



从生态学透视生命系统的设计、运作与演化

——生态、遗传和进化通过生殖的融合

谢平 著



科学出版社

C13029296

Q1-0

84

从生态学透视生命系统的 设计、运作与演化

——生态、遗传和进化通过生殖的融合

谢 平 著



科学出版社

北京



北航

C1634763

Q1-0
84

内 容 简 介

数以百万计的物种生存于现在的地球上,并呈现出大大小小、五颜六色甚至奇形怪状的生命景色。那么生命如何在地球上得以诞生?有机体是如何进行(生态)设计的?为何有如此之多的物种出现在地球上?繁殖是生命区别于非生命物体的本质特征,尽管生物的繁殖方式千差万别,但可简单地归结为无性生殖和有性生殖,而有性生殖存在于几乎所有的动植物之中,为何有性生殖如此广泛?

目前,生物学家对有性生殖的分子机制已经了解得相当清楚,但是为什么生物的繁殖需要通过不同性别的细胞的融合来完成仍然是一大谜团。“性的为什么”困扰包括达尔文在内的进化生物学家已经长达150多年。此外,显花植物中单性花的比例很小(约10%),为何它们的生殖系统以雌雄同株占据绝对优势?自交真的会导致衰退吗?

这些疑问正是本书探索的重点。本书致力于通过生殖来整合生态学、遗传学和进化生物学的见解,探寻生命系统的自然设计、运作和演化的原理。通过对迄今为止流行的或具有代表性的理论或假设进行批判性的分析与审视,定义了两个新的概念——r-生殖对策和K-生殖对策,提出了两个新的理论——“性的生态学起源”和“性的生态遗传学本质”。因此,本书不仅是对现有知识的综合,而且是对一些传统理论的挑战,并进一步提出了新的概念和理论。

本书可供生态学、进化生物学、生态遗传学、繁殖生物学、生物地理学、全球变化生物学、理论生态学、生物学、环境科学、古生物学、生物哲学等领域的科研人员、师生以及感兴趣的社会公众参考。

图书在版编目(CIP)数据

从生态学透视生命系统的设计、运作与演化:生态、遗传和进化通过生殖的融合/谢平著. —北京:科学出版社,2013.3

ISBN 978-7-03-036918-5

I. ①从… II. ①谢… III. ①生态学-研究 IV. ①Q14

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第044076号

责任编辑:韩学哲 贺密青 / 责任校对:刘小梅
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年3月第一版 开本:B5(720×1000)

2013年3月第一次印刷 印张:26 3/4

字数:500 000

定价:168.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

**Scaling Ecology to Understand Natural Design of Life Systems
and Their Operations and Evolutions**
— **Integration of Ecology, Genetics and Evolution through Reproduction**

by Xie Ping

Science Press
Beijing

Brief Introduction

There are millions of species living together on the earth, with a great variety of sizes, shapes and colors. How did life emerge and evolve? How are organisms designed ecologically? Why are there so many species on the earth? Reproduction is an essential characteristic of all living creatures, and the ways of their reproductions can be broadly grouped into asexual and sexual reproductions. Sexual reproduction occurs in almost all animals and plants. Why is sex so widespread?

Today, biologists understand the molecular mechanisms of sex fairly well. However, it is still a big mystery why new beings should be produced by the union of two sexual elements. The why of sex has been a puzzle to evolutionary biologists, including Darwin, for more than 150 years. At first glance, it seems very puzzling why sex systems of flowering plants are absolutely dominated by hermaphrodite, as few flowering plants (about 10%) have unisexual flowers. Does selfing really cause depression?

These questions are what I try to explore in this book. My efforts are to integrate ecology, genetics and evolution through reproduction, seeking for principles underlying natural design of life systems, their operations and evolutions. For this reason, I give a historical and critical review on the prevailing hypotheses. Most importantly, I defined two concepts: r- and K-reproductive strategies, and proposed two new theories—"Ecological Origin of Sex" and "Eco-Genetic Essence of Sexuality". Therefore, this book not only synthesizes our current understanding, but offers a subversive challenge to traditional theories, and presents new concepts and theories as well.

