

陈阅增普通生物学

第2版 ■ 主编 吴相钰 ● 副主编 陈守良 葛明德



 高等教育出版社

Q1
CYZ

128891

=2.C.1



普通高等教育“十五”国家级规划教材

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材，由吴相钰、陈守良、葛明德、丁明孝、许崇任、陈守良、吴相钰、林稚兰、尚玉昌、葛明德、戴灼华等编写。本书可作为高等院校生物专业及相关专业的教材，也可供从事生物工作的科技人员参考。

陈阅增 普通生物学

第2版

吴相钰(110) 葛明德(110) 陈守良(110)

主 编 吴相钰

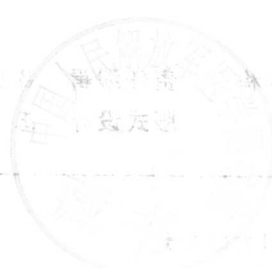
副主编 陈守良 葛明德

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁明孝 许崇任 陈守良 吴相钰

林稚兰 尚玉昌 葛明德 戴灼华

本书是根据教育部《普通生物学课程教学大纲》(1997年)的要求，在《普通生物学》(第1版)的基础上，结合我国生物科学的发展，对原书进行了全面的修订。本书可作为高等院校生物专业及相关专业的教材，也可供从事生物工作的科技人员参考。



PRJ 31/03

本书是根据教育部《普通生物学课程教学大纲》(1997年)的要求，在《普通生物学》(第1版)的基础上，结合我国生物科学的发展，对原书进行了全面的修订。本书可作为高等院校生物专业及相关专业的教材，也可供从事生物工作的科技人员参考。

高等教育出版社

解放军医学图书馆[书]



C025222

内容提要

本书是我国著名生物学家陈阅增先生主编的《普通生物学——生命科学通论》的修订版。本版的编写仍然遵循了陈先生编写第1版时的指导思想和原则,按生物界的结构层次从低到高安排内容,同时根据近年来生物学科的发展趋势,对整体框架作了较大调整,全书36章中有33章重写,另有3章进行了修订和补充。

全书共分7篇36章,涉及细胞与生物大分子,动物的形态与功能,植物的形态与功能,遗传与变异,生物进化,生物多样性的进化,生态学与动物行为等内容。

本书是北京大学生命科学学院8位资深教授集体智慧的结晶,具有较好的深度、广度和学术价值,深入浅出,可读性强,可作为生命科学各专业本科生的教材,也可作为中学生物教师及相关科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

陈阅增普通生物学/吴相钰主编. —2版. —北京:
高等教育出版社,2005.1
ISBN 7-04-014584-7

I. 陈... II. 吴... III. 普通生物学-高等学校-
教材 IV. Q1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第142057号

策划编辑 王 莉 吴雪梅 责任编辑 吕庆娟 李光跃 封面设计 刘晓翔
责任绘图 朱 静 版式设计 王 莉 吴雪梅 责任印制 宋克学

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

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 889×1194 1/16
印 张 31
字 数 940 000
插 页 2

版 次 1997年7月第1版
2005年1月第2版
印 次 2005年1月第1次印刷
定 价 42.00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:14584-00

前 言

我国著名生物学家、北京大学原生物学系主任陈阅增教授(1915—1996)主编的《普通生物学——生命科学通论》于1997年7月出版。本书是第2版,编写仍然遵循第1版的原则。这里首先对陈阅增教授和他编写此书的指导思想作简要介绍。

陈阅增1937年毕业于北京大学生物学系,1950年获英国剑桥大学博士学位。他是一位严谨而又勤奋的科学家,在原生动动物学、细胞学等方面取得不少重要成果。他是鞭毛虫吞食性营养的发现者。他对杆囊虫营养的研究堪称原生动动物学的一项经典性工作。他和他的学生曾对四膜虫和孵仆虫的有性生殖进行系统的细胞学研究工作,取得了一些重要研究成果。他曾任中国动物学会副理事长、中国大百科全书生物学编辑委员会副主任、教育部理科生物学教材编审委员会主任等职。

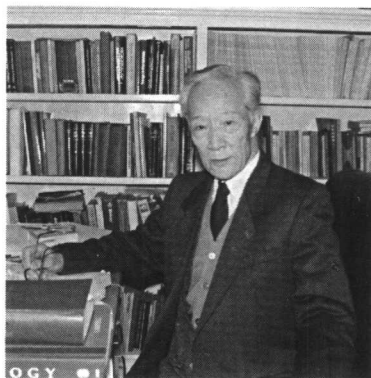
陈阅增长期在北京大学生物学系任教,1956年任副系主任,主管教学等业务工作。在长达30年的时间里,他将全部精力倾注于生物学系的学科建设、专业建设和课程建设。“文革”以后,他于1978年出任生物学系主任,着手恢复和重建生物学系各专业的教学、科研秩序。陈阅增认为,当时存在着一种专业愈分愈细,基础愈搞愈窄的倾向,不利于人才的培养,因此力主“宽口径,厚基础”。他主张开设普通生物学课程,并把它作为重点进行建设。陈阅增关于开设此课程和编写普通生物学的思想,可以概括为以下几点:

1. 生物界既有极大的多样性,又有高度的统一性。生物界是一个整体。在生物大分子的结构与功能,在生物体的稳态、发育、遗传、适应与进化等方面都存在着对生物界普遍适用的规律。生命科学内容丰富多样,是完整的、系统的知识体系。因此普通生物学应该成为生物学专业学生的一门基础课,一个首先必须达到的知识平台。

2. 普通生物学是一门具有通论性质的课程,它的任务应该是帮助学生了解生命科学的全貌和获得普遍的规律性的知识。这些知识可能是比较“古老”的,也可能是比较新的科学成果。如果涉及到比较深奥的知识,则应该进行深入浅出的介绍,而把详尽的论述留给后续的课程。

3. 生物界是由多个结构层次组成的。在各个层次之间既有自下而上的因果关系,也有自上而下的因果关系。在普通生物学中既要重视分子、细胞层次的生物学知识,同样不可忽视宏观层次的生物学知识,不能有所偏废,而要让它们相得益彰。

