸的发酵生产····· (246)
二、农牧渔业····· (221)	四、抗生素的发酵生产 ····· (248)
三、能源····· (222)	第十二章 新型生物技术及其未来
四、环境保护····· (222)	····· (250)
第十一章 发酵工程 ····· (224)	第一节 人类基因组计划与后基因
第一节 发酵工程概况 ····· (224)	组时代 ····· (250)
一、发酵工程的概念····· (224)	一、人类基因组计划····· (250)
二、发酵工程的组成部分····· (224)	二、后基因组和功能基因组····· (253)
三、发酵工程的发展简史····· (225)	第二节 基因诊断和基因治疗 ··· (256)
四、发酵工程产品类型····· (227)	一、基因诊断····· (257)
五、发酵工程的特点····· (228)	二、基因治疗····· (260)
六、发酵工程的应用····· (229)	第三节 生物芯片技术 ····· (265)
第二节 优良菌种的选育 ····· (229)	一、生物芯片技术的产生和概念
一、微生物的自然分布····· (229)	····· (265)
二、生产菌种的要求和来源····· (230)	二、生物芯片技术的一般原理
三、优良菌种的选育····· (232)	····· (267)
第三节 发酵的操作方式及工艺	三、生物芯片的研究应用概况
控制 ····· (234)	····· (268)
一、微生物发酵的一般过程····· (234)	第四节 克隆羊技术 ····· (269)
二、发酵的操作方式····· (236)	一、克隆羊“多莉”的问世 ····· (269)
三、发酵工艺的控制····· (237)	二、生物技术的安全性和社会
第四节 生物反应器 ····· (240)	伦理问题····· (271)
一、机械搅拌式发酵罐····· (241)	第五节 生物能源 ····· (273)
二、厌氧发酵设备····· (242)	一、生物能源概述····· (274)
第五节 发酵产品的下游加工过程	二、生物能源的来源····· (275)
····· (243)	三、生物能源的微生物转化····· (276)
一、发酵液预处理和固液分离	第六节 生物材料 ····· (279)
····· (244)	一、生物材料概述····· (279)
二、目标产物的提取····· (244)	二、生物材料的应用分类····· (280)
三、精制及成品加工····· (245)	参考文献 ····· (286)

生物科学篇

第一章 生物科学概论

第一节 生物科学的概念及其研究内容

一、生物科学的基本概念

生物科学 (bioscience) 又称生命科学 (life science), 是研究生命的科学, 是自然科学中的基础学科之一。它研究从最简单的生命 (病毒) 到最复杂的生物 (如人类) 在内的各种动物、植物和微生物等生命物质的结构和功能, 它们各自发生和发展的规律, 生物之间以及生物与环境之间的相互关系; 目的是为了阐明生命的本质, 探讨其发生和发展的规律, 以有效地控制生命活动和能动地加以利用, 使之更好地为人类服务。

既然生物科学是研究生命的科学, 那么什么是生命呢? 通常, 人们不太费劲地就能区分出什么东西是有生命而什么东西是没有生命的, 我们从生活经验中知道花草、树木、鱼虫、鸟兽是活的、有生命的生物。可真正用语言或文字去表达什么是生命时, 事情就不那么简单了。事实上, 要想给生命下一个科学的定义是极其困难的, 不过, 基于人类本身也是一种生命形态, 我们便在现有基础上尝试着加以解决。

地球上生物体种类繁多, 包括植物、动物、微生物和人类。虽然它们具有不同形态结构、生理功能、生活方式, 但它们具有一些共同的特征, 即都是由细胞作为统一的基本结构单位, 通常具有新陈代谢、生长、繁殖、遗传、变异和对环境的适应等特性。因此, 关于生命的科学定义就是: 生命是一个具有能与环境进行物质和能量交换即新陈代谢、生长繁殖、遗传变异和对刺激作出反应的特性的物质系统。

