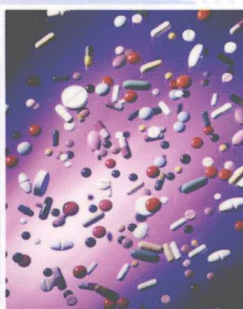




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代生命科学导论

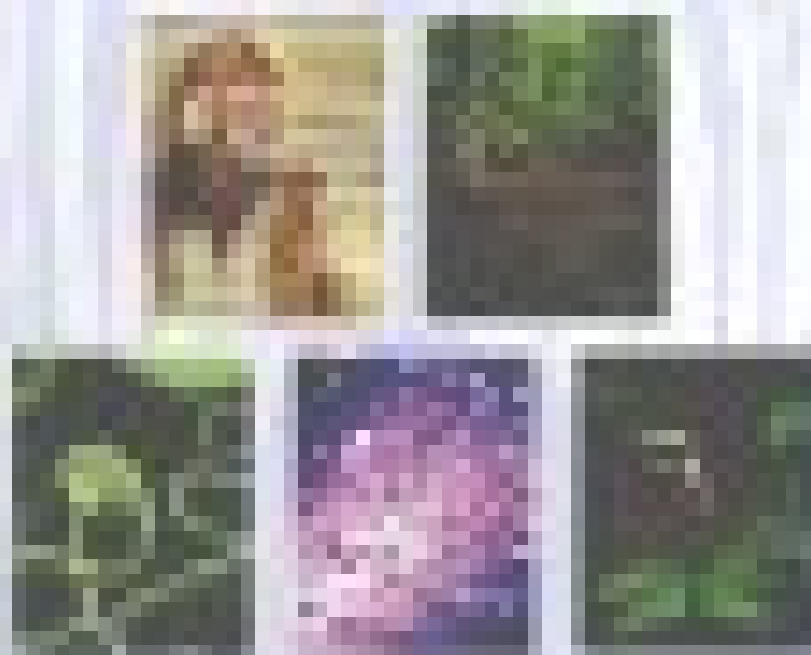
陈铭德 编著



华东师范大学出版社

现代生命科学导论

第2版 下册



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代生命科学导论

陈铭德 编著

华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代生命科学导论/陈铭德编著. —上海:华东师范大学出版社,2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5617-7458-8

I. ①现… II. ①陈… III. ①生命科学—高等学校—教材 IV. ①Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 003068 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代生命科学导论

编 著 陈铭德
责任编辑 朱建宝
审读编辑 陈俊学
封面设计 黄惠敏

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
电话总机 021-62450163 转各部门 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537(兼传真)
门市(邮购)电话 021-62869887
门市地址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 址 www.ecnupress.com.cn

印 刷 者 江阴市天海印务有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 18.5
字 数 428 千字
版 次 2010 年 2 月第 1 版
印 次 2010 年 2 月第 1 次
印 数 3100
书 号 ISBN 978-7-5617-7458-8/Q·024
定 价 33.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

前言

生命科学是研究生命的科学,21世纪被认为是生命科学的世纪。

从人类社会角度来看,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、生态平衡被破坏等威胁人类生存的重大问题。解决人类生存与发展所面临的这一系列重大问题,在很大程度上将依赖于生命科学的发展。人们寄希望以生命科学的方法解决人类目前面临的粮食问题、能源问题、人口问题、环境问题和健康问题。

从自然科学角度来看,在20世纪后半叶,生命科学取得了一系列突破性成就,使生命科学在自然科学中的位置发生了革命性的变化。进入21世纪后,生命科学正面临着理论上大综合大发展的时期,生命科学有望成为引导自然科学向物质运动的最高层次突破的带头学科,其科学理论、方法与技术正在对其他学科产生影响。生命科学与其他学科之间必将有更深层次和更广泛的渗透融合,从而促使自然科学更迅速地向前发展。生命科学与其他学科这种深入而广泛的渗透融合,为生命科学奠定了迅猛发展的坚实基础;生命科学的蓬勃发展,又促使其他学科不断开拓新的研究领域而再现辉煌。21世纪的生命科学发展将解释和提升现有的人类文明水平。