4. 科学没有国界,生物学没有国界。现代生物学的成就是全人类的共同财富。20世纪90年代以来,国际上出版的普通生物学教科书,其框架结构逐步趋向一致,趋向稳定。共同特点就是按生物界的结构层次来安排内容,即以分子、细胞、个体、直到生物圈为序,这是很有道理的。我们编写普通生物学也应如此。普通生物学应选取那些最合适的材料去说明生物学的基本概念和原理,而不管这些材料来自何方。同时,我们也必须看到,我国也有一些科学材料对于说明生物学重大问题很有价值,也应该采纳。20世纪30年代,我国著名生物学家陈桢教



陈阅增先生

授在编写复兴高级中学教科书《生物学》时,援引中国金鱼的材料说明人工选择,效果极佳。这个事例很值得我们学习。

5. 生命科学博大精深。要做好普通生物学教材的编写工作,应组织几个有广博基础,又学有专攻的教师协作进行,这就必然会遇到写作风格问题。陈阅增认为,假如有一个统一的体例,大家都用规范的现代汉语来写作,都力求文字平实和明白如话,那么把大家写的东西放在一起大体上就是协调的。在其他方面个人风格有差异也就无关大局了。

《普通生物学——生命科学通论》自1997年出版以来,到2004年一共印刷了16次,累计达22万册。这个数字说明,这是一本受到欢迎的比较好的教科书。其重要原因之一,就是主编有一个好的指导思想。这个数字也说明了,社会上确实需要这样一种类型的教科书。然而,一本好的教科书,往往需要经过多次的修订才能臻于完善。1996年10月,当陈阅增教授得知本书即将出版时,曾明确表示,对于已完成的书稿并不满意,出版后将留下诸多遗憾。可惜这时他已患晚期肺癌,没有时间去进一步的修改工作了。

2002年,北京大学生命科学学院将修订《普通生物学——生命科学通论》的工作提到日程上来,长远目标是经过几次修订,使之成为一本优秀教科书。我们接受学院领导的委托,按照陈阅增教授提出的编写思想,进行了调整、重写或补充,经过近三年的工作,第2版的书稿已经完成,即将交付出版。为了纪念陈先生,我们将此书定名为《陈阅增普通生物学》。

这第2版和第1版一样,也是按生物界的结构层次从低到高安排内容。我们参考国外比较著名的同类教科书,将总体字数(包括图、表)大体控制在90万左右,对篇章结构作了比较大的调整。第1版共计三大部分19章,第2版共计7篇36章。有些调整是陈阅增教授生前就明确要做的。例如,在第1版中动物和植物的结构与功能是在个体生物学的大标题下,按功能将动物和植物对照起来论述的。20世纪七八十年代,有一些国外著名教科书也是这样处理的,如S. L. Weinberg的《Biology: an Inquiry into the Nature of Life》。正如陈阅增教授后来所说,动物和植物在细胞层次上存在高度的统一性而在个体层次上则表现为重大的差异,在教科书中还是分开来论述为好。现在第2版已经改了过来。有些调整则是根据生物学发展的动向做出的。例如,当人们跨进21世纪时,生物学完成了人类基因组的测序工作,这不是基因组研究的终结,而是它的开始。人们不再将基因的功能局限于编码蛋白质,而是涉及到基因调控等重要领域,这将使人们对生命核心机制的认识大大向前推进。为此,我们专设人类基因组一章,为今后能及时地反映有关成就预留了空间。

由于第2版在框架上作了较大的调整,全书36章中有33章是重写的,1,3,5这三章则对第1版相应章节作了修订和补充。

这一版重写各章的撰写人和审读人如下:

篇次	章次	撰写人	审读人	审读人所在单位
1	2,4	吴相钰	徐长法	北京大学生命科学学院
2	6~8,13~15	陈守良	蔡益鹏	北京大学生命科学学院
	9~10,12,16	陈守良	黄祚强	北京大学生命科学学院
	11	陈守良	王重庆	北京大学生命科学学院
3	17~19	吴相钰	高信曾	北京大学生命科学学院

篇次	章次	撰写人	审读人	审读人所在单位
4	20~24	戴灼华	吴鹤龄	北京大学生命科学学院
5	25~27	葛明德	胡文耕	中国社会科学院哲学研究所
6	28	林稚兰	黄秀梨	北京师范大学生命科学学院
	29	葛明德	高信曾	北京大学生命科学学院
	30	许崇任	程红	北京大学生命科学学院
	31	葛明德	胡文耕	中国社会科学院哲学研究所
7	32~36	尚玉昌	蔡晓明	北京大学生命科学学院

第1章生物界与生物学,第1版为陈阅增、葛明德编写,这一版由葛明德修订,周曾铨审读。第3章细胞的基本形态结构与功能,第1版为陈阅增编写,这一版由丁明孝修订,陈建国审读。第5章细胞的分裂和分化,第1版为陈阅增编写,这一版由丁明孝修订,张传茂审读。

我们非常感谢周曾铨教授组织本书的编写,翟中和院士对本书的关心以及许多位同仁的关爱。特别要感谢上述各位审读者在百忙中对初稿提出许多宝贵意见,为本书增色不少。最后,还要感谢高等教育出版社生命科学分社为本书的出版所做的大量工作,特别是王莉编辑所付出的辛劳。

由于我们的水平和能力所限,本书中错误和不妥之处在所难免。由多位作者执笔,虽然编写前多次商议,编后又进行统稿加工,但前后矛盾或呼应不到之处仍可能不少。敬希读者、有关教师和专家不吝赐教,谨此预致谢忱!通讯地址:100871,北京大学生命科学学院;传真:010-62751526;电子信箱:xyuwu@pku.edu.cn。

吴相钰 陈守良 葛明德

2004年7月

目 录

1 绪论:生物界与生物学 1

- 1.1 生命的特征 2
- 1.2 分类阶元和界的划分 3
- 1.3 生物学常用的研究方法 5
- 1.4 生物学学科 6
- 1.5 生物学和现代社会生活的关系 7

第 1 篇 细胞与生物大分子

2 生命的化学基础 10

- 2.1 原子和分子 10
- 2.2 组成细胞的大分子 14
- 2.3 糖类 16
- 2.4 脂质 19
- 2.5 蛋白质 20
- 2.6 核酸 23

