

生命科学名著



生物多样性——测量与评估前沿

Biological Diversity

Frontiers in Measurement and Assessment

(英) A. E. 马古兰 (美) B. J. 麦吉尔 编著

韩博平 官昭璞 杨 阳 译



科学出版社

Q16
20193

生物多样性——测量与评估前沿

Biological Diversity Frontiers in Measurement and Assessment

〔英〕A. E. 马古兰 〔美〕B. J. 麦吉尔 编著

韩博平 官昭瑛 杨 阳 译



科学出版社

北 京

图字：01-2014-1518 号

内 容 简 介

本书提供了生物多样性测量与评估的最新方法与实际应用。全书分为六部分，第一部分介绍了生物多样性监测的样本及物种的可检测性；第二部分阐述了生物多样性测量的指标；第三部分从多度的角度论述了物种分布模式，以及生物多样性的空间结构；第四部分包括功能性状、系统发育和遗传多样性的测量方法与进展；第五部分从多个角度讨论了生物多样性的应用；第六部分对全书进行了总结。书中每个章节的作者都是生物多样性研究领域的知名学者，他们对构建生物多样性测量方法有着重要贡献。作者通过阐述生物多样性测量指标之间的内在联系，让读者全面地理解生物多样性的内涵和逻辑，展示了当今生物多样性测量与评估领域的最新进展。

本书可供群落生态学和生物多样性保护等相关领域的不同层次读者阅读参考，对初学者提供了最新的概念指引，对研究人员则提供了值得深入思考和关注的难点与热点，对生物多样性管理人员科学地开展监测和调查提供了实践指导。

© Oxford University Press 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without the prior permission in writing of Oxford University Press, or as expressly permitted by law, or under terms agreed with the appropriate reprographics rights organization. Enquiries concerning reproduction outside the scope of the above should be sent to the Rights Department, Oxford University Press.

本书简体中文版由 Oxford University Press 授予科学出版社在中國大陸地区出版与发行。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物多样性：测量与评估前沿/(英) A.E. 马古兰 (Anne E. Magurran), (美) B.J. 麦吉尔 (Brian J. McGill) 编著, 韩博平, 官昭瑛, 杨阳译. —北京: 科学出版社, 2019.1

书名原文: Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment

ISBN 978-7-03-060399-9

I. ①生… II. ①A… ②B… ③韩… ④官… ⑤杨… III. ①生物多样性—研究 IV. ①Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 008261 号

责任编辑: 王海光 高璐佳 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 刘新新

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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 28