PING XIE (xieping@ihb.ac.cn) is currently director and research professor of the Donghu Experimental Station of Lake Ecosystems, Institute of Hydrobiology, the Chinese Ecological Research Networks, the Chinese Academy of Sciences

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一章 寻根生态学——早期发展史与分化 | 1 |
| 一、生态学概念的起源与定义 | 1 |
| 1. 生态学一词的起源 | 2 |
| 2. 生态学的定义 | 2 |
| 二、生态学早期的发展简史 | 6 |
| 1. 生态学的起源——从本能到科学 | 6 |
| 2. 达尔文的进化论——马尔萨斯人口论学说在整个动植物界的应用 | 9 |
| 3. 马尔萨斯人口论的数学描述——逻辑斯蒂方程式 | 11 |
| 三、生态学早期的其他重要概念 | 14 |
| 1. 生物圈 | 14 |
| 2. 生物群落 | 14 |
| 3. 生物地理学 | 15 |
| 4. 生态位 | 15 |
| 5. 食物链 | 16 |
| 6. 生态系统 | 16 |
| 四、生态学的分支 | 17 |
| 1. 生态学的分类 | 17 |
| 2. 为何有如此繁多的生态学分支出现? | 21 |
| 五、结语 | 22 |
| 第二章 从尺度透视生命的设计原理 | 23 |
| 一、生命的大小尺度特征——极度的多样化 | 23 |
| 1. 生物界物种大小的多样化 | 24 |
| 2. 群内生物大小的多样化 | 25 |
| 3. 生物大分子大小的多样化 | 26 |
| 二、进化的趋势——通过多样化和复杂化不断扩展生命尺度 | 28 |
| 1. 进化的趋势——体型多样化和复杂化 | 28 |
| 2. 进化的趋势——遗传信息复杂化 | 30 |
| 3. 进化的趋势——体积趋于增大 | 30 |
| 4. 脊椎动物的进化趋势——脑趋向于增大 | 33 |
| 三、气候对动植物体格的塑造 | 33 |
| 1. 气候对动物体格的影响——低温促进动物体积的增加 | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2. 气候对植物体格的影响——极端低温和干旱限制树木生长 | 35 |
| 四、群落复杂化促进生物体积分化 | 37 |
| 1. 捕食与被捕食关系的进化促进动物体积分化 | 37 |
| 2. 物种生态功能细化促进有机体体积分化 | 40 |
| 五、从生命的尺度看物种生物学特征的设计 | 40 |
| 1. 体长与世代时间 | 40 |
| 2. 极限体长与生长速率 | 44 |
| 3. 体重与摄食率 | 44 |
| 4. 体重与代谢速率 | 45 |
| 六、从生命的尺度看物种生态学特征的设计 | 47 |
| 1. 体重与内禀增长率 | 47 |
| 2. 体重与种群密度 | 48 |
| 3. 体重与运动速率 | 50 |
| 4. 体重与活动范围 | 51 |
| 5. 体积与物种多样性 | 51 |
| 七、从生命的尺度看物种生态对策的设计 | 54 |
| 1. r -和 K -对策——“广种薄收”与“精耕细作” | 54 |
| 2. r -和 K -对策——非稳定性适应和稳定性适应 | 56 |
| 八、结语 | 56 |
| 第三章 从模型透视生命系统的运作过程 | 57 |
| 一、酶促反应速率模型 | 58 |
| 1. 酶惊人的催化能力使生化反应速率无可比拟 | 58 |
| 2. 酶促反应速率的基本模型——米-曼方程 | 58 |
| 3. 生化反应的高效和精确性造就了差异极大的米氏常数 | 59 |
| 二、有机体整体代谢速率模型 | 61 |
| 1. 有机体整体代谢速率与质量的关系 | 61 |
| 2. 有机体整体代谢速率与温度的关系 | 61 |
| 3. 身体质量和温度对有机体整体代谢速率的联合效应 | 62 |
| 4. 关于代谢速率的若干概念 | 62 |
| 三、细胞的体积及增长 | 64 |
| 四、个体生长模型 | 65 |
| 1. 常见的个体生长模型 | 65 |
| 2. 主要生长模型的参数特征比较 | 66 |
| 3. 描述鱼类生长的 von Bertalanffy 模型的生长速率 K 和极限体长 l_{∞} 的比较 | 68 |
| 4. 主要生长模型之间的数学转换 | 69 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 五、单一种群的数量变动——始于无限,终于有限 | 71 |