3 细胞的基本形态结构与功能 26

- 3.1 细胞的基本结构与功能 27
- 3.2 生物膜——流动镶嵌模型 36
- 3.3 物质的跨膜转运 39
- 3.4 细胞连接 41

4 细胞代谢 43

- 4.1 能与细胞 43
- 4.2 酶 46
- 4.3 细胞呼吸 48
- 4.4 光合作用 54

5 细胞的分裂和分化 63

- 5.1 细胞分裂和细胞周期 63
- 5.2 细胞分化 70
- 5.3 细胞衰老与细胞凋亡 72

第 2 篇 动物的形态与功能

6 高等动物的结构与功能 78

- 6.1 动物是由多层次的结构所组成的 79

- 6.2 动物的结构与功能对生存环境的适应 84
- 6.3 动物的外部环境与内部环境 84

7 营养与消化 86

- 7.1 营养 87
- 7.2 动物处理食物的过程 92
- 7.3 人的消化系统及其功能 92
- 7.4 脊椎动物消化系统的结构与功能对食物的适应 97

8 血液与循环 99

- 8.1 人和动物体内含有大量的水 99
- 8.2 血液的结构与功能 100
- 8.3 哺乳动物的心血管系统 104

9 呼吸:气体交换 111

- 9.1 人的呼吸系统的结构与功能 112
- 9.2 人体对高山的适应 115
- 9.3 危害身体健康的呼吸系统疾病 116

10 内环境的控制 117

- 10.1 体温调节 117
- 10.2 渗透调节和排泄 120
- 10.3 肝在稳态中的重要作用 124

11 免疫系统与免疫功能 126

- 11.1 人体对抗感染的非特异性防卫 126
- 11.2 特异性反应(免疫应答) 129
- 11.3 免疫系统的功能异常 134

12 内分泌系统与化学调节——体液调节 135

- 12.1 化学调节的性质 135
- 12.2 脊椎动物的化学调节 137
- 12.3 激素与稳态 140

13 神经系统与神经调节 145

- 13.1 神经元的结构与功能 146
- 13.2 神经系统的结构 149
- 13.3 脊椎动物神经系统的功能 153
- 13.4 人脑 156

14 感觉器官与感觉 161

- 14.1 感觉的一般特性 161
- 14.2 视觉 162
- 14.3 听觉与平衡感受 166
- 14.4 化学感受性:味觉与嗅觉 168
- 14.5 皮肤感觉 170

15 动物如何运动 171

- 15.1 动物的骨骼 171
- 15.2 人类的骨骼 172
- 15.3 肌肉与肌肉收缩 176
- 15.4 骨骼与肌肉在运动中的相互作用 178

16 生殖与胚胎发育 180

- 16.1 有性生殖与无性生殖 180
- 16.2 人类的生殖 180
- 16.3 人类胚胎的发育 190

第 3 篇 植物的形态与功能**17 植物的结构、生殖和发育 198**

- 17.1 植物的结构和功能 198
- 17.2 植物的生长和生殖 203

18 植物的营养 209

- 18.1 植物对养分的吸收和运输 209
- 18.2 植物的营养与土壤 213

19 植物的调控系统 218

- 19.1 植物激素 218
- 19.2 植物的生长响应和生物节律 223
- 19.3 植物对植食动物和病菌的防御 225

第 4 篇 遗传与变异**20 遗传的基本规律 228**

- 20.1 遗传的第一定律 229
- 20.2 遗传的第二定律 231
- 20.3 孟德尔定律的拓展 235
- 20.4 遗传的染色体基础 236
- 20.5 性染色体与性连锁遗传 240
- 20.6 遗传的第三定律——连锁交换定律 244

20.7 高等植物的细胞质遗传 248

21 基因的分子生物学 250

- 21.1 遗传物质及其结构 251
- 21.2 DNA 复制 256
- 21.3 遗传信息流是从 DNA 到 RNA 到蛋白质 258
- 21.4 遗传物质的改变 265

22 基因的表达与调控 272

- 22.1 基因的选择性表达是细胞特异性的基础 272
- 22.2 原核生物的基因表达与调控 273
- 22.3 真核生物的基因表达与调控 275

23 重组 DNA 技术 281

- 23.1 基因工程的相关技术 282
- 23.2 基因工程主要的工具酶 285
- 23.3 基因克隆的质粒载体 287
- 23.4 重组 DNA 的基本步骤 288
- 23.5 基因工程的应用及其成果简介 290
- 23.6 遗传工程的风险和伦理学问题 292

24 人类基因组 294

- 24.1 人类基因组及其组成 295
- 24.2 人类遗传性疾病 297
- 24.3 癌基因与恶性肿瘤 299
- 24.4 人类基因组计划 302

第 5 篇 生物进化**25 达尔文学说与微观进化 308**

- 25.1 进化理论的创立:历史和证据 309
- 25.2 生物的微观进化 315

26 物种形成 322

- 26.1 物种概念 322
- 26.2 物种形成的方式 324

27 宏观进化与系统发育 330

- 27.1 研究宏观进化依据的科学材料 331
- 27.2 生物的宏观进化 333
- 27.3 生物的系统发育 342

第 6 篇 生物多样性的进化

28 生命起源及原核和原生生物多样性的进化 346

- 28.1 生命的起源 346
- 28.2 原核生物多样性及其进化 350
- 28.3 非细胞型生物——病毒 355
- 28.4 原生生物多样性及其进化 357

29 植物和真菌多样性的进化 363

- 29.1 植物可能由绿藻进化而来 363
- 29.2 植物适应陆地生活的进化 365
- 29.3 真菌的多样性进化 369

30 动物多样性的进化 373

- 30.1 无脊椎动物的多样性和进化 373
- 30.2 脊索动物的多样性和进化 384
- 30.3 动物界的系统进化和地理分区 391

31 人类的进化 395

- 31.1 人类与灵长目 395
- 31.2 人类的进化过程 399

第 7 篇 生态学与动物行为

32 生物与环境 408

- 32.1 环境与生态因子 409

32.2 生物与非生物环境之间的关系 409

33 种群的结构、动态与数量调节 412

- 33.1 种群的概念和特征 412
- 33.2 种群的数量动态 415
- 33.3 种群的数量调节 419

34 群落的结构、类型及演替 421

- 34.1 群落的结构和主要类型 421
- 34.2 群落内部物种之间的相互关系 425
- 34.3 群落的演替及其实例 427

35 生态系统及其功能 430

- 35.1 生态系统的基本结构 431
- 35.2 生态系统中的生物生产力 433
- 35.3 生态系统中的能量流动和物质循环 435
- 35.4 人类活动对生物圈的影响 440

