

全国高等学校“十二五”生命科学规划教材

进化生物学

第3版

Evolutionary Biology

主 编 沈银柱 黄占景



全国高等学校“十二五”生命科学规划教材

进化生物学

第3版

J i n h u a S h e n g w u x u e

主 编 沈银柱 黄占景

副主编 (以姓氏笔画为序)

王正询 李晓晨 张尚宏 葛荣朝

编 委 (以姓氏笔画为序)

王正询 朱正歌 刘敬泽 齐志广

李晓晨 沈银柱 张尚宏 周春江

赵宝存 秘彩莉 黄占景 康国章

葛荣朝

内容简介

本书吸收了最近几年进化生物学关于地球上的生命起源、古生物学、分子古生物学、分子人类学、进化的分子基础和人类的起源与进化等诸多方面的最新研究成果,以及国外进化生物学的部分教材,将现代综合进化论与现代分子生物学的研究成果融为一体,从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发,阐明生物界进化发展的机制、规律,以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会。本书相对简要地介绍了达尔文的自然选择和人工选择的理论与实践,同时又突出了对达尔文学说的补充和发展。为扩大学生的专业知识面并提高学生的学习兴趣,本书特配数字课程,其上有丰富的拓展资源。本书在内容上富有先进性、实践性和哲理性,对当代大学生科学世界观的形成将起到促进作用。

本书适合于高等院校生物科学、生物技术本、专科学生作为教材,也可供理科、文科各专业公共选修课使用,对科研工作者和中学生物学教师也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

进化生物学 / 沈银柱, 黄占景主编. -- 3 版. -- 北京: 高等教育出版社, 2013.1

ISBN 978-7-04-036672-3

I. ①进… II. ①沈… ②黄… III. ①生物-进化学说-高等学校-教材 IV. ①Q111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 015570 号

策划编辑 孟丽 潘超 责任编辑 孟丽 封面设计 张楠 责任印制 田甜
封一图片 石家庄经济学院地球科学博物馆

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 100120
印 刷 北京铭成印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 20.75
字 数 530 000
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
版 次 2012年7月第1版
2013年1月第3版
印 次 2013年1月第1次印刷
定 价 35.00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 36672-00

数字课程（基础版） 进化生物学

（第3版）

登录方法：

1. 访问 <http://res.hep.edu.cn/36672>
2. 输入数字课程账号（见封底明码）、密码
3. 点击“LOGIN”
4. 进入学习中心，选择课程

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，

请发邮件至：life@pub.hep.cn

登录以获取更多学习资源！

进化生物学（第3版）

沈银柱 黄占景 主编

内容介绍 | 纸质教材 | 相关资源 | 版权信息 | 联系方式

4a 学习中心

欢迎登录

账号

密码

LOGIN

■ 内容简介

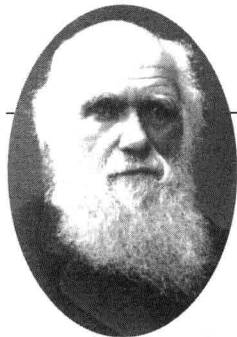
鉴于近年来进化生物学领域的快速发展，编者悉心查阅了大量的文献资料，将其中的成果和技术进展整合成综述性文字资料，作为拓展知识收入到本书数字课程中。本书数字资源与纸质教材一体化设计，使教材与数字资源有机衔接。教师可以在教学中提示学生自学拓展知识，并鼓励学生根据所列原文献资料充分自我探索，以满足不同类型人才培养的需要。