新陈代谢 (metabolism) 是生物与外界环境之间物质交换并伴随能量转移的过程, 是生物体生命活动过程中化学变化的总称。新陈代谢包括物质代谢 (substance metabolism) 和能量代谢 (energy metabolism)。物质代谢又分为同化作用 (assimilation) 和异化作用 (dissimilation)。同化作用是生物体从外界摄取简单的营养物质, 将其转化为构成自身的复杂物质并储存能量的过程, 也称合成代谢; 异化作用是生物体把自身的复杂物质分解成简单物质排出体外, 并伴随释放能量的过程, 也称为分解代谢。这两个作用同时进行, 相互依存。能量代谢又分为放能代谢和吸能代谢。物质代谢和能量代谢是密不可分的, 在进

行物质代谢的同时，必然伴随着能量代谢。生物体正是在这种不断建成和破坏中得到更新。一切生命活动都依靠新陈代谢的正常运转得以维持，新陈代谢是生物的主要特征之一，新陈代谢一旦停止，生物就会死亡。

生长 (growth)、发育 (development) 和繁殖 (reproduction) 也是生物体的重要特征。生长，通常是指生物从小到大的过程，这是同化作用大于异化作用的结果。单细胞生物的生长，主要依靠细胞大小及其内含物质量的增加；多细胞生物的生长，主要依靠细胞的分裂来增加细胞的数目。发育，一般理解为个体发育 (ontogeny)，它是指生物体从受精卵 (合子) 到个体各部结构全部建成，直至衰老死亡的过程。另外，系统发育 (phylogeny) 是指生物种族发展史，亦即生物进化的历史。生物个体发育中的形态变化，虽是各式各样的，但都反映了系统发育的历程，生物系统发育从简单的原核生物，经一系列中间类型，直至发展到现代最高级生物——被子植物和哺乳动物，都是经过无数次个体发育逐步形成的。因此，高等生物的个体发育，总是印证着生物进化的历程。

当生物体生长发育到一定大小和一定程度时，就能产生后代，使个体数目增多，种族得以延续，这一现象叫做繁殖。繁殖保证了生物体种族的繁衍，使生物延绵不断，为生物界生生不息的延续提供了可能。

繁殖所产生的后代，通常都与亲代相似，这一现象叫做遗传 (heredity)。“种瓜得瓜、种豆得豆”，这是因为亲代将自己的一套遗传信息传递给下一代，子代按照遗传信息生长发育，表现出与亲代相同或相似的性状。然而“一母九子，九子各异”，后代与亲代之间总有一定程度的差异，这一现象叫做变异 (variation)。变异是生物体在某种内因或外因的作用下，其遗传物质发生了结构或数量上的变化。遗传使生物保持种族特性的相对稳定；变异则使生物产生新的性状，引起物种的发展变化，导致种族的不断更新。凡是生物都有它的个体发展史——生长和发育，个体生活到一定阶段，又都要进行繁殖和发生遗传、变异，从种族上不断更新自己。遗传变异在自然选择的长期作用下，导致了整个生物界向前发展，由低等到高等、由简单到复杂逐渐演变，这就是生物的进化。在进化过程中，形成了生物的适应性和多样性。

此外，生物还对外界刺激能发生一定反应。例如，某些高等植物的茎和叶对光产生趋光性，而根对地球引力产生向地性；高等动物因出现神经系统和不同分化程度的感受器或效应器而形成了有规律的反射活动，使动物能迅速、准确地摄取食物或躲避敌害。因此，生物对刺激的反应，使生物对环境的适应具有极为重要的意义。