36 动物的行为 444

- 36.1 本能行为和学习行为 445
- 36.2 动物行为的生理和遗传基础 450
- 36.3 动物的防御行为和生殖行为 452
- 36.4 动物的社群生活与通讯 455
- 36.5 利他行为和行为节律 460

参考文献 464

中英名词索引 469

1

绪论:生物界与生物学

- 1.1 生命的特征
- 1.2 分类阶元和界的划分
- 1.3 生物学常用的研究方法
- 1.4 生物学学科
- 1.5 生物学和现代社会生活的关系



地球,人类的家园——登月飞船所拍摄的地球照片

生物和它所居住的环境共同组成生物圈(biosphere)。

地球大约是在45亿年前形成的。最早的生命大约是在距今38亿年前出现的。在生命出现之前,地球是“毫无生气”的,只是由岩石圈以及原始的水圈和大气圈所构成。后来生物出现了并逐渐发展,占据了岩石圈、水圈和大气圈中一定区域而形成了生物圈。生物在生物圈中繁衍生息,经历了亿万年漫长岁月的自然选择,终于形成了现在绚丽多彩的生物界。

生物对环境的要求是严格的,大树最高也不过100 m,鸟类飞翔最高也不过2 000 m。虽然在4 000 m深的海底仍有细菌等生物,但大多数海洋生物则是聚集在150 m深度以内的。在陆地上,在一些深达2 000 m的地下石油矿床中曾找到过细菌,但一般说来,生物只局限在50 m以内的土层中。由此可见,生物圈范围不大,只是一个包括岩石圈(含土壤在内)、水圈和大气圈的一薄层而已。

但是这一薄层,对生物来说已是一个足够大的广阔天地了。生活在这一广阔天地中的生物已知的约有200万种,如果算上历史上已经绝灭的生物(估计至少有1 500万种),那就至少有1 700万种了。这些生物在形态构造、生活习性、营养方式、生殖方式等方面都有很大不同,可说是千差万别,但是它们都有一些共同之处,使它们截然有别于无机界,成为生物学的研究对象。

1.1 生命的特征

在日常生活中,我们不难区分“活”的或有生命的生物和“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。

生物种类非常多,数量非常大,生命现象十分错综复杂,给生命下一个定义无疑是困难的;但是从错综复杂的生命现象中提出生物的一些共性,即生命的属性和特征,则是可能的。

化学成分的同源性

从元素成分来看,构成形形色色生物体的元素都是普遍存在于无机界的C、H、O、N、P、S、Ca等元素,并不存在生命所特有的元素。从分子成分来看,生物的重要特征在于,各种生物体除含有多种无机化合物外,还含有蛋白质、核酸、脂质、糖、维生素等多种有机分子。这些有机分子,在自然界都是生命过程的产物,因此被称为生物分子。这些有机分子在各种生物中有着相同的结构模式和功能。蛋白质、核酸等生物大分子,其结构单体是相同的,并以相同的连接方式组成大分子。脱氧核糖核酸(DNA)[有时是核糖核酸(RNA)]是一切已知生物的遗传物质,由脱氧核糖核酸组成的遗传密码在生物界一般是通用的。各种生物都有催化各种代谢过程的酶分子,而绝大多数酶是有催化作用的蛋白质。各种生物都用高能化合物,腺苷三磷酸即ATP,作为传能分子等等。这些都说明了生物界在化学成分上存在着高度的同源性。

严整有序的结构

生物体的各种化学成分在体内不是随机堆砌在一起,而是严整有序的。生命的基本单位是细胞(cell),细胞内的各结构单元(细胞器)都有特定的结构和功能。例如,线粒体有双层的膜,内膜有嵴,膜中大分子(酶)的排列是有序的。生物大分子,无论如何复杂,还不是生命,只有当大分子组成一定的结构,或形成细胞这样一个有序的系统,才能表现出生命。失去有序性,如将细胞打成匀浆,生命也就完结了。

生物界是一个多层次的有序结构。在细胞这一层次之上还有组织、器官、系统、个体、种群、群落、生态系统等层次。每一个层次中的各个结构单元,如器官系统中的各器官、各器官中的各种组织,都有它们各自特定

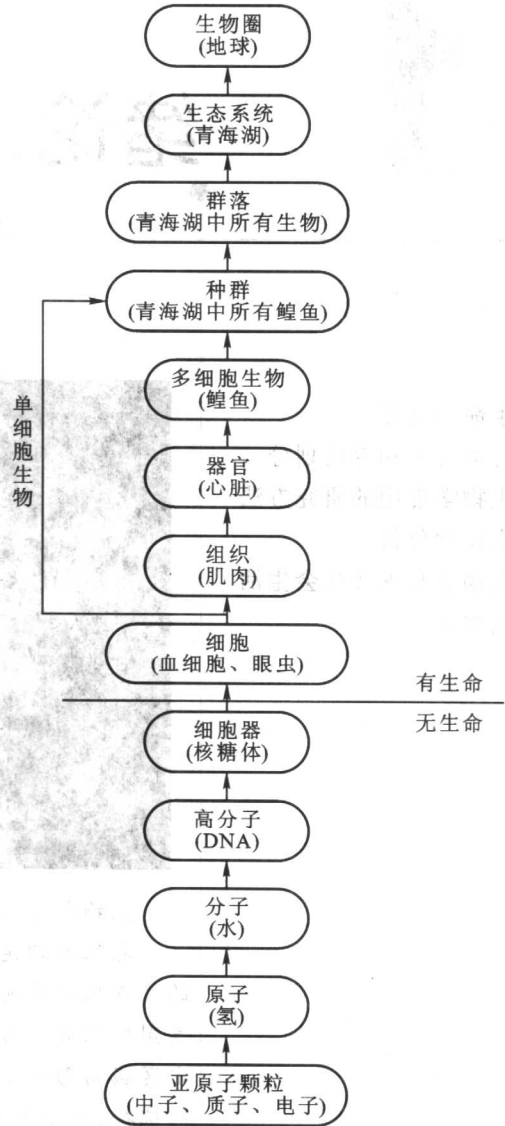


图 1.1 地球上的物质组织起来形成一个连续系统

的结构和功能,它们的协调活动构成了复杂的生命系统(图 1.1)。

新陈代谢

生物体是开放系统,生物体和周围环境不断进行着物质的交换和能量的流动。一些物质被生物体吸收后,在其中发生一系列变化,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(metabolism)。新陈代谢包括两个相反相成的过程:一个是合成代谢(anabolism),即从外界摄取物质和能,将它们转化为生命本身的物质和贮存在化学键中的化学能;一个是与合成代谢相反的分解代谢(catabolism),即分解生命物质,将能量释放出来,供生命活动之用。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,是由一系列酶促化学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,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。

