



地球生命

褚建君 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



地球生命

藏书

褚建君 编著



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书以生命的起源、演化和生物多样性为重点,对生物学原理进行筛选,按照作者多年的教学经验对内容进行编排,全书主要内容包括什么是生命、生物的演化、生物分类的原理、生物类群、植物体和植物的生长发育、稳态、生物与环境、俯察品类之盛等章节。本书尝试用纯文字的形式阐述生物学原理,使篇幅变得简洁不烦琐,让读者能掩卷之后回味书中内容。

本书不仅适合生物学专业读者使用,也适合非生物专业读者为扩充生物学知识使用。

图书在版编目(CIP)数据

地球生命 / 褚建君编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-12851-5

I. ①地… II. ①褚… III. ①生物—普及读物 IV.
①Q1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 072560 号

地球生命

编 著: 褚建君

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

字 数: 131 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-12851-5/Q

定 价: 24.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 9.75

印 次: 2015 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512-52219025

序

PREFACE

上海交通大学的褚建君教授,有着多年的教学、科研和写作的经验,成一家之言,为《地球生命》,嘱我作序。近几年,我同建君和其他朋友们一起做一些教学工作,深知建君对写作的严肃,不写无谓的东西。读他所写融科学与文学为一体的文章,总有开卷有益的感觉。当他去年告诉我,他根据教学材料写了一本书,我就知道他有话要说,有东西要和读者分享。读毕全卷,记下以下心得,与读者交流和讨论。

我认为写一本有特色的教科书对教育领域是非常重要、但不容易的事。因为如果作为一本教科书,就得有对知识的总结和传承作用;但在尊重原创性和教学有效性的今天,严肃的作者必然要求发展出自己的体系和风格。如果想让学习成为一件乐事,还得让写出的文字有趣。这三方面的完美结合是需要仔细考量的。稍不注意,教科书的写作就成了一个抄书匠的过程。所以朋友们和同事们多视教科书的写作为畏途。可喜的是,建君知难而进,在这三方面都做出了显著的突破,使本书成为一本有自己体系和独特风格的书。

首先,作为针对跨专业大学本科生的一本生物学入门的书,本书打破了西方国家关于生物学导论教材的卷帙浩繁的传统。西方国家的教材多为上千页,加上几百张图表,说它全面却又不如生物学相关专业的专著,不能作为专业参考书;把它作生物学导言又太过庞杂,学生不易抓住基本概念和基本理论等内容,上千页内容恐怕也不易在有限的时间里仔细读完,所以作不得好教材。相对而言,一本简明扼要、薄而精的书才容易被学生接受,但其需要精选内容,就需要作者对整个生物学研究系统有深入了解。

生命现象不同于物理学和化学等非生命现象,其以丰富的多样性和复杂性为特征。浩如烟海的生物学研究结果不可能也没有必要包括在一本教科书中。因此任何一本教科书作者都应针对读者的需要来选择内容。本书花了极大的工夫在基本内容的选择上。在围绕生命从分子到形态的基本结构与功能、生物形成的历史过程及其结果等方面,本书都做了概念性的介绍。许多生物学教科书就生物谈生物,并且常常偏向动物系统,这对于理解今天人类生活的世界显然是不够的。作者选择了把生物与其生活环境的紧密联系作为坐标,系统地把丰富的生命现象以散文的叙述方式组织起来。同时,作者增加了来自植物研究方面的研究资料,以期同已知的、丰富的动物研究方面的知识互补,让学生们对生命现象有一个更加全面的了解。

本书还做了一个大胆的尝试,即扬弃了图表的表达方式,使全书没有使用一张图表!显然,这就使得传统的、以直觉显示为主的教学方式转变为概念和文字描述的方式。直觉显示对生物结构的教学是有效的,但其副作用(如建君所指出)也是明显的:学生在看图以后常常不再读书,不去仔细体会生物学的概念。虽然这一针对特定的学生群体和跨学科教学的新努力的效果有待以后总结,但有一个成功的先例在生物学的英文教科

书中已经出现过。英国在 2005 年出版了由著名演化遗传学家 Brian Charlesworth 和 Deborah Charlesworth 编写的《生物演化》一书,作为演化生物学的入门书,全书重在阐述基本概念和基本理论,没有使用一张图表,简明扼要,大约为 100 页的篇幅。初学者读后可获得清晰的概念和图景。本书对独特概念与文字描述方式的选择,如《生物演化》一样,加上内容的独特性,使得本书在篇幅上变得简洁,容易在较短的时间内读完,并且能仔细体会由文字所表达的意义。