字数: 564 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编著者名单

Scott A. Bonar

University of Arizona, USA

Stephen T. Buckland

University of St Andrews, UK

Anne Chao

Taiwan "Tsing Hua University", China

Robin L. Chazdon

University of Connecticut, USA

Steven L. Chown

Stellenbosch University, South Africa

Robert K. Colwell

University of Connecticut, USA

Sean R. Connolly

James Cook University, Australia

William K. Cornwell

University of British Columbia, Canada

Melanie Culver

University of Arizona, USA

Thomas P. Curtis

University of Newcastle Upon Tyne, UK

John Donoghue II

University of Arizona, USA

Maria Dornelas

James Cook University, Australia

Jeffrey S. Fehmi

University of Arizona, USA

Robert Fitak

University of Arizona, USA

Kevin J. Gaston

University of Sheffield, UK

Nicholas J. Gotelli

University of Vermont, USA

Fangliang He

University of Alberta, Canada

Peter A. Henderson

Pisces Conservation Ltd, UK

Hans-Werner Herrmann

University of Arizona, USA

Lou Jost

Via a Runtun, Baños, Tungurahua, Ecuador

Yue M. Li

University of Arizona, USA

S. Kathleen Lyons

National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, USA

Karen Magnuson-Ford

Simon Fraser University, Canada

Anne E. Magurran

University of St Andrews, UK

Brian A. Maurer

Michigan State University, USA

Robert M. May

University of Oxford, UK

Melodie A. McGeoch

South African National Parks, South Africa

Brian J. McGill

University of Maine, USA

Norman Mercado-Silva

University of Arizona, Tucson, USA

Arne Ø. Mooers

Simon Fraser University, Canada

Stuart E. Newson

British Trust for Ornithology, UK

Lise Øvreås

University of Bergen, Norway

Michael L. Rosenzweig

University of Arizona, USA

Candan U. Soykan

San Diego State University, USA

Angelika C. Studeny

University of St Andrews, UK

Karl Inne Ugland

University of Oslo, Norway

Mark Vellend

University of British Columbia, Canada

Peter J. Wagner

National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, USA

Evan Weiher

University of Wisconsin - Eau Claire, USA

Chi Yuan

University of Arizona, USA

序

悬挂于伦敦的英国皇家学会理事会办公室中唯一的画像是约瑟夫·班克斯的肖像，他强大的存在感似乎仍占据着整个房间。约瑟夫·班克斯担任英国皇家学会主席 42 年（1778~1820 年）之久。那是一个风起云涌的年代，发生了法国大革命、拿破仑战争，以及包括彼得卢大屠杀在内的无休止的战争。而多数人不甚了解的事实是，对建立已久的科学界而言，这个时期同样也是一个风起云涌的年代。直至 18 世纪后期，科学在本质上还只是指数学和物理学。班克斯是位植物学家，曾短暂地师从分类学家林奈，一些有影响的英国皇家学会成员并不支持他。这是由于当时植物学家与园丁一样，还算不上科学家，尽管当时植物学家与政治家有紧密的来往和联系。

其实，在 1660 年英国皇家学会成立及牛顿提出万有引力定律和运动定律之后，人们对地球上生物多样性编目系统的关注持续了整整一个世纪。1758 年林奈在《自然分类》（*Systema Naturae*）^①中提出双名法，书中命名了约 9000 种动植物。但在许多方面，这已滞后一世纪的问题进展仍很缓慢。

当今，全球范围内已命名的真核生物（不包括病毒、细菌）有 160 万~170 万种，每年新增物种 15 000 种（May 2007）。种类数量的不确定，部分原因是还缺少一些类群的完整数据库，这使得同一物种在不同地点由不同的人独立发现后采用了不同命名的问题颇为严重。原核生物种类数量据估计应为 500 万~1000 万种，但也有人认为这个数字低可至 300 万种，高可达 1 亿种。这种巨大的不确定性部分来源于管理上称为劳动力分配低效的问题。尽管对分类学家自身的分类情况记录贫乏，但据粗略估计，他们对脊椎动物、植物和无脊椎动物的分类投入的工作量是相对均匀的（Gaston & May 1992）。但是，存在一种脊椎动物，对应地就存在 10 种植物和 100 种无脊椎动物（甚至可能为 1000 种）。如果考虑一下有关保护生物学的文献，劳动力的分配甚至更不合理。1979~1998 年发表在期刊《保护生物学》与《生物保护》的文献，有大约 69%是关于脊椎动物的，20%是关于植物的，11%是关于无脊椎动物的。无脊椎动物中有一半是关于鳞翅目的，它具有类似于鸟类的地位（Clark & May 2002）。正如世界自然基金会（World Wildlife Fund）的年度报告所指出的那样，保护行动几乎完全是针对那些有魅力的大型动物。从公众角度来说，这是可以理解的，但就生态系统功能保护而言，这是极不合理的。

① 译者注：原著中此处为 *De Rerum Naturae*，有误，已改正

对大型动物多样性的保护能自然而然地保护无脊椎动物多样性的观点是经不住推敲的 (Prendergast et al. 1993)。

《生物多样性——测量与评估前沿》主要关注对生物多样性格局认识的进展,这是一个长期缺少关注的领域:生物多样性到底是什么,是如何测量和表征的?这本书所涉及的主题和范围已在第 1 章的引言中清晰简明地阐述了,在序中我就不再赘述。但我仍要强调,目前对生物多样性格局理解的探索在很多方面都超越了林奈。值得注意的是,有关物种相对多度 (SRA) 的第一篇论文也是在 100 年前发表的 (Raunkaier 1909)。

该书有好几章是关于生物多样性的不同指数,目的是将一个样地或生态系统中物种相对多度的复杂细节简化为单个指数 (或者少数几个指数)。对于快速评估或比较,这样做是可以理解的,也是有意义的。然而,就我个人的倾向,始终认为应尽可能地使用物种相对多度的分布。为浓缩这一信息,通常的做法是采用均值或方差 (或相当的指数),这似乎很方便,但细节信息的丢失很容易导致群落组织的重要特征被忽略。就我个人的观点,并不推荐使用所谓的香农-维纳 (Shannon-Wiener) 多样性指数, $H = -\sum p_i \ln p_i$ (p_i 是第 i 个物种的相对多度)。出于对信息理论的偏爱,通过取对数使 Shannon-Wiener 指数对数据进行了强有力的压缩 (以 10 为底取对数,100 与 1 000 000 之间的差别还不到 10),因而显著地降低了指数的分辨能力。如果需要使用单一指数,应尽可能避免使用对数转换 (May 1975)。