在代谢过程中,生物体内的能量总是不断地转化。热力学第二定律告诉我们,能量的每一次转化,总要失去一些可用的自由能,导致熵的增加,而熵的增加则意味着有序性的降低。所以生物必须从外界摄取自由能来保持甚至加强它的有序状态。具体地说,生物从外界摄取以食物形式存在的低熵状态的物质和能,通过新陈代谢,把它们转化为高熵状态后,排出体外。由此可见,生物是通过增加环境中的熵值,使环境的无序性增加来创造并维持自身的有序性的。生物的这种有序结构称为耗散结构(dissipative structure)。

应激性

生物能接受外界刺激而发生合目的的反应。这包括两个过程:一是对刺激的感受,一是反应。反应的结果使生物“趋吉避凶”。在一滴草履虫悬液中滴一小滴醋酸,草履虫就纷纷游开;一块腐肉可招来苍蝇;植物茎尖向光生长(向光性)。这些都是应激性(irritability)。

应激性是生物的普遍特性。但动物的应激性表现比较明显,更富有多样性。动物的感觉器官和运动器官是应激性高度发展的产物。

稳态

100多年前,贝尔纳(C. Bernard, 1813—1878)发现,尽管外界环境波动很大,哺乳动物总有某些机制使其内环境维持不变。后来坎农(W. B. Cannon, 1871—1945)将这一概念加以发展名为稳态(homeostasis)。

稳态的概念现在已超出了贝尔纳当时所讲的个体范围。细胞、群落和生态系统在没有激烈的外界因素的影响下,也都是稳定的,它们各有自己特定的机制来保证自身动态的稳定。

生长发育

生物都能通过代谢而生长发育。一粒种子可以成为大树,一只蝌蚪可以成为一只蛙。环境条件对生物的生长发育无疑是有影响的。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。

遗传变异和进化

任何一个生物个体都不能长期存在,它们通过生

殖产生子代使生命得以延续。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(heredity)。但是亲代和子代之间,子代个体之间不会完全相同,总会有所差异,这种现象称为变异(variation)。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的突变和遗传重组造成亲代与子代及子代之间无数可遗传的变异。

大约距今38亿年前,地球上出现了生命,随即开始了生物进化历史。进化导致生物多样性的形成。现在地球上的生物,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(evolution)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进化。

适应

每一种生物都有自己特有的生活环境,它的结构和功能总是适合于在这种环境条件下的生存和延续。例如,鱼鳃的结构及功能适合鱼在水中呼吸,而陆地脊椎动物肺的结构适合于在陆地进行呼吸作用。适应(adaptation)是生命所特有的现象。

任何一种生物对所处环境的适应总是相对的。同种个体由于遗传和表型上的差异,对环境的适应也总是存在程度上的差别。只要存在这种差别,哪怕是很轻微的差别,自然选择就会发生作用,推动群体向更加适应环境的方向进化。

1.2 分类阶元和界的划分

面对千姿百态的生物世界,要了解它、研究它,就要对各个物种进行鉴定、命名和分类。

普通名词如猴、猿、果蝇等等在人们日常的交流中是有用的,但是这些普通名词往往可能包含好几种相近的物种,对学习、研究生物学是不够精确的。18世纪林奈(Carolus Linnaeus, 1707—1778)提出用两个拉丁名作为物种的学名。例如,家犬的学名是*Canis familiaris*。*Canis*是属名,*familiaris*是种名。每一个物种都由一个双名命名的学名,这个方法就是二名法(binomial nomenclature),今天仍在使用。

除了给物种鉴定、命名外,还要将物种一步步归类到更大的分类阶元(category)中去。物种以上的分类阶

元有属(genus)、科(family)、目(order)、纲(class)、门(phylum)和界(kingdom)。家犬属于犬属(*Canis*)、犬科(Canidae)、食肉目(Carnivora)、哺乳动物纲(Mammalia)、脊索动物门(Chordata)、动物界(Animalia)。处于各个阶元的犬属、犬科……等等有固定名称的分类群称为分类单位(taxon)。动物界、植物界等等是最大的分类单位。

地球上的全部生物应该分几个界?林奈曾提出两界系统,即把所有生物分为动物界和植物界,这个系统流行了200年。1886年法国生物学家海克尔(E. Haeckel, 1834—1919)在植物界和动物界的分类以外,增加了一个原生生物界(Protista),它包括所有单细胞生物和一些简单的多细胞动物和植物。随着生物学的发展,出现了一些已经不是二界系统或三界系统所能解决的问题。主要是细菌和真菌的分类地位。它们能够被认为是植物吗?它们应该被放在哪里?1967年生态学家惠特克(R.H. Whittaker)把生物分为五界:原核

生物界(Monera)、原生生物界(Protista)、真菌界(Fungi)、植物界(Plantae)和动物界(Animalia)(图1.2)。原核细胞和真核细胞是细胞的两个基本类型。原核细胞内部结构水平比较低,其主要特征是染色体只是一个环状的DNA分子,不含组蛋白和其他蛋白质,没有核膜,也没有其他具膜的细胞器。真核细胞的染色体由DNA分子、组蛋白和其他蛋白质组成,有双层核膜,有线粒体等有膜的细胞器。惠特克将原核生物单列一界是可取的。原核生物都是单细胞生物,现在将之统称为细菌(bacteria)。

除了原核生物界,其他四界都是真核生物。五界系统保留了原生生物界,大多数原生生物是单细胞生物,也有一些简单的多细胞生物,它们被认为是单细胞原生生物的直接后裔。植物界、真菌界、动物界都是多细胞真核生物。营养方式的差异成了它们之间的界河。