| 1. 种群增长模型——无限寓于有限之中 | 71 |
| 2. 逻辑斯蒂增长——实验种群的常见模式 | 72 |
| 3. 指数增长——惊人的暴发 vs 惊人的崩溃 | 73 |
| 六、先天的出生,后天的死亡 | 76 |
| 1. 存活率曲线——不同的死亡策略 | 76 |
| 2. 人类的存活率曲线——趋向极限死亡的转变 | 76 |
| 七、两个种群间的相互作用模型 | 78 |
| 1. 经典的 Lotka-Volterra 方程——永无止境的周期性波动 | 79 |
| 2. 两个相互作用种群的周期性振荡案例 | 80 |
| 八、不同生命层次的运动——难觅统一的动态模式 | 82 |
| 1. 酶促反应速率——既高效又专一,依赖于底物浓度 | 82 |
| 2. 个体和种群的增长——从无限到有限,依赖于时间与自身质(数)量 | 82 |
| 九、结语 | 82 |
| 第四章 从稳定性、可塑性和稳态转化透视生态系统的行为 | 84 |
| 一、对稳定性的认识——从种群到生态系统 | 85 |
| 1. 稳定性——涉及生态系统的各个层面 | 85 |
| 2. 认识发展的几个关键节点 | 85 |
| 二、种群和群落稳定性——概念与度量 | 86 |
| 1. 什么是“种群稳定性”和“群落稳定性” | 86 |
| 2. 种群和群落稳定性的概念——动听却难以度量 | 86 |
| 三、系统稳定性——概念与度量 | 87 |
| 1. 用简单的系统诠释复杂的系统稳定性 | 87 |
| 2. 大胆的外延——提出从单个到多个平衡状态的新的系统观 | 90 |
| 3. 系统稳定性的度量——一样困难 | 91 |
| 4. 稳定性景观——形象地描绘多稳态系统 | 91 |
| 四、生态功能稳定性模型 | 93 |
| 1. 物种多样性模型 | 94 |
| 2. 异质性模型 | 94 |
| 3. “铆钉”模型 | 95 |
| 4. “驾驶员和乘客”模型 | 96 |
| 5. 模型整合 | 96 |
| 五、生态可塑性——稳定不一定可塑,不稳定不一定不可塑 | 98 |
| 1. 生态可塑性——一种新的多平衡态的系统观 | 98 |
| 2. “五花八门”的生态可塑性定义 | 98 |
| 3. 稳定性包含于“可塑性”之中 | 100 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 六、生态可塑性——只不过是 个 隐喻吗？ | 101 |
| 1. 可塑性的概念性度量 | 101 |
| 2. 可塑性的半定量 | 102 |
| 3. 可塑性也会变化 | 104 |
| 七、生态系统的稳态转化与时滞 | 104 |
| 1. 生态系统对环境变化的响应——从渐变到突变 | 106 |
| 2. 生态系统的稳态转化——从实践到理论 | 106 |
| 3. 时滞——下降与回复的轨迹不同 | 111 |
| 4. 减轻或避免时滞——现代生态系统管理策略的战略转变 | 114 |
| 八、结语 | 115 |
| 第五章 植被的地理格局——植物群落的生态学设计原理 | 116 |
| 一、如何描述与分类自然界的植物集群 | 117 |
| 1. 常见的概念 | 117 |
| 2. 空间尺度——多大才算一个植物群落？ | 118 |
| 3. 主要植被类型——基于优势植物生长型的划分 | 120 |
| 4. 主要植物群系——地带性植被类型 | 121 |
| 二、植被的地理格局——全球气候系统的产物 | 121 |
| 1. 全球的气候系统如何划分？ | 122 |
| 2. 气候系统与地带性植被的耦合 | 123 |
| 3. 两个主要气候因子——温度和降水对地带性植被的塑造 | 123 |
| 4. 局域环境因子的差异也能显著改变植被类型 | 126 |
| 5. 沿海拔出现山地植被类型的明显更替 | 127 |
| 三、热带-亚热带地区森林植被的地理格局与影响因素 | 129 |
| 1. 南北半球降水与干旱的时空格局 | 130 |
| 2. $R-E$ 指数(降水量-蒸发量)显著影响植被类型 | 131 |
| 3. 年降水量和干旱期对森林类型的影响 | 132 |
| 4. 降水量对植物生活类型的综合影响 | 133 |
| 四、气候-土壤-植被类型的耦合作用 | 133 |
| 1. 降水-养分耦合作用对热带植被类型的影响 | 134 |
| 2. 气候对植被和土壤地带性格局的塑造 | 134 |
| 3. 非地带性植被 | 135 |
| 五、不同植物群系的生态功能及物种相对多度的比较 | 136 |
| 1. 不同植物群系的生态功能 | 136 |
| 2. 不同植物群系物种相对多度的比较 | 136 |
| 六、历史因素对植被类型的影响 | 137 |
| 七、结语 | 138 |

