

生命科学 基础教程

叶创兴 周昌清 王金发 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

生命科学 基础教程

叶创兴 周昌清 王金发 主编

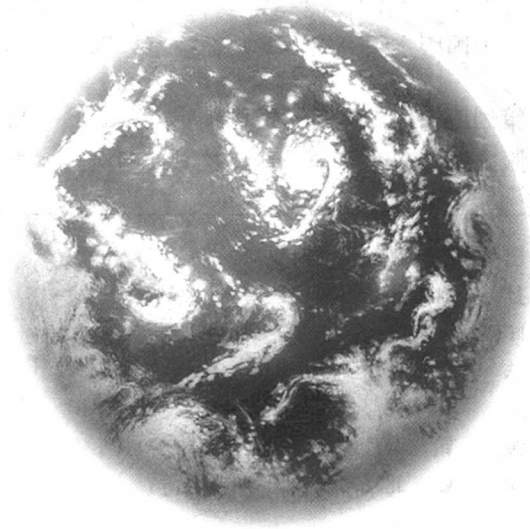
编写人员（按姓氏拼音排列）

陈焕新 陈润政 廖文波 龙天澄

陆勇军 王金发 吴玉萍 项 辉

徐润林 叶创兴 叶克难 张利红

张尚宏 周昌清 周文良



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书讲述了基本的生命科学知识和前沿进展,在内容上偏重于微观和分子生物学,对于宏观的生命科学知识也做了简要介绍。全书正文部分共5篇13章。在引言部分介绍生物学的概念和方法,包括DNA,能量,能量与生命,能量和生物群,生物类群的分类单位和种,多样性的演化观点以及生物学研究的方法等。正文的主要内容涉及细胞生命活动的基本原理,遗传基本原理,进化原理,生物多样性,植物的结构与功能,动物的结构与功能,脑科学,发育生物学,生态学,生命伦理道德等。本书是一本适用于非生物类专业本科学生学习生命科学基本知识、了解生命科学前沿的简明教材。

图书在版编目(CIP)数据

生命科学基础教程/叶创兴,周昌清,王金发主编.

北京:高等教育出版社,2006.3

ISBN 7-04-017739-0

I. 生... II. ①叶...②周...③王... 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(2006)第004174号

策划编辑 王莉 责任编辑 张晓晶 封面设计 张楠 责任绘图 朱静
版式设计 马静如 责任校对 胡晓琪 责任印制 陈伟光

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 100011
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京市白帆印务有限公司

开本 787×1092 1/16
印张 31.25
字数 750 000

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 2006年3月第1版
印次 2006年3月第1次印刷
定价 36.00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 17739-00

■ 前 言

生命科学是当今发展最快的学科之一。生命的奥秘不断被发现,必将深刻地影响人类生活的现在和未来。发展生命科学的任务并非只能由从事生命科学研究的专业人员担任,实际上,为了占领生命科学发展的制高点,需要多学科的参与,发挥多学科的优势。只有通过科研人员的共同拼搏,才能使我国的生命科学研究不落后于世界水平。我国教育部已经提出在高等学校向文、理、工等非生物类专业学生普及生命科学基本知识,这一重大举措意义十分深远。普及生命科学基本知识并不是唯一目的,更重要是要吸引更多的有志者从事生命科学研究。例如,发现DNA双螺旋结构的诺贝尔奖获得者沃森和克里克。其中沃森是生物学家,而克里克在大学里学的是物理学,第二次世界大战期间负责为英军制造水雷。二战结束后克里克对“生命体和非生命体的分界”产生了兴趣,自学了生物学和化学,正是克里克具有的物理模型的概念,帮助他们构建了DNA双螺旋结构的模型。这是由非生物类专业转入生命科学研究获得重大成就的典型例子。

为贯彻教育部的精神,我们组织了在生命科学各领域从事教学和研究多年的中青年教师,编写了本书,力求将生命科学的既有成果和对未来的展望浓缩在本教材中,希冀它在波澜壮阔的生命科学发展中,对非生物类专业的莘莘学子具有答疑解惑的作用。

