

走向科学的明天丛书

ZOUXIANG
KEXUE
DE
MINGTIAN
CONGSHU

生命科学的明天

SHENGMING
KEXUE DE
MINGTIAN

王谷岩 著

广西教育出版社



国家“九五”重点图书
出版规划项目

走向科学的明天丛书

生命科学的明天

王谷岩 著

广西教育出版社

K05
K10
K02

—45

走向科学的明天丛书

生命科学的明天

王谷岩 著

☆

广西教育出版社出版

南宁市鲤湾路8号

邮政编码:530022 电话:5850219

本社网址 <http://www.gep.com.cn>

读者电子信箱 master@gep.com.cn

全国新华书店经销 广西民族印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 5.75 印张 插页 6 119 千字

1999 年 12 月第 1 版 2000 年 9 月第 2 次印刷

印数:5 001—10 000 册

ISBN 7-5435-2982-3/G · 2266 定价:9.90 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换

目 录

序

致青少年朋友

写在前面的话

生命与生命科学	1
▣ 生命是什么	1
▣ 蓬勃发展的生命科学	5
▣ 生命科学走向新世纪	11
▣ 未来生物科学的重大领域	14
微观世界看生命	19
▣ 生命的本质在于微观世界	19
▣ “分子机器”探秘	22
▣ 生物大分子的结构层次	25
▣ 生命本质的新探索	34
生命的最小单位	40
▣ 蜂窝状的“小室”	40
▣ 细胞要素与细胞生物学	44
▣ 细胞膜与膜生物学	51
▣ 细胞运动与细胞骨架	55
▣ 细胞连接与细胞通讯	59
无所不在的基因	63
▣ 遗传与基因	63
▣ 基因活动	65
▣ 人类基因组计划	69
▣ 基因组学与蛋白质组学	73
从受精卵到复杂个体	79
▣ 生命的开端	79
▣ 个体发生	84

发育的调控·····	88
克隆与转基因动物·····	91
主宰生命的脑·····	96
脑与神经系统·····	96
高级精神活动·····	105
脑科学·····	110
精神疾患·····	115
“脑的十年”·····	118
生命的物理学、化学和数学 ·····	124
生命的物理学·····	125
生命的化学·····	132
生命的数学·····	137
生命起源与地外生命·····	150
生命的本质与生命起源·····	151
生命起源的各种学说·····	152
细胞的起源·····	161
为什么要研究生命起源·····	163
火星探测与地外生命·····	164
地外生物学·····	168

生命与生命科学

生命是什么

生命是自然界最富魅力的一种自然现象。尽管人类已经踏上了月球,已经了解了遥远天体的种种奥秘,然而,距离彻底揭示生命的本质,尚需在不断探索之中走过漫长的路程。

人们对生命的了解,起始于对生命体的了解。自然界中的物体有两大类,一类无生命,一类有生命。有生命生命体叫做生物,包括动物、植物和微生物。有些科学家估计,自然界中现存的生物物种约为

200 万 ~ 450 万种,已经灭绝的就更多,大约 1500 万 ~ 160 亿种。不过,科学界一般认为,在被定名的物种中,只有动物 100 多万种、植物 40 多万种和微生物 10 多万种。

地球上,从高山到平原,从沙漠到草原,从空中到江河湖海,从地表到地下,到处都有生命的踪迹。地球上的生命体不仅具有动物、植物和微生物三个大类别的分野,同一大类别之中在形态结构上也千差万别。然而,生活在地球上的所有生命体却都遵从相同的“构成法则”,这个法则的最基本的一点就是“进化原理”,这是区分有生命和无生命物质的主要特征。进化也称做演化,是指生物从过去到现在一直处于逐渐变化和演变的过程,这是一个由低级到高级、由简单到复杂,物种种类由少到多的发展过程(图 1)。英国博物学家、进化论的奠基人达尔文称进化是一个“具有变化的继承过程”,因为进化过程通常都伴有形态结构上的复杂化和随外界环境条件的改变而改变自身特性或生活方式的适应能力的提高,以及物种种类的增加。地球上原来并无生命,大约在 36 亿年前,才在一定的条件下形成了原始生命,其后由于变异(同一起源的生物个体间出现性状差异)、遗传与适者生存的自然选择,地球上的生物得以不断进化,直至发展成为今天这样一个以复杂的相互关系联系着的多样性生物世界。