| | |
|--|-----|
| 第六章 植被演替——地质历史变动轨迹中植物的归宿性反应 | 139 |
| 一、植被的演替——来龙去脉 | 139 |
| 1. 植被的变化与演替——耦合于不同的时空尺度之中 | 139 |
| 2. 最经典的演替理论——由美国植物学家 Clements 提出 | 140 |
| 3. 演替类型——多种多样的划分方式 | 141 |
| 4. 演替的行为——轨迹与终点 | 144 |
| 二、两种基本的演替过程——原生演替和次生演替 | 146 |
| 1. 原生演替——需要改造基质的缓慢过程 | 146 |
| 2. 次生演替——扰动后较快的群落重建过程 | 146 |
| 3. 演替——伴随着一系列生态系统特征的变化 | 150 |
| 4. 次生演替的过程——接力植物区系假说和初始植物相组成假说 | 151 |
| 5. 温带森林区弃耕地的演替——物种相对多度从直线转变为 S 型曲线 | 152 |
| 6. 草地的持续施肥试验——物种多样性逐渐下降 | 154 |
| 三、不同时间尺度的气候变动——不同间隔与强度的冷暖变化周期 | 156 |
| 1. 100 年来的温度变化——气温上升约 0.7℃ | 156 |
| 2. 距今 100 万年以来——约 10 万年周期的冷暖交替,变温 3~5℃ | 156 |
| 3. 距今数亿年以来——约 1 亿年周期的冷暖交替,变温幅度接近 20℃ | 159 |
| 四、不同时间尺度上的植被变化——不同的格局与驱动力 | 160 |
| 1. 数百年以来的植被变化——主要受人类活动的驱动 | 160 |
| 2. 末次冰盛期(约 1.8 万年前)以来——植被优势种接连更替 | 162 |
| 3. 末次冰盛期(约 1.8 万年前)以来——植被的空间格局变化显著 | 167 |
| 4. 始新世(约 5000 万年前)以来——陆地植被格局变化巨大 | 169 |
| 五、演替的方向和轨迹——依赖于时空尺度 | 172 |
| 1. 中短时间尺度的植被演替——趋于区域气候顶级 | 172 |
| 2. 长时间地史尺度的植被演替——难觅严格的周期性更替 | 172 |
| 六、结语 | 172 |
| 第七章 生物多样性地理格局——物种的生态学设计原理 | 174 |
| 一、物种——生命最基本的生存单元 | 174 |
| 1. 物种的概念——依然难以统一定义 | 174 |
| 2. 现存的物种——已描述 170 多万种 | 175 |
| 3. 物种的分化——受制于生存条件的随机演化 | 176 |
| 二、物种多样性地理格局——陆生植物 | 177 |
| 1. 纬度效应——纬度越低,物种越丰富 | 177 |
| 2. 温度效应——温度越高,物种越丰富 | 179 |
| 3. 海拔效应——在高海拔地区,物种数急剧下降 | 179 |
| 4. 降水量效应——降水量越大,物种越丰富 | 181 |