根据上述生命特征，一般可以判定某种生物是否有生命。生命现象就是生物所做的事，就是生物的表现；反过来也可以说，表现出生命特征的物体就是生物。但是，当以这样的原则去判断病毒时，答案就不那么明确了。病毒没有细胞结构，也不含完整组织的原生质，在它侵入寄主细胞之前，它不能繁殖，连新陈代谢活动也没有，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有，它似乎应属于非生命的。但是，它的身体构成中有最基本的两类高分子有机化合物——核酸和蛋白质，一旦它侵入寄主细胞，它的核酸分子就能与寄主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，这又明显表现出了生命的特点。后来，人们发现了没有蛋白质外壳的类病毒和没有核酸的朊病毒，很明显它们对上述生命的定义提出了巨大的挑战，同时也丰富了人们对生命现象的认识。生物学家通过研究病毒、类病毒和朊病毒知道，生命与非生

命之间并没有绝对界限,除了“非此即彼”,还有“亦此亦彼”。

生物这些基本特征的物质基础源于两类高分子有机化合物——核酸(DNA, RNA)和蛋白质。DNA的长短、排列顺序不同就会有不同的生命形式, RNA也是这样。蛋白质由20余种氨基酸所组成,同样,不同长短、不同排列的蛋白质链也会形成不同的生命形式。正是由于组成核酸和蛋白质分子的多样性和复杂性,造就了生物界物种的多样性和生命现象的复杂性。直至现在,还有许多“生物之谜”有待人们进一步认识和探索。

二、生物科学研究的基本内容

生物学是研究生命现象及其活动规律的科学,广义的生物学还包括生物技术、生物与环境、生物学与其他学科交叉的领域。生物学所研究的范围极其广泛而复杂,因此,在生物学的发展过程中,涌现出了一些经典的分支学科。这些分支学科密切相关、相互渗透和交叉、相互促进。同时,由于其他自然科学,特别是物理学和化学的一些最新进展及时地渗入、交叉到生物科学的研究之中,为其发展提供了新的理论基础、思路和技术手段,许多新兴的交叉、边缘学科便应运而生,使生命现象的研究更为细致、深入。这种现象在近现代生物学的发展中表现得尤为明显,并且越来越成为生物学发展的一种趋势。

1. 按研究对象分类

(1) 植物学(botany)或植物生物学(plant biology) 是研究植物的形态结构、分类、生理、生态、分布、发生、遗传和进化的科学,包括藻类学、真菌学、种子植物学等学科。随着植物学的发展,相继分化出了植物系统学、植物生理学、植物生态学、植物遗传学、植物基因工程等学科。

(2) 动物学(zoology)或动物生物学(animal biology) 是研究动物的形态结构、分类、生理、生态、分布、发生、遗传和进化的科学,包括原生动物学、无脊椎动物学、昆虫学、脊椎动物学、鱼类学、两栖爬行动物学、鸟类学等学科。在动物学的基础上又产生了动物形态学、动物系统学、动物生理学、动物生态学、动物遗传学等学科。

(3) 微生物学(microbiology) 是研究微生物的形态、构造、分类、生理生化、生态、分布、发生及遗传变异的科学,包括细菌学、病毒学、真菌学等学科。相继分化出了微生物分类学、微生物生态学、微生物遗传学等学科。

(4) 人类学(anthropology) 是研究人类的体质特征、类型及其变化规律等的科学。又可细分为人体解剖学、人类遗传学等学科。

(5) 古生物学(palaeobiology) 是研究保存在地层中各种古代生物遗体、遗迹和生物进化的科学。

2. 按研究生命现象的角度分类

(1) 形态学(morphology) 是研究生物的形态结构的特点、形态形成的规律以及形态与周围环境条件的关系的一门学科。在形态学的发展过程中,以宏观形态学、比较解剖学为主的经典研究,随着细胞生物学和分子生物学的发展,逐步转变到发育与进化形态学和功能形态学、结构形态学、应用形态学、生态形态学等方面的研究,从而赋予了形态学崭新的内容。