高等教育出版社版权所有 2013

<http://res.hep.edu.cn/36672>

数字课程拓展知识目录

- ④ 1-1 与世隔绝的微生物
- ④ 1-2 达尔文成功的秘诀
- ④ 1-3 分子进化工程实例
- ④ 2-1 生物节律的奥秘
- ④ 2-2 太阳系的形成
- ④ 3-1 关于线粒体、叶绿体和其他细胞器的起源
- ④ 3-2 来势汹汹的诺瓦克病毒
- ④ 4-1 人类世
- ④ 4-2 $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ 埋藏测年法
- ④ 4-3 四足动物起源研究的新进展
- ④ 4-4 恐龙灭绝的原因
- ④ 5-1 昆虫通讯行为在农业生产中的应用
- ④ 5-2 最古老的“鱼妈妈”的发现
- ④ 6-1 DNA 水平遗传多态性检测
- ④ 6-2 适应起源的基本方式
- ④ 6-3 小进化中的内因
- ④ 7-1 物种形成的一般模式
- ④ 7-2 世界自然保护组织的物种濒危分级
- ④ 8-1 产生进化趋势的原因
- ④ 8-2 可能复活的灭绝动物还有哪些
- ④ 9-1 染色体数目及其进化
- ④ 9-2 性染色体的剂量补偿问题
- ④ 9-3 适应性突变
- ④ 9-4 链对称相关现象及链对称成因分析
- ④ 9-5 “死亡”基因的复活
- ④ 9-6 文昌鱼与人类
- ④ 9-7 线虫抗病毒特性的跨世代遗传
- ④ 10-1 序列比对和分子系统树的构建
- ④ 11-1 灵长目与人类的系统发育
- ④ 11-2 珍妮·古道尔与黑猩猩
- ④ 11-3 黑猩猩感染 HIV 会出现类似艾滋病症状
- ④ 11-4 人类的大脑可能在逐渐变小
- ④ 11-5 人类直立行走对散热十分有利
- ④ 11-6 人猿分化源于千万年前基因突变
- ④ 11-7 源泉南方古猿取代了“能人”的进化地位吗?
- ④ 11-8 最新年代测定技术确定“北京直立人”增龄 20 万岁
- ④ 11-9 尼安德特人与我们的进化关系
- ④ 11-10 古代人种——霍比特人和“X-女人”
- ④ 12-1 气候异常
- ④ 12-2 气候峰会术语大集合



序

进化生物学的理论基础是生物进化论。达尔文《物种起源》的问世,标志着科学进化论的诞生。达尔文的进化论被恩格斯誉为 19 世纪三大自然科学发现之一,为马克思主义的辩证唯物论提供了自然科学方面的依据。生物进化论的研究涉及生物学的各个学科领域,是众多研究成果的概括和总结。所以,进化论是高度综合的、哲理性很强的学问。

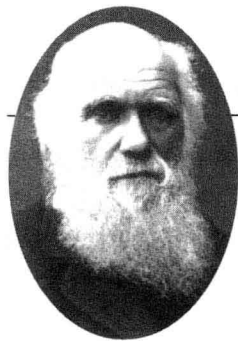
进化论的发展大体经历了两个阶段:第一阶段是进化论作为创世说(特创论)的对立面而产生,并最终战胜和替代后者的过程;第二阶段是进化论本身的深入和发展过程。面对生物界的多样性和复杂性,只能在进化论的基础上得到统一的科学的解释,也只能通过进化生物学的研究而明确其内在的原因和机制。正像进化论学者迈尔(E. Mayr, 1977)指出的一样,“进化论是生物学最大的统一理论”。也正如杜布赞斯基(Th. Dobzhansky, 1977)所说的,“没有进化论的指导,生物学就不成其为科学”。随着生命科学的发展,特别是遗传学和分子生物学的发展,进化论的研究逐渐由推论走向验证,由定性走向定量。进化生物学是研究生物进化的科学,不仅研究进化的过程,更重要的是研究进化的原因、速率和方向,也就是说进化生物学是回答“为什么”的科学,是追究事物或过程的因果关系的科学。进化生物学发展到今天已从宏观进化研究进入微观进化研究,从表型进化描述进入遗传系统的进化分析。特别是随着新的实验技术和分析方法的应用,进化生物学正在随着生命科学整体迈入基因组乃至后基因组时代,相关学科在更高水平上的结合将开拓出新的研究领域。进化生物学教学在高校学科教育中占有重要位置,它不仅渗透到生物学的各个分支学科,而且关系到社会经济的可持续发展,对当代大学生科学世界观的形成也有着十分重要的作用。