本书立足于高起点,瞄准国际前沿研究课题,既介绍生物学的基本知识,又介绍生命科学发展最新动态,使学生全面了解生命科学研究的基本方向、取得的成就和前景,以激发他们对生命科学的兴趣,实现不同学科之间的交叉,促进我国生命科学研究更好地与国际接轨。在这本教材中,我们把重点放在微观和分子生物学方面,对宏观的生物学特别是对生物多样性也留出了一定的篇幅加以介绍,因为虽然了解生命的奥秘需要依靠分子生物学的研究,但生物多样性是分子生物学的源头。生命科学的快速发展,对医学伦理道德也提出了许多新问题,人类基因组计划也有生命伦理道德研究的规划,因此本书将生命伦理道德作为重大的社会问题提了出来,并归纳了主要的问题和观点作为一章。

全书正文部分共5篇13章,第一篇细胞和遗传,第二篇生物进化与生物多样性,第三篇结构、功能与发育生物学,第四篇生态环境,第五篇生命伦理道德。全书配有大量的插图,也是本教材的一大特色。

本书引言由周昌清和叶创兴编写,第一章和第三章第一~五节由王金发编写,第三章第六节

由叶克难、王金发和叶创兴编写,第二章由吴玉萍编写,第四章由张尚宏编写,第五章由陆勇军编写,第六章和第十三章由叶创兴编写,第七章由徐润林编写,第八章由陈润政和叶创兴编写,第九章由龙天澄编写,第十章由项辉、周文良和陈焕新编写,第十一章由张利红编写,第十二章第一~四节由周昌清编写,第十二章第五节由叶创兴和廖文波编写。全书由叶创兴、周昌清和王金发统稿。

本教材适用于文、理、工、医、农、林等本科专业学生学习,也可以作为社会各界人士了解、学习生命科学的基本框架知识和前沿进展的普通读物。

本教材是在中山大学教务处、中山大学生命科学学院鼓励和有力支持下编写的,同时得到高等教育出版社的全力支持。为了本教材的出版,王莉副编审付出了辛勤的劳动,对初稿特别是插图提出了许多宝贵的意见。为此,我们全体编者谨向上述单位和个人致以诚挚的谢意。本书是集体的成果,限于我们的学识与水平,不足之处甚或错讹,敬希读者不吝赐教。

编 者

2005年8月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

引言	1
----------	---

第一篇 细胞和遗传

第一章 细胞生命活动的化学基础	11
第一节 细胞的化学基础:原子与分子	11
第二节 生命的化学基础:有机分子	15
第三节 细胞的基本结构	32
第四节 细胞代谢的基本规律	52
第五节 细胞的呼吸作用:ATP 的合成	64
第六节 光合作用	69
小结	78
思考题	79
参考文献	80
第二章 遗传基本原理	81
第一节 繁殖方式	81
第二节 遗传的基本定律	86
第三节 基因组	95
第四节 遗传的分子基础	104
第五节 遗传与优生	120
小结	123
思考题	124
参考文献	124
第三章 基因工程原理	126
第一节 基因工程技术的诞生	126
第二节 限制性内切核酸酶	128
第三节 基因工程载体	133

第四节 体外重组	139
第五节 重组 DNA 的转移、筛选与鉴定	145
第六节 生物技术及应用	151
小结	170
思考题	171
参考文献	171

第二篇 生物进化与生物多样性

第四章 生物进化	175
第一节 进化论——生物学中最大的统一理论	175
第二节 进化论的产生与发展	176
第三节 小进化——种内进化	183
第四节 物种形成	186
第五节 大进化	189
第六节 生命起源与早期生物进化的探索	191
小结	198
思考题	199
参考文献	199
第五章 微生物及其多样性	200
第一节 病毒	202
第二节 细菌	208
第三节 菌物	215
小结	222
思考题	222
参考文献	223
第六章 植物与植物多样性	224
第一节 藻类植物	224
第二节 地衣	233
第三节 苔藓植物	234
第四节 维管植物	237
小结	251
思考题	252
参考文献	252
第七章 动物与动物多样性	253
第一节 动物的门类	253
第二节 无脊椎动物的主要类群	254
第三节 脊椎动物的主要类群	288
小结	299

思考题	299
参考文献	299

第三篇 结构与功能与发育生物学

第八章 植物的结构与功能	303
第一节 植物组织	303
第二节 植物的水分生理	314
第三节 植物的矿质营养	325
第四节 有花植物的繁殖	328
小结	332
思考题	333
参考文献	333
第九章 动物的结构与功能	334
第一节 动物的组织器官和系统	334
第二节 动物功能的基本特性	341
第三节 皮肤、骨骼和肌肉系统	344
第四节 循环系统	349
第五节 免疫系统	353
第六节 呼吸系统	359
第七节 消化系统	361
第八节 排泄系统	364
第九节 生殖系统	368
第十节 神经系统	369
第十一节 内分泌系统	373
小结	376
思考题	378
参考文献	378
第十章 脑科学	379
第一节 脑的结构	379
第二节 睡眠与觉醒	384
第三节 情绪与动机	388
第四节 语言和思维	392
第五节 学习与记忆	394
第六节 脑疾病与脑功能退化	398
第七节 脑功能研究技术	400
第八节 人类脑计划和神经信息学	402
小结	403
思考题	403