从大学生个人角度来看,从个体发生、生老病死到衣食住行乃至生存环境,生命科学与每一个人休戚相关;生命科学促进了社会生产力的发展,同时生命科学中的高新技术(试管婴儿技术、转基因技术、克隆技术等)在实际应用中所产生的伦理和社会问题已日益成为社会的热点。生命科学全方位的发展需要提高全民的科学文化素质,呼唤着培养更多高水平的复合型科技人才。

基于以上背景,《现代生命科学导论》作为高等师范院校通识教育课程教材,其编写目的旨在对在校的非生物专业大学生普及生命科学的知识,使他(她)们对生命科学一些主要研究领域的基本理论、技术方法、发展趋势以及生命科学与人类社会生存和发展关系有一个较完整的认识;同时,通过对生命科学的基本了解和认识,完善他(她)们的知识结构,进而对学科间的交叉渗透、边缘学科领域的研究与开发能有所了解。

《现代生命科学导论》将“生命—人类—社会”作为教材内容主线。以生命为核心,从生命科学概述、生命起源与人类演化、生命质量、生命延续、生命多样性、生命与现代生物工程技术等六个方面展开,重点突出生命科学与人类、与社会的关系。通过本教材的学习使大学生了解上述六大方面研究热点;了解有关的理论、方法和技术;掌握必要的生命科学知识;认识生命科学与人类生存和社会发展息息相关,获得有关健康生活模式的概念,以确立基本的现代生命科学观。

我的研究生焦燕波、章振华、李苏、庞海龙、贾鲁娜、潘立晶、左芳、许超等参加了本书部分章节的撰写与资料的收集、整理。

陈铭德于华东师范大学

2009年12月

目录

第一章 生命科学概述	1
第一节 生命和生命科学	1
一、生命的基本特征	1
二、生命科学	4
第二节 现代生命科学发展特点	8
一、分子生物学的兴起全面改变了传统生物学的面貌	8
二、自然科学学科间的交叉渗透促进了生命科学的发展	15
三、生命科学的研究模式发生了重要变化	19
四、生命科学的发展推动了人类社会的进步	21
第三节 20 世纪后半叶现代生命科学的若干重要进展	26
一、中心法则的建立和发展	28
二、重组 DNA 技术的构建	30
三、人类基因组计划的实施	32
第四节 21 世纪的生命科学	39
一、21 世纪生命科学将是整个自然科学中最活跃的 学科之一	39
二、21 世纪初生命科学研究与发展的几个热点领域	43
三、21 世纪生命科学充满未解之谜	53
第二章 生命起源与人类演化	58
第一节 地球上生命的起源	58
一、生命起源的化学进化说	58
二、生命起源的宇宙胚种说	66
第二节 人类对地球外生命的探索	69
一、地球外生命的探索意义及存在条件	69
二、人类对地球外生命的探索	71
第三节 人类的演化	78
一、人类起源	79
二、人类早期演化的主要特点	86
三、揭示人类演化需多学科交叉研究	87
第三章 人类生命的质量	90
第一节 人类的健康	90
一、健康与亚健康	90
二、平衡膳食与健康	94

三、现代“文明病”与健康	102
第二节 癌与健康	110
一、癌细胞的生物学特征	110
二、致癌因子	112
三、细胞癌变的机制	115
四、癌的流行与危害	119
五、癌的治疗与预防	120
第三节 病毒性疾病	123
一、艾滋病	123
二、禽流感	135
三、SARS	139
第四节 人体器官移植	142
一、器官移植的现状	142
二、器官移植的免疫学基础	143
三、器官移植的种类	146
第四章 人类生命的延续	155
第一节 人类生殖发育的基本过程	155
一、生殖细胞的发生	155
二、受精	157
三、胚胎发育	160
四、孪生、多胎和联胎	162
五、节育的基本原理	163
六、不孕	164
第二节 人类辅助生殖技术与试管婴儿技术	165
一、人类辅助生殖技术	165
二、试管婴儿技术	166
第三节 克隆技术	173
一、克隆的概念和层次	173
二、动物克隆的技术	176
三、“多莉羊”体细胞克隆技术的价值	186
四、关于克隆人问题的争论	190
第五章 人类生存环境的可持续发展	195
第一节 人类生存环境	195