当考虑与多样性胁迫有关的多度格局时,需要谨记:稀有并不意味着濒危,多度很大也不意味着种群稳定。这一点可参考旅鸽是如何灭绝的,在 Rabinowitz 的经典论文 *Seven Forms of Rarity* 中也可以看到相关的例子 (Rabinowitz 1981; Rabinowitz et al. 1986)。但我觉得在这里仍值得再次强调。

目前,植物和动物自然群落承受的压力是巨大的,而且这种压力还在不断增加。自从达尔文在 150 年前发表《物种起源》以来,人口数量增加了 7 倍,人均能源消耗也增加了相似的倍数,从而使我们对地球生态系统的整体影响强度增加了 50 倍。Vitousek 等 (1986) 估计人类直接或间接地占用了大约 40% 的陆地净初级生产力,这个估计最近由美国陆地卫星对人类利用的土地进行监测所获得的图像所证实 (Sachs 2008)。更为特别的是,在 2008 年所固定的大气氮中,55% 来自 Harber-Bosch 工业化学过程,而非生物地球化学过程,尽管这些自然过程才是生物圈的创造者和维持者 (Sachs 2008)。

所有这些人类活动都对自然生态系统带给我们的服务功能产生了重要影响。目前生态系统服务功能的价值并不计入国民生产总值 (GDP) 的传统计量,粗略估计其价值,与传统经济学的全球 GDP 相当,甚至超过全球 GDP 总量 (Constanza et al. 1997)。最近的“千年生态系统评估” (Millennium Ecosystem Assessment,

MEA) 将这些不同的生态系统服务功能划分为 24 个大类 (Millennium Ecosystem Assessment 2005; May 2007), 其中有 15 个大类被评估为正在退化, 4 个大类得到改善 (主要与食物产出有关), 剩余的 5 个大类, 由于目前认识不够, 还不能很好地给予评估。

人类为了满足自身需要, 是如何改变栖息地和生态系统的, 又是怎样对特定物种和生态系统关键要素进行保护的? 了解这些尤其需要我们对生物多样性形成与维持的机制有更深入的理解。这并不是一件容易的事。许多纯粹的保护主义者会对我们人类是否能够真正深入地认识这些机制充满疑虑。然而, 人们对马赛克般的退化栖息地和对精心建立的保护区持续增长的威胁却司空见惯, 各种紧张关系也随之形成。Terborghs (1983) 撰写的 *Five New World Primates* 是这一领域的先驱性工作。

总之, 该书的出版是很及时的, 它对我们当下已知的、未知的生物多样性知识提供了全面和权威的阐述, 为我们提供了一个集有效信息和技术于一体的工具箱, 同时也为今后需要进一步研究的领域提供了指引。

Robert M. May
牛津大学动物学系

目 录

第 1 章 测量和评估生物多样性的挑战与机遇	1
1.1 引言	1
1.2 研究现状	2
1.3 本书梗概	3
致谢	8

第一部分 测量的基本问题

第 2 章 物种多样性和多度调查中的采样问题	11
2.1 引言	11
2.2 研究现状	12
2.2.1 设定采样目的	12
2.2.2 重要的合作伙伴：统计学家	12
2.2.3 采集什么物种	13
2.2.4 去哪里采样	14
2.2.5 偏差、误差和精度	15
2.2.6 如何采样	19
2.2.7 定量采集到的样本	21
2.2.8 什么时候开展采样	23
2.2.9 样本量	23
2.2.10 对比不同调查的信息	26
2.2.11 准备野外调查	26
2.3 展望	27
2.4 要点	27
第 3 章 生物多样性监测：关于可检测性	29
3.1 引言	29
3.2 研究现状：选择什么样的生物多样性指数？	30

