

教育部高等教育司推荐
国外优秀生命科学教学用书

Ecology: Concepts & Applications

生态学

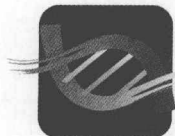
第4版 影印版

Manuel C. Molles Jr.

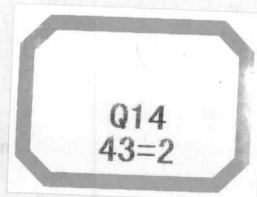
Mc
Graw
Hill Education



高等教育出版社
Higher Education Press



教育部高等教育司推荐
国外优秀生命科学教学用书



Ecology: Concepts & Applications

生态学

第4版 影印版

Manuel C. Molles Jr.



高等教育出版社
Higher Education Press

图字: 01-2007-3700

Manuel C. Molles Jr.

Ecology: Concepts & Applications, 4e

ISBN: 0-07-305082-2

Copyright © 2008 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Authorized English-Chinese bilingual adapted edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Higher Education Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书影印版由高等教育出版社和美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司合作出版。此版本仅限在中华人民共和国境内(但不允许在中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

生态学 = Ecology: Concepts and Applications: 第4版: 英文 / (美) 莫里斯 (Molles, M.C.) 著. —2版 (影印本). —北京: 高等教育出版社, 2007.9

ISBN 978-7-04-022087-2

I. 生… II. 莫… III. 生态学 - 高等学校 - 教材 - 英文 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 134144 号

策划编辑 王莉 责任编辑 王莉 封面设计 张楠 责任印制 尤静

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 北京铭成印刷有限公司

开本 889×1194 1/16
印张 39
字数 1 000 000

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 2002年12月第1版
2007年8月第2版
印次 2007年9月第1次印刷
定价 52.00元(含光盘)

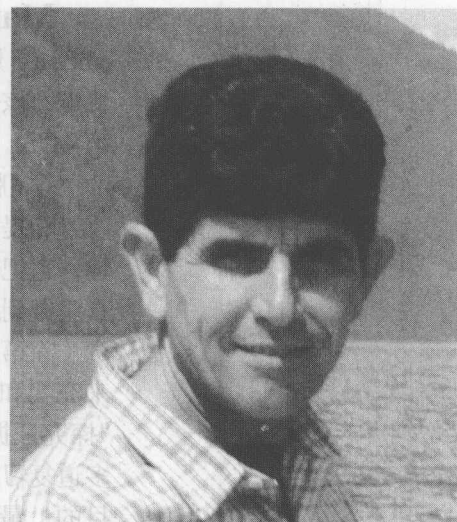
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22087-00

作者简介

Manuel C. Molles Jr. 是新墨西哥 (New Mexico) 大学生物学荣誉退休教授, 1975年起他一直在这所大学从事生态学教学和研究生培养工作, 并担任西南生物学博物馆 (Museum of Southwestern Biology) 馆长。他从洪堡特 (Humboldt) 州立大学获得理学学士, 在亚利桑那 (Arizona) 大学生态学与进化生物学系获得博士学位。为了拓宽他的地学知识视野, 他曾到拉丁美洲、加勒比海 (Caribbean) 和欧洲从事生态学教学和研究工作。他曾获得富布赖特 (Fulbright) 研究基金前往葡萄牙进行河流生态学研究, 分别在葡萄牙 Coimbra 大学动物学系、西班牙马德里 (Madrid) 理工大学水文学实验室、Montanna 大学 Flathead 湖生物学工作站担任访问教授。



作为一名海洋生态学家和渔业生物学家, Manuel C. Molles Jr. 在新墨西哥大学主要从事河流及湖滨生态学研究。他的研究范围覆盖生态学多个层次, 包括行为生态学、种群生物学、群落生态学、生态系统生态学、溪流昆虫生物地理学, 以及大尺度气候系统 (厄尔尼诺) 对西南河流和湖滨生态系统的影响。他当前的研究关注于气候变化和气候易变性对于西南部山区种群和群落随温湿度梯度急剧变化而变动的影响。纵观 Molles 博士的科研生涯, 他尝试把研究、教学和学生培养有机结合, 吸引研究生和本科生加入到他正在进行的科研项目上来。在新墨西哥大学, 他教学内容广泛, 包括初级部、高级部和研究生课程中的生物学原理、进化和生态学、溪流生态学、湖沼生物学、海洋地理学、海洋生物学和群落与生态系统生态学; 在葡萄牙 Coimbra 大学讲授过全球变化和河流生态学课程; 在 Flathead 湖生物学工作站讲授过普通生态学、地下水和湖滨生态学。Molles 博士是 1995—1996 年度新墨西哥大学名师, 2000 年植物生态学 Potter Chair (讲座教授)。

序

Manuel C. Molles Jr. 编著的《Ecology: Concepts and Applications》(2nd edition) 影印版出版已有4年。由于内容简明、结构合理,能够反映当时最新进展等特点,该书在我国高等学校被使用广泛。现在高等教育出版社决定出版其最近发行的第4版,我十分高兴为其作序。