(2) 分类学(taxonomy) 是研究各类生物彼此之间的异同、亲缘关系和进化起源的

科学,又称为系统学(systematics)。可分为植物系统学、动物系统学、分子系统学等学科。

(3) 生理学(physiology) 是研究生物体的各种机能发生的原理、条件以及机体内环境变化对这些生理机能影响的科学。可分为植物生理学、动物生理学和微生物生理学。动物生理学又可分为电生理学、器官生理学、器官系统生理学、细胞生理学、生态生理学等;在无脊椎动物方面,也出现了相应的生理学科,如腔肠动物生理学、吸虫生理学、蠕虫生理学等。

(4) 生态学(ecology) 是研究生物体与其周围环境——包括生物环境和非生物环境相互关系的科学。可分为种群生态学、动物行为学、分子生态学等学科。

(5) 遗传学(genetics) 是研究生物的遗传和变异的科学。可分为植物遗传学、动物遗传学、分子遗传学等学科。

(6) 胚胎学(embryology) 是研究动、植物胚胎形成与发育规律的科学。在现代胚胎学的基础上,又出现了胚胎工程等学科。

3. 从生物的结构水平分类

(1) 分子生物学(molecular biology) 是从分子水平上研究生命现象的物质基础,主要是蛋白质与核酸的结构与功能的一门科学。分子生物学的诞生使传统生物学研究转变为现代实验科学。今天它仍然是生命科学的主导力量。随着分子生物学的飞速发展,带动了生物科学各分支学科向分子水平研究的深入。一方面是在分子水平上对细胞活动、遗传、发育等各种生命现象进行解释,出现了分子发育生物学、分子神经生物学等新兴学科。另一方面是把分子生物学研究手段推广到生物科学各分支学科,尤其是一些宏观生物学学科,如进化论、分类学、生态学,形成了分子进化生物学、分子系统分类学和分子生态学等,用实验的方法研究传统的生物学问题,使微观研究和宏观研究得以紧密结合。

(2) 细胞生物学(cell biology) 是研究细胞结构、功能及生活史的一门科学。细胞生物学由细胞学发展而来,是关于细胞形态(特别是染色体)的研究。现代细胞生物学从显微水平、超微水平和分子水平等不同层次研究细胞的结构、功能及生命活动,包括细胞生理学、生化细胞学等学科。

(3) 组织学(histology) 是研究机体微细结构及其相关功能的科学,它是以显微镜观察组织切片为基本方法,故又称为显微解剖学(microanatomy)。主要包括组织化学、组织生理学等学科。

(4) 器官生物学(organology) 是研究动、植物各种器官的类型、形成、构造、功能和发育过程的学科。主要包括神经生理学、骨学等学科。

(5) 个体生物学(individual biology) 是从个体水平研究生物的形态、结构及其生理功能的学科。个体生物学是研究生命现象和活动规律的基本出发点,也是在分子水平和群体水平上研究生命现象和活动规律的交汇点。生命的不同层次所表现出的生命现象是不同的,尽管当今的生命科学研究在微观和宏观的不同领域获得了长足的进展,但对个体生物学基础知识和基本原理的理解仍是学习和掌握生命科学的基础。包括行为生物学、人体测量学等学科。

(6) 群体生物学(population biology) 是从群体水平阐述生物的生长和行为以及物种间的相互关系的学科,即研究细胞整体和细胞群体中细胞间的社会行为(包括细胞间

识别、通讯、集合和相互作用等), 以及整体和细胞群对细胞的生长、分化和死亡等活动的调节控制。包括群体遗传学、植物群落学等学科。

(7) 生态系统生物学 (ecosystem biology) 综合研究在自然界一定空间范围内各种生物与无生命环境彼此之间关系的学科。生物群落与非生命环境之间的主要纽带是能量转化和物质循环, 把生物与非生命环境紧密相连。