| | |
|---|-----|
| 5. 生产力效应——生产力越高,物种数越多 | 181 |
| 三、物种多样性地理格局——陆生动物 | 183 |
| 1. 纬度效应——从低纬度到高纬度,物种数逐渐降低 | 183 |
| 2. 温度效应——温度越低,物种越贫瘠 | 185 |
| 3. 海拔效应——在高海拔地区,物种数急剧下降 | 187 |
| 4. 湿度效应——中等水分蒸发蒸腾量的地区,物种最为丰富 | 188 |
| 四、物种多样性地理格局——水生动物 | 189 |
| 1. 纬度效应——在高纬度地区,物种数急剧下降 | 189 |
| 2. 温度效应——随着水温的升高,物种多样性逐渐增加 | 189 |
| 3. 水深效应——进入深海区,物种数急剧下降 | 190 |
| 4. 历史的地理格局——纬度越低,物种越丰富 | 192 |
| 五、物种多样性——一般格局与成因 | 193 |
| 1. 纬度、海拔和湿润度——塑造了物种多样性的基本格局 | 193 |
| 2. 物种多样性格局——生态、进化和历史的产物 | 193 |
| 六、结语 | 195 |
| 第八章 基因组的进化——物种的生态遗传学设计原理 | 196 |
| 一、基因组大小——继承与随机的复杂化 | 196 |
| 1. 不太有章法的 DNA——C 值悖论 | 196 |
| 2. 基因的进化——从朴素简洁到奢侈浪费? | 197 |
| 3. 基因的进化——继承与发展 | 199 |
| 二、基因组大小——折射物种的生理生态对策 | 202 |
| 1. 大的基因组——需要大的细胞来装填 | 202 |
| 2. 大的基因组——更费时间来完成细胞分裂 | 204 |
| 3. 大的基因组——更费时间来完成生命周期 | 204 |
| 4. 平均 C 值——温带草本比热带草本大 | 205 |
| 三、基因变率——真核生物之间自发突变率相似,而诱发突变率完全不同 | 207 |
| 1. 基因并不是一成不变的——既可以自发突变也可以诱发突变 | 207 |
| 2. 自发突变率——病毒最高,其他类群却惊人地相似 | 207 |
| 3. 诱发突变——基因组越大,对辐射的耐性越差 | 210 |
| 四、基因组的历史演化——从原核生物的集中创造到真核生物的重复扩展 | 211 |
| 1. “太古代大爆发”——为构建能量模式的集中式基因创造 | 212 |
| 2. 基因组的功能演化——从生命的构建到能量积蓄再到适应生物圈氧化 | 212 |
| 3. 真核生物基因组的进化速率——指数增加 | 215 |
| 4. 基因和物种的新陈代谢——完全不同的轨迹和模式 | 216 |

| | |
|--|-----|
| 五、结语 | 218 |
| 第九章 从存在到演化——生物生殖概观 | 219 |
| 一、单细胞生物——无性统治的世界,偶尔通过有性来抵御不良环境 | 219 |
| 1. 原核生物细菌的生活史——只有无性生殖 | 219 |
| 2. 真核生物酵母的生活史——出现产生子囊孢子的有性生殖 | 221 |
| 3. 单细胞真核生物衣藻的生活史——出现产生厚壁孢子的有性生殖 | 222 |
| 二、高等植物——有性统治的世界,休眠体从孢子转变到种子 | 224 |
| 1. 矮小的苔藓——受精卵开始在能起到保护作用的颈卵器中发育 | 225 |
| 2. 植株明显大型化的蕨类——依然依赖于微小的孢子进行扩散 | 226 |
| 3. 脱离了水限制的种子植物——休眠与抗逆性大大提升 | 227 |
| 4. 无性的营养繁殖——在许多高等植物中依然重要 | 228 |
| 5. 高等植物生活史的演化——陆生化与大型化 | 229 |
| 三、动物生殖方式的演化——从无性统治到纯有性的世界 | 232 |
| 1. 各种各样的无性生殖——多见于低等的无脊椎动物 | 232 |
| 2. 有性生殖——从低等的接合生殖到高等的融合生殖 | 234 |
| 3. 性别二态性——在低等动物中难以区分,在高等动物中可以极为夸张 | 236 |
| 4. 雌雄同体——在动物中十分稀少,主要见于水生动物 | 237 |
| 四、从生殖看物种的多样性分化——有花植物与传粉昆虫的协同进化 | 239 |
| 1. 同为种子植物——为何显花植物的物种数远大于裸子植物? | 239 |
| 2. 协同进化——可能是显花植物和传粉昆虫物种分化的重要推动力 | 239 |
| 五、结语 | 240 |
| 第十章 “性的为什么”——历史之审读 | 241 |
| 一、关于自然的“性”进化观——历史之回顾 | 241 |
| 1. 变异——与“性”最纠结的一个简单概念 | 242 |
| 2. 达尔文与他的祖父——两性生殖能获得变异 | 243 |
| 3. 魏斯曼——物种的变异通过染色体的重组来实现 | 244 |
| 4. 费希尔——有性生殖既能利用有利突变又能去掉有害突变 | 244 |
| 5. 梅纳德史密斯——性付出双倍代价 | 245 |
| 6. “真理式”的信念——两性生殖优于单性生殖的假说多达 20 余种 | 246 |
| 7. 神秘的“性”——依旧神秘 | 247 |
| 二、关于“性的为什么”——若干核心理论之审读 | 247 |
| 1. 真的只有有性生殖才能进行重组基因吗? | 248 |
| 2. 无性生殖真的会被自然淘汰吗? | 249 |
| 3. 无性生殖对环境变化的适应性真的很差吗? | 252 |
| 4. “性”真的是对寄生虫的一种强大防御手段吗? | 253 |