除此之外,地球上的所有生命体还都具有其他一些共同的特征:由作为生命物质基础的核酸和蛋白质所组成,构成它们的基本结构与功能单位都是细胞,都具有新陈代谢和自我复制两种最基本的生命过程,等等。新陈代谢(简称代谢)是生命的基本特征之一,是维持生命体的生长、运动、繁殖等生命活动过程中一系列化学变化的总称。通过代谢,生命体与周围环境不断地进行物质和能量的交换:把从食物中摄取的

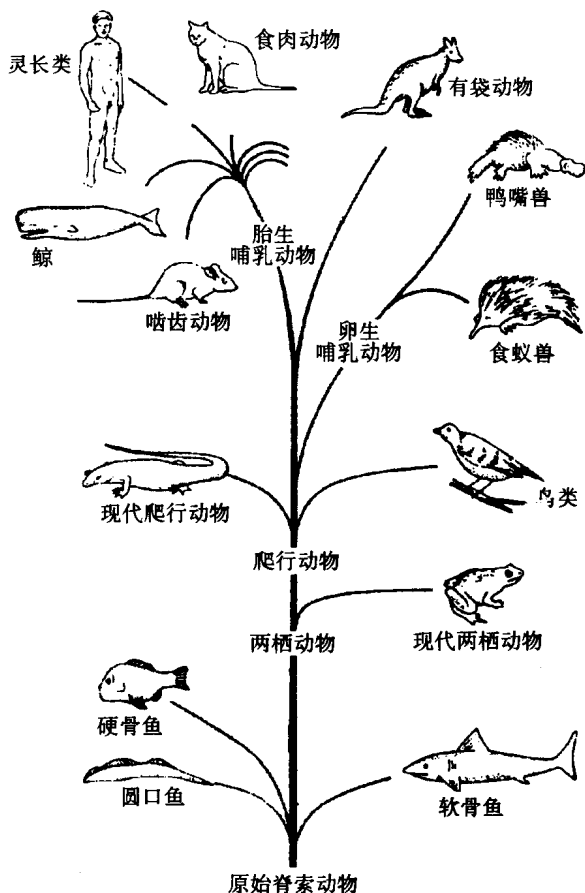


图1 脊椎动物进化系谱图

养料转变成自身的组成物质(蛋白质、核酸、脂质等),并储存能量;再把自身的组成物质分解以释放生命活动所必需的能量,并排出废物。总之,只有通过代谢才能维持生物个体的生存。而通过另外一个重要的生命过程自我复制则产生出与自身同种的新个体,使生物物种得以延续。

在从原始的生命形式到单细胞和多细胞生命体的进化过程中,随着生命体结构和功能的进步,又都表现出了更为复杂的生命现象,其中包括:

(1) 应激性(生命体对环境条件变化的刺激能够产生相应的反应);

(2) 生长(生物个体或细胞从小到大的过程);

(3) 发育(分化成具有不同结构和功能的组织和器官);

(4) 遗传(遗传物质从上代传给下代,从而使上代的形态特征或生理特性等性状在下代得以表现);

(5) 变异(上代和下代在遗传过程中出现性状差异)。

生物世界中的生命体还具有其他许多共同的生命特征,如在所有的生命体中,在遗传过程中都使用同一套遗传密码;生命体中储存能量的物质都是核苷酸的衍生物(如三磷酸腺苷 ATP);糖类分解释放能量的步骤在各种生命体中都基本相同,等等。

关于生命的研究已经相当详尽,有关生命过程、生命现象和生命特征的资料已经有了相当的积累,然而,由于生命体是自然界中最为复杂的系统,目前掌握的知识距离真正了解生命的本质还有相当的差距。因此,迄今为止,还依然难以给生命一个一致公认的确切的定义。每个专业的研究者都倾向于用自己的术语和知识下定义,而深究起来又都有疏漏和不甚确切之处。

生理学家往往把生命定义为“具有进食、代谢、排泄、呼吸、运动、生长、生殖和应激性等功能的系统。”但是,汽车也具有其中列举的一些功能,而某些细菌却不呼吸。

生物化学家对生命也有定义:“生命是包含有储存与传递遗传信息的核酸和调节代谢的酶的系统。”但目前已知,某种

病毒类生物可能不含核酸,但其生物分子同样也表现生命现象。

遗传学家给生命的定义却是:“生命是通过基因复制、突变和自然选择而进化的系统。”显然,这个定义所涵盖的内容是不完备的。

生物热力学家目前则认为:“生命是个开放系统,它通过能量流动和物质循环而不断增加内部的有序性。”这个定义似乎太受学科局限了。

看来,“生命”应该是作为生物的本质属性而抽象出来的一个概念,而不能是由单一专业或学科给出的概念,或者只局限于所熟知的生命形式来下定义。

那么,生命究竟是什么?何时人类才能拿出关于生命的贴切定义?