一、自然环境	195
二、自然资源	197
第二节 生物多样性	199
一、生物多样性的概念	201
二、生物多样性的价值	204
三、生物多样性概况	208
第三节 生物多样性的保护	215
一、生物多样性面临的威胁	215
二、生物多样性的保护目标和对策	230
 第六章 生物技术及其应用	 238
第一节 基因工程	238
一、基因的结构和功能	239
二、基因工程的原理和方法	246
三、基因工程技术的应用	256
第二节 细胞工程	263
一、细胞培养技术	263
二、体细胞杂交技术	270
第三节 其他生物技术	274
一、酶工程	274
二、发酵工程	279
 主要参考文献	 285

第一章 生命科学概述

第一节 生命和生命科学

生命(life)的科学定义是什么?这是生命科学最基本的问题,也是长期争论和探讨的问题。

在日常生活中,通常不难区分“活”的或者有生命的生物和“死”的或无生命的非生物,但是要给“生命”下一个科学的定义却是十分困难的。古今中外很多科学家和哲学家都曾为此问题而困惑、思索,但至今还没有一个为大多数科学家所接受的关于生命的定义。

恩格斯认为,生命是蛋白体的存在方式,这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断地新陈代谢,而且这种新陈代谢一旦停止,生命也就随之停止,结果便是蛋白质的分解。这种新陈代谢能力是任何非生命不具备的,所以生命是物质运动的最高形式。美国里德学院《人工生命》主编马克·比多(Mark Bedau)等人也对生命进行了概括,他们认为,生命的统一特征似乎是在适应过程中的那种灵活性——即它对生存、繁殖、直至繁盛问题中遇到的难以预料的变化,能够产生新奇的解决办法的一种恒久能力。

世界是物质性的,生命现象是地球上物质存在的一种最高形式。种种生命现象都有其物质基础,直到目前为止,生物学家还找不到任何可以离开物质而凭空产生的生命现象。例如,遗传物质为脱氧核糖核酸(DNA)分子;生化反应有各种酶系统;控制分化有特殊的激素;能量以ATP的形式保存和使用;神经传导也是通过神经细胞的物理和化学过程成为可能;就连人类的思维、记忆,也是以物质作为基础的。生命不仅是一个由基因、蛋白质和其他化学分子相互作用构成的复杂系统,除了分子层面的复杂化学过程外,还有着细胞、组织和器官等不同层面的复杂生理活动。生命现象是一种复杂系统呈现的整体行为。

生命现象虽然十分错综复杂,但是其中却并没有什么超越自然的因素。它是客观世界的现象,因而可以认识,可以用科学方法进行探索并揭示其规律,人类对生命的探索过程已充分说明了这一点。随着科学技术的不断发展,人类对生命的认识将更加准确、深入、系统和全面。

一、生命的基本特征

地球上包括动物、植物、微生物在内在有200多万种生物,物种间差异虽然很大,但有共性,即它们都具有生命现象,服从于生命运动规律。在整个生命运动过程中,贯穿了物质、能量和信息三者的变化、协调和统一,形成了有组织、有秩序的活动。生命活动所具有的共同属性的外在表现称为生命特征,生命特征使得不同生物体在生命本质上获得了统一。

生物体所表现出的基本特征可以简单地归纳为以下几点:

(一) 细胞是生命存在的主要结构形式

在生命世界中生物具有多层次的结构形式,除病毒等极少数外,所有生物体都由细胞所构成,它不仅是生命的结构基础,也是生命的机能单位,具有结构与机能的一致性。最简单的单细胞生物体,一个细胞就足以呈现出完整的生命特征。而绝大多数生物体属于多细胞生物体,通过细胞的分化,形成形态各异、功能不同的组织、器官和系统,构成了相互协调而统一的生命体,从有机整体上呈现出生命的基本特征。

生物体的一切活动都是细胞活动的结果,因为细胞的结构为生命活动提供了极高效率的化学反应条件。细胞内含有不同的细胞器,各司其职,独立地完成信息传递、化学反应、物质输送、能量转换等生命过程。细胞这种生命活动的整合作用,是通过数种机制的结合来完成的。例如,细胞内部合成各种化合物是精确地受基因和酶的功能调节的;各种物质的输入和输出是受膜和它的蛋白质性质调节的。在调节如此灵敏的细胞环境中,细胞生命化学反应的效率往往高于设计最周到的机器的效率。