| | |
|---|-----|
| 5. 真的是性感让我们失去了无性吗? | 254 |
| 6. 性真的要付出双倍代价吗? | 256 |
| 三、令人疑惑的植物交配系统——自交真的会衰退吗? | 257 |
| 1. 显花植物的性别系统——雌雄同花占据绝对优势 | 257 |
| 2. 传粉方式进化的结果——虫媒比风媒植物的自交率还高 | 258 |
| 3. 生活型决定自交率——一年生植物的自交率远高于多年生木本植物 | 260 |
| 4. 广泛的闭花受精——自交的极端发展 | 262 |
| 5. 事实与想象的对决——自交真的导致衰退吗? | 262 |
| 6. 从孟德尔的遗传定律——透视繁育系统对遗传结构影响的本质 | 264 |
| 四、有丝分裂与减数分裂——不同生殖方式的操作平台 | 267 |
| 1. 真核生物的非性生殖与有性生殖——由细胞的有丝分裂与减数分裂来实现 | 267 |
| 2. 减数分裂——在有丝分裂中添加了同源染色体的联会与交换 | 268 |
| 3. 有丝分裂虽然“忠实”——姐妹染色单体之间也出现遗传物质的交换 | 270 |
| 4. 为何有性生殖如此普遍——玄机可能藏匿于同源染色体的交换之中 | 271 |
| 5. 对自交或近交的再思考——夸大的衰退效应 | 272 |
| 五、结语 | 273 |
| 第十一章 环境决定生殖方式——生态的“性”演化理论 | 274 |
| 一、“性”的细胞遗传学起源——关于过程的假说 | 275 |
| 1. 共生起源学说 | 275 |
| 2. 细胞分裂误记说 | 275 |
| 3. DNA 纠错说 | 276 |
| 二、已有的关于“性”与生态的思想——停留在现象或表象之中 | 276 |
| 1. “性”的变异与适应学说 | 276 |
| 2. “性”的应急学说 | 277 |
| 3. “性”的扩散学说 | 277 |
| 4. “性”与生态现象联动的描述 | 278 |
| 三、抵御不良环境的休眠——动植物不同的演化路线 | 278 |
| 1. 单细胞生物形成休眠体的方式——从无性过渡到有性 | 278 |
| 2. 植物休眠体的演化路线——从厚壁孢子到孢子再到坚硬的种子 | 279 |
| 3. 动物休眠体的演化路线——从胞囊到卵生再到胎生 | 281 |
| 4. 对种子和胎生起源的不同看法——源于克服多细胞生物的缺陷吗? | 283 |
| 四、生态的“性”演化——与结构、功能和生境的统一 | 284 |
| 1. 三大生态功能类群——栖息于水体和陆地两大生境 | 284 |
| 2. 分解者——无性统治着的显微世界 | 285 |
| 3. 生产者——无性统治水体、有性统治陆地 | 286 |