3.3 可检测性：物种计数与物种多样性监测有关吗？ 32

 3.3.1 个体可检测性 32

 3.3.2 估计个体的可检测性 34

 3.3.3 物种可检测性 36

3.4 案例研究：英国种鸟调查（BBS） 38

3.5 讨论 41

3.6 展望 43

3.7 要点 43

致谢 44

第二部分 多样性

第 4 章 物种丰富度估计 47

 4.1 引言 47

 4.2 研究现状 48

 4.2.1 生物多样性数据的抽样模型 48

 4.2.2 物种累积曲线 51

 4.2.3 沿着上升的物种累积曲线 52

 4.2.4 物种丰富度与物种密度 53

 4.2.5 基于个体的稀疏化 55

 4.2.6 基于样本的稀疏化 57

 4.2.7 稀疏化的假设 58

 4.2.8 估计物种丰富度的渐近线 59

 4.2.9 比较物种丰富度渐近线的函数 63

 4.2.10 估计样本数据物种丰富度的软件 65

 4.3 展望 65

 4.4 要点 66

 致谢 66

第 5 章 物种多样性的测量 67

 5.1 引言 67

 5.2 研究现状 73

 5.2.1 用方差表示物种多样性 74

 5.2.2 用信息表示物种多样性 75

5.2.3	传统的物种多样性指数	76
5.2.4	实测样本和生态样本的差异：用实测样本来估算物种多样性 组分	77
5.2.5	生态样本之间异质性的检测	78
5.3	展望	80
5.4	要点	80
第 6 章	组成相似性与 β 多样性	81
6.1	引言	81
6.2	研究现状	82
6.2.1	相对组成相似性指数和相对组成差异性指数	83
6.2.2	多样性与组成相似性	93
6.2.3	集群间差异性和相似性的统计估计	100
6.3	展望	101
6.4	要点	102
第 7 章	测量时空上的生物多样性	103
7.1	引言	103
7.2	研究现状：变化的时间尺度和群落边界	104
7.3	测量什么？	106
7.4	估算时间上的变化	108
7.4.1	时间周转率：物种-时间曲线	108
7.4.2	时间周转率：周转指数	109
7.4.3	用物种多度分布来评估变化	111
7.4.4	用生物多样性指数来估计变化	112
7.5	测量变化速率的变化	113
7.6	用时间变化阐明群落结构	113
7.7	多样性在时间和空间尺度上的解析	114
7.8	展望	114
7.9	要点	115

第三部分 分 布

第 8 章	常见性与稀有性	119
8.1	引言	119

8.2	研究现状	120
8.3	生态学的常见性和稀有性	120
8.4	评估常见性和稀有性	125
8.5	展望	126
8.6	要点	127
第 9 章	物种多度分布	128
9.1	引言	128
9.2	研究现状	130
9.2.1	SAD 的可视化方法	130
9.2.2	SAD 的参数化方法	134
9.2.3	SAD 的非参数法	138
9.2.4	针对 SAD 的多元方法	138
9.3	识别有效和简洁的 SAD 测量指数	139
9.3.1	效率和偏差	140
9.3.2	测量指数的独立性	141
9.3.3	有效和简洁的 SAD 指数的综合评价	147
9.4	展望	148
9.5	要点	149
	致谢	149
第 10 章	物种多度分布模型的拟合和评估	151
10.1	引言	151
10.2	研究现状	153
10.2.1	物种多度模型	153
10.2.2	获得预测多度	154
10.2.3	参数选择	155
10.2.4	拟合优度检验	161
10.2.5	模型比选	164
10.3	展望	167
10.3.1	物种多度模型的抽样理论	167
10.3.2	参数估计	167
10.3.3	拟合优度检验	168
10.3.4	模型比选	169
10.3.5	结论	169

10.4 要点	170
第 11 章 物种的出现和占居	172
11.1 引言	172
11.2 研究现状	174
11.2.1 占居与面积的关系	174
11.2.2 占居与多度的关系	176
11.2.3 物种占居分布	180
11.3 展望	182
11.4 要点	184
致谢	184
第 12 章 测量生物多样性的空间结构	185
12.1 引言	185
12.1.1 关注什么样的空间结构?	186
12.1.2 记录的变量数: 格局或关联	188
12.1.3 数据类型	188
12.2 研究现状	191
12.2.1 估算强度 (一阶效应)	192
12.2.2 距离效应 (二阶效应)	200
12.2.3 两个变量之间的关联	203
12.2.4 可用的软件	207
12.3 展望	208
12.4 要点	208
致谢	209

第四部分 多样性测量的替代方法

第 13 章 性状与功能多样性的引论	213
13.1 引言	213
13.1.1 一般性定义	213
13.1.2 普遍意义	213
13.1.3 性状与功能多样性的研究简史	214
13.2 研究现状	217
13.2.1 概述	217