参考文献	404
第十一章 发育生物学	405
第一节 生殖细胞的发生	405
第二节 受精的机制	408
第三节 胚胎的早期发育	411
第四节 胚胎细胞的分化	414
第五节 胚胎诱导与组织、器官形成	417
第六节 有机体的衰亡	419
小结	424
思考题	424
参考文献	424

第四篇 生态环境

第十二章 生态学与保护生物学	427
第一节 种群	427
第二节 群落	438
第三节 生态系统	443
第四节 人类对生物圈的影响	454
第五节 生物多样性及其保护	457
小结	462
思考题	463
参考文献	463

第五篇 生命伦理道德

第十三章 生命伦理道德	467
第一节 生命伦理道德的基本原则	467
第二节 生命伦理学的内容	468
小结	477
思考题	478
参考文献	478

索引	479
-----------------	-----

引言

生命科学(life sciences)是研究所有被称为生物的科学,因此又可以称为生物学(biology)。据科学家估计,现存地球上已经命名的生物有170万种,人类只不过是其中1个种。造成人类现今在自然界中的地位的原因并不具有必然性,或许纯属偶然。已故进化生物学家史蒂芬·杰伊·古尔德认为,即使让地球上生命进化从头再来,其过程和原来的生命进化历程肯定也是不相同的。事实上,每次的重复都会有不同的结果,人在其中是否必然演化出来也是不能肯定的。这是因为进化是随机的力量 and 选择的力量相互作用的结果,存在着突变、基因重组、迁移等随机因素,也存在着决定个体生存和寻找配偶随机可能性,因而进化是不能重复的,也是不可预见,无规则可循的。进化虽然不可重复,但进化仍然存在着某些基本规则,达尔文认为在偶发事件和自然选择的共同作用下,有机体将会适应它们的生存环境,把能更好适应环境的特性在个体中保存下来。随着人类对生物系统基本结构及这些生物系统在自然选择的作用下如何共同发挥作用有越来越多的理解,就有可能对生物机体的进化趋向进行预测。

生命有许多奥秘,尚待人们去探索。什么是生命,生命是如何起源的?物种是怎么来的,地球上有多少物种?突变是怎样导致生物进化的?人类的基因数目约为2.5万,并不比老鼠3万多,基因能决定一切吗?为什么人类有那么多的“垃圾基因”?人类是否还在进化?生物物种的繁衍是否一定要减数分裂与有性生殖相结合,一定要经过两性结合的方式?人为什么要睡觉?提出这些问题,并不是要圆满地回答这些问题,而是试图援引最新的理论来加以提示,作为一个引子罢了。

一、什么是生命

当我们说生命体会吸收营养,也会排泄废物,这就是生命,这是不够的。汽车消耗汽油排出废气,但汽车不是生物。如果说具有复制(生殖)能力并参与进化,这就是生物,似乎也不行,杂交种骡子没有生育能力,却明白无误是生物。电脑具有复制能力,却不是生物。数十年来,生物学家和哲学家一直试图为生命确定一套精确的定义,但是没有成功。确定生命这一定义的困难之处在于,我们这个星球上的所有生命都起源于共同的祖先,而且生命似应只有一次起源。生命还没有一个与之相近的参照物,如地球上的生物是碳基生命,外太空的星球,如果有生命的话,是与地球上的碳基生命相类似还是还有其他生命形式。人类正对火星进行探索,不过迄今为止尚未发现火星存在某种形式的生命。美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的史蒂文·拉斯马森正在培育一种新的生命形态——脂滴,而不是有膜包裹的水质细胞。细胞是生物结构的基本单位,是联结所

有生物的出发点。但给生命下一个基本定义的困难还在于,究竟细胞所具有的细胞膜、原生质体、原生质体内的细胞核和细胞器这些基本结构是生命的必要条件,还是它的基本结构的形成纯属偶然,关于这一点,我们并不清楚。