让我们在不断探索中热切地期待着!期待着明天的生命科学尽快给出一个反映生命本质属性的“生命”概念。

蓬勃发展的生命科学

地球上的物质世界分为物理世界和生命世界,因而现代自然科学主要可以划分为物理科学和生命科学两大门类。通常给生命科学下的定义是:“研究生命的科学。”这个定义的简单程度同生命以及生命科学的复杂性形成了鲜明的对比。

生命科学研究的是各种生命现象及其本质,以及生命体(生物)之间和生命体与环境之间的相互关系。人类对生命现象的认识经历了由整体到部分、由宏观到微观、由个体到群体、由现象到本质的过程。人类对生命认识的深入表现为对

生命的多层次研究(图 2)。正是在这样的深化过程中,生命科学拥有了包括“群体生物学”、“个体生物学”、“细胞生物学”和“分子生物学”等诸多分支学科的完整研究体系。

个体 人类对生命的了解,起始于对生物个体的观察与

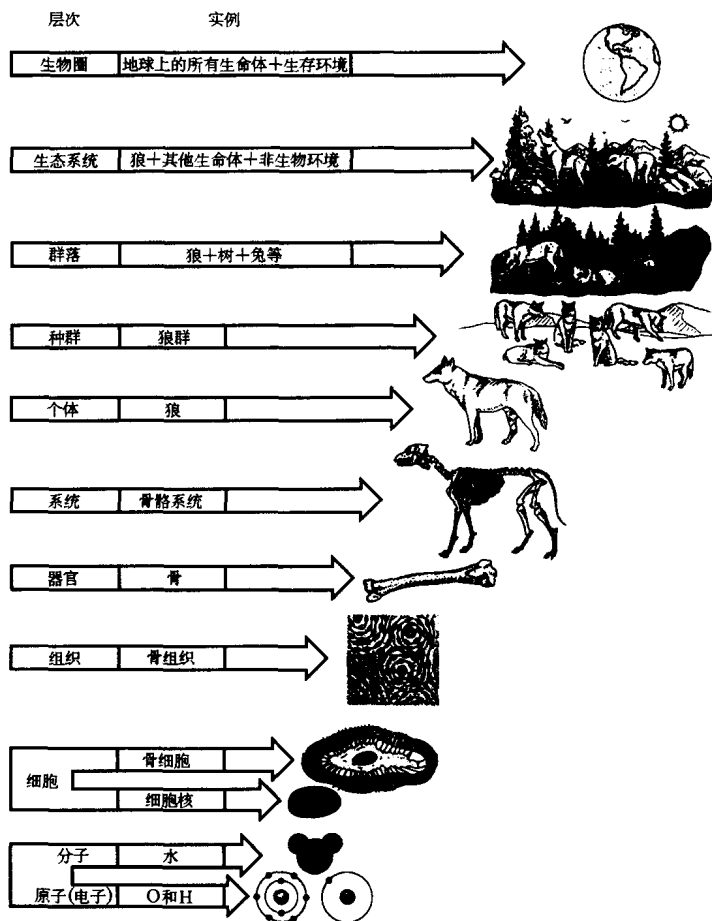


图 2 生命的层次

研究。人类积累的各种知识,最终也都要在生物个体这个层次的生命活动中进行检验。作为完整、统一的生命体,生物个体具有人们所熟知的全部直观的生命特征,是人类进行生命研究的基础层次。在这个层次上,已经形成了一门研究内容十分丰富的生命科学分支学科——个体生物学。而考察环境对生物个体的影响,研究生物个体与其周围环境的生物因素及非生物因素的相互作用,又诞生了一门称为“个体生态学”的分支学科。

细胞 除了原始的生物之外,地球上所有的生命体都具有机能结构的一致性,都由细胞构成。随着细胞的发现及其深入观察与研究,人们了解到细胞是生命的最小结构单位,也是呈现一切生命特征的最小功能单位。细胞是构成生命体的基本“元件”,生命体的所有生命活动都与细胞活动相关。细胞学就是在细胞层次上研究生命现象的分支学科,它的任务是探索细胞的结构与功能、生长与增殖、受精与分化、遗传与变异、病变与衰老等一系列生命活动。细胞学与遗传学、生理学和生物化学等学科相结合,还可以去分析细胞的信息传递、化学反应、物质输送和能量转换。近年来,由于引入了分子生物学的研究成果与研究方法,细胞学又获得进一步发展,扩展成为细胞生物学,研究内容更加广泛而深入,并产生了细胞形态学、细胞遗传学、细胞化学和分子细胞学等分野。