病毒不具有细胞的结构,仅有蛋白质的衣壳包裹着核酸,而且既无完整的酶系,又无蛋白质合成系统,因此不能进行独立的代谢活动。但当它进入其他生物体内之后,通过病毒自身基因的复制进行繁殖,从而借助于其他生物的细胞表现出生命的若干特征来,比如噬菌体侵染细菌的过程。因此可以认为,病毒实际上是生命存在的另一种结构形式。

(二) 新陈代谢

生物体是开放系统,它和周围环境不断进行着物质的交换和能量的传递。一些物质被生物体吸收后,在其体内发生一系列变化,最后成为代谢过程的最终产物而被排出体外,这就是新陈代谢。

新陈代谢是活细胞中全部化学反应的总称,它包括物质代谢和能量代谢两个方面。物质代谢是指生物体与外界环境之间物质的交换和生物体内物质的转变过程。能量代谢是指生物体与外界环境之间能量的交换和生物体内能量的转变过程。在新陈代谢过程中,既有同化作用,又有异化作用。同化作用(又叫做合成代谢)是指生物体把从外界环境中获取的营养物质转变成自身的组成物质,并且储存能量的变化过程,如常说的光合作用过程。异化作用(又叫做分解代谢)是指生物体能够把自身的一部分组成物质加以分解,释放出其中的能量,并且把分解的终产物排出体外的变化过程。

正如生物体在空间结构上严整有序一样,生物体的新陈代谢也是严整有序的过程,它是由一系列酶促反应所组成的反应网络。如果代谢过程的有序性被破坏,如某些代谢环节被阻断了,则全部代谢过程就可能被打乱,生命就会受到威胁,严重的甚至可导致生命的终结。

生物体在新陈代谢许多环节上具有一致性。例如,所有生命体在新陈代谢过程中均以ATP(腺苷三磷酸)作为生命活动的能量来源。植物通过光合磷酸化从太阳光能获得能量;动物则通过氧化磷酸化从食物获得能量,这些从表面上看来似乎是完全不同的途径,但在分子水平上的机制却是极其相似,因为其机制都是氧化还原反应基础上进行的磷酸化。

(三) 生长发育

在新陈代谢基础上,生物体能进行生长发育。生长是指生物体个体的体积不可逆转地增

大的过程;而发育是指生物个体不断完善、成熟的过程,诸如叶、花和果实等新结构的出现。

单细胞生物生长主要依靠细胞体积与重量的增加,而多细胞生物生长除细胞体积的增大外,主要依靠细胞的分裂来增加细胞的数目。如千吨巨鲸来自一个受精卵,百米大树源自一粒种子。生物体的生长不同于非生物,如晶体可在饱和盐溶液中形成,并随着溶液中盐的加入,晶体可能增大,但这种生长不分阶段,是由外在扩增完成的。而生物体的生长源自本身,它不仅是细胞体积的增大、细胞数目的增多,而且是分阶段完成,并有着一定的生长期限。

环境条件对生物体的生长发育无疑是有影响的,“橘生淮南则为橘,橘生淮北则为枳”说的就是这个道理。同一品种的小麦在水肥条件良好的田里长得高大粗壮,而在干旱贫瘠的田里则长得瘦小。但是,正如生物体内环境总是保持相对稳定一样,生物的生长发育也总是按照一定的尺寸范围、一定的模式和稳定的程序进行的。

(四) 生殖

生殖是指生物体产生与自身相似的新个体以延续种系的生命活动过程。任何生物,其个体的生命过程都要经过生长、发育、衰老、死亡等阶段,也就是说个体的生命总是要死亡的。如果没有生殖,不能繁衍后代,那也就没有生物,生殖保证了物种生命的连续性。

生物的生殖方式分为无性生殖和有性生殖两大类。无性生殖是生物通过个体或个体的一部分繁殖后代的生殖方式。在无性生殖中,由于没有两性细胞的结合,子代所继承的遗传特性与亲代基本相同,同时由于无性生殖不经过胚胎发育阶段,其生长发育过程比较迅速,有利于种族的繁衍。有性生殖是通过两个已分化的生殖细胞的结合、发育形成新个体的生殖方式。在有性生殖中,由于两性生殖细胞在形成过程中分别经过减数分裂,然后通过受精作用发育成新个体,使得新个体带有不同的遗传信息组合。因此,有性生殖对于生物的生存和进化是非常有利的,在长期自然选择中,许多生物,尤其是高等生物主要是以有性生殖方式来繁衍后代。