第4版最重要的特色是其教学方法、手段及其效果,与第2版相比较有极明显的改善和提高。书中运用这些先进的理念和技术,可以明显提高大学生学习生态学的兴趣,它把读课本、听讲课与独立地深入思考生态学主要问题紧密联系起来,使大学生真正做到活学活用。具体地说,如书名副标题“概念与应用”所示,该教科书的每一章(除第一章引言外)都围绕少数关键概念组织内容,在讨论中尽量用已报导的研究来充实和支持概念,时而结合研究方法和科学创新人介绍,运用大量起强调作用的“探究证据”、“评论证据”和插图中文字框等手段,加上章末的小结和新增加的240多道复习思考题等,以达到加强学生对生态学重要原理和方法的理解、掌握和记忆的目的。最后,“在线学习中心”(Online Learning Center)(网址: www.mhhe.com/molles4e)提供了大量的参考材料和测验考试材料。这些教学上的特色在本书前言中都有比较清楚的说明和实例。这些特色与我国高等学校现行“精品课程”所要求达到的教学水平的途径是相符的,特别值得推荐。

第4版在内容上与第2版相比较,23章中每章都有修订,包括更新必要的素材,补充缺少的发展远景,纠正错误,修改后的部分得到简化、焕然一新。具体的修改点,请读者阅读作者前言中的“主要变化”部分。

孙儒泳

2007年3月

前言

科学发现速度的加快使得像生态学这样处在不断发展中的学科的教学面临非常大的挑战，给生态学教师和学生带来更大挑战的是与生态学有关的紧迫的环境问题威胁着生态系统的每一个层次。当我们努力教学生去理解那些问题并设计解决方案时，我们发现生态学的每一个方面都与之有关。所以，要对生态学进行完美地介绍，就应当包括生态学所有主要分支学科的基础。要覆盖这样的广度，并且还要向足够的深度发展是不容易的。然而，运用强调概念的教学方法和精心的组织安排可能轻松地完成这项任务。

一、读者介绍

我写这本书是为了那些初次上大学生态学课程的学生们，我还假设上这门课程的学生们已具备了化学和数学的一些基础知识，并且他们还上过普通生物学——一门介绍生理学、生物多样性和进化内容的课程。

“授课过程中或课程结束后，我收到了我的学生对本书的积极评价，一些主修其它专业的学生表示有兴趣转向主修生态学，我认为这本书起了作用。”

——Carolyn Meyer
Wyoming 大学

二、特别途径

在 1991 年德克萨斯州 (Texas) 圣安东尼奥 (San Antonio) 召开的美国生态学会会议上，著名的生态学家 Paul Risser 鼓励生态学教师要把他们的注意力集中到这个领域的重要概念上来。如果我们对一个大的不断发展的学科，例如生态学，进行过度细分，那么我们就不能用一两个学术术语来概括它。然而，Risser 建议我们聚焦于主要概念上，这样就可以让学生牢固掌握学科框架，具备扎实的学科基础。本书试图按 Risser 的建议而写，每个章节围绕 2~5 个主要概念进行组织，让学生易于掌握和记忆。我发现，虽然初涉生态学的学生能很好地理解少数重要的生态学概念，但在许多细节上往往有疏漏。每一个概念由讨论支持，讨论为概念提供依据，能把学生吸引到生态学不同研究领域使用的研究方法上来。无论在哪里，只要有可能，书中就会出现原创性研究和进行原创性研究的科学家。让创立这个研究领域的科学家从幕后走出来，带领学生充满活力地进入学科学习，并帮助学生巩固知识。

“最初是什么诱发我选择生态学：**概念和应用**是作者在每个章节里对一些关键性生态学概念进行强调的方法，然后用相关的研究证明科学家是怎样‘发现’这些概念的。我发现强调概念和支持概念的科学研究使本教科书给人耳目一新的变化，这与其它教科书倾向认为生态学研究是相当枯燥的事实堆积完全不同。我感到读过这本教科书的学生不仅会带着对生态学的更好理解毕业，而且还能更好地懂得进行科学研究的方法。”

——Tim Maret
Shippensburg 大学

三、本版新点

根据大多数审阅者的建议，对本书所有 23 章都进行了修订。努力回应审阅者关心的问题，更新必要的素材，

补充缺少的发展远景,纠正错误,使需要修改的部分得到简化、焕然一新。对每个章节的建议阅读内容进行了减少和更新,主要来自第三版出版后发表的文献。

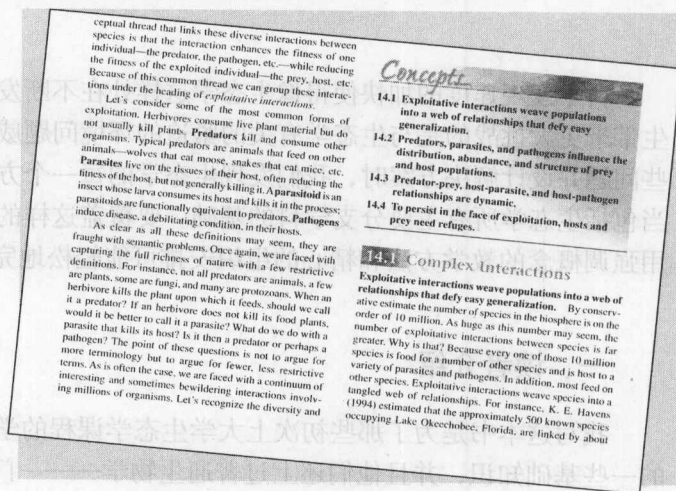
为了帮助学生适应每章节的信息流,我们对表述形式进行了重新安排。现在,各章节开头列出的概念,以及进行讨论的那个段落开头出现的概念,都进行了数字编号。讨论概念的段落以概念复习思考题结束,并且概念编号在这里重复出现。这样,所有概念的开始和结束都为学

生清晰地标明了。每一个“探究证据”(Investigating the Evidence)的文字框式讨论,在其出现的章节里也进行了编号,同样为学生做出了定位标识。