第二个显著的特征是本书对生物学中关于生物多样性及其在自然界产生的过程的重要方面做了较全面的介绍。在目前环境对生物特别是对人类的影响日趋引起全社会关注的背景下,作者在组织和讨论这一由 8 个章节组成的有机相连的部分,做出了很大的努力。从生命起源到基因的产生,到生物多样性的描述及其相关的分类技术和理论,以及形成各个层次生命的时间历程和原因,作者都力图做出简明而又全面的介绍。任何关注生命来源过程的基本生命现象和环境改变对人类生存挑战的人,都应该具备这些知识。所以本书作为大学的通识教材,是很适合的。

在介绍生物多样性及其自然界产生的过程中,作者还做出了特别值得赞扬的努力:这就是对一个长期被误解和错读的所谓“进化论”或“进化过程”概念进行科学的解释和恰当的翻译。在过去的许多教科书和工具书及传媒中,生物在自然界产生和变化的过程,都被概括为一个由低级到高级、由简单到复杂的必然“进化”过程,达尔文在 19 世纪创立的科学理论以及此后一个半世纪的科学发现被总结为“进化论”。作者在此给出了新的解释和定义,将“进化”译为“演化”。这对整个社会和未来的生物学家们理解生命的演化,包括其过程和机制以及导致的生命现象的多样性和人类在自然界中的位置,并由此进行创新性的科学技术活动,是至关重要的。

从我的经验中,我觉得许多对学习抱有热情的读者对简单裁减或者抄袭加工的教科书,会自然产生一种恐惧感。因为这样的作者对他的工作和他面对的科学领域没有热情,更谈不上欣赏。尤其是那些语言枯燥、味同嚼蜡的书,对读者而言简直是一副不堪忍受的刑具。其实一本教科书是可以写得有趣和生动的。许多生物学名著就写得文采飞扬、幽默传神,让读者对这些著作“一见钟情”。从达尔文的《物种起源》到威尔逊的《社会生物学》和雅库布的《生命的逻辑》,我们都会迫不及待地丛书进入到科学的世界。本书的作者从中国古典文学中挖掘出的有关生物学的发现和描述是引人入胜的。这几年有幸在上海交通大学和作者一起开设《大生物学》一课,因而我得以先睹为快。作者把他先前发表在《新民晚报》上关于有关生物学的美文,编入本书。我期望本书的这一独特气质将吸引更多的年轻人进入生命科学的世界,让大家体会到原来科学的世界也可以如诗如画般美丽。

许多优秀的教科书都是在不断修正和再版过程中形成的。本书已经形成一个有较多独创性和吸引力的系统,具有进一步发展的潜力。我期望在几年以后可以读到新版本,让本书最终成为地球生命教学系统的经典教材。

龙漫远

埃德娜·K 帕帕希安杰出讲座教授

芝加哥大学生态与演化生物学系

前言

FOREWORD

地球生命,是我在上海交通大学主讲的一门通识教育核心课程。多年来,这门课程的给分,坚持没有采用卷面考试的形式。这样做的目的,是让学生从大量的生物学概念中解放出来。它的一个明显的好处是能利于促进思考、促进对生物学过程和原理的了解;它的一个明显的坏处是给少数懒惰者提供了偷懒的机会。但是,权衡利弊,思想比记忆更加重要。因此,此书的写作,不是为了制造一本刻板的教科书,而是我依照对生命现象的理解,用类似于散文的笔调,来讲述一些故事。这样,所有对生物感兴趣的人都能阅读它。

地球上的自然现象包括物理现象、化学现象和生命现象,自然科学就是研究这三种现象的科学。当今生物学的发展非常迅猛,不仅在研究方法上有不断创新,而且研究范围也不断拓展。社会发展的诸多领域如能源、环境、医药、农业、人口和食品等,无不与生物学息息相关。所以,生物学非但是穷尽自然奥秘的理论学科,也是解决人类所面临的许多急迫问题的不可或缺的技术。一个人,无论他是学理科的、工科的,还是学文科