组织 一群形态和结构相似、功能相同的细胞及其细胞间质,在生命体内按照一定规律结合在一起,又组成各种组织。如覆盖在器官外部的上皮组织、覆盖器官内部的内皮组织和联结细胞的结缔组织,以及用以同化食物的消化组织,用以贮存养料的贮存组织,担任输送功能的血液和淋巴组织,承担对内外环境适应与协调的神经组织,担任支撑及运动功能

的骨骼组织和肌肉组织等等。“组织学”就是专门研究各种组织构造的分支学科,“生理学”则研究各种组织的功能。

器官与系统 几种不同类型的组织,又按一定的结构联合形成具有一定形态特征和生理功能的器官,如肠、胃、心脏、脑、肺、肾、肝等。几种器官协同工作再构成一个个机能系统,如消化系统、循环系统、神经系统、呼吸系统等。生理学和解剖学的研究内容,就包括了器官和系统的结构与功能。

分子 自然界是由物质构成的,生命体当然也不例外,只不过它们是由有生命的物质所构成。构成生命物质的各种元素与非生命物质中的元素其实也是完全一样的,只是在生命体中由元素组成的是有生命活性的化合物分子——蛋白质、核酸、糖类和脂类等生物分子。自然界中生命体的统一性不仅表现在它们都由细胞组成,还表现在不管其简单与复杂程度如何,生命体的主要组成成分都是蛋白质和核酸。生物分子是表现生命现象的又一个重要层次,在这一层次上探索生命的奥秘,诞生了一门崭新的生命科学分支学科——分子生物学。许多研究结果告诉我们,生命的奥秘归根结蒂在于生物分子的微观世界。分子生物学因其阐明的问题的重要性,已经成为近一时期生命科学发展的主流,对生命科学各分支学科都产生了重要影响,派生出分子细胞学、分子遗传学、分子免疫学、分子胚胎学、分子分类学和分子人类学等现代新兴分支学科,大大推进了生命科学的发展。

原子与电子 分子水平上的生命现象,起因于生物分子的构象(空间结构),以及生物分子间的相互作用。分子由原子组成,原子又由原子核和核外电子组成,原子结合成分子时,电子有其特定的运动规律。因此,对于生物分子的构象及其变化、分子间的相互作用,生物分子中原子外层电子的活动

状况就起着重要作用。也就是说,发生在分子和原子这样一些微观层次上与电子活动有关的过程,很自然地就成为探索生命本质的不可缺少的一个层次。20世纪70年代,科学家们把对生命的研究推进到这一层次,去探讨那些在分子水平上还不能完全解释的问题。分子中与电子活动有关的问题,需要借助于物理学中的一个分支学科——量子力学才能精确描述,为此诞生了一门全新的生命科学分支学科——量子生物学。借助量子生物学可以精确了解生物分子间的相互作用力及其作用方式、能量传递和信息储存,从而提供更多有关分子水平生命现象的知识。

综上所述,对生命现象的研究涉及到了“个体—系统—器官—组织—细胞—分子—原子和电子”由个体向微观深入的7个层次。

自然界中的完整生命体尽管是以个体的形式存在的,但它们从来都不可能是孤立的存在物,在生物个体之间、生物个体与环境之间都有着不可分割的联系。因此,要充分而全面地认识生命,还需要从宏观角度去深入研究这种联系。这样,也就建立了“个体—种群—群落—生态系统—生物圈”这样一个由个体向宏观扩展4个层次的生命研究体系。

种群 孤单的生物个体在自然界中是不能长久生存的,必须形成种群(或称物种种群、群体),即同种生物在特定环境空间和特定时间内的个体集群,才能长期生存。种群具有了单独的生物个体所不具备的一些生命特征,如个体密度、年龄及性别比率、出生及死亡率、迁入及迁出率、种内和种间关系等,这些生命特征称为种群生命现象。种群是分类学、遗传学和生态学研究中的基本单位。

群落 居住在一个地段或水域内的各个生物种群中的一

切生物,彼此之间通过各种途径会相互作用、相互影响,以求得共同生存,这样就又组成了一个整体——群落。群落生态学就是专门研究生存环境、生物种群和生物群落三者间交互关系的一门分支学科。

生态系统 生物个体离不开种群和群落,也不能离开环境而生存,生物群落与其生存的环境组成了一个功能整体,这就是生态系统。在这一层次探讨生命活动的规律,在当今环境日益受到破坏的情况下,更具现实意义,成为重要的研究领域,生态学担当的就是这一重任。