我们不能给生命下准确的定义,并不等于我们不能认识生物和生物系统的结构,植物学、动物学、微生物学、遗传学、细胞生物学、生物化学、植物生理学、动物生理学及生态学就是我们对生物从宏观到微观,直至分子水平认识的结晶。实际上我们采取的是无限逼近的方式,来求得生命是什么的真谛。

我们已经知道生命物质是由核酸(DNA, RNA)、蛋白质和碳基化学物质等组成的。基因组(DNA)携带着整套遗传信息。从有性生殖开始,通过基因配对、基因重组,祖先的性状通过精卵结合,传给了下一代,又丰富了下一代的遗传多样性。

基因也控制个体发育过程,它适时地发出指令,使受精卵发育成多细胞、组织和器官,形成一个完整的个体。控制基因表达的主要系统之一是顺序调节——按既定程序调节基因顺序表达。在此过程中,蛋白质结合剂,即 DNA 转录因子结合并打开或关闭基因,以此来控制发育过程中的基因表达。转录因子结合剂使有机体把同一基因转变成不同的形式,如产生略有不同的蛋白质,或者人的胚胎形态转变成成年的形态或者从雄性的形式转变成雌性的形式,顺序调节在发育过程中发挥关键作用,在不同的组织结构中形成不同的细胞方面也发挥着关键作用。顺序调节的指令何时发出,何时关闭,下一个指令何时打开,执行都是有条不紊地进行的,这在许多物种中都一样。但我们如何解读基因表达的顺序调节,迄今为止,因为基因启动区序列的变化跟基因表达的改变没有任何明显的联系而难于进行研究。以家蚕为例,雌雄成虫交配,精子、卵子结合形成受精卵;受精卵发育孵化出幼虫;幼虫取食桑叶直到体内警戒指令撤销,然后体内组织重组,发育成蛹;蛹发育为成虫;成虫适应进行生殖,雌虫翅膀的颜色、形状和摆动频率都适应雄虫附着交配,雄虫产精子,雌虫产卵子,雌雄交配;精子与卵子结合,又形成受精卵。蚕的生活史为卵—幼虫—蛹—成虫,一个阶段紧接一个阶段,上一个阶段没有完成下一个阶段就不开始。幼虫和成虫体内有呼吸系统、消化系统、循环系统、肌肉系统和神经系统,各司其能。所有这些个体发育过程都是受 DNA 控制的结果。

人类基因组计划的完成,使人们认识到人类 2 万~2.5 万 DNA 编码蛋白质。科学家们破解了水稻基因组序列,查明了水稻有 37 544 个基因,还有其他一些生物的基因组序列的完成,这些激动人心的生命科学新成就,表明人类能够解开基因系统的谜。

生命具有新陈代谢的特征。每个活细胞都有能力从周围环境中获取和转化能量,用以维持自身生长、发育和繁殖,排出废物。这就是新陈代谢。如植物叶进行光合作用时,利用太阳能,吸收 CO_2 , 合成有机养分,放出氧气;在呼吸时消耗氧气,放出 CO_2 。

生物对能量具有感觉和反应。非生物对环境改变也有反应,如山坡上的岩石在风雨不断作用下,改变形状、姿势,重心移动产生重力加速度,或者由于地壳运动而坍塌。但两者的反应本质上是不同的。因为每个生物都有感官,接受刺激,生物感觉环境改变,会产生控制、补偿反应。刺激是感官感觉到能量的一种特殊形式,如太阳能、热能、激素分子化学能和机械能的刺激都能引起生物的反应。

细胞调节代谢活动对感官传来的信号做出反应。细胞寿命与其所承担的新陈代谢时间一样长,细胞需要能量和传递能量,在促进生存和生殖过程用于同化、分解、贮存和分配物质。每个细

细胞能忍受一定程度的冷和热,它既需及时补充能量,又要把代谢过程中产生的有害物质排除出去,维持细胞的正常生理活动。血液是内循环的一部分(其他部分是浸泡细胞的体液),当血糖水平升高,腺状器官如胰,加速胰岛素分泌,身体中多数细胞接受这些激素刺激,细胞多吸收糖,当足够多的细胞这样做之后,血液中糖水平就降到正常了。长期过多或过少的糖在血液中都可能出现问題,糖代谢过程出现问題就可能引起糖尿病。生物体在体内保持可忍受范围内对能量变化的反应,这被称为内稳定(homeostasis)。