的,无论他是从事科学的、工程的,还是从事管理的、经济的,都有了解生物学的需要。至于每个人的日常生活,谁都免不了与各种各样的生物打交道,并接触日新月异的生物技术。

本书的重点,在于生命的起源、演化和生物多样性。概括起来,本书试图具有以下鲜明的特色。

首先,本书力图避免“编书”的写作方法。大多数的内容,是以自己的方式,逐字逐句地撰写出来。涉及的基本概念,也不是按照教科书那样给出统一的定义,而是用容易理解的文字来阐述其蕴含的思想实质。

其次,本书将不采用任何的图片。现代的出版物,尤其是科技类的,常用丰富多彩的图画乃至音像资料来直观地表达一些深奥的内容。这样的做法,自然有它的好处。但是,直观之余,也容易导致思想的知识化与碎片化。具体的图像资料,容易分散人们对于理论体系本身的关注,而落入“具体而微”的窠臼。

再次,本书的内容编排,是按照作者近30年从事生物学教学的心得,努力做到自然而流畅。在顾全生物学发展全貌的同时,对繁如烟海的生物学原理进行必要的筛选,以突出重点。

由于研究深度和广度上存在不足,在写作过程中,有考虑欠缺的地方乃至错误的地方,敬请读者批评指正。

本书的出版,得到国家自然科学基金项目(NSFC: J1103501)的支持。

褚建君

2015年1月于上海交通大学

目 录 CONTENTS

	第 1 章 什么是生命	1
	1.1 什么是生命	1
	1.2 生命的起源	2
	1.3 细胞和细胞学说	5
	1.4 植物细胞与动物细胞	6
	1.5 细胞器之间的协调	7
	1.6 细胞的分化	7
	1.7 细胞的衰老	9
	1.8 细胞的凋亡	10
	1.9 癌细胞	10
	1.10 生命的化学	11
	1.11 糖类和光合作用	12
	1.12 脂类	14
	1.13 蛋白质	14
	1.14 代谢网络	15
	1.15 遗传现象	16

1.16	新基因的起源	17
1.17	性别决定	18

第2章 生物的演化 20

2.1	关于演化	20
2.2	神创论的固有影响	21
2.3	拉马克与达尔文	22
2.4	演化的因素	23
2.5	性选择	24
2.6	演化的方向	25
2.7	遗传漂变与适合度	26
2.8	选择压	27
2.9	物种的形成与隔离	28
2.10	返祖现象	29
2.11	物种的灭绝	30
2.12	分子演化的中性学说	31
2.13	对达尔文学说的评价	32

第3章 生物分类的原理 33

3.1	二界分类	33
3.2	五界分类	34
3.3	三界分类	35
3.4	人为分类法	36
3.5	自然分类法	37
3.6	物种	38
3.7	共有祖征与共有衍征	39
3.8	物种的命名	40
3.9	物种多样性	41

	第 4 章 生物的种类	42
4.1	病毒与朊病毒	42
4.2	细菌	44
4.3	真菌	45
4.4	地衣	47
4.5	藻类植物	48
4.6	苔藓植物	49
4.7	蕨类植物	50
4.8	裸子植物	51
4.9	被子植物	53
4.10	动物的分类	67
4.11	原生生物	68
4.12	腔肠动物门	69
4.13	环节动物门	70
4.14	软体动物门	71
4.15	节肢动物门	72
4.16	脊索动物门	74
	第 5 章 植物体和植物的生长发育	78
5.1	胚	78
5.2	种子的休眠与萌发	79
5.3	根	80
5.4	茎	81
5.5	叶	83
5.6	花	84
5.7	果实	85
5.8	植物的成熟组织	87
5.9	植物为什么能够生长	90
5.10	光和温度对植物开花的影响	91

5.11 植物激素	92
-----------------	----

第6章 稳态 95

6.1 稳态	95
6.2 植物如何维持水分平衡	96
6.3 植物如何进行矿物质代谢	97
6.4 动物细胞的内环境	99
6.5 动物的体温调节	100
6.6 动物激素	101
6.7 免疫	103

第7章 生物与环境 105

7.1 环境因子	105
7.2 环境因子的生态作用	106
7.3 生物对环境的生态适应	108
7.4 种群	109
7.5 种群生存对策	110
7.6 生态位	112
7.7 群落	113
7.8 生态系统	114