(五) 遗传变异和进化

种瓜得瓜,物生其类,子代与亲代之间,在形态构造、生理机能上都很相似,这种现象称为遗传;而后代与亲代之间以及后代各个体之间不会完全相同,总会有所差异,这种现象称为变异,遗传和变异都是生命的普遍现象。遗传的物质基础是DNA,其遗传信息存在于DNA链的碱基序列上。通过DNA的复制和世代间传递实现亲代与子代之间性状的遗传,通过DNA(基因)的突变和遗传物质重组造成亲代与子代及子代各个体之间无数可遗传的变异。

遗传给予生命延续性和保守性,使物种世代相继并能保持稳定;而变异给予生命进化、发展的动力。遗传、变异,加上自然选择的长期作用,导致整个生物界由低级到高级,从简单到复杂,向上逐渐演变,这就是生物的进化,它是生物适应性和多样性的根本原因。现在地球上的生命,包括我们人类在内,都是生物经历了漫长历史时期的进化的产物。进化是群体或物种在连续的世代中发生的遗传改变和相关的表型变化,也包括在漫长历史时期中生物和环境的相互作用和它们之间的协同作用。

(六) 应激性

生物体对周围环境变化刺激发生反应的特性叫做应激性。应激性是一切生命体固有的特性,不管生命的形态原始到什么程度都必然会有应激性,虽然表现的形式有所不同。

单细胞生物常以趋性应答其生活环境中的光、温度或化学物质等刺激;植物则以不平衡的生长运动对刺激作出应答,如植物根的向地性是对地心引力的反应,枝条和叶片的向光性则是对光的反应;高等动物由于具有发达的神经系统和感觉器官,形成了有规律的反射活动,能对各种刺激作出更为迅速的反应。

以上基本特征表明,尽管生物世界存在惊人的多样性,但所有的生物都有共同的物质基础,遵循共同的规律,生物就是这样一个统一而又多样的物质世界。

二、生命科学

(一) 生命科学的内涵

生命科学是研究所有生命形式及其活动规律、揭示生命现象本质的一门科学,泛指生物学及其相关的领域;除以认识生命世界的本质规律为主要目标的生物学外,还包括以改造生命世界为目标的农学、医学以及与生命有关的工业。由于数、理、化等学科已在 20 世纪全面渗入生命科学,导致生命科学获得前所未有的发展,面目一新的生命科学已经不再是传统的生物学了,已发展成数理化、计算机等诸多学科支撑的集成性学科。

然而,生物学作为一门基础学科,是生命科学各个领域的基础和核心,它是农学、医学以及与生命科学有关工业的基础。许多生物学上的发现和研究成果,都可以在农学、医学或生物工程等领域得到广泛的应用。例如,农作物产量和质量的提高、人类肿瘤的预防和治疗、生物工程技术的应用、生态环境的改善等等。反之,生命科学在实践中的发展、应用所面临的问题,也会促进生命科学的基础即生物学的发展。

生命科学之所以重要,是因为人们要认识客观物质世界,必然要研究与客观世界并存并不断与之相互作用的生命世界;而要认识包括我们自己在内的生命世界,又不可避免地要研究我们生存于其中的客观世界。生命科学与人类的生存和发展的关系更密切,这是因为人类本身就是生物界中的一员。因此,要想了解人类自身的情况,要想使我们更健康、更安全地生活,就必须了解生命世界,熟悉生命世界。而生命科学的任务就是要探索生命的奥秘,掌握生命运动的规律,并运用这些规律去能动地改造客观世界,为人类的生存和发展谋福利,使人类生活得更美好。由此可见,作为现代社会的一名成员、了解一些生命科学的基础知识和前沿动态是非常必要的。

(二) 生命科学的主要分支学科与交叉学科

生命科学所研究的范围极其广泛而复杂,就生物学而言就涉及植物学、动物学、微生物学、细胞学、分子生物学、生物分类学、生理学、遗传学、生态学、生物化学、免疫学、胚胎学,等等。随着研究的深入,学科的划分也就越来越细,一门学科往往再划分为若干分支学科。如微生物学又可根据研究内容分为微生物生理学、微生物遗传学、土壤微生物学等。其他领域如数学、物理、信息科学等多学科向基础生物学的交叉和相互渗透,形成了一些交叉学科,如生物物理学、生物力学、生物力能学、生物声学、生物统计学、仿生学,等等。