《进化生物学》第 3 版吸收了近年来古生物学、分子古生物学、分子人类学、基因组学和人类起源等诸多方面研究的新成果,以自然界生命的起源和发展为主线,在介绍生命的产生和发展的同时,将现代综合进化论与现代分子生物学的研究成果融为一体,从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发,阐明生物界进化发展的规律,以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会。本书在知识的介绍上由浅入深、由表及里,涉及内容难易适中,符合学生的认知水平。配套数字课程中每章均有拓展知识,可以充分激发学生的学习兴趣,拓展学生的认知范围。全书知识体系具有很好的系统性、可读性,是一部很值得推荐的进化生物学教材。相信本书的出版,将有力地推动进化生物学的教学,并有助于促进进化生物学研究的发展。

中国科学院院士 张亚平

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Zhang Yaping'.

2012 年 9 月 10 日



第3版前言

本书第2版自2008年6月出版发行以来,截至2011年12月初,在短短的三年半的时间里,先后印刷6次。据不完全统计,国内以本书作为教材的学校多达30余所,不仅包括师范院校、综合性大学、农业院校、医学院校,还有部分工科院校。在教学实践中受到广大师生的欢迎,在此表示诚挚的感谢。

近年来随着分子生物学的发展,特别是分子人类学、古生物学、分子古生物学、基因组学和环境生物学等研究的深入,使进化生物学的内容得到不断的更新与充实。因此,我们对进化生物学的第2版进行了较大幅度的修订和补充,以提高教材的教学适用性。

本书第3版仍分为12章。在内容的编排上仍依托起源和发展两条主线,坚持由浅入深、由表及里,结合学生的认知水平,层层展开。全书图文并茂,行文流畅,系统性强,可读性好。书中对原有知识窗进行了丰富,同时为扩大学生知识面和提高自学兴趣,配套数字课程中每章都新增了相关拓展知识。

各章编写人员如下:第1章“进化生物学的由来及现状”由河北师范大学沈银柱执笔;第2章“生命及其在地球上的起源”由河北师范大学朱正歌和沈银柱编写;第3章“细胞的起源与进化”和第7章“物种与物种的形成”由广州大学王正询和河南农业大学康国章编写;第4章“生物发展史”、第5章“生物表型的进化”分别由河北师范大学齐志广和陕西师范大学李晓晨负责修改和补充;第9章“生物遗传系统的进化”由中山大学张尚宏编写;第6章“生物的微观进化”、第8章“生物的宏观进化”、第10章“分子进化和分子系统学”、第11章“人类起源与进化”及第12章“生态系统的进化”分别由河北师范大学赵宝存、周春江和葛荣朝、黄占景、葛荣朝和秘彩莉、刘敬泽编写。最后由河北师范大学沈银柱和黄占景负责统稿,并依据最新的研究成果对有关章节进行了补充和修改。特别是中山大学张尚宏为本书修订提供了大量的外文参考资料,新华通讯社参考消息报社的科学技术版/科技前沿版责任编辑之一张笑然老师为本书提供了许多相关的科技进展,使本书的先进性有了坚实的基础。更应该提出的是厦门大学刘广发对本书的第2版提出了许多宝贵意见,编委会对此进行了认真的研究,并在修订过程中予以采纳,使本书第3版避免了不应有的疏漏。在此,对上述三位老师的关心和奉献表示深切的谢意。同时对各编委通力合作按时完成书稿的撰写任务表示感谢。初稿完成后,由河北师范大学葛荣朝和齐志广对全书版式及图题、图注又进行了统一修订。

新版教材内容富有先进性、实践性和哲理性,在阐述生命自然界产生和发展的同时,将现代综合进化论和现代分子生物学的研究成果融为一体,从生物与环境、微观与宏观、表型进化与遗传系统进化的辩证统一关系出发,阐明生物界进化发展的规律,以及如何运用这些规律更好地服务于人类社会。

在本书即将出版之际,我们首先感谢张亚平院士对本书的关爱,在百忙中为本书写序。同时对高

II 进化生物学(第3版)