为了帮助学生复习主要的概念,全书增加了240多道学习思考题。每个概念讨论部分以“概念复习”思考题结束,这样安排有助于学生对书中内容进行认真思考,激励他们反思研究项目的设计和思想。“探究证据”部分包括叫做“评论证据”(Critiquing the Evidence)的思考题,旨在探索一些统计学上的细节和研究给定的设计主题。

新增加的两个附录为240多道“概念复习”和“评论证据”思考题提供了答案。

各个章节末列出的关键术语能提醒学生注意新出现的词汇。



四、围绕关键概念进行组织

进化的观点是全书的基础,它为主要概念的理解提供了必要的帮助。本书从生态学科的性质和历史的简要介绍开始,接着是第一部分,包含自然历史两个章节——陆上生命和水中生命;第二到第六部分将层级思想贯穿于传统的生态学分支学科:第二部分关注于个体生态学;第三部分聚焦于种群生态学;第四部分介绍生态学中的各种相互作用;第五部分概述群落与生态系统生态学;最后,第六部分讨论大尺度生态学,包括的章节有景观生态学、地理生态学和全球生态学,这些论题最初出现在第一部分自然历史的内容中。总之,本书从全球的自然历史开始,中间章节考虑到了学科的所有部分,以对整个星球的另一种透视结束。

主要变化

在第三章,更新了斑马贝知识,校订了生物群系的描述,使之更加简明扼要。

在第六章,增加了关于进化、多样性和 C_4 植物意义的素材以及第18章(利比希定律Liebig's law)、第19章(养分循环)和第23章(大气 CO_2 增加)的交叉引用的素材。

在第七章,引入了哈密尔顿规律(Hamilton's rule),把以前的应用这一节换成了真社会性(eusociality)进化的概念,并进行了压缩以保持一致,同时增加了一个新的应用,即行为生态学在自然保护中的应用。

在第九章,把种群分布的论述分为两个概念,一个聚焦于小尺度模式,另一个聚焦于大尺度模式。集合种群(metapopulation)的讨论已从第3版第九章移到本版的第十章。

在第十一章,美洲鸣鹤种群增长资料以及全球人口统计数据已被更新。

在第十三章,更加详尽地解释了关于根竞争的描述,为更好地反映素材和更加简明扼要,重写了两个概念,并且修订压缩了拟谷盗竞争实验讨论。

在第二十三章,更新了臭氧空洞的知识,把关于“未来”的部分替换为强调当前影响重大和快速的全球变化,尤其是现存的和可预测的环境和生态对全球变暖的响应。更新了美国长期生态研究网络(US Long Term Ecological Research Network 或 US LTER Network)和国际LTER网络的信息,包括美国LTER网络图的更新。

五、以学生的理解力设计的特点

本教科书具有独特的特征，为加强学生对生态学的综合理解能力，进行了仔细策划。除了第一章引言外，所有的章节都建立在与众不同的学习系统之上，主要有以下几个方面特色：

导言：每章节导言向学生介绍了本章的主题内容和重要背景知识，有些导言含有与主题内容有关的历史事件，有的列举了生态过程的实例，所有导言都设法吸引学生加入到以下内容的讨论中来。

概念：本书的主要目的是围绕主要概念来构建生态学基础知识，这些关键概念列在各章节导言之后，以提醒学生注意随后讨论的主题，同时也列出了各章节的知识要点的位置。讨论概念的段落里，用聚焦在已报道的研究来充实完善概念。这种案例研究方法用证据支持概念，把研究方法和生态学学科创始人介绍给学生。

插图：我们将大量精力投入到插图中，包括照片和线条艺术，目的是通过精巧的设计和色彩的使用，制作效果更好的教学工具，重新安排传统的以图形和文字说明进行的信息表达。大量解释性的素材被放在插图上，为学生提供最需要的关键信息。

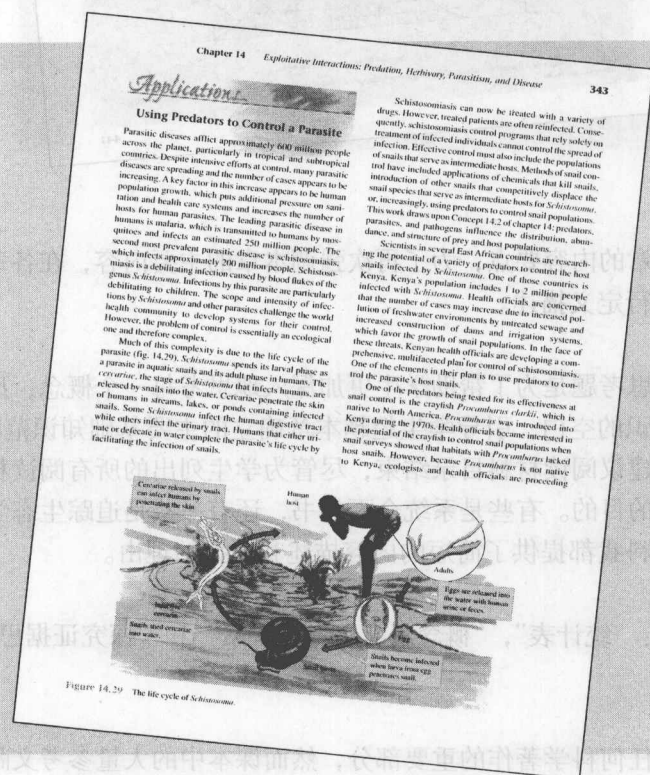
“我喜欢插图中的文字框！我认为它们方便学生阅读和理解，这种图表的形式是最有帮助的。”