下面简单介绍一下几个主要分支学科。

1. 分子生物学(Molecular Biology)

分子生物学是以从分子水平上研究生命本质为目的的一门分支学科,它是当前生命科学

中发展最快并正在与其他学科广泛交叉与渗透的重要前沿领域。分子水平是指能携带遗传信息的核酸和在遗传信息传递及细胞内、细胞间通讯过程中发挥着重要作用的蛋白质等生物大分子。从分子水平上研究生命的本质主要是指对遗传、生殖、生长和发育等生命基本特征的分子机理的阐明,从而为利用和改造生物奠定理论基础和提供新的手段。

2. 细胞生物学(Cell Biology)

细胞生物学是研究细胞的结构与功能,阐明其生命活动基本规律的一门分支学科,是生命科学的前沿分支学科之一。细胞生物学研究内容涉及细胞周期调控、细胞增殖、分化、凋亡、物质跨膜转运、信号跨膜转导、细胞间相互作用、细胞迁移等几乎所有生命现象的过程和机制。

3. 生态学(Ecology)

生态学是研究生物与环境及生物之间相互关系的一门分支学科,属宏观生物学范畴。现代生态学向微观和宏观两个方向发展:一方面在分子、细胞等微观水平上研究生物与环境之间的相互关系;另一方面在个体、种群、群落、生态系统等宏观层次上研究生物与环境之间的相互关系。随着人类活动范围的扩大与多样化,人类与环境的关系问题越来越突出,现代生态学研究的范围已扩大到包括人类社会在内的多种类型生态系统的复合系统。

4. 发育生物学(Developmental Biology)

发育生物学是研究生命体发育过程及其本质现象的一门分支学科,从分子水平、亚显微水平和细胞水平上来研究分析生物体从精子和卵的发生、受精、发育、生长直至衰老死亡的过程及其机理,是当今生命科学研究前沿分支学科之一。发育生物学的研究通常要有合适的模式生物和实验系统。国际上普遍采用的模式生物实验系统主要有斑马鱼、线虫、小鼠、拟南芥、水稻、酵母等。我国科学家在对文昌鱼、银鲫鱼的研究过程中也渐渐形成了自己独特的实验系统。从20世纪80年代起,由于遗传学、细胞生物学、分子生物学等学科的发展,大量新的科学技术和方法的应用,使发育生物学取得了巨大的进展。研究内容包括配子的发生和形成,受精过程,细胞分化与形态模式形成,基因在不同发育时期的表达调控,发育过程中细胞核与细胞质的关系、细胞间的相互关系以及外界因素对胚胎发育的影响。发育生物学不仅解决人类面临的许多医学难题,为器官与组织培养等新兴的医学产业工程的发展打下基础,也是基因工程发展为成熟的实用技术的基础。

5. 免疫学(Immunology)

免疫学是以研究生物体免疫系统的组成、功能以及相关疾病的基本免疫机制,发展有效的免疫学措施,达到预防与治疗疾病为目的的一门分支学科,是近年来发展快速的一门学科。研究内容包括免疫系统的基本原理;抗原与抗体的结构、相互作用和功能与组织相容性;T细胞调节、免疫耐受性、免疫遗传以及补体、过敏和免疫不全等。免疫学向生命科学其他分支学科渗透,极大地促进了相关学科的发展,尤其是在基础医学、临床医学和预防医学领域,免疫学的研究揭示了某些疾病的发病机理,并为疾病的诊断和防治提供了新技术、新方法、新理论和新途径。医学中的许多重要问题,如自身免疫、超敏反应、肿瘤免疫、移植免疫、免疫遗传等,必将得到更好的解决。

6. 生物数学(Biomathematics)

生物数学以数学方法研究和解决生物学问题,并对与生物学有关的数学方法进行理论研

究,属于生命科学的边缘学科。生物数学的分支学科较多,从生物学的应用去划分,有数量分类学、数量遗传学、数量生态学等;从研究使用的数学方法划分,可分为生物统计学、生物信息论、生物系统论、生物控制论等。由于生命现象复杂,容易受到多种外界环境和内在因素的随机干扰,因此概率论和统计学是生命科学研究常用的方法;而从生命科学中提出的数学问题往往十分复杂,需要进行大量计算工作,因此计算机是研究和解决生物学问题的重要工具。