等教育出版社李光跃、王莉、潘超和孟丽等编辑,在第3版编写过程中给予的关心和指导一并表示衷心的感谢。

尽管我们慎之又慎但难免会有疏漏,会有不当之处,敬请读者批评指正。

沈银柱 黄占景

2012年8月18日

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进行严厉打击。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 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

短信防伪说明

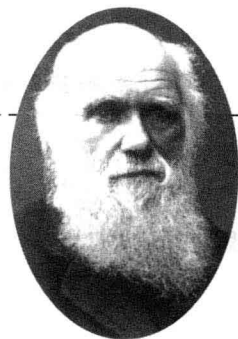
本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，同时您将有机会参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网 (<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报

编辑短信“JB, 图书名称, 出版社, 购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话

(010) 58582300



目 录

1 进化生物学的由来及现状

- 1.1 进化、生物进化与进化生物学 /2
 - 1.1.1 广义进化 /2
 - 1.1.2 生物进化 /2
 - 1.1.3 生物进化论与进化生物学 /3
 - 1.2 从进化论到进化生物学 /3
 - 1.2.1 进化思想的产生 /3
 - 1.2.2 进化论的形成 /4
 - 1.2.3 进化论的发展 /12
 - 1.2.4 进化论在我国的传播 /15
 - 1.2.5 进化生物学的诞生 /16
 - 1.3 进化生物学的研究现状和发展的新方向 /16
 - 1.3.1 古生物学和分子古生物学研究的新成果 /16
 - 1.3.2 基因组学与比较基因组学的新成就 /17
 - 1.3.3 分子进化工程 /18
 - 1.3.4 从进化生物学入手揭示发育的机制是研究的热点之一 /18
 - 1.4 学习和研究进化生物学的意义和方法 /18
 - 1.4.1 学习和研究进化生物学的意义 /18
 - 1.4.2 学习和研究进化生物学的基本方法 /19
- 提要 /20
习题 /21
思考题 /22
深入阅读推荐 /22
参考文献 /22

2 生命及其在地球上的起源

- 2.1 生命的本质 /23
 - 2.1.1 生命的物质基础 /23
 - 2.1.2 生命活动的基本特征 /26
 - 2.1.3 生命和熵 /29
- 2.2 生命在地球上的起源 /30
 - 2.2.1 人类对生命起源的几种认识 /30
 - 2.2.2 生命起源的条件 /32
 - 2.2.3 生命起源的过程——生命起源的化学演化学说 /36
- 2.3 遗传密码的起源与进化 /47
 - 2.3.1 最早的遗传密码子 /47
 - 2.3.2 密码进化的方向 /47
 - 2.3.3 密码的进化过程 /48
- 2.4 有关生命起源问题的探讨 /50
 - 2.4.1 陨击作用与生命起源 /50
 - 2.4.2 其他天体上是否有生命 /51

提要 /53
习题 /53
思考题 /53

深入阅读推荐 /54
参考文献 /54

3 细胞的起源与进化

3.1 原始细胞的起源 /55
3.1.1 超循环组织模式 /55
3.1.2 阶梯式过渡模式 /56
3.2 细胞的进化 /58
3.2.1 原核细胞的出现 /58
3.2.2 古细菌的发现和早期生物三分支进化观点的形成 /59
3.2.3 真核细胞的祖先可能是古细菌 /60
3.2.4 真核细胞的起源途径 /61
3.3 真核细胞起源的意义 /65
3.3.1 为生物性分化和有性生殖打下基础 /65
3.3.2 推动生物向多细胞化方向发展 /66
3.3.3 促成了三极生态系统的建立 /66

3.4 关于病毒起源问题的讨论 /66
3.4.1 病毒起源的退化学说 /66
3.4.2 病毒起源于胞内核酸成分的学说 /66
3.4.3 裸基因说 /67
3.5 生物进化的又一重大事件——多细胞化 /67
3.5.1 生物多细胞化的最新化石证据 /67
3.5.2 多细胞生物起源的模式 /68