13.2.2	性状与功能多样性指数	217
13.2.3	性状多样性的组分解析	226
13.2.4	方法的问题	226
13.2.5	概念上的问题	230
13.3	展望	235
13.3.1	建议	235
13.3.2	今后的方向	237
13.4	要点	238
	致谢	238
第 14 章	谱系多样性测量	239
14.1	引言	239
14.1.1	综述	239
14.1.2	谱系多样性研究近况	242
14.2	研究现状	243
14.2.1	零模型	246
14.2.2	模拟分析	246
14.2.3	模拟结果	247
14.3	展望	252
14.3.1	生物保护中的谱系多样性	252
14.3.2	群落生态学中的谱系多样性	253
14.3.3	多度与出现-未出现数据	254
14.4	要点	255
第 15 章	生物多样性评估的遗传学方法	256
15.1	引言	256
15.2	生物多样性评估的遗传学基础	257
15.2.1	线粒体、叶绿体和核 DNA	257
15.2.2	基因组技术	259
15.3	生物多样性的评价	259
15.3.1	采用线粒体 DNA 和核 DNA 评价生物多样性的系统发生	259
15.3.2	生物多样性的非介入检测	260
15.3.3	生物多样性评估中的 DNA 条形码	261
15.3.4	生物多样性评估的基因组技术	266

15.4 展望	267
15.5 要点	268

第五部分 应 用

第 16 章 微生物多样性和生态学	271
16.1 引言	271
16.2 多样性概念	273
16.3 系统发育学	273
16.4 用作进化钟的 rRNA	273
16.5 评价多样性的方法	274
16.5.1 基于 PCR 的方法	274
16.5.2 焦磷酸测序技术	277
16.5.3 宏基因组学	278
16.6 采样、规模和阈值	280
16.7 估计多样性的数学工具	281
16.7.1 累积曲线	282
16.7.2 Chao 氏非参数估计	282
16.7.3 基于假设分布的参数估计	283
16.7.4 从数据推断分布来估计多样性	284
16.8 所需样本量的估计	286
16.9 深度宏基因组分析	286
16.10 展望	287
16.11 要点	287
第 17 章 生物多样性与干扰	289
17.1 引言	289
17.2 什么是干扰?	290
17.2.1 干扰来源	290
17.2.2 时间尺度	291
17.2.3 空间尺度	291
17.2.4 强度	291
17.2.5 特异性	292
17.2.6 小结	292

17.3	研究现状：测量干扰对生物多样性的影响	292
17.3.1	单变量指数	292
17.3.2	基于物种多度分布的指数	297
17.3.3	多元分析	303
17.4	展望	305
17.5	要点	307
	致谢	307
第 18 章	人为管理景观中的生物多样性测定	308
18.1	引言	308
18.2	研究现状	310
18.2.1	生物多样性测定的目标	310
18.2.2	生物学指标和监测	312
18.2.3	为管理服务的生物多样性测定	315
18.2.4	用于多样性测定的矩阵模型	319
18.3	展望	322
18.4	要点	322
	致谢	323
第 19 章	基于化石记录估计物种灭绝	324
19.1	引言	324
19.2	研究现状	325
19.2.1	基本指标	325
19.2.2	存活曲线	327
19.2.3	取样的重要性	328
19.2.4	相关研究	330
19.2.5	基于出现的多样性估计	331
19.2.6	间隙分析	332
19.3	展望	337
19.4	要点	338
第 20 章	估计物种密度	340
20.1	引言	340
20.1.1	问题：什么是物种密度	340
20.1.2	定义物种密度	341
20.1.3	在关注环境的时代，物种密度具有新意义	342

20.2 数据集	343
20.2.1 数据描述	343
20.2.2 数据处理	343
20.2.3 NP: A 的替代	344
20.3 密度估算	346
20.3.1 第一个密度估算	346
20.3.2 相同样地大小的数据子集的密度估算	346
20.4 SPAR 中的曲率	348
20.5 降低偏差	349
20.5.1 外推法	349
20.5.2 基于稀有种频率的估计量	350
20.6 降低偏差的应用	351
20.7 在整个弗吉尼亚州的尺度上验证我们的结果	353
20.8 为什么重视物种密度	353
20.8.1 物种密度作为环境指标	353
20.8.2 物种密度作为研究主题	355
20.9 要点	355
致谢	356

第六部分 结 论

第 21 章 总结与展望	359
参考文献	363
索引	421
译后记	429