植物界营光合自养生活。它们通过光合作用制造自己所需要的食物,扮演了生产者的角色。真菌界和动

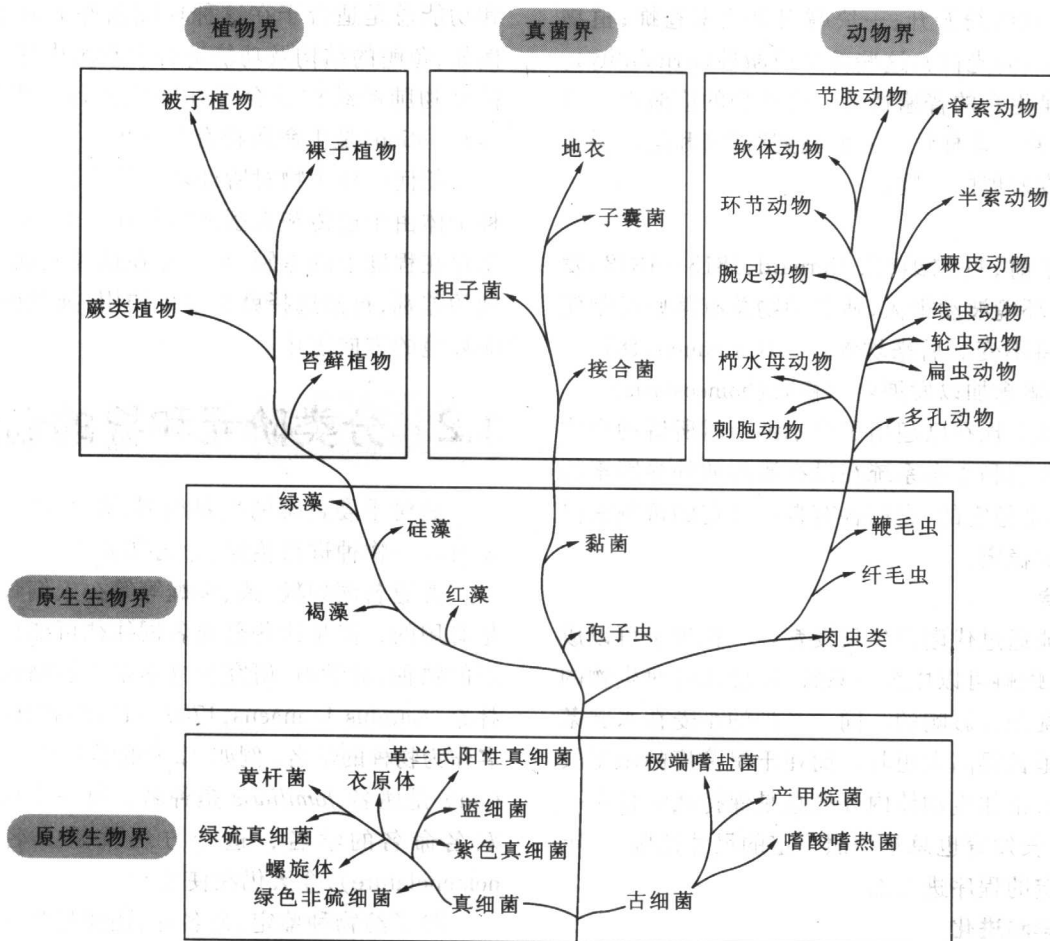


图 1.2 生物五界系统图解

物界都是异养的,它们都是以其他生物作为食物的,但获取营养的方式不同。真菌分泌水解酶到体外,使食物分解,吸收分解产生的较小有机分子为食物。动物则将食物吞咽到体内,进行消化,再利用其分解产物作为能源或建造身体的原材料。

回过头来再看一看原生生物,它的营养方式是很庞杂的,植物式的光合自养,真菌式的吸收异养和动物式的吞咽异养都有。有些种类兼有两种营养方式。原核生物的营养方式也是多种多样,有光合自养、吸收式异养,还有利用化学能制造食物的(化能自养),唯独没有吞咽式异养。

病毒(virus)是非细胞形态的生物,惠特克没有将它纳入五界系统之中,但是我们不应忽略了它的重要性。在本书28章,我们将会讨论到它。

五界系统将原核生物(prokaryotes)和真核生物(eukaryotes)的区别作为划分界的一个要素,是分类学的一个进步。现在又有了一个新的分类方案,认为生物世界分为3个基本类群。其中2个为原核生物,分别为真细菌(Eubacteria)和古细菌(Archaeobacteria);一个为真核生物(Eukarya)。有关真细菌和古细菌的区别,将在第28章中介绍。分子生物学和细胞学的证据说明,在古细菌从真细菌中分支出来以后,真核生物再从古细菌中分支出来。有人主张,在“界”的上面再设一个分类阶元域(domain)或原界。这3个基本类型即为3个域。

自从达尔文提出进化论以后,人们要求分类系统反映各分类单位在系统发育上的相互关系。随着人们对系统发育认识的深化和发展,必然会对分类系统进行调整和改变。这个过程至今并没有结束。本书基本上采用五界系统。

1.3 生物学常用的研究方法

简单说起来,所谓科学方法说的是如何通过各种手段从客观世界中取得第一手的材料,并对这些材料进行整理、加工,从中找出规律性的东西。

科学观察

观察(observation)是最基本的方法,是从客观世界中获得第一手资料的最基本的方法。早期的观察只能依靠人的感觉器官进行,后来有了显微镜,人们的观察力得到很大帮助,从而认识了细胞,开拓了显微世界。电子显微镜的发明使人们的观察力更深入到超显微领域了。“工欲善其事,必先利其器”,这话不错。

科学观察的基本要求是客观地反映可观察的事物,并且是可以检验的。观察的结果必须经过重复检验,才可以被认为是可靠的结果。

观察需要有科学知识。如果没有必要的科学知识,就说不上科学的观察。譬如说,在显微镜下观察一张人的染色体的制片,如果观察者是一位毫无生物学知识的人,他除了看到密密麻麻的一团杆状的小东西以外,什么也看不出来。如果让一位训练有素的人类细胞遗传学家来看,他就可以用各种技术计算出染色体的数目,看到各染色体的形态。“内行看门道,外行看热闹”,科学的观察应该是从看热闹中逐渐深入而发现其中的“门道”。