| | |
|---|-----|
| 4. 消费者——有性生殖几乎一统天下····· | 290 |
| 五、生态的“性”演化——既为了生殖,更为了生存····· | 292 |
| 1. “性”的代价——质与量的对立与统一····· | 292 |
| 2. 生殖器官的配置模式——折射出高等动植物不同的“性”演化方向····· | 292 |
| 3. “性”的目的——真的是为了制造遗传差异吗?····· | 293 |
| 六、生态的“性”演化——“性”源于并服务于生存····· | 295 |
| 1. “性”的生态起源——制造、固化与强化休眠以抵御不良环境····· | 295 |
| 2. “性”的生殖对策——交织于生态对策之中····· | 296 |
| 3. 有性生殖的生态遗传本质——适应性蕴藏于群体的基因库中····· | 297 |
| 4. 自然选择的单位——种群整体利益约束下的个体(或群体)选择····· | 301 |
| 5. 高等植物的混合交配——生态遗传的杰作····· | 303 |
| 6. 有性生殖之所以广泛扩散——因其迎合了动植物对生存环境适应的需求 ····· | 304 |
| 七、结语····· | 305 |
| 第十二章 地球环境演化——生命系统的革新与跃升 ····· | 306 |
| 一、早期地球环境的演化——地狱之后的新生····· | 306 |
| 1. 地球的诞生——可追溯自 45.5 亿年前····· | 306 |
| 2. 冥古代的大气圈和水圈——脱胎自生命的地狱····· | 307 |
| 3. 原始海洋——地球生命的摇篮····· | 308 |
| 二、由板块构成的陆地——重组与漂移····· | 309 |
| 1. 大陆漂移学说——形态拼接与古生物学证据····· | 309 |
| 2. 寒武纪以来的陆块变迁——崩析与漂移····· | 309 |
| 三、生命对大气环境的塑造——从厌氧到好氧····· | 311 |
| 1. 地球上最古老的生命——诞生于距今 38 亿年前····· | 312 |
| 2. 放氧光合作用——缓慢地对大气圈进行氧化····· | 313 |
| 3. 条带状含铁建造——地球生物氧化的岩石证据····· | 315 |
| 四、地球环境氧化——生命系统进化的助推剂····· | 317 |
| 1. 大气氧浓度上升与物种快速分化——绝非偶然的同步····· | 317 |
| 2. 平流层出现臭氧层——生命登陆成为可能····· | 318 |
| 3. 大气氧化对生命的反塑造——促进有机体复杂化与代谢变化····· | 319 |
| 4. 有氧呼吸——进一步促进了食物网的复杂化····· | 319 |
| 五、生命系统的跃升——进化史上的关键革新····· | 321 |
| 1. 能量利用方式——从化能到光能、从不产氧到产氧····· | 321 |
| 2. 细胞结构——从原核到真核细胞····· | 322 |
| 3. 细胞间联系——从单细胞到多细胞生物····· | 323 |
| 4. 繁殖方式——从无性到有性生殖····· | 324 |

| | |
|--|------------|
| 5. 物种间相互关系——从生产者到初级消费者、再到猎食者 | 325 |
| 6. 物种间的互惠关系——显花植物与传粉动物的协同进化 | 326 |
| 六、结语 | 326 |
| 第十三章 永恒的生命旋律——创造、进化与毁灭 | 327 |
| 一、生命的进化——进化论历史之审读 | 327 |
| 1. 拉马克进化论的核心——用进废退, 获得性遗传 | 327 |
| 2. 达尔文进化论的核心——随机变异, 生存竞争, 自然选择 | 328 |
| 3. 获得性遗传——拉马克进化论的核心真的被彻底否定了吗? | 329 |
| 4. 坐什么样的井观什么样的天——五花八门的进化观 | 330 |
| 5. 渐变与跃变的衔接——关键革新与进化辐射 | 333 |
| 6. 生命进化的方向性——在定向与随机中摇摆 | 334 |
| 二、生命的微观创造——擅长用简单拼装复杂 | 335 |
| 1. 复杂表象与简单本质 | 335 |
| 2. 元素的拼装 | 336 |
| 3. 生物大分子的拼装 | 336 |
| 4. 基因的拼装 | 336 |
| 5. 细胞的拼装 | 337 |
| 6. 个体的拼装 | 337 |
| 7. 物种的拼装 | 337 |
| 三、生命的宏观演化——地球上物种的吐故纳新 | 338 |
| 1. 物种的自然寿命——一般 100 万~2000 万年 | 339 |
| 2. 成种的时间——一般 10 万~500 万年 | 341 |
| 3. 维管束植物的演化与更替——从蕨类植物到裸子植物再到被子植物 | 342 |
| 4. 动物群的演化与更替——大爆发与大灭绝 | 342 |
| 四、创造与毁灭——轨迹不同的轮回 | 345 |
| 1. 地球环境——永恒变化但不可预测 | 345 |
| 2. 物种更替——休克式的毁灭 | 346 |
| 3. 适应悖论——复杂的毁灭 | 346 |
| 4. 生命的演进——不喜欢简单重复 | 348 |
| 五、结语 | 350 |
| 主要参考文献 | 351 |
| 章节英文概要 | 372 |
| 后记 | 393 |