4. 根据与其他学科的交叉来分类

生物科学与医学结合产生了病理学 (pathology)、药理学 (pharmacology)、生理学 (physiology) 等; 生物科学与农学结合产生了育种学 (breeding science)、昆虫学 (entomology)、植物病理学 (phytopathology)、植物生理学 (plant physiology) 等; 生物科学与数理化结合产生了生物物理学 (biophysics)、生物化学 (biochemistry)、生物数学 (biomathematics) 等; 生物科学与工程学结合产生了生物信息学 (bioinformatics)、生物工程学 (bioengineering)、生物材料学 (biomaterial science) 等; 生物科学与计算机科学结合产生了人工智能学 (artificial intelligence); 生物科学与天文学结合产生了宇宙生物学 (astrobiology)。这些新兴交叉生物学科的出现, 大大促进了生物科学的发展和各学科之间的相互渗透和交叉, 充分显示了现代生物科学的复杂性和多样性。另一方面, 随着生物科学的高度发展, 问题也愈集中, 同样的问题也就需要许多分支学科在不同层次上从不同侧面用不同方法进行探索和研究。

第二节 为什么要学习生物科学

一、生物科学将成为 21 世纪的带头学科

在科学发展的历史上, 各门学科并非均衡发展, 总有一门或一组学科走在其他学科的前面, 从理论观念、思维方式或科研方法上对其他学科发挥重要影响, 人们称之为带头学科。19 世纪是工业革命的世纪, 20 世纪是信息革命的世纪, 21 世纪便是人体革命的世纪; 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, 21 世纪的带头学科最有可能是生物科学。

自然界物质的运动形式有机械运动、物理运动、化学运动、生命运动。机械运动最简单, 因而力学最早得以走向成熟, 成为带头学科。现代科学对物理与化学运动的研究已有长足进展, 进军最复杂的生命运动已是科学发展之必然。生命运动是自然界最高级的运动形式, 自古至今, 人类从未停止过对生命的探索, 而近 50 年生物科学的发展超过了此前 500 年的总和。20 世纪下半叶以来, 生物科学文献在科学文献中所占的比重、从事生物科学研究的科学家人数在自然科学家中所占的比重都在迅速增长, 就正是这种趋势的反映。从科学研究的投入来看, 发达国家对生物科学研究的投入要远大于其他学科, 例如在美国, 1995 年自然科学的总研究经费中, 65% 以上被用于生物科学研究。从科学研究的论文数来看, 1995 年度美国科技专利引文总数为 47 059, 其中生命科学为 35 591, 占 75.6%; 而物理科学和技术科学以及工程技术为 11 439, 占 24.3%。这一数据充分说明了生物科学在整个自然科学领域中的地位, 充分体现出生物科学是 20 世纪自然科学中发展最快、影响最大的学科之一。

近半个世纪以来,生物科学的理论成就为自然科学的发展作出了巨大的贡献。遗传物质 DNA 双螺旋结构的阐明被认为是 20 世纪自然科学的重大突破之一。20 世纪后期,随着物理、化学、数学等相关学科的理论和技术进步,有力地推动了生物科学的飞速发展,生物科学不再仅仅是宏观的描述学科,在 DNA 水平和蛋白质水平上探索生命的奥秘已经成为现实。现代生物科学不但在生长、发育、遗传、进化等基本生命现象的研究上已深入到分子水平,取得举世瞩目的成就,而且对脑功能、感觉和认知等高级复杂系统的活动与功能的研究方面也有了重大进展。特别是 20 世纪末 21 世纪初,生物科学领域发生了惊天动地的大事,克隆技术、人类基因组计划、生物芯片技术等的发展,已将生物科学推上科学技术发展历史的潮头,生物科学将成为 21 世纪自然科学的先导,成为现代科学营地的中心。