但是,观察切不可为原有的知识所束缚。当原有的知识和观察到的事实发生矛盾时,只要观察的结果是客观的而不是主观臆测的,那就说明原有知识不完全或有错误,此时就应修正原有知识而不应囿于原有知识而“抹杀”事实。仍以人染色体为例:1907年细胞学家 von Winniwarter 计算人的染色体数目。他所得的结果是,人的细胞有47个染色体,其中46个组成23对,另一个为“副”染色体(即现知的X染色体)。由于Winniwarter的权威,人们对他的计数深信不疑。1921年T. S. Painter用新的染色技术发现了存在于男人细胞中的Y染色体。因此他说,人共有48个染色体,女人是46+XX,男人是46+XY。他的观察结果在20世纪50年代以前被普遍接受。1954年,E. Hansen-Melander研究人的肝细胞,计算的染色体数目却是46个。但是她不相信自己,以为自己观察力差,看不到48个染色体,因而中止了这项研究。50年代以后,徐道觉和其他科学家改进了技术,对人的染色体数又做了核对,他们把人的分裂中期的染色体拍成照片,然后把照片上的染色体一一剪下,逐对排列起来,制成染色体组型,这样就在一团杂乱的染色体理出了头绪。根据染色体组型,他们否定了Painter的计数结果,而确定人的染色体数是46个。这一生动实例说明,即使是有经验的科学家也难免发生错误。因此做科学观察时既要尊重已有的成果,又不能受已有成果的限制。只有不断地修改观察的错误,才能使认识更接近于事实。

假说和实验

观察可以是在自然条件下的观察,也可以将所研究的对象在人为地干预、控制条件下进行观察。后者称为实验(experiment)。实验不仅意味着某种精确的操作,而且是一种思考的方式。要进行实验,首先必须对

研究对象所表现出来的现象提出某种可能的解释。也就是提出某种设想或假说(hypothesis),然后设计实验来验证这个假说。假说必须是可以验证的,这是科学实验的一重要原则。孟德尔的豌豆杂交试验为我们提供了一个范例。

孟德尔用纯种紫花豌豆和纯种白花豌豆杂交,子一代都是紫花豌豆。子一代自花授粉产生子二代,约有 $3/4$ 植株开紫花, $1/4$ 植株开白花。孟德尔提出一个假说,假定豌豆植株开紫花还是开白花这样的相对性状由一对因子(今天称为基因)所决定。这两个基因中,一个为显性基因,另一个为隐性基因。并且他用大小写的字母表示这样一对基因,如用 A 代表显性的紫花基因,用 a 代表隐性的白花基因。孟德尔用这个假说对上述实验结果作出了合乎逻辑的解释(具体解释见第20章)。

然而,作为科学假说仅仅对已知事实(实验结果)做出解释还是不够的。人们还必须能根据假说对新的未知现象作出预测,并在新的实验中得到验证。孟德尔认为,如果他的解释是可以成立的,那么,将纯种白花植株(aa)和子一代杂合的植株(Aa)交配,带等位基因 a 的配子和带等位基因 A 或 a 的另一种配子结合,将产生2种基因型后代: aa 、 Aa 其比例为 $1:1$,即一半为开白花的纯种豌豆,一半为开紫花的杂合豌豆。这就是依据假说做出的预测,实际进行的测交结果与预测的相一致。上述假说得到一次验证。

由于假说-实验方法被大量引进到生物学各分支学科,并日益成为生物学的基本研究方法之一,生物学逐步地演变成为精确的科学。

模型实验

如果由于种种原因,直接用研究对象(原型)进行实验非常困难,或者简直不可能时,可用模型(model)代替研究对象来进行实验。模型必须和原型有某种相似性,才有可能把模型的研究结果外推到原型客体。模型可以是物质形式的,也可以是思维形式的。

在生物学中常常用动物模型代替人体进行实验。例如,诱发豚鼠血脂增加,作为高血脂患者的模型。利用这个模型来筛选降血脂的药物,以及研究这种药物的作用机制。为了研究生命起源,人们用模型研究在时间上极为遥远的事件。1953年S. Miller在实验室内模拟40多亿年前的自然条件,证明了生命化学进化的过程在40多亿年以前是可能存在的。这些都是物质形式的模型。

现代自然科学常用语言、符号、数学方程、图表等手段来表示一个实体的内部功能。这种符号、数学方程、图表等也称为模型,这是思维形式的模型。例如,1970年,专门研究全球问题的罗马俱乐部的J. W. Forrester等,根据他们对人口增长、工业发展、粮食增长、不可再生资源的消耗和污染环境的研究,用几十个相互联系的变数,组成了一个模型,人们可以借助计算机进行各种运算,一方面对模型进行检验,同时也可以对未来作出预测。这种抽象模型的计算机模拟在生物学的一些学科,如生态学、群体遗传学中已经成为重要的研究方法之一。

1.4 生物学分科

早期的生物学主要是对自然的观察和描述,以及对动、植物种类的系统整理,所以最早建成的分支学科是分类学(taxonomy)和按生物类群或研究对象划分的学科,如植物学(botany)、动物学(zoology)、微生物学(microbiology)等。这些学科又可再划分为更细的学科,如藻类学(phycology)、原生动物学(protozoology)、昆虫学(entomology)、鱼类学(ichthyology)、鸟类学(ornithology)等。微生物不是一个自然类群,包括的种类甚为庞杂,微生物学(microbiology)可划分为病毒学(virology)、细菌学(bacteriology)、真菌学(mycology)等。此外,还有以化石为研究对象的古生物学(paleontology)。

按结构、功能以及各种生命过程的不同而划分的学科有形态学(morphology)、解剖学(anatomy)、组织学(histology)、细胞学(cytology)、生理学(physiology)、遗传学(genetics)、胚胎学(embryology)、生态学(ecology)等等。

生物结构是多层次的,从不同层次研究生物学的学科有种群生物学(population biology)、细胞生物学(cell biology)、分子生物学(molecular biology)等。细胞生物学已经发展到分子的层次,即分子细胞生物学。分子遗传学(molecular genetics)也是发展最快的学科之一。

用物理学的、化学的以及数学的手段研究生命的分支学科或交叉学科有生物化学(biochemistry)、生物物理学(biophysics)、生物数学(biomathematics)、仿生学等,这些是20世纪以来发展迅速,成就突出的学科。