—— Tatiana Roth
Coppin 州立学院

应用：很多本科生想知道怎样才能把抽象的生态学思想和一般关系应用到我们面对的生态学问题上。他们关心生态学实践，想知道更多关于科学工具的知识。每个章节中的若干应用能够激发学生更好地学习基本生态学原理。另外，似乎当今如此众多的紧迫的环境问题已使普通生态学和应用生态学之间的区别（曾经是容易的）变得模糊。

“本书章节里‘应用’部分的理念好极了。”

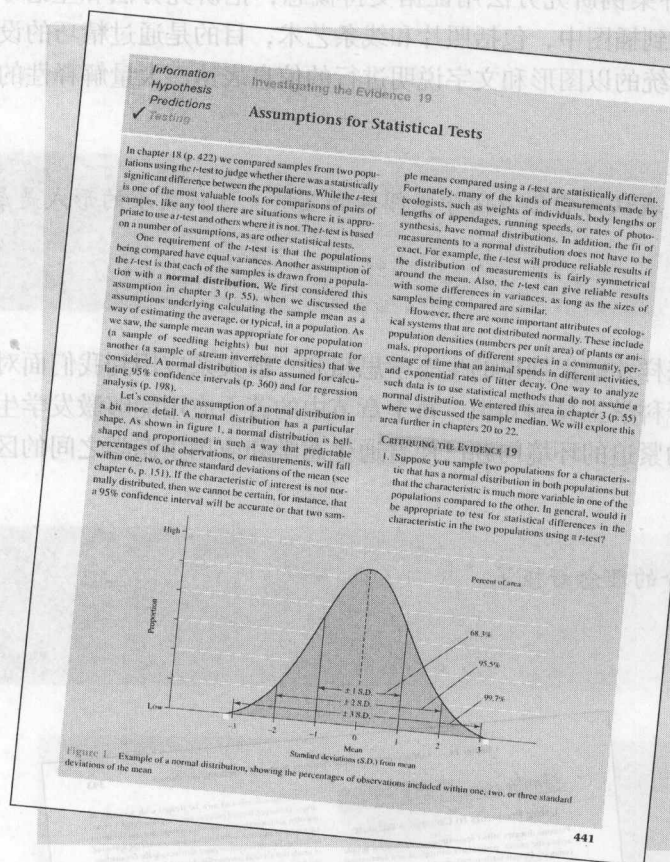
—— Frank S. Gilliam
Marshall 大学



“探究证据”文字框：这些重要的阅读材料为我们提供了科学方法的“小小课堂”，它们强调统计学和研究设计，意欲介绍一般科学过程的概况，同时还逐步进行说明。“探究证据”系列文字框从第一章开始，概述了科学方法论，为后21个章节里那些更加具体的素材提供了概念脉络，最后一章则专注于讨论一系列电子文献检索问题。

“我真的喜欢分散在各个章节里的‘探究证据’（文字框），这绝对是一个推进量化思考的好方法，特别是在缺乏相应的实验课的情况下。”

— Peter E. Busher
Boston 大学



章末材料：

● 小结 章小结回顾了本章的内容要点，为了再次强调本章的主要内容，在各章小结里对组成本章的概念文字用粗体字表示，并再一次进行定义描述。

● 关键词语

● 复习思考题 设计复习思考题是为了帮助学生更加深入地思考每一个概念，反思不同的观点。复习思考题还为学生提供机会填补已有知识的空白，引导学生超越本章确立的主要基础知识范围。

● 建议阅读材料 每章以建议阅读材料目录结束，尽管为学生列出的所有阅读材料超越了本章的内容范围，但是选择它们是为了满足不同的目的。有些是系统全面的书，还有一些是追踪生态学领域特别主题或特别争论进展的研究论文，对每一阅读材料我都提供了简短的内容描述和选择的理由。

书末材料：

● 附录 书后有3个附录：“统计表”，“概念复习思考题答案”和“探究证据思考题答案”，可供学生参考，给学生学习提供帮助。

● 术语表

● 参考文献 参考文献是任何科学著作的重要部分，然而课本中的大量参考文献使许多大学生们困惑。普通

生态学课程的目标之一应当是引导这些大学生们熟悉主要参考文献，而不是把他们埋藏在引文上。本书参考文献的引用数量已减少到具体研究方案详细讨论所必需的程度。

● 索引

“这本书整合得特别好，最成功的是反复强调科学方法和过程如何用在每一个案例研究使用的方法里。”

——Thomas Pliske

Florida 国际大学

六、学生学习补充

本教材的在线学习中心（网址：www.mhhe.com/molles4e）提供了多种学生学习资源，让学生有更多机会掌握生态学核心概念。该中心为学生提供了更多的特色鲜明的学习：

- 测验练习
- 章节标题超链接
- 专业、教育和政府机构链接
- 动画
- 电子搜索指南
- 区域透视图（案例研究）
- 实验室操作
- 生态学 / 环境科学问题世界地图
- 周期表
- 关键术语抽认卡
- 职业生涯资料

七、致谢

帮助我完成第4版修订计划的全部人员的名单将是无法想像地长，然而，在第4版开发过程中，Eric Charnov, Scott Collins, John Craig, Cliff Crawford, Cliff Dahm, Tim Lowrey, Randy Thornhill, Eric Toolson 和 Robert Waide 等多位同事毫无保留地贡献了他们的思想和意见，审阅了新增加的段落，给予了鼓励，使得第4版修订计划得以继续进行下去。我要特别感谢邬建国教授，他付出了时间和耐心帮助我完善景观生态学这一章节的历史和概念框架。另外，我要感谢早期版的许多学生读者，通过接触，他们提出的问题和改进建议对我帮助很大。