第8章 俯察品类之盛 116

8.1 俯察品类之盛(浅析古诗文中的 若干植物)	116
8.2 古典诗文中植物的“演化”	122
8.3 说莲	128
8.4 谢兰阮竹陶潜菊	135

第 1 章

什么是生命

1.1 什么是生命

一棵草、一头牛、一个人,都具有生命力,都有寿命,都会死亡。在自然界,凡是有寿命、会死亡的,就是生命。正因为生命是有限的,所以才显得宝贵。若人的寿命是无限的,则从事的许多事情就没有必要那么迫切了。如新婚夫妇什么时候生孩子? 孩子什么时候考大学? 一千年以后,是否还可以去旅游? 在当今世界,寿命长达 3 000 年的树木比比皆是。瑞典北部地区生长着一棵挪威云杉,树龄为 7 800 年以上。它在地球上的存在历史,比人类的文明史还要悠久。但无论如何,生命从产生的那一刻起,就开始义无反顾地走向死亡。

、这种会死亡的东西,人们称之为“生物有机体”。所以,有机体是有关生命的理性理解。需要说明的是,在生物学里面,应多用“概念”而少用“定义”。从某种程度上说,“概念”就是“大概的意思”。明白这一点,就不需纠缠于一些细小的文字差别。

现代的生物学教科书,关于生命或生物的概念,都是语焉不详的。一般不是正面地说生命或生物是什么,而是说生命或生物具有一系列的特征。包括完整的结构、新陈代谢、繁殖、遗传和变异、对外界刺激具有反应等。在这些特征之中,核心是新陈代谢和繁殖。新陈代谢意味着生物有机体是活着的,而繁殖则意味着生命的延续。活着,并代代相传,才会有

遗传和变异,才会有演化。所以,了解生命的本质,必须从新陈代谢和繁殖入手。对于植物和动物来说,植物能够进行光合作用,是自养型的;动物不能进行光合作用,必须依靠现成的有机物来生存,是异养型的。植物和动物的系统演化,都与繁殖过程中受精作用是否依赖于水有关。若植物具有花粉和花粉管,动物具有雄性交接器,就能将精子在不依赖于水的环境下送到相关的部位。所以,苔藓植物、蕨类植物,虽然是陆生植物,但必须生长在潮湿的地方,因为它们的受精作用离不开水;两栖类动物,虽然能够到陆地上生活,但它属于体外受精,它的繁殖依然离不开水。种子植物和爬行动物、鸟类、哺乳类,则能够依靠花粉管、泄殖腔或雄性交接器,解决陆上受精的问题,所以能够适应陆地的生存环境。

无论生物的类型有多么的不同,它的结构、功能与所生存的环境都是相统一的。结构、功能与环境三者之间的统一、协调,是理解生命的一个重要途径。

1.2 生命的起源

生命是如何形成的?这是人类最富有挑战性的思考之一。

历史上曾经出现过“自生论”,认为生命是从非生命物质中直接而快速产生出来的。如汗水产生虱子,潮湿的土壤产生青蛙。有人甚至发明了一个创造老鼠的方法:将麦子与汗湿的衬衣一同放进一个容器中,发酵 21 天,就会有老鼠被创造出来。17 世纪,意大利医生雷第用实验的方法证明了“腐肉生蛆”的错误。但之后,显微镜的使用发现了微生物,使“自生论”起死回生。干净的肉汤里面出现的微生物,难道不是自己直接而快速地产生出来的吗?但巴斯德(1822—1895 年)很快就用鹅颈瓶实验证明:煮沸的肉汤可以长久保存,只要它不与外界的空气或灰尘相接触。现在普遍认为,生命的起源是一个化学的过程。

200 亿年以前,没有时间、空间;150 亿年前,宇宙大爆炸;45 亿年前,太阳系形成,地球形成;35 亿年前,有生命的化石记录。这样看来,地球

上生命的起源,应该在 45~35 亿年前之间。虽然人类无法回到过去进行实地调查,但可以通过一些具体的实验和客观现象来推测曾经发生的事实。

1953 年,美国芝加哥大学的研究生米勒(S. Miller)进行了一次著名的试验。他设计了一套简单的装置,在烧瓶中放入甲烷、氨和氢等,并给予放电。他如期收获到了他希望的结果——有机物。1969 年 9 月,一块陨石落在澳大利亚麦启逊。人们从碎片成分分析中,也找到了氨基酸、嘧啶、脂酸等。这说明,从无机小分子“自然地”生成有机小分子是完全可能的。设想原始的地球,应该富有甲烷、氨、硫化氢、氰化氢、水蒸气等小分子无机物,通过闪电、紫外线、光和热的作用,完全有可能合成一些氨基酸、核苷酸、单糖、脂类等。