提要 /68
习题 /69
思考题 /69
深入阅读推荐 /69
参考文献 /69

4 生物发展史

4.1 化石和地质年代的划分 /72
4.1.1 化石 /72
4.1.2 地质年代 /75
4.2 生物界系统发展概况 /79
4.2.1 生物界的系统发展 /79
4.2.2 生物界系统发展的规律 /89
4.3 几种生物的进化史 /90
4.3.1 象的进化史 /90
4.3.2 马的进化史 /91
4.4 生物界进化发展的因素和动力 /92
4.4.1 生物界进化发展的因素 /92

4.4.2 生物界进化发展的动力 /97
4.5 生物的分界 /100
4.5.1 两界说 /100
4.5.2 三界说 /100
4.5.3 四界说 /100
4.5.4 五界说 /101

提要 /103
习题 /103
思考题 /103
深入阅读推荐 /104
参考文献 /104

5 生物表型的进化

5.1 形态结构的进化 /105
5.1.1 新构造的起源及其在进化中的意义 /105

5.1.2 形态结构进化的两个方向:复杂化和简化 /105
5.1.3 形态结构进化的总趋势:复杂性的提高和

- 多样性的增长 /106
- 5.2 生理功能的进化 /107
 - 5.2.1 新功能的起源及其在进化中的意义 /107
 - 5.2.2 新功能起源的基本方式 /107
 - 5.2.3 功能进化的实例 /107
 - 5.2.4 结构和功能进化的统一性 /109
- 5.3 行为的进化 /109
 - 5.3.1 行为进化的基本环节 /110
 - 5.3.2 通讯行为的进化 /113
 - 5.3.3 争斗行为的进化 /115

- 5.3.4 利他行为的进化 /118
- 5.3.5 性行为的进化 /122
- 5.3.6 行为与基因 /123
- 5.3.7 行为进化的研究方法 /125

提要 /126

习题 /127

思考题 /127

深入阅读推荐 /127

参考文献 /127

6 生物的微观进化

- 6.1 微观进化的概念 /128
- 6.2 生物微观进化的单位 /128
- 6.3 种群的遗传结构 /129
 - 6.3.1 种群遗传基础的杂合性 /129
 - 6.3.2 基因频率和基因型频率 /129
 - 6.3.3 群体遗传平衡——Hardy-Weinberg 定律 /130
- 6.4 种群变异 /135
 - 6.4.1 形态水平变异 /135
 - 6.4.2 细胞水平变异 /136
 - 6.4.3 生化水平变异 /136
 - 6.4.4 DNA 水平变异 /137
 - 6.4.5 遗传变异的度量 /138
- 6.5 种群基因库变异的因素 /139
 - 6.5.1 突变对基因频率的影响 /139
 - 6.5.2 在选择作用下基因频率的变化 /140
 - 6.5.3 迁移(基因流动)对基因频率的影响 /144
 - 6.5.4 遗传漂变对基因频率的影响 /145

- 6.6 自然选择 /147
 - 6.6.1 自然选择的概念 /147
 - 6.6.2 自然选择的类型 /148
 - 6.6.3 自然选择的意义 /151

6.7 适应 /153

- 6.7.1 适应的概念 /153
- 6.7.2 适应形成的条件及过程 /153
- 6.7.3 自然选择下的适应进化 /155
- 6.7.4 适应的普遍性 /157
- 6.7.5 适应的相对性 /158
- 6.7.6 适应在进化中的作用 /160

6.8 微观进化在生物进化中的意义 /161

提要 /161

习题 /162

思考题 /163

深入阅读推荐 /163

参考文献 /163

7 物种与物种的形成

- 7.1 物种 /164
 - 7.1.1 物种的概念 /164
 - 7.1.2 物种的标准 /167
 - 7.1.3 物种的结构 /168
- 7.2 物种的形成 /170

- 7.2.1 物种形成的三个主要环节 /170
- 7.2.2 隔离的机制 /171
- 7.2.3 物种形成的方式 /174
- 7.3 人工控制下的物种形成 /180
 - 7.3.1 远缘杂交 /180