我也要感谢在第4版修订期间 McGraw-Hill 的许多专业人员在整个出版过程中给予的熟练的业务指导，这些专业人员是 Marge Kemp, Brian Loehr, Joan Weber, Tami Petsche, Dan Wallace, Laurie Janssen, Melissa Leick, Judi David, Gloria Schiesl, Carrie Burger 和 Laura Fuller。

最后我要感谢我的家庭，特别是 Mary Ann Esparza, Dan Esparza, Hani Molles, Anders Molles, Mary Anne Nelson 和 Misha 在第4版修订过程中给予的支持。

我万分感激众多审阅者，他们结束了前几版本的课程之后，奉献出他们的时间和意见帮助这本教科书发展成为现在的第4版。他们知识渊博，经验丰富，既是研究人员又是教师，让人谦卑，令人敬仰。坦诚地说，如果没有他们的帮助，我是不可能完成第4版修订任务的。

第4版审阅者：

John M. Anderies Arizona State University
Eric M. Anderson University of Wisconsin-Stevens Point
David M. Armstrong University of Colorado-Boulder
Tom Arsuffi Texas State University
Michelle A. Baker Utah State University
Lawrence S. Barden University of North Carolina-Charlotte

Mark C. Belk *Brigham Young University*
 Brian D. Bovard *Florida International University*
 Leslie S. Bowker *California Polytechnic State University—San Luis Obispo*
 Steven W. Brewer *University of North Carolina—Wilmington*
 Arthur L. Buikema, Jr. *Virginia Tech*
 David Byres *Florida Community College—Jacksonville*
 Erica A. Corbett *Southeastern Oklahoma State University*
 Christopher Cronan *University of Maine*
 Richard J. Deslippe *Texas Tech University*
 Stephanie A. Elliott *University of Texas—San Antonio*
 Lloyd Fitzpatrick *University of North Texas*
 Irwin Forseth *University of Maryland*
 Douglas C. Gayou *University of Missouri—Columbia*
 Frank S. Gilliam *Marshall University*
 Colleen Hatfield *Rutgers University*
 Thomas W. Jurik *Iowa State University*
 Kimberley J. Kolb *California State University—Bakersfield*
 Angelo Lattuca *Mohawk Valley Community College*
 David A. Lipson *San Diego State University*
 Jay Mager *Ohio Northern University*
 Chris Migliaccio *Miami Dade College*
 L. Maynard Moe *California State University—Bakersfield*
 Don Moll *Southwest Missouri State University*
 Timothy A. Mousseau *University of South Carolina*
 Jean Pan *University of Akron*
 Craig Plante *College of Charleston*
 Thomas Pliske *Florida International University*
 Kenneth A. Schmidt *Texas Tech University*
 John Skillman *California State University—San Bernardino*
 John F. Weishampel *University of Central Florida*
 Jake F. Weltzin *University of Tennessee*
 Rodney Will *University of Georgia*
 Craig E. Williamson *Miami University of Ohio*
 Jianguo (Jingle) Wu *Arizona State University*
 Douglas Zook *Boston University*

Manuel C. Molles Jr.

简明目录

1 引言：什么是生态学？ 1

第 I 部分 自然历史 11

2 陆上生命 12

3 水中生命 47

第 II 部分 个体 81

4 温度关系 82

5 水关系 108

6 能量和营养关系 133

7 社会性关系 157

第 III 部分 种群生态学 183

8 种群遗传学与自然选择 184

9 种群分布与多度 210

10 种群动态 231

11 种群增长 254

12 生活史 272

第 IV 部分 相互作用 297

13 竞争 298

14 资源利用的相互作用：捕食、食草、寄生和疾病 320

15 互利共生 347

第 V 部分 群落和生态系统 369

16 物种多度和多样性 370

17 种间作用和群落结构 391

18 初级生产和能流 411

19 养分循环和保持 432

20 演替和稳定性 454

第 VI 部分 大尺度生态学 480

21 景观生态学 481

22 地理生态学 506

23 全球生态学 530

Contents

Preface v

Chapter 1 Introduction: What Is Ecology? 1

- Overview of Ecology 2
- The Ecology of Forest Birds: Using Field Studies to Test Theory 3
- Forest Nutrient Budgets: Inventories and Large-Scale Experiments 5
- Vegetation Change: Information from Pollen Records and Modeling 7
- The Nature and Scope of Ecology 8
- Investigating the Evidence 1: The Scientific Method—Questions and Hypotheses 9**

Section I NATURAL HISTORY

Chapter 2 Life on Land 12

Terrestrial Biomes 14

Concepts 14

2.1 Large-Scale Patterns of Climatic Variation 14

- Temperature, Atmospheric Circulation, and Precipitation 15
- Climate Diagrams 16
- Concept 2.1 Review 19*

Investigating the Evidence 2: Determining the Sample Mean 19

2.2 Soil: The Foundation of Terrestrial Biomes 20

Concept 2.2 Review 21

2.3 Natural History and Geography of Biomes 21

- Tropical Rain Forest 21
- Tropical Dry Forest 23
- Tropical Savanna 25
- Desert 27
- Mediterranean Woodland and Shrubland 30
- Temperate Grassland 32
- Temperate Forest 33
- Boreal Forest 36
- Tundra 37
- Mountains: Islands in the Sky 40
- Concept 2.3 Review 43*