有了有机小分子物质,生物大分子的出现也就有了可能。美国福克斯(F. Fox)试验证实:将氨基酸混合物倾倒在 160~200℃的热砂或黏土上,随着水分的蒸发,氨基酸可以浓缩并化合生成类蛋白质分子。后来有人将氢氰酸和氨加热,也得到了类似于肽的化合物;而将单核苷酸加热,则得到了多聚磷脂酸和多核苷酸。可以想象,在原始海洋的岸边、岩石、黏土的表层或像湖泊样的小水体中,会有氨基酸、核苷酸等有机小分子沉积,吸收能量,通过聚合方式生成原始的蛋白质、核酸等生物大分子。

生物大分子主要是蛋白质溶液和核酸溶液,合在一起时,可形成团聚体小滴,这就是多分子体系,具有一定的生命现象。人们将白明胶(蛋白质)和阿拉伯胶(多糖)混合在一起的时候,就能够得到团聚体小滴。这种多分子体系有这样的特点:直径为 1~500 μm ;能够稳定存在几小时至几周;外周增厚,呈膜状结构,与周围水液有明显界限;具有原始的代谢特征;可以增长和繁殖。福克斯通过将类蛋白进行加热,得到了一种微球体多分子体系。它具有这样的特征:直径为 1~2 μm (相当于细菌大小);可吸纳周围环境的脂类,并形成膜状结构;膜表现选择透性,反映渗透压的变化;能够吸纳周围环境中蛋白质分子,因而可增长和“繁殖”。

一旦多分子体系具有了脂双层膜围成的与周围环境隔开的含水囊泡,囊泡内有多种核酸、蛋白质、糖类大分子,其就能选择性地从周围环境中吸纳“食物”,能够利用“食物”的分解,复制自身一部分起核心作用的大分子,当囊泡因大分子增多而能够“生长”和“繁殖”,则可以认为,原始生命已经诞生。原始祖细胞类似于今天小的支原体。支原体没有细胞壁,其外围是细胞膜,细胞质中只有核糖体,只含 DNA、RNA 和多种蛋白质。它除了可以在细胞中寄生外,也能在无细胞系统的培养基中生长、繁殖。体积相当于病毒大小,为细菌的 $1/1\,000$,直径约为 $0.1\,\mu\text{m}$ 。

多分子体系和原始生命的生长、繁殖,是很容易被理解的。当外界物质不断进入到体系内部的时候,这个体系自然就会出现增大、生长的现象。当这个体系表面的张力无法维持越来越大的体积的时候,自然就产生分裂,表现为“繁殖”。生命在它起源的时候,就注定了死亡与新生的共存。当一个旧的体系或个体分裂成新的体系或个体的时候,旧的死去、新的诞生。

自养生命的出现,与卟啉有关。卟啉是一类由四个吡咯类亚基互连而形成的大分子杂环化合物。卟啉环有 26 个 π 电子,是一个高度共轭的体系,并因此显深色。许多卟啉以与金属离子配合的形式存在,如与镁配位的叶绿素和与铁配位的血红蛋白。叶绿素上面的共轭结构能够吸收光子,并将光能转变为电子能。高能电子在传递过程中,将能量释放出来,催动一系列化学反应,这就是光合作用。有了光合作用,大气中就有了氧,地球就不复是还原性环境;有了光合作用,大气中就有了臭氧层,地球就能够受到必要的保护。而有氧呼吸生物的产生,是生命演化的一大飞跃。有氧呼吸不仅极大地提高了生物从食物中获取能量的效率,也给生命世界带来了大繁荣。多细胞生物包括植物和动物,都开始出现,并踏上漫长的演化征途。

在生命的起源之中,真核细胞的起源是一个有趣的问题。渐进说认为,原始的厌氧原核细胞,通过细胞膜的多重内褶,形成核膜、内质网和其他的细胞器,进而发展成为真核细胞。1970 年, Lynn Margulis 出版了