生物圈 地球上所有生态系统的总和,包括了自然界中一切生物个体及其与之相互作用的非生物环境,构成了整个的生物圈。生物圈是一个以物质和能量流的循环为特点的大系统,它为整个地球上所有生命体的生存和繁殖提供了必需的物质和能量,生物圈内物质和能量的循环是生命存在的根本原因与保障。显然,开展生物圈这个层次的研究,对于保护物种、保护地球上生物的多样性、保护人类的生存环境是至关重要的。研究生物圈的学科范畴,我们不妨称其为“生物圈学”。

传统的(或称经典的)生物学这个术语从 19 世纪初开始使用,最早只是包括按研究对象划分的动物学、植物学和微生物学等分支学科。1839 年,德国解剖学家施旺宣布,细胞是一切生命的基础,一切植物和动物都由细胞组成。细胞学说的创立标志着现代生物学的诞生,从而派生出众多的分支学科。

伴随着自然科学各学科的发展,自 20 世纪 50 年代以来,现代生物学逐渐从单个学科单独工作转变成为学科间的互相沟通与渗透,从而进入当代生物学发展阶段。当代生物学中诞生了许多由学科渗透而形成的新兴边缘学科(或称交叉

学科),如生物物理学、生物化学、生物数学、生物地理学、生物工程学等等。当代生物学把对生命的研究从描述性的定性研究变成成为定量分析,从对生命现象的观察推进到对生命活动加以实验研究,使之对生命本质的了解有了重大的进展。由于这些进展,分子生物学、细胞生物学和发育生物学这些学科变得难以严格区分,研究领域间的界限更加显得是人为划分的了。许多学科变得你中有我、我中有你,反映出实现了生物学研究历史上前所未有的不同学科间的大协作。这些进展,更确定了许多新的生物学原理,从而使生物学作为严密的科学系统而被称为“生命科学”(也有称“生物科学”);虽然科学界和一般公众现在也还习惯地使用着生物学这个名词,但它已经只是生命科学的简称了。

生命科学走向新世纪

20 世纪 50 年代以来,随着物理学、化学、数学的理论与方法向生物学的渗透,许多有远见的物理学家、化学家和数学家纷纷转向生物学课题的研究,使生命科学获得了突飞猛进的发展,生命科学的理论成就也为自然科学的发展作出了巨大贡献。生物遗传物质脱氧核糖核酸(简称 DNA)双螺旋结构的发现,就是一个典型的例证。科学家们构建的 DNA 双螺旋结构模型(参见图 5)成功地阐明了 DNA 结构与功能的分子基础,成为 20 世纪自然科学发展中的一项重大突破。自此,生命科学接连不断地取得了一个又一个新发展:确立了遗传信息传递的中心法则,发现了遗传密码的编码机理(三联体密码),揭示了生命体的代谢、生长、发育、遗传和进化的内在联

系,证明从单细胞生物到人的所有生命体,遗传密码都是通用的,从而说明地球上所有的生命体在分子进化上都具有共同的起源。

分子遗传学和生物大分子结构研究的一系列重大成就促进了分子生物学的兴起与发展。分子生物学是在分子水平上研究生命活动的物质基础,可以深入阐明作为生命物质基础的核酸和蛋白质的结构与功能,以及核酸与蛋白质之间的相互关系,从而使人们对生命体的遗传变异、物质代谢、能量转换、光合作用、细胞分化、激素调节、神经传导、体内平衡、免疫反应等一系列生命活动都有了新的认识。除此之外,生物界的多样性、统一性、连续性问题,生命体与环境的相互作用问题,也都可以从分子水平上进行探索和研究。

已经摆脱了描述性科学背景而成为定量的、成熟的说明性科学的生命科学正迈着坚实的步伐走向新的世纪。走向新世纪的生命科学各领域所取得的巨大进展,特别是分子生物学的突破性成就,使其在未来自然科学中将跃居带头学科的位置,新的世纪将是生命科学世纪。在下一个世纪,生命科学将继续蓬勃发展,将会有一系列重大突破,自然科学的其他学科今后最重大的突破,可能也将更多地产生于与生命科学相结合的研究领域;生命科学对自然科学所起的巨大推动作用,决不亚于作为 19 世纪到 20 世纪前半期带头学科的物理学。如果说过去是生命科学得益于引入了物理学、化学和数学等学科的概念、方法与技术而得到飞速的发展,那么,明天的生命科学将会以它特有的方式给自然科学其他学科以同样的回报。为了迎接生命科学世纪的到来,以便把握时机为其作出更多的贡献,科学界正在纷纷预测未来生命科学将会有哪些发展?又会在什么领域有重大突破?我们呈献给读者的这本