Applications: Climatic Variation and the Palmer Drought Severity Index 43

Chapter 3 Life in Water 47

Concepts 48

3.1 The Hydrologic Cycle 48

Concept 3.1 Review 49

3.2 The Natural History of Aquatic Environments 49

- The Oceans 49
- Life in Shallow Marine Waters: Kelp Forests and Coral Gardens 54

Investigating the Evidence 3: Determining the Sample Median 55

- Marine Shores: Life Between High and Low Tides 59
- Estuaries, Salt Marshes, and Mangrove Forests 62
- Rivers and Streams: Life Blood and Pulse of the Land 67
- Lakes: Small Seas 71
- Concept 3.2 Review 77*

Applications: Biological Integrity—Assessing the Health of Aquatic Systems 77

- Number of Species and Species Composition 77
- Trophic Composition 77
- Fish Abundance and Condition 77
- A Test 77

Section II INDIVIDUALS

Chapter 4 Temperature Relations 82

Concepts 83

4.1 Microclimates 83

- Altitude 83
- Aspect 84
- Vegetation 84
- Color of the Ground 85
- Presence of Boulders and Burrows 85
- Aquatic Temperatures 85
- Concept 4.1 Review 86*

4.2 Temperature and Performance of Organisms 87

Temperature and Animal Performance 87

Investigating the Evidence 4: Laboratory Experiments 88

- Extreme Temperatures and Photosynthesis 89
- Temperature and Microbial Activity 90
- Concept 4.2 Review 91*

- 4.3 Regulating Body Temperature 91**
 Balancing Heat Gain Against Heat Loss 91
 Temperature Regulation by Plants 92
 Temperature Regulation by Ectothermic Animals 94
 Temperature Regulation by Endothermic Animals 96
 Temperature Regulation by Thermogenic Plants 99
Concept 4.3 Review 101

4.4 Surviving Extreme Temperatures 101

- Inactivity 101
 Reducing Metabolic Rate 101
 Hibernation by a Tropical Species 103
Concept 4.4 Review 103

**Applications: Climatic Warming and the Local
 Extinction of a Land Snail 103**

Chapter 5 Water Relations 108

Concepts 110

- 5.1 Water Availability 110**
 Water Content of Air 110
 Water Movement in Aquatic Environments 111
 Water Movement Between Soils and Plants 112
Concept 5.1 Review 114

5.2 Water Regulation on Land 114

- Water Acquisition by Animals 115
 Water Acquisition by Plants 116
 Water Conservation by Plants and Animals 118

Investigating the Evidence 5: Sample Size 119

- Dissimilar Organisms with Similar Approaches
 to Desert Life 122
 Two Arthropods with Opposite Approaches to
 Desert Life 122
Concept 5.2 Review 124

**5.3 Water and Salt Balance in Aquatic
 Environments 126**

- Marine Fish and Invertebrates 126
 Freshwater Fish and Invertebrates 126
Concept 5.3 Review 128

**Applications: Using Stable Isotopes to Study Water
 Uptake by Plants 129**
 Stable Isotope Analysis 129
 Using Stable Isotopes to Identify Plant Water
 Sources 129

**Chapter 6 Energy and Nutrient
 Relations 133**

Concepts 134

6.1 Energy Sources 134

- Photosynthesis 135
 Heterotrophs 139
 Chemosynthesis 144
Concept 6.1 Review 145

- 6.2 Energy Limitation 146**
 Photon Flux and Photosynthetic Response Curves 146
 Food Density and Animal Functional Response 146
Concept 6.2 Review 148

6.3 Optimal Foraging Theory 148

- Testing Optimal Foraging Theory 148
 Optimal Foraging by Plants 150
Investigating the Evidence 6: Variation in Data 151
Concept 6.3 Review 152

**Applications: Bioremediation—Using the Trophic
 Diversity of Bacteria to Solve Environmental
 Problems 152**

- Leaking Underground Storage Tanks 153
 Cyanide and Nitrates in Mine Spoils 153

Chapter 7 Social Relations 157

Concepts 159

- 7.1 Mate Choice 160**
 Mate Choice and Sexual Selection in Guppies 160
 Mate Choice Among Scorpionflies 164
 Nonrandom Mating Among Wild Radish 167
Concept 7.1 Review 169

7.2 Sociality 169

- Cooperative Breeders 170
**Investigating the Evidence 7: Scatter Plots and the
 Relationship Between Variables 172**
Concept 7.2 Review 175

7.3 Eusociality 175

- Eusocial Species 175
 Evolution of Eusociality 177
Concept 7.3 Review 179

Applications: Behavioral Ecology and Conservation 179

- Tinbergen's Framework 179
 Environmental Enrichment and Development of
 Behavior 179

**Section III
 POPULATION ECOLOGY**

**Chapter 8 Population Genetics and Natural
 Selection 184**

Concepts 186

8.1 Variation Within Populations 187

- Variation in Plant Populations 187
 Variation in Animal Populations 190
Concept 8.1 Review 192