- 7.3.2 体细胞杂交 /181
- 7.3.3 染色体工程——再造小麦 /181
- 7.4 物种形成在生物进化中的意义 /182
 - 7.4.1 物种形成使生物界具备了多样性 /182
 - 7.4.2 物种间的生殖隔离保证了生物类型的稳定性 /182
 - 7.4.3 物种是生物进化的基本单位 /182
 - 7.4.4 物种是生态系统中的功能单位 /183

- 7.5 神奇物种的新发现和濒危物种的保护 /183
 - 7.5.1 神奇物种的新发现 /183
 - 7.5.2 濒危物种的保护 /184
- 提要 /185
- 习题 /186
- 思考题 /187
- 深入阅读推荐 /187
- 参考文献 /187

8 生物的宏观进化

- 8.1 宏观进化的概念 /188
 - 8.1.1 复化式进化 /188
 - 8.1.2 特化式进化 /189
 - 8.1.3 简化式进化 /192
- 8.2 宏观进化的型式 /192
 - 8.2.1 物种进化的描述 /192
 - 8.2.2 渐变型式 /193
 - 8.2.3 间断平衡型式 /193
 - 8.2.4 渐变与间断并存 /196
- 8.3 进化趋势 /196
 - 8.3.1 进化趋势的概念 /196
 - 8.3.2 表型趋异与谱系趋异 /197
 - 8.3.3 从系统树看进化趋势 /198
 - 8.3.4 产生进化趋势的原因 /198
- 8.4 生物进化的速率 /198
 - 8.4.1 镶嵌进化 /199
 - 8.4.2 进化速率的不平衡性 /199
 - 8.4.3 影响生物进化速率的因素 /200

- 8.5 灭绝 /201
 - 8.5.1 灭绝的概念 /201
 - 8.5.2 常规灭绝 /201
 - 8.5.3 集群灭绝 /202
 - 8.5.4 灭绝动物的复活 /203
 - 8.5.5 人类世与第六次物种大灭绝 /203
 - 8.5.6 灭绝的生物学意义 /204
- 8.6 关于宏观进化与微观进化问题的讨论 /204
 - 8.6.1 微观进化能否解释宏观进化 /204
 - 8.6.2 是否存在宏观进化的特殊机制——大突变 /205
 - 8.6.3 个体发育能否反映系统发展(重演律是否正确) /206
- 提要 /206
- 习题 /207
- 思考题 /207
- 深入阅读推荐 /207
- 参考文献 /207

9 生物遗传系统的进化

- 9.1 染色体的进化 /209
 - 9.1.1 染色体数目的进化 /209
 - 9.1.2 染色体结构的进化 /210
 - 9.1.3 染色体功能的进化 /211
- 9.2 基因与基因组的进化 /211
 - 9.2.1 基因的进化 /211

- 9.2.2 基因组的进化 /216
- 9.2.3 进化基因组学 /226
 - 9.2.4 宏基因组学 /227
- 9.3 蛋白质和蛋白质组的进化 /228
 - 9.3.1 蛋白质的进化 /228
 - 9.3.2 蛋白质组的进化 /232