二、生命是如何起源的

1953年美国芝加哥大学斯坦利·米勒在一个密封的玻璃管内装入甲烷、氢气和氨加热,并用电弧光照射,产生了氨基酸——蛋白质的构成物质。他的实验被认为是生命物质可以在炽热的地球上由闪电和在紫外线辐射下产生的证据。但是,现在普遍认为蛋白质不是地球上最先出现的生命物质,比较流行的观点认为,生命始于核糖核酸,核糖核酸传递信息,并起到原始酶的作用,在海洋中利用有机物质促成生命的诞生。

但是,含有有机物质的水并不能提供形成生命所必需的有机分子的浓度。于是就有人提出,生命肯定起源于陆地,也许是干涸的水塘,或者是冻结的海洋,把生命汤浓缩成残液;也有人认为新陈代谢始于泥土或黄铁矿的表面,在泥土或黄铁矿中产生的脂质化合物以某种方式组成细胞膜;另外也有人认为生命始于太空中那些有机分子,它们可能由陨石带到地球上,在海洋表面聚集形成水泡,在这些水泡内有可能发生化学反应。

英国迈克尔·拉塞尔认为追索生命起源和进化过程应从早期地球化学环境着手,这从根本上来说是一个地质学问题,而不是生物学问题。他主张,宇宙中所有结构都是由物质组成的,在组成过程中,能量从一种形式变为另一种形式,而熵相必定增加。因此,在寻找生命的起源时应从早期地球何处能使物质和能量结合在一起导致产生类生命结构,以及可能牵涉何种热力学反应和化学反应进行探索。探寻生命起源,从本质上来说是寻找一种自我调节的电化学载体,这种载体能产生几百毫伏的电流,利用氧化还原反应来维持其体系,还能自动复制和排出废物。

拉塞尔认为,洋脊酸性喷泉边上或者洋底碱性渗流旁的矿物沉积堆这两个地方有可能形成生命,而倾向于认为碱性渗流更可能孕育生命。因为这些碱性渗流的温度在尚可忍受的75℃左右,而古代的酸性温泉处的温度在350℃以上。碱性渗流有利于有机分子溶解,容易产生包含生命构成物质的热液。并且,碱性渗流遇到酸性海水时,由于海水中的质子能增加渗流中的电子所提供的能量,就能产生更多能量,所产电流足以满足新陈代谢的需要。拉塞尔进一步认为,在古代的洋底的碱性渗流中,生命最初以较热的渗流和较冷的海洋交界处的小气泡,形成静止的硫化铁小室。这些半渗透、半导电以及可以促成反应发生的硫化铁膜就是细胞膜的前身。这样的小室就实现了在局部环境中将分子构成物质结合在一起,为生命化学反应提供了始初条件。在硫化铁小室内部,从洋底冒出来的氢、氨和氰化物会跟海洋中通过硫化铁小室CO₂发生化学反应,有可能产生糖、核酸和氨基酸。在复杂的化学反应过程中,有可能把核酸和氨基酸聚合成核糖核酸和肽,而新合成的核糖核酸链有助于形成简单的蛋白质,从而逐步形成生命物质。

尽管这一理论颇能自圆其说,但对于硫化铁小室的气泡膜如何成为透性的,能控制水分和无机盐的进出,又能转运细胞内的代谢物质,能传导信号的细胞膜还有待于研究。

三、地球上有多少物种

没有人确切知道地球上有多少种生物,甚至有人说,地球上的生命基本上仍处于未知领域,这与其说让生物分类学家兴奋还不如说将会使他们气馁,因为很多分类学家穷一辈子精力,也只研究清楚少数生物类群。中国动、植物志从20世纪初叶开始,直至21世纪初才陆续出版,可见其工作量的巨大。另一方面,就是在动、植物志出版后,仍然会发现没有记录过的物种。地球上的生物通过进化产生了无数的种,然后许多的物种又灭绝了,从地球上产生第一个生命以来,灭绝的种类肯定比现存的种类多。我们熟知的恐龙曾横行一时,早在亿万年前就灭绝了。西伯利亚的猛犸象是在1万年前由人类杀灭的。目前经命名的物种有170万种,但推测地球上的生物有500万到1亿种。生物的命名是从林奈开始的,林奈创立“双名法”,即一个生物物种由属名和种加词组成,命名必须采用拉丁文或拉丁化了的名字构成。一个属可以有一个以上的种,所有这个属的种其属名都必须相同的,而种加词则不同。如 *Camellia sinensis* 是茶, *Camellia japonica* 是山茶花,两者属名一致,种加词不同。现今的生物分类系统就是建立在双名法基础上的。