8.2 Hardy-Weinberg 193

- Calculating Gene Frequencies 193
Concept 8.2 Review 195

- 8.3 The Process of Natural Selection 195**
 Stabilizing Selection 195
 Directional Selection 196
 Disruptive Selection 197
Concept 8.3 Review 197
- 8.4 Evolution by Natural Selection 197**
 Evolution by Natural Selection and Genetic Variation 197
Investigating the Evidence 8: Estimating Heritability Using Regression Analysis 198
 Adaptive Change in Colonizing Lizards 198
 Rapid Adaptation by Soapberry Bugs to New Host Plants 200
Concept 8.4 Review 202
- 8.5 Change Due to Chance 202**
 Evidence of Genetic Drift in Chihuahuas Spruce 202
 Genetic Variation in Island Populations 203
 Genetic Diversity and Butterfly Extinctions 204
Concept 8.5 Review 205
- Applications: Estimating Genetic Variation in Populations 205**
 Molecular Approaches to Genetic Variation 205

Chapter 9 Population Distribution and Abundance 210

Concepts 212

- 9.1 Distribution Limits 212**
 Kangaroo Distributions and Climate 212
 A Tiger Beetle of Cold Climates 213
 Distributions of Plants Along a Moisture-Temperature Gradient 214
 Distributions of Barnacles Along an Intertidal Exposure Gradient 215
Concept 9.1 Review 216
- 9.2 Patterns on Small Scales 216**
 Scale, Distributions, and Mechanisms 217
 Distributions of Tropical Bee Colonies 217
 Distributions of Desert Shrubs 218
Concept 9.2 Review 220
- 9.3 Patterns on Large Scales 220**
 Bird Populations Across North America 220
Investigating the Evidence 9: Clumped, Random, and Regular Distributions 221
 Plant Distributions Along Moisture Gradients 223
Concept 9.3 Review 224
- 9.4 Organism Size and Population Density 224**
 Animal Size and Population Density 224
 Plant Size and Population Density 225
Concept 9.4 Review 226
- Applications: Rarity and Vulnerability to Extinction 226**
 Seven Forms of Rarity and One of Abundance 226

Chapter 10 Population Dynamics 231

Concepts 233

- 10.1 Dispersal 233**
 Dispersal of Expanding Populations 233
 Range Changes in Response to Climate Change 234
 Dispersal in Response to Changing Food Supply 235
 Dispersal in Rivers and Streams 236
Concept 10.1 Review 237
- 10.2 Metapopulations 237**
 A Metapopulation of an Alpine Butterfly 237
 Dispersal Within a Metapopulation of Lesser Kestrels 239
Concept 10.2 Review 239
- 10.3 Patterns of Survival 239**
 Estimating Patterns of Survival 240
 High Survival Among the Young 240
 Constant Rates of Survival 241
 High Mortality Among the Young 241
 Three Types of Survivorship Curves 243
Concept 10.3 Review 243
- 10.4 Age Distribution 243**
 Stable and Declining Tree Populations 244
 A Dynamic Population in a Variable Climate 244
Concept 10.4 Review 245
- 10.5 Rates of Population Change 245**
 Estimating Rates for an Annual Plant 246
 Estimating Rates When Generations Overlap 247
Concept 10.5 Review 249
- Investigating the Evidence 10: Hypotheses and Statistical Significance 249**

Applications: Using Population Dynamics to Assess the Impact of Pollutants 250

Chapter 11 Population Growth 254

Concepts 255

- 11.1 Geometric and Exponential Population Growth 255**
 Geometric Growth 256
 Exponential Growth 257
 Exponential Growth in Nature 257
Concept 11.1 Review 259
- 11.2 Logistic Population Growth 259**
Concept 11.2 Review 261
- 11.3 Limits to Population Growth 261**
Investigating the Evidence 11: Frequency of Alternative Phenotypes in a Population 262
 Environment and Birth and Death Among Galápagos Finches 262
Concept 11.3 Review 266
- Applications: The Human Population 266**
 Distribution and Abundance 266
 Population Dynamics 267
 Population Growth 268

Chapter 12 Life Histories 272

Concepts 273

12.1 Offspring Number Versus Size 274

Egg Size and Number in Fish 274

Seed Size and Number in Plants 276

Concept 12.1 Review 280

12.2 Adult Survival and Reproductive Allocation 280

Life History Variation Among Species 280

Life History Variation Within Species 281

Concept 12.2 Review 284

12.3 Life History Classification 284

r and K Selection 284

Plant Life Histories 285

Investigating the Evidence 12: A Statistical Test for Distribution Pattern 286

Opportunistic, Equilibrium, and Periodic Life Histories 288

Reproductive Effort, Offspring Size, and Benefit-Cost Ratios 290

Concept 12.3 Review 291

Applications: Using Life History Information to Restore Riparian Forests 291

Section IV INTERACTIONS

Chapter 13 Competition 298

Concepts 300

13.1 Intraspecific Competition 300

Intraspecific Competition Among Plants 300

Intraspecific Competition Among Planthoppers 301

Interference Competition Among Terrestrial Isopods 302

Concept 13.1 Review 302

13.2 Niches 302

The Feeding Niches of Galápagos Finches 303

The Habitat Niche of a Salt Marsh Grass 304

Concept 13.2 Review 305

13.3 Mathematical and Laboratory Models 305

Modeling Interspecific Competition 305

Laboratory Models of Competition 307

Concept 13.3 Review 309

13.4 Competition and Niches 309

Niches and Competition Among Plants 309

Niche Overlap and Competition Between Barnacles 310

Competition and the Habitat of a Salt Marsh Grass 311

Competition and the Niches of Small Rodents 311

Character Displacement 312

Investigating the Evidence 13: Field Experiments 315

Evidence for Competition in Nature 316

Concept 13.4 Review 316

Applications: Competition Between Native and Invasive Species 316

Chapter 14 Exploitative Interactions: Predation, Herbivory, Parasitism, and Disease 320