知识窗

生物数学

生物数学最早源自于生物统计学。1901年,英国的 Karl Pearson 创办了《生物统计学》杂志,标志着数学开始向生物学渗透。1939年, N. Rashevsky 把数学物理方法引入生物学,把生物问题抽象为数学问题,把对生物现象的研究转化为对数学模型的研究,使生命科学的研究工作进入了一个新的天地。

生物数学研究内容大致分为以下几个主要方面:

① 生命现象数量化方法 以数量关系描述生命现象,数量化是利用数学工具研究生物学的前提。生物界存在着大量界限不明确的、“软”的模糊现象,以“硬”的集合概念不能贴切地描述这些模糊现象,给生命现象的数量化带来困难。1965年, L. A. Zadeh 提出模糊集合概念,适合于描述生物学中许多“软”的模糊现象,为生命现象的数量化提供了新的数学工具。

② 数学模型方法 数学模型能定量地描述生命物质运动的过程。通过对数学模型的逻辑推理、求解和运算,就能够获得客观事物的有关结论,达到对生命现象进行研究的目的。

③ 多元分析方法 在农、林业生产中,对品种鉴别、系统分类、情况预测、生产规划以及生态条件的分析等,都可应用多元分析方法。在医学方面,多元分析与电脑的结合已经实现对疾病的诊断,帮助医生分析病情,提出治疗方案。

④ 概率与统计方法 生命现象常常以大量、重复的形式出现,又受到多种外界环境和内在因素的随机干扰。由于生物变量常出现随机性变化且不能完全确定的几率较大,因此随机模型成为生物数学不可缺少的部分。概率是表示客观事物可能发生的程度,它是实际观察到的几率的总体均值或期望值。正态分布是一种理想的对称型分布。有些生物学指标呈左右不对称的所谓偏态分布,但当样本增大时,它的均数却趋向正态分布,这一性质具有重要的实用价值。方差分析常用于分析实验数据、用于检验多组均数间差异的显著性和多因素的单独效应与交互影响的显著性。另外, χ^2 检验、回归与相关分析和多元分析也是常用的统计方法。

⑤ 不连续的数学方法 在生命现象中,物种、个体、细胞、基因等都是生命活动不连续的最小单位,不连续性表现尤其突出。因此,不连续的数学方法在生物数学中占有重要地位。

最近十几年,基因组学的发展使生物学家越来越体会到数学的重要性。高性能计算机的介入使 DNA 序列测定技术快速发展;在蛋白质组研究和转录组研究过程中,各种数据分

析也在迅猛增加。大量研究表明,数学不仅仅能够提升生命科学研究,使生命科学成为抽象的和定量的科学,而且也是揭示生命奥秘的必由之路。一些重大国际事件,如口蹄疫、疯牛病、禽流感等全球公共卫生问题的出现,已将模型化和量化生物学研究推向全世界。

例如,2003年春SARS暴发时,在有效的疫苗和抗病毒药物研制出来之前,科学家最关心的是SARS流行的特征。两个国际合作的研究小组使用了“SEIR”数学模型,对SARS的传播趋势进行分析。SEIR的四个字母分别代表易感(Susceptible)、潜伏(Exposed)、传染(Infectious)和康复(Recovered)病人。美国和加拿大的科研人员研究了205个SARS病例;英国和中国香港的科研人员则研究了香港SARS最初10周的流行趋势,得出一个相同的结论:如果不加控制,SARS很可能成为一种在世界范围流行的传染病;但是,通过良好的基本公共卫生措施的干预,SARS并没有严重到不可控制的程度。

北京大学和中国科学院的数学专家也运用数学模型,对SARS在北京的流行趋势进行了预测,成功地分析出它的暴发期、平稳期、下降期等,及时地配合了北京市战胜SARS的工作。

7. 仿生学(Bionics)

仿生学是研究生物系统的结构和性质,为工程技术提供新的设计思想及工作原理的科学,它是一个跨领域、跨学科,涉及数学、物理学、化学、技术科学与生命科学相融合的边缘交叉学科。仿生学通过将各种生物系统所具有的功能原理和作用机理作为生物模型进行研究,最后实现新的技术设计并制造出更好的新型仪器、机械等。