生物科学突破性的成就,使它在自然科学中的地位发生了革命性的变化。科学的发展也让公众对生物科学的兴趣空前高涨,生物科学的发展和进步也向数学、物理学、化学、信息、材料、工程科学以及社会科学提出了很多新问题、新思路和新挑战。当代许多新兴学科(如系统论、信息论、控制论、耗散结构理论和突变论等)都从生物科学知识中受到了启发,生命现象中未知问题的解决和生物科学的发展必将给其他学科的发展带来新启发。海洋科学、空间科学、能源科学、材料科学、信息技术等当代新兴科学技术,也无一不与生物科学相关。再者,人本身就是生命,每一个人首先应该认识和了解自己。我们都热爱生命、关注健康,热爱生物科学并学习生物科学是很自然的事。同时,生物科学全方位的发展呼唤着更多高水平的复合型科技人才。因此,当代大学生,包括非生物专业大学本科生学习生物科学知识,才能跟上科学发展的时代步伐,也有利于促进本专业的学习和自身将来的发展。

二、生物科学与社会可持续发展

科学的进步、工业化的发展促进了世界社会和经济的发展,然而,人类的生产活动,尤其是 20 世纪 60 年代以来进行了空前规模的全球资源开发,加上工业废弃物的任意排放和人口的急剧增长,使人类又深深地陷入了历史上前所未有的全球资源生态环境问题的困境之中。当今人类社会面临人口膨胀、粮食短缺、疾病危害、环境污染、能源危机、资源匮乏、生态平衡破坏、生物物种大量消亡等主要问题和挑战,可持续发展已成为全球的呼声。要解决人类生存和发展面临的主要问题,实现可持续发展,在很大程度上要依靠生物科学和技术来解决。

(一) 生物科学与农业可持续发展

农业生产的首要任务是解决粮食短缺问题。世界人口现已达 64 亿,21 世纪中期很可能突破 100 亿大关,而耕地面积却不断减少。所以,在今后几十年内要满足世界人口对食品的需要,粮食、畜产品和水产资源等食品的生产至少要翻一番。因而必须依靠生物科学与技术培育优良品种,大幅度提高单产。科学家运用分子生物学技术可以将促进生物生长的基因转入某些动植物体内,从而缩短养殖动植物的生长周期,提高作物的产量;还可以将抗病毒基因转入烟草、将抗虫基因转入棉花,从而使它们不再受病毒感染和害虫危害,以保证应有的产量和质量。目前,无论在大田作物、蔬菜、果木等优良品种的选育上,还

是在海洋资源的开发上,利用生物科学与技术都有很多成功的实例。我国袁隆平教授培育的“超级杂交水稻”平均亩产高达 884 公斤。

人不但要求吃饱,还要求吃好,食品要更加符合营养要求。应用基因工程技术可以改善粮食和畜牧产品品质,譬如增加谷物中蛋白质的含量,使家畜家禽的蛋白质成分与人更接近等。

要实现农业可持续发展,必须克服农业化学化带来的恶果。化肥与农药的大量使用虽然提高了农作物产量,但是消耗了大量能源与资源,还造成严重的环境污染。科学家通过基因工程技术把根瘤菌的固氮基因转移到其他作物根际周围的细胞体内,使它们也能固定氮素,供农作物生长。更进一步的研究是通过基因工程技术把固氮基因直接转移到禾本科作物(如稻、麦)的根上,使之能直接固氮,这样禾本科作物和豆科植物一样也能固定空气中的氮,从而不施氮肥或少施氮肥也能丰收。此外,利用生物科学与技术还可以培育抗病虫害的农作物新品种,实行生物防治,降低对农药的依赖性。

当今陆地资源日渐减少,人们为了获取更多的食品和蛋白质,着眼点已转向海洋。而开发海洋的金钥匙——海洋生物工程也正在兴起。当前,利用细胞工程、基因工程对海洋生物的优良品种进行培育和病害的防治,利用生化工程对海洋生物产品进行分离、加工,利用酶工程和发酵工程获取海洋食品,都在蓬勃发展。生物科学将为人类带来一场新的绿色革命。