9.4 表观遗传与进化 /233

9.4.1 表观遗传 /233

9.4.2 表观遗传与进化 /234

提要 /234

习题 /235

思考题 /235

深入阅读推荐 /235

参考文献 /235

10 分子进化和分子系统学

10.1 分子进化的概念 /237

10.2 分子进化的特点 /237

10.2.1 分子进化速率的恒定性 /237

10.2.2 分子进化的保守性 /240

10.3 分子进化的中性突变理论 /242

10.3.1 随机漂变对等位基因的作用 /242

10.3.2 替换率与突变率的关系 /243

10.3.3 影响突变类型的因素 /244

10.3.4 有关中性突变进化学说的讨论 /244

10.4 分子系统学和分子系统树 /246

10.4.1 分子系统树的构建方法 /246

10.4.2 分子系统学的研究进展 /247

10.5 古分子系统学 /249

10.5.1 古蛋白质分子的研究 /249

10.5.2 古DNA的研究 /249

10.5.3 研究进展 /249

10.6 分子钟 /250

10.6.1 分子钟的概念 /250

10.6.2 分子钟建立程序 /250

提要 /251

习题 /252

思考题 /252

深入阅读推荐 /252

参考文献 /252

11 人类起源与进化

11.1 人类的起源 /253

11.1.1 对人类起源认识的发展过程 /253

11.1.2 人类在自然界中的位置和人类的双重属性 /254

11.1.3 人类起源于动物界的证据 /256

11.1.4 从猿到人体质形态和行为特征的主要变化 /258

11.1.5 关于人类起源问题的一些争论 /262

11.1.6 人类起源发展的几个阶段 /264

11.2 现代人的进化 /272

11.2.1 现代人的产生与分化 /273

11.2.2 人类未来的进化 /277

提要 /284

习题 /285

思考题 /285

深入阅读推荐 /285

参考文献 /285

12 生态系统的进化

12.1 生物圈 /287

12.2 生态系统的组成 /288

12.2.1 生态系统的成分 /288

12.2.2 生态系统的组织化水平 /289

12.3 生态系统中的物种进化 /291

12.3.1 物种在生态系统中的地位和作用 /291

12.3.2 竞争、协同进化与共存 /292

12.4 生态系统在时间尺度上的变化 /294

VI 进化生物学(第3版)

- 12.4.1 生态系统在短时间尺度上的变化——小周期 /294
- 12.4.2 生态系统在中等时间尺度上的变化——生态演替 /294
- 12.4.3 生态系统在长时间尺度上的变化——生态系统的进化 /296
- 12.5 生态系统的进化与人类 /299
 - 12.5.1 生态系统的进化趋势 /299
 - 12.5.2 生态安全及气候异常对人类的影响 /299
 - 12.5.3 人类对生态系统的影响 /301

提要 /305

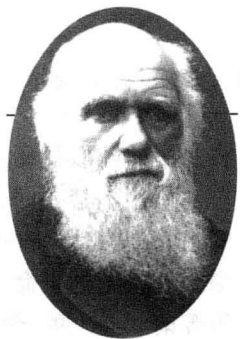
习题 /306

思考题 /306

深入阅读推荐 /306

参考文献 /306

汉英名词索引/307



1 进化生物学的由来及现状

进化论是生命科学的核心理论。世界上第一位系统阐明生物进化思想的是法国著名生物学家拉马克(J. B. Lamarck, 1744—1829)。到了19世纪中叶,达尔文(C. R. Darwin, 1809—1882)的《物种起源》为其奠定了科学基础。随着科学的发展,20世纪30年代出现了现代综合进化论,使达尔文学说得到了继承和发展。特别是50年代以后,随着遗传学、分子生物学以及生物学各分支学科的发展,进化论的研究已经逐步由推论走向验证,由定性走向定量,学科的名称已不再是“生物进化论”而改称“进化生物学”。

当你面对五彩缤纷、生机盎然的生物界时,你会发现生物的种类极其繁多,它们的形体大小不一,形态构造也各具特色,有的繁殖速率也十分惊人。目前生物种类多达200多万种,不过,最近有资料报道,科学家基于对“生命系谱”上各种分支间关系的研究,对全球物种的数量做出了最新推断,最准确的计算结果是自然界共存在约870万个物种,已被确定的物种约有120万个,可是大部分并未被归类,如果把它们逐一记录将需要1000多年的时间,甚至有的将在被人类研究前灭绝(郜捷,2011)。在动物界个体最大的属蓝鲸,其体长可达34.6 m,重170 t,相当于30只大象的重量。植物界中的“巨人”要属美国加利福尼亚州的巨杉,高达150 m,茎粗11 m;我国山东莒县浮来山有一株银杏,树高24.7 m,胸径12.7 m,树冠遮阴在600 m²以上,当地人都说它已有3000多年,是商代所植。而生物中最小的个体莫过于类病毒,它没有蛋白质外壳,是一种裸露的单链环状RNA分子,仅含有246~375个核苷酸。生物界繁殖速率最快的是微生物,如大肠杆菌在适宜的条件下,12.5~20 min即可繁殖一代,1 h可分裂3次,经过24 h可由最初的1个细菌变成4 722 366 500 万亿个,重量高达4 722 t,经过48 h就可以产生 2.2×10^{43} 个后代,其重量约相当于4000个地球(裘娟萍等,2005)。但常常因环境条件的限制,其指数分裂速率仅能维持数小时,在液体培养基中细菌的含量一般只能达到 $10^8 \sim 10^9$ 个/ml。微生物的营养方式也相当复杂,特别是细菌有光能自养型、光能异养型、化能自养型和化能异养型。其中最令人称奇的是,科学家通过分析南极泰勒冰川偶尔流出的红色水样(富含铁),发现了已生存150万年之久的微生物,基因检测发现这些微生物类似于今天海洋环境中的微生物,不可思议的是它们在没有光和氧的环境中为什么能存活这么长的时间,科学家估计它们可能通过一种偶联的铁-硫代谢