以上所述只是生命科学分科的主要格局,实际上发展到今天的生命科学,其分支学科的界限已逐渐融合。例如,分子生物学、细胞生物学、遗传学等已经密不可分,分子生物学正深入到从分子水平上对细胞活动、发育、遗传和进化进行探索。生命科学的发展趋势:一方面,新的学科不断分化出来;另一方面,这些学科又互相渗透而走向融合,这些情况反映了生命科学极其丰富的内容和蓬勃发展的前景。

知识窗

仿 生 学

1960年9月在美国召开的第一届仿生学研讨会上,J. E. Steele博士首次提出了仿生学概念。他认为“仿生学是研究以模仿生物系统的方式、或是以具有生物系统特征的方式、或是以类似于生物系统方式工作的系统的科学”。40多年来,仿生学得到迅速的发展,在军事、医学、工业、建筑业、信息产业等系统获得相当广泛的应用,模仿生物原型进行设计与制造产品、材料和元器件,已成为高新技术的崭新领域。发达国家投入大量经费和人力争先开展多方面研究与应用,获得了惊人的效益。

仿生学的研究范围主要包括:力学仿生、分子仿生、能量仿生、信息与控制仿生等。

① 力学仿生 研究并模仿生物体大体结构与精细结构的静力学性质,以及生物体各组成部分在体内相对运动和生物体在环境中运动的动力学性质。例如,2000年悉尼奥运会时,仿生科技的仿鲨鱼皮连体泳衣改变了整个世界泳坛的格局,几乎大半以上的金牌得主都是仿鲨鱼皮泳衣的使用者。第一代仿鲨鱼皮泳衣模仿了鲨鱼的皮肤,在泳衣上设计了一些粗糙的齿状突起,以有效地引导水流,并收紧身体,避免皮肤和肌肉的颤动。第二代仿鲨鱼皮泳衣又加入了一种叫做“弹性皮肤”的材料,可使人在水中受到的阻力减少4%。此外,还增加了两个附件,附在前臂上由钛硅树脂做成的缓冲器能使运动员游起来更加轻松;附在胸前和肩后的振动控制系统能帮助引导水流。

② 分子仿生 研究与模拟生物体中酶的催化作用、生物膜的选择性、通透性、生物大分子或其类似物的分析和合成等。例如,在搞清森林害虫舞毒蛾雌性引诱激素的化学结构后,合成了一种类似有机化合物,在田间捕虫笼中仅使用千万分之一微克,便可诱杀雄虫。

③ 能量仿生 研究与模仿生物电器官生物发光、肌肉直接把化学能转换成机械能等生物体中的能量转换过程。

④ 信息与控制仿生 研究与模拟感觉器官、神经元与神经网络以及高级中枢的智能活动等方面生物体中的信息处理过程。例如,在北京2006年国际弦理论大会上,英国皇家学会会员和美国科学院外籍院士、理论物理学家斯蒂芬·霍金(S. Hawking)通过语音转换器作“宇宙的起源”主题演讲。霍金患肌肉萎缩症,既不能说话,也不能做手势,只能依靠计算机及语音合成器与外界沟通。其乘坐的智能轮椅车上有个具有特殊识别功能的传感器,霍金眨眨眼或动一下面部肌肉都会通过传感器输入进去,专用的识别软件经过处理后转换为文字信息,在屏幕上显示出相应的单词,红外线控制系统通过感知他的目光来形成特定的词句,最后经过电脑控制的语音合成器发出具有金属质感的声音。

第二节 现代生命科学发展特点

20世纪初(1909年),丹麦遗传学家约翰逊(W. Johansen)提出了“基因”这一名词用来解释孟德尔(G. J. Mendel)的遗传因子。近100年来,从基因概念的提出到20世纪末人类基因组草图绘制完毕,生命科学发生了巨大的变化。20世纪,生命科学经历了由宏观到微观的发展过程,由形态、表型的描述逐步深入到生物体的各种分子及其功能的研究。

从总体上看,20世纪的生命科学主要朝着微观和宏观两个层次发展:在微观层次上,生命科学已经从细胞水平进入到分子水平去探索生命的本质;在宏观层次上,生态学的发展正在为解决全球性的资源和环境等问题发挥着重要作用。通过微观与宏观的紧密结合,生命科学在20世纪经历了辉煌的历程。

一、分子生物学的兴起全面改变了传统生物学的面貌

分子生物学是由生物化学、生物物理学、遗传学、微生物学、细胞学、乃至信息科学等多学