根据目前的认识大多数人接受生物被划分为六界的分类系统,这就是古细菌界(Archaeobacteria)、真细菌界(Eubacteria)、原生生物界(Protista)、真菌界(Fungi)、植物界(Plantae)和动物界(Animalia)。

生物系统结构由界(Kingdom)、门(Phylum)、纲(Class)、目(Order)、科(Family)、属(Genus, Genera)、种(Species)组成。种集合而为属,属集合而为科,科集合而为目,目集合而为纲,纲集合而为门,门集合而为界,其中科、属、种是基本的,种是生物的最基本分类单位。

六界系统体现了生物从简单到复杂,从低级到高级的进化阶梯。古细菌生存在极端的环境中,非常像生命起源早期优势的生命形式。真细菌都是单细胞的。这种单细胞生物只有一条环状染色体,只有核质,没有核膜,也没有由膜包围的细胞器,称为原核生物(prokaryote)。古细菌和真细菌都是最原始的生物。

原生生物、菌物、植物、动物属于真核生物(eukaryote),具有有膜包被的细胞核、完善的细胞器。原生生物是特殊类型的微小的单细胞生产者和消费者。

菌物是异养生物,有单细胞的,更多的种类是多细胞的,它们常常是动、植物尸体的分解者,在地球的碳、氮循环中起着重要的作用。

植物具有叶绿体,能进行光合作用,是生物系统中第一生产者。动物则包括植食性动物、寄生性动物、腐食性动物和肉食性动物。

四、生物进化的动力

生物的进化建立在两个基础上,一是可遗传的变异,一是选择。今年是达尔文《物种起源》问世147年,100多年来生命科学所积累的成就,特别是在分子生物学和遗传学取得的新进展,不断证实了达尔文的学说。与此同时,进化理论也已经有了很大的发展,但是仍然存在着重大的问题没有解决,关于新的物种如何形成的机制,以及突变如何导致进化就是其中的两个问题。

1. 突变

人们致力于确定蛋白质遗传密码 DNA 序列的变化,认为氨基酸序列略有不同就会引起蛋

白质突变,从而引起生物进化。另一方面,人们也发现许多基因序列在数百万年中,除了积聚不会改变氨基酸遗传密码的中性物质外很少发生变化。但是千真万确,DNA 突变在生物进化过程中起着重要的作用。不同动物群都有共同的发育遗传途径,例如在果蝇体内发现的确定体型的 *hox* 基因,后来也发现存在于鱼、青蛙和人类身上,并且同样发挥着确定体型的重要作用。尽管各个物种的体型完全不一样,但它们的 *hox* 基因序列却几乎是完全一样的。更令人惊讶的是,可以在完全不同的物种之间交换一些重要的 *hox* 基因,对发育无明显的影响。如前所述,控制基因表达的主要系统之一是顺序调节。而研究顺序调节的困难在于,基因启动区序列的变化与改变的基因表达没有任何联系,虽然存在着每一个转录因子常与具体的 DNA 序列有联系,但在识别方面有许多困难,任何转录因子所用的核心结合序列在不同物种之间千差万别,许多不同转录因子结合到同一启动区内的不同地方。这些转录因子之间复杂的相互作用,不但控制着基因的打开和关闭,而且还控制基因的多种表达;启动区内的许多点似乎没有具体的结合功能,它们只是中性空白点。因此,单基因突变,甚至删除或插入,会对基因表达产生不可预测的影响。这跟确定蛋白质遗传密码的 DNA 序列区域的突变形成明显的对照,因为在 DNA 序列区域的单基因突变,在形成蛋白质的氨基酸序列中引起的变化在很大程度上是可以预见的。

最近发现基因控制系统的作用非常重要,由 Junhyong Kim 和马蒂·克赖特曼发现的不同果蝇族群中,*hairy* 基因和 *even-skipped* 基因等基因促进因子都发生迅速的进化变化。这些变化包括失去或获得结合点,改变了 *hairy* 基因和 *even-skipped* 基因同其他基因互相影响的方式。

不久前,人们对基因如何相互影响仍然知之甚少,现在这种状况将得到改变,基因控制系统的谜终将解开,这将使我们更深入地理解突变如何导致形态和功能方面的适应性变化。在这一过程中,基因内的突变和新基因的演变在进化过程中起到重要的作用。如溶菌酶的迅速和趋同演变,可以引起包括猴子、牛和马在内的动物体内出现前肠发酵。同时,最近也发现了基因复制是新基因的重要来源。