以上所述只是生物学分科的主要格局。实际上,分

支学科要比上述的多。生物学的发展趋势是: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。这种情况反映了生物学极其丰富的内容和蓬勃发展的情景。

1.5 生物学和现代社会生活的关系

每一天,我们都会不止一次地从各种大众传媒上接触到这样一些词汇:全球变暖、空气和水的污染、酸雨、臭氧层被破坏、荒漠化、濒危物种、热带雨林、绿化、遗传工程、计划生育、试管婴儿、克隆、杂交水稻、有氧运动、减肥、艾滋病、免疫系统及 SARS 等等。仅仅为了能够理解和把握大众传媒上的有关信息,我们就需要掌握一定的生物学基础知识。

生物学对现代社会的影响首先表现在对农业和医学的贡献上。例如,在农业上,1949年到1975年世界粮食产量每年平均增长率为2.8%,超过人口增长率。遗传育种方面的一些突出成就,如墨西哥小麦、菲律宾水稻和我国的杂交水稻,都在以增产粮食为目标的“绿色革命”中起了关键作用。医药卫生方面,新抗生素、新疫苗的发明使一些细菌病(肺结核、伤寒)和一些病毒病(小儿麻痹、麻疹、乙型脑炎)得到控制;免疫学的进步使异体器官移植成功率得到迅速提高,并发现了自体免疫病(如红斑狼疮、类风湿性关节炎)的病因。人工转移基因技术,通常称为基因工程技术的发展引人注目。它可以用来产生某种药物,如干扰素和胰岛素,它也可能用来增加谷物的产量和质量。

生物学的一个重要应用是帮助我们认识和回答我们所面临的环境问题。今日地球的表面环境,作为我们人类的家园,是那么的“恰到好处”。大气中的 CO_2 正好使地表温度适合大多数生物的生存,并有效地防止了地表液态水的过度蒸发,保持了一个生物生存需要的液态水圈;大气中含有足够的分子态氧,保证了生物的呼吸和岩石的风化(岩石风化提供生命所需的矿物质),并且形成了一个臭氧层,挡住了来自宇宙空间的紫外辐射,保护地表生命。氧化性大气圈还能使大多数陨石、流星在到达地表前燃烧掉……等等。然而,早期地球的大气并非如此。地球形成时的大气主要由氢气组成,由于地球的重力不能有力地将它吸引住,氢气逃逸到宇宙空间。于是火山及其他地表喷口喷出的气体形成了第二个大气圈。它由水蒸气(H_2O)、一氧化碳

(CO)、二氧化碳(CO_2)、氮(N_2)、甲烷(CH_4)和氨(NH_3)等气体组成。这是以 CO_2 为主的、不含氧的酸性大气圈。这时的地表不适合生物生存,更不用说成为人类的家园了。

地质学和生命科学多方面的材料证明,在长达7亿年的漫长时间里,以 CO_2 为主的、不含氧的酸性大气圈笼罩下的地球转变成了今日的地球。在这一转变过程中,光合自养生物(先是蓝细菌,后来是浮游藻类和绿色植物)起了关键作用。在37亿年前的古老沉积岩中发现了生物成因的有机碳,其含量达0.6%以上。这说明,光合作用在地球上出现很早,几乎一开始,就有一定数量的有机碳被埋藏在地层之中。从35亿年前到大约7亿年前,除了通过无机过程,水中的碳酸根和岩石中的石灰质等成分相互作用,形成碳酸盐沉积外,蓝细菌建造了大规模的叠层石,也引起大量碳酸盐的沉积。有机碳的埋藏和碳酸盐的沉积逐步而且有效地降低了大气中 CO_2 的含量。大约在27亿年前出现了能释放氧的光合作用。从此,光合自养生物源源不断地向大气提供分子态氧,臭氧层也因此而逐步形成。然而,光合自养生物并不能孤立地存在于自然界,它只能存在于一定的生态系统中。在这个系统中,作为生产者的光合自养生物和作为分解者的异养细菌和真菌,以及作为消费者的动物,共同推动自然界的物质循环和能量转换。这样,光合自养生物才能生生不息,持续不断地和地球环境发生作用,推动地球环境的演变。因此,可以这样说,今日地球上适合众多生物生存并成为人类家园的表层环境状态是在长达37亿年的时间里,整个生态系统和环境之间相互作用、协同进化的结果。这个相互作用的体系仍然需要巨大的生态系统来维持,而这个生态系统的基础是极为丰富的生物多样性。

随着人类社会的发展,特别是进入工业化阶段以后,生产范围的扩大,人类对自然界的影响大大超过自然界本身的自我调节和平衡能力。到目前为止,人类在“征服”自然的斗争中所取得的每一个胜利,常常是以破坏环境为代价的。试看在今日的地球上,矿物燃料被大量燃烧; CO_2 被大量排放,环境被污染、森林被滥伐、狩猎无节制等等人类的活动导致大量物种灭绝,生物多样性急剧降低……几十年来,生物与环境协同进化的总趋势是大气中的 CO_2 浓度降低、分子态氧增加,生物多样性增长,而人类活动却使它向相反方向演化。长此以往,后果不堪设想。

要正确认识和解决我们所面临的环境问题,必须首先认识这样一个基本事实:今日地球上以生物多样性为基础的生态系统,是这个适合于成为人类家园的地球表层环境状态的不可替代的支持系统。不管人类掌握了多大的自然力,它仍然是这个大系统中的一员,人类不能离开这个系统,而必须在维护好这个系统的

前提下谋求自身的发展。人类既不能被动地受自然支配,又不能任意地支配自然。人应当回归自然,与自然协同进化。为了正确地认识人与自然的关系,需要我们掌握分子生物学、生态学、生物多样性、进化生物学等多方面的生物学知识。生物学与人类的命运息息相关,其重要性怎样强调都不会过分。

思考题

1. 20世纪,生物化学和分子生物学揭示了生物界在化学成分上,即在分子层次上存在高度的同一性。这会给人们什么启示?
2. 惠特克用哪几条标准将生物划分为五界?
3. 生物学中,一方面有新的学科不断分化出来,另一方面一些分支学科又在走向融合,这说明了什么?
4. 在漫长的地质年代里,光合自养的蓝细菌和绿色植物在地球表层环境的演变中起了哪些作用?