(二) 生命科学与能源、环境问题

1. 提供再生资源,克服能源危机

能源是人类赖以生存的物质基础之一,分为不可再生能源和可再生能源。不可再生能源主要包括地球上现有的三大化石原料,即煤、天然气和石油。可再生能源是指太阳能、风能、地热能、生物能、海洋能和水电能等。据专家预测,如按现有开采不可再生能源的技术和消耗这些化石燃料的速率来推算,煤、天然气和石油的可使用有效年限分别为 100 ~ 120 年、30 ~ 50 年和 18 ~ 30 年。因为目前整个人类发展和工农业生产,几乎都以这些很有限的化石能源为基础,因此人类不得不转向其他途径获得能源。替代的潜在能源有太阳能、核能、风力、水力等,但这些能源的开发利用受到较多的限制,要在不久的将来取代化石原料有很大困难。在解决能源问题方面,人们对生物科学与技术寄予厚望;用农副产品发酵生产酒精,代替汽油作燃料,在巴西已进入实用;培育含油量高的植物生产燃料用油的研究也已有进展。更具吸引力的课题是:研究清楚植物光合作用中将水分子分解为氢气与氧气的机制及其催化剂酶的结构,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。

2. 治理环境污染,维持生态平衡

工业废物的随意排放和人口的急剧膨胀,使人类的生存环境恶化,破坏了大自然的和谐。工业废物造成环境污染,人类居住区及生活需求扩大导致森林面积缩小、动植物种类和数量减少,使全球生态系统遭到破坏,从而影响了人们的生活质量,甚至威胁到人类的生存。保护地球环境、维持地球生态系统平衡的口号现在已经叫响,这将是 21 世纪人类要共同努力解决的难题,生物科学将在其中发挥关键作用。科学家运用生态系统能量流动、物种共生、物资循环再生利用和能量多层次利用的基本原理,致力于谋求人类与大自然

然和谐相处的工农业绿色生态生产模式,以保证社会和经济的可持续发展,已经取得了显著成效。

人类的生产活动和生活离不开水,水资源短缺是 21 世纪人类面临的最为严峻的资源问题之一。解决水资源短缺的方法之一是将海水淡化或污水净化。以色列在比较了海水淡化和城市污水净化回用的成本后,认为把城市污水作为非传统的水资源加以利用是唯一的出路。进行污水处理的方法很多,主要可以分为三大类:物理法,化学法和生物法。与前两种方法相比,生物法效果较好。

随着城市数量增多、规模扩大和人口增加,全球城市废弃物的产生量迅速增长,其中固体垃圾在现代城市产生的废弃物中所占比例越来越大。城市垃圾的组成较为复杂,一部分由玻璃、塑料和金属等组成,另一部分是可分解的固体有机物,如纸张、食物垃圾、污水垃圾、枯枝落叶、大规模牧场和养殖场产生的废物等。大量的垃圾在收集、运输过程中对水体造成污染,不但严重影响城市环境卫生质量,而且危害人们身体健康,成为社会公害之一。世界各国处理城市垃圾的方法主要有 3 种,即填埋、堆肥和焚烧等,其中填埋和堆肥主要是通过微生物的作用来完成垃圾处理的。

(三) 生命科学与人类的健康

由病毒及先天基因缺陷所导致的疾病,至今仍是威胁人类健康的大敌。乙肝、艾滋病、“非典”和禽流感等疾病都是由病毒引起的;血友病、白化病及某些先天性心脏病等,则都与人类自身的基因有关。科学家目前正致力于各种抗病毒疫苗的开发研究,以提高人们的防病抗病能力,同时运用将病毒基因植入细菌或引入某种哺乳动物的方法,大量生产已经开发出的防病疫苗,使世界上更多的人获得对乙肝病毒等致病病毒的免疫能力。“人类基因组计划”是我国科学家参与的一项国际间协作的重大科研课题,其目的在于弄清人类全部基因的结构和功能,这无疑有助于在基因水平上诊断和治疗人类的疾病,可以对某些疾病达到“防患于未然”的效果。