2. 新的物种形成

过去人们认为物种形成是在种群完全孤立的状态下发生的,比如远离大陆的孤岛。最近发现其实物种也可以在分布区重叠的环境中形成,也就是说,物种可以在并非孤立的地理环境中形成。

五、人类是否还在进化

有人认为,人类科学技术发展到现在,比如用药物可以延缓衰老,辅助生育技术,使繁殖后代不再是顺应自然而是作为人类自身的一种选择,人类已经摆脱了进化的控制,这个观点是错误的。人类作为一个物种,其庞大的种群个体形态体质千差万别,形成差异的原因是基因突变,可以说,人类基因突变仍然以与整个生物进化过程相同的速度进行着。人类看似摆脱了自然选择,适者生存和繁衍的法则也已经不起作用了,其实不然,如人工选择促进了人类某方面的进化,乳品业的发展令很多成年人有了消化乳糖的能力;环境污染,为新疾病的产生创造了条件,这些变化也肯定会推动人类进化。认为人类将会具有改造自己 DNA 的能力,基因技术会赋予人类控制未来的能力,人类能朝某个特定的方向改造自身基因组的想法是狂妄的。人类对自己的基因如何相互作用知道得很少,以至于任何改造精子或卵子的尝试都可能导致难以预料的结果。现在可以肯定的一点是,人类的基因库正在改变,而且其速度之快是前所未有的。而人类的进化将

把我们带向何方,这仍然是个谜。

六、有性生殖是否必要

大多数的多细胞生物以有性生殖为主要繁殖手段。有性生殖过程通过基因的配对和基因交换,在保证将父母的基因传给下一代的同时保持了后代的多样性。有人认为有性生殖就短期而言是一种浪费,但就长期而言,如果没有两性交配实现基因重组,物种将积累有害突变并迅速灭绝。大多数的无性繁殖物种只能生存几万年,这便是明证。然而人们还是不满意这种对有性生殖为什么必要的解释。有关两性结合模式优点的假说有很多,其中最重要的解释是它能带来生物的多样性,只有能迅速适应环境变化的个体才能生存下来,但是两性主宰生物界的原因还是没有被证明。还有一个解释两性模式的假说,认为减数分裂形成精、卵的细胞分裂模式早在生命史上初期就已经进化出来了,而将其作为繁殖手段是后来的事。性别一旦进化出来并写进操作系统,放弃它是不可能的。这一假说将一个谜团转入另一个领域,即性别如何进化出来,有人估计,这一命题又会让人类猜测至少 100 年。

七、人为什么要睡觉

人一生约 1/3 时间是在睡眠中度过的,所有动物都需要睡眠,就连培养基中的神经细胞也会自然进入类似休眠的状态。但我们能解释人为什么要睡觉吗?从养精蓄锐到涉及复杂记忆处理的理论,没有一种能得到证实。

睡眠由两种完全不同的状态组成,一是快速眼动(REM)睡眠,这时眼睛会不停转动,大脑非常活跃,大多数梦境都出现在这个时期;二是非 REM 睡眠,大脑进入无意识的状态。这两种状态差异虽然极大,但又互相交织在一起,在自然睡眠中,非 REM 睡眠之后总会出现一段时间的 REM 睡眠,因此它们的功能在某些方面很可能是互相关联的。

有人认为睡眠是为脑服务的,因为动物要睡觉,植物不睡觉,身体的肝、肌肉、心不休息,这一结论看来是对的。2003 年,人们终于证实脑部的很大区域——小脑——也会睡眠。证实睡眠是脑部的需要后,人们开始形成共识,认为至少非 REM 睡眠是脑部修补自由基(新陈代谢过程中产生的有害物质)所造成损害的时间。其他器官可以通过放弃和替换受损细胞来修补这种损害,但大脑无法这样做。因此它只有让大脑停止运转,就像夜间抢修高速公路的工程队一样,在夜深人静时进行工作。这个理论已经得到若干证据的支持,如新陈代谢进行得快的动物受自由基损害的速度也快,其睡觉的时间就比新陈代谢慢的动物长。但我们还是不能明白 REM 睡眠是什么,有学者认为这是脑部在检查非 REM 睡眠时所做的修补。也有人认为这与早期脑部发育有关。为什么要有 REM 睡眠和非 REM 睡眠,我们依然无法确知。