Concepts 321

14.1 Complex Interactions 321

Parasites and Pathogens That Manipulate Host Behavior 322

The Entangling of Exploitation with Competition 324

Concept 14.1 Review 325

14.2 Exploitation and Abundance 325

A Herbivorous Stream Insect and Its Algal Food 325

An Introduced Cactus and a Herbivorous Moth 327

A Pathogenic Parasite, a Predator, and Its Prey 328

Investigating the Evidence 14: Standard Error of the Mean 330

Concept 14.2 Review 330

14.3 Dynamics 330

Cycles of Abundance in Snowshoe Hares and Their Predators 331

Experimental Test of Food and Predation Impacts 333

Population Cycles in Mathematical and Laboratory Models 334

Concept 14.3 Review 336

14.4 Refuges 337

Refuges and Host Persistence in Laboratory and Mathematical Models 337

Exploited Organisms and Their Wide Variety of "Refuges" 338

Concept 14.4 Review 342

Applications: Using Predators to Control a Parasite 343

Chapter 15 Mutualism 347

Concepts 349

15.1 Plant Mutualisms 349

Plant Performance and Mycorrhizal Fungi 349

Ants and Swollen Thorn Acacias 352

A Temperate Plant Protection Mutualism 355

Concept 15.1 Review 356

15.2 Coral Mutualisms 357

Zooxanthellae and Corals 357

A Coral Protection Mutualism 358

Concept 15.2 Review 359

15.3 Evolution of Mutualism 359

Investigating the Evidence 15: Confidence Intervals 360

Facultative Ant-Plant Protection Mutualisms 362

Concept 15.3 Review 363

Applications: Mutualism and Humans 363

The Honeyguide 363

Guiding Behavior 364

Section V COMMUNITIES AND ECOSYSTEMS

Chapter 16 Species Abundance and Diversity 370

Concepts 372

16.1 Species Abundance 372

The Lognormal Distribution 372

Concept 16.1 Review 373

16.2 Species Diversity 373

A Quantitative Index of Species Diversity 374

Rank-Abundance Curves 374

Investigating the Evidence 16: Estimating the Number of Species in Communities 376

Concept 16.2 Review 377

16.3 Environmental Complexity 377

Forest Complexity and Bird Species Diversity 377

Niches, Heterogeneity, and the Diversity of Algae and Plants 378

The Niches of Algae and Terrestrial Plants 378

Complexity in Plant Environments 379

Soil and Topographic Heterogeneity and the Diversity of Tropical Forest Trees 379

Algal and Plant Species Diversity and Increased Nutrient Availability 380

Nitrogen Enrichment and Ectomycorrhizal Fungus Diversity 380

Concept 16.3 Review 382

16.4 Disturbance and Diversity 382

The Nature of Equilibrium 382

The Nature and Sources of Disturbance 382

The Intermediate Disturbance Hypothesis 383

Disturbance and Diversity in the Intertidal Zone 383

Disturbance and Diversity in Temperate

Grasslands 384

Concept 16.4 Review 385

Applications: Disturbance by Humans 385

Human Disturbance: An Ancient Feature of the Biosphere 386

Disturbance by Humans and the Diversity of Chalk Grasslands 387

Chapter 17 Species Interactions and Community Structure 391

Concepts 392

17.1 Community Webs 392

Detailed Food Webs Reveal Great Complexity 392

Strong Interactions and Food Web Structure 394

Concept 17.1 Review 394

17.2 Keystone Species 394

Food Web Structure and Species Diversity 395

Experimental Removal of Sea Stars 396

Snail Effects on Algal Diversity 397

Fish as Keystone Species in River Food Webs 400

Investigating the Evidence 17: Using Confidence Intervals to Compare Populations 401

Concept 17.2 Review 403

17.3 Exotic Predators 403

Introduced Fish: Predators That Simplify Aquatic Food Webs 403

Concept 17.3 Review 405

17.4 Mutualistic Keystone Species 405

A Cleaner Fish as a Keystone Species 405

Seed Dispersal Mutualists as Keystone Species 405

Concept 17.4 Review 406

Applications: Humans as Keystone Species 406

The Empty Forest: Hunters and Tropical Rain Forest Animal Communities 406

Ants and Agriculture: Keystone Predators for Pest Control 407

Chapter 18 Primary Production and Energy Flow 411

Concepts 413

18.1 Patterns of Terrestrial Primary Production 413

Actual Evapotranspiration and Terrestrial Primary Production 413

Soil Fertility and Terrestrial Primary Production 414

Concept 18.1 Review 415

18.2 Patterns of Aquatic Primary Production 415

Patterns and Models 416

Whole Lake Experiments on Primary

Production 416

Global Patterns of Marine Primary Production 417

Concept 18.2 Review 418

18.3 Consumer Influences 418

Piscivores, Planktivores, and Lake Primary Production 419

Grazing by Large Mammals and Primary Production on the Serengeti 421

Investigating the Evidence 18: Comparing Two Populations with the *t*-Test 422

Concept 18.3 Review 423

18.4 Trophic Levels 424

A Trophic Dynamic View of Ecosystems 424

Energy Flow in a Temperate Deciduous Forest 424

Concept 18.4 Review 426

Applications: Using Stable Isotope Analysis to Trace Energy Flow Through Ecosystems 426

Trophic Levels of Tropical River Fish 426

Using Stable Isotopes to Identify Sources of Energy in a Salt Marsh 427

Food Habits of Prehistoric Human Populations 428