Contents

Chapter 1 Seeking the Roots of Ecology: Its Early History and Diversification

| | |
|---|----|
| | 1 |
| 1. The Origin and Definition of the Term Ecology | 1 |
| (1) The origin of the term ecology | 2 |
| (2) Definition of ecology | 2 |
| 2. A Brief History in the Development of Ecology | 6 |
| (1) The origin and development of ecology: from instinct to science | 6 |
| (2) The Darwin's theory of evolution: an application of the Malthus' population theory into the kingdoms of plants and animals | 9 |
| (3) Logistic growth: a mathematic model for describing Malthus' population theory | 11 |
| 3. Other Important Concepts in the Early Period of Ecology | 14 |
| (1) Biosphere | 14 |
| (2) Biocenosis | 14 |
| (3) Biogeography | 15 |
| (4) Niche | 15 |
| (5) Food chain | 16 |
| (6) Ecosystem | 16 |
| 4. Branches of Ecology | 17 |
| (1) Classification of ecology | 17 |
| (2) Why are there so many different branches of ecology? | 21 |
| 5. Concluding Remarks | 22 |

Chapter 2 Perspectives on the Principles of Organism Design from the Size

| | |
|---|----|
| Scales of Life | 23 |
| 1. The Size Scales of Life are Extremely Variable | 23 |
| (1) Size variations across the kingdoms of organisms | 24 |
| (2) Size variations within a population lineage | 25 |
| (3) Size variations among macromolecules | 26 |
| 2. Evolution Tends to Extend the Size Scales of Life through Increasing Diversity and Complexity | 28 |
| (1) Evolution tends to increase diversity and complexity of body types | 28 |

| | |
|--|----|
| (2) Evolution tends to increase genetic complexity | 30 |
| (3) Evolution tends to increase body size | 30 |
| (4) Evolution of vertebrates tends to increase brain weight | 33 |
| 3. Climates affect Sizes of Plants and Animals | 33 |
| (1) Increase of animal size at low temperature | 33 |
| (2) Inhibition of tree growth at extremely low temperature or in serious drought | 35 |
| 4. Community Complexity Promotes Body Size Divergence | 37 |
| (1) Divergence of animal size promoted by coevolution of predators with preys | 37 |
| (2) Body size divergence among species promoted by functional differentiation | 40 |
| 5. Perspectives on the Biological Design of Species from the Size Scales of Life | 40 |
| (1) Body length and generation time | 40 |
| (2) Maximum body length and growth rate | 44 |
| (3) Body weight and ingestion rate | 44 |
| (4) Body weight and metabolic rate | 45 |
| 6. Perspectives on the Ecological Design of Species from the Size Scales of Life | 47 |
| (1) Body weight and intrinsic rate of population growth | 47 |
| (2) Body weight and population density | 48 |
| (3) Body length and velocity of movement | 50 |
| (4) Body weight and range of activity | 51 |
| (5) Body length and species diversity | 51 |
| 7. Perspectives on the Design of Species' Ecological Strategy from the Size Scales of Life | 54 |
| (1) r- and K- strategists represent respectively "extensive farming" and "intensive and meticulous farming" | 54 |
| (2) r- and K- strategies reflect adaptations to unstable and stable environments, respectively | 56 |
| 8. Concluding Remarks | 56 |
| Chapter 3 Perspectives on the Operation of Life Systems from Dynamic Models | 57 |
| 1. Models for the Kinetics of Enzymatic Reactions | 58 |
| (1) The incomparable ability of enzymes to catalyze biochemical reactions | 58 |