八、如何研究生命科学

同其他自然科学一样,生命科学研究的是能被感官理解的生命现象,强调用客观方法(objective approach)对生命现象进行研究。生命科学研究也要经过如下的步骤:观察现象,发现问题;提出假设,预测结果;设计实验,验证假设,证实、修改或否定假设;经反复验证的假说成为理论。这些步骤就是严格意义上的科学方法(scientific method),它最早由贝坎(Francis Bacon, 1561—1626)提出的科学研究模型发展而来,这一模型包括“发现问题,收集相关资料,提出假设,

验证假设,根据新发现证实、修订或否定假设”。贝坎的科学方法论直接影响了后世对自然科学的研究,尽管科学的门类很多,但包括生物学家在内的科学家所采用的研究方法基本相同。

(一) 现象的观察和假设的提出

对生命现象的观察,将导致问题的提出。问题通常是由学有专长、训练有素的科学家提出的。比如一个人在观察鸟类时会看到许多不同种类鸟的配对情况,发现配对鸟中孵卵的鸟毛色暗淡,是雌鸟。这时他可能会提出问题,毛色亮丽的鸟都是雄鸟吗?然后,他会进一步观察,积累资料,并通过查阅文献,收集资料,看有无相关的研究及其结论。根据对现象观察的资料和对文献研究的资料,一步步形成初步的假设(hypotheses),通过假设使资料形成概念框架。假设的提出应经由归纳和演绎的逻辑过程,归纳法是从特殊到一般的过程,而演绎法则是从一般到特殊的过程。这种归纳、演绎的推理和概括过程也是假设形成的过程。一个人观察了一种配对的鸟,其雄鸟毛色艳丽,又观察了许多不同种配对的鸟中雄鸟毛色均是艳丽的,他便把毛色艳丽与雄鸟相关联,这就是归纳法;但是如果换成这样的表述:“如果某种鸟的毛色不同,那么毛色鲜艳的是雄鸟”,这便是一种假设了,建立假设时应用了演绎的方法,即“如果……那么……”的形式。假设的提出应能够解释已有的资料,并将对进一步需要研究的问题提出建议。

(二) 结果预测

提出假设后,可以对结果提出预测(prediction),这种预测也是你所期待的你观察生命世界结果的说明。预测提供了检验假设真伪的途径,如预测:“如果重力不把物体拉向地球,那么苹果就不是从树上落下,而是朝树顶飞去”。结果没有实验能证明苹果不从树上落下,预测得到支持,假设也就成立。如果预测通过实验被否定,假设本身也就被否定。假设提出的预测得到支持的实验越多,假设就越有价值。爱因斯坦的相对论假说(Einstein's hypothesis of relativity)最初就被接受,是因为没有人能设计出实验来否定它。该假设提出一个很清楚的预测,太阳能使通过它的光线改变方向。当这些预测在日全食验证时,背景星的光线的确是改变了方向。这些结果(在假设提出时还不知道)强有力地支持了假设,假设理所当然逐渐被接受。

(三) 验证实验设计

假设提出后最重要的是设计实验,包括系统观察,建立模型,进行实验,以验证预测的正确性。模型能够帮助人们把从未观察过的事物变得直观可视,如DNA双螺旋结构模型。建立对照实验(control experiment)、足够的样本数和应有的重复实验,是实验准确性的保证。实验的可重复性使得其他科学家可以重复你的实验并得到相同的结果,从而表明你的实验结果的准确性。实验完成后,经过认真分析实验结果,必须表明假设被证实,或是要加以修改,或是假设根本就是错误的,需要加以否定。实验结果支持预测结果的,表明假设也是真实的;如果实验结果不符合预测,便要检查实验过程是否发生了差错,要是找出了影响实验结果准确性的因素,便要重新开始进行实验,重新实验结果仍然不支持结果预测的,便表明假设不是一个好的假设。有时候,假设的大部分内容被证实,但在一些新的事实出现之后假设必须被修改。

实验设计之所以要有对照,是因为要确定一个变量的变化是否引起其他变量的变化,没有对照难以准确说明问题。其原理是,在评判引起一种变量(variable)的任何一种假设时,其他变量必须保持稳定,这就需要进行两个平行实验。在第一个实验中,以一种特别方法替换这个变量去测试有关这个变量的假设;在第二个实验,称为对照实验,其变量保持不变。两个试验中所有其他条件都一样。然后将两个试验结果进行比较,结果中任何不同之处都是变量变化引起的。因