将水中的硫酸盐还原,从而获得能量(生命世界,2009;相关拓展知识见 ①-1)。

人们不禁要问,生物界为什么具有如此惊人的复杂性和多样性?这些生物是怎样进化而来的?它们为什么都能适应一定环境,都具有生长、发育、繁殖和死亡等生命现象?究竟什么是生命?地球上的生命又是怎样起源的?基因和基因组的进化又是怎样的?生物进化的机制是什么等等诸如此类的问题都有待于我们在进化生物学中加以研究。

1.1 进化、生物进化与进化生物学

1.1.1 广义进化

广义进化是指事物的变化发展。它包含了宇宙的演化即天体的消长、生物的进化以及人类的出现和社会的发展。早在达尔文时代,进化(evolution)一词已被赋予“进化的含义”,即指事物由低级的、简单的形式向高级的、复杂形式的转变过程。但达尔文接受了莱伊尔(C. Lyell)的观点,认为生物的进化不一定是“进步”。达尔文用“有变化的传衍”(descent with modification)来表示生物随时间既变化而又连续(传衍)的过程。最早给“evolution”一词提出现代定义的是英国哲学家斯宾塞(Spencer),他在1862年出版的《第一原理》一书中写道:“进化乃是物质的整合和与之相伴随的运动的耗散,在此过程中物质由不定的、支离破碎的同质状态转变为确定的、有条理的异质状态”。可见斯宾塞所说的进化是一切物质的发展规律,是指物质从无序到有序,从同质到异质,从简单到复杂的有向变化过程。所以,进化的基本含义是“进步性的发展”。但是,在任何生物随时间而改变的过程中,既有“进步”的改变,也有相反的“退步”的改变。例如,寄生于人体的蛔虫,其消化、呼吸、循环和神经等系统均已退化,唯独生殖系统发达了,每一条蛔虫每天可产20万粒卵。这能说是“退化”吗?实际上是“退步性的进化”,因为“进步性的发展”和“退步性的进化”都是以生物适应环境为标准的。我们承认“退步性的进化”,并不等于承认进化是可逆的过程,进化事实上是不可逆的,“退步性的进化”也是自然选择的结果。

1.1.2 生物进化

生物进化(biological evolution)与非生物系统的演化截然不同。生物进化是自然界中的一种特殊现象,它是通过传代即遗传过程中的变化而实现的,生物进化的结果导致生物对环境的适应;而非生物系统的演化不存在传代,也不存在适应。1998年,北京大学的张昞将生物进化的概念表述为:生物在与其生存环境相互作用过程中,其遗传系统随时间发生一系列不可逆的改变,并导致相应的表型改变,在大多数情况下这种改变导致生物总体对其生存环境的相对适应。这一概念用遗传系统代替了种群,说明进化的单位可大可小。定义中增加了“表型的改变”和这种改变的总体后果——对环境的“相对适应”,从而突出了生物进化的最显著特点。总之,生物进化是指某种有趋势的变化,这种变化包括了复杂性和有序性增长的趋势,适应生存环境的趋势,与无方向的循环往复的变化不同。