生物科学与技术医药制造上可以说是先行一步。医药工业在基因工程研究方面进行最早,进展也最快。自从 1977 年美国第一次用改造的大肠杆菌生产出有活性的人生长激素释放抑制因子以来,目前已有人生长激素、胰岛素、干扰素等 30 多种基因工程药品上市,用来治疗侏儒症、糖尿病、恶性肿瘤及心血管疾病等疑难症。用克隆动物、转基因动物、转基因植物作为生物反应器生产贵重药品的成功报道也很多。基因疗法和异体器官移植也为疾病的治疗开辟了新途径。

疾病的预防和诊断也离不开生物科学与技术,生物科学为医学带来一场革命性的变化。乙肝疫苗为抑制乙型肝炎在世界上的蔓延发挥着重要的作用。DNA 疫苗的研制为恶性肿瘤的预防开辟了美好的前景。杂交瘤技术产生的单克隆抗体、DNA 探针和聚合酶链式反应(PCR)技术的运用,使疾病的诊断步入快速、灵敏、准确的新阶段。

总之,生物科学对人类经济、科技、政治和社会发展的作用是全方位的。学习生物科学和相关学科的新理论和新技术,解决人类共同面临的各种问题和挑战是我们每一个人的义务和责任。

第三节 生物科学的研究进展

一、生物科学的历史沿革

生物学的发展具有悠久的历史，大体起源于古代，形成于近代，高度发展于现代。作为一门重要的自然科学学科，生物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，这是生物科学的准备和奠基时期；从16世纪到20世纪中叶是系统生物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”的发展时期；20世纪中叶以后，生物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，由此进入“大科学”发展的历史阶段。

1. 生物学建立的准备和奠基时期

远古时期，原始人以采集和狩猎为生，后来转向农牧业生产，人们对生命现象的认识常常是同疾病斗争、农业禽畜生产，以及宗教迷信活动联系在一起的，由此人们积累了动物、植物和人类自身的解剖、生长、发育和繁殖方面的知识。

16世纪以前，在生物学形成和发展上，以我国和古希腊最为突出，产生和发展了以农学和医学为主体的实用生物学。中国古代有神农尝百草的传说。宋代贾思勰的《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。

西方古希腊在生物学方面贡献最突出的是亚里士多德（Aristotle, 382 ~ 322 B. C.）和希波克拉德（Hippocrates, 460 ~ 377 B. C.）。亚里士多德在大量观察和解剖动物的基础上，对540种动物进行了分类；希波克拉德已认识到疾病是由环境和生活条件引起的，而不是灵魂所致。古罗马的卢克莱修（Lucretius, 99 ~ 55 B. C.）明确提出生物是自然的产物，而非神造。

所以，从生命科学的重要成就来看，16世纪以前主要反映在医学（包括药理学）和农学方面，具有经验性和适用性特点，通常采用直观描述、分类、解剖等方法，使形态分类、解剖学知识得到迅速发展。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。

2. 现代生物学创立和分支发展时期

目前，普遍认为现代生物学系统的建立开始于16世纪。它的基本特征是人们对生命现象的研究牢固植根于观察和实验的基础上，各种生物分支学科相继建立，逐渐形成一个庞大的生物学体系。

现代生物科学的建立是中世纪黑暗宗教统治后，文艺复兴和科学革命潮流的历史必然。文艺复兴时期，意大利著名画家达·芬奇（Leonardo Da Vinci, 1452 ~ 1519）摆脱了神学偏见，提出人体运动是骨骼和肌肉的作用，抛弃了盖伦（Galen of Pergamon, 约130 ~ 200）关于血管起始于肝脏的见解，认为一切血管均起始于心脏。1543年，比利时医生维萨里（Andreas Vesalius, 1514 ~ 1564）的解剖学巨著《人体构造》出版，震惊了整个科学界和宗教界。维萨里的《人体构造》一书的出版不仅标志着解剖学的建立，而且直