

森林生态系统鼠类与 植物种子关系研究

——探索对抗者之间合作的秘密

Studies on the Rodent-Seed Interactions of Forest Ecosystems
— Exploring the Secrets of Cooperation between Antagonists



张知彬 主编



科学出版社

森林生态系统鼠类与植物种子关系研究

——探索对抗者之间合作的秘密

张知彬 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

全书系统探讨了鼠类贮藏植物种子的生态过程和由此而产生的种群生态学、群落生态学、动物行为学和进化生物学等科学问题。全书共分 10 章,第一章至第三章主要介绍学科背景、科学问题、基本概念、理论体系及研究方法,第四章至第九章主要介绍本书作者及合作团队近 20 年来取得的研究成果,第十章做了简要的综合与展望。

本书适合从事生态学、动物学、植物学及进化生物学等方面的教师、学生及其他读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

森林生态系统鼠类与植物种子关系研究:探索对抗者之间合作的秘密/
张知彬主编. —北京:科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-057938-6

I. ①森… II. ①张… III. ①森林生态系统—鼠科—关系—树木—种子—研究 IV. ①Q959.837 ②S722

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 127622 号

责任编辑:王 静 马 俊 李 迪 郝晨扬/责任校对:严 娜

责任印制:吴兆东/封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019 年 3 月第一次印刷 印张:22 3/4

字数:540 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者名单

(按姓氏汉语拼音排序)

- 曹 林 中国科学院西双版纳热带植物园
电子邮箱: caolin@xtbg.org.cn
- 常 罡 陕西省动物研究所
电子邮箱: snow1178@snnu.edu.cn
- 陈 琼 中国科学院西双版纳热带植物园
电子邮箱: qiong0552@163.com
- 陈晓宁 陕西省动物研究所
电子邮箱: nnicoles@163.com
- 程瑾瑞 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: cheng-jr@163.com
- 封 托 陕西省动物研究所
电子邮箱: fengtuo@ms.xab.ac.cn
- 顾海峰 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: guhf@ioz.ac.cn
- 韩 宁 陕西省动物研究所
电子邮箱: mirroring@qq.com
- 侯 祥 陕西省动物研究所
电子邮箱: 526957841@qq.com
- 李海东 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: lihd@ioz.ac.cn
- 李宏俊 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: lihj@ioz.ac.cn
- 路纪琪 郑州大学生命科学学院
电子邮箱: lujq@zzu.edu.cn
- 潘永良 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: 02402@zjhu.edu.cn
- 仝 磊 郑州大学生命科学学院
电子邮箱: tongsanshi@163.com

- 王 博 中国科学院西双版纳热带植物园
电子邮箱: yangblue@xtbg.org.cn
- 王 京 陕西省动物研究所
电子邮箱: wangjing122411@yeah.net
- 王 昱 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: weiming312@163.com
- 王振宇 江西师范大学生命科学学院
电子邮箱: zhenyuwang1983@163.com
- 肖治术 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: xiaozs@ioz.ac.cn
- 严 川 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: yanchuan@ioz.ac.cn
- 杨锡福 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: yangxifu@ioz.ac.cn
- 杨月琴 河南科技大学农学院
电子邮箱: yyqyxf@126.com
- 易现峰 江西师范大学生命科学学院
电子邮箱: ympclong@163.com
- 于 飞 河南师范大学生命科学学院
电子邮箱: yufei@htu.cn
- 张洪茂 华中师范大学生命科学学院生态与进化生物学研究所
电子邮箱: zhanghm@mail.ccnu.edu.cn
- 张明明 河南科技大学农学院
电子邮箱: zmm.ivy@163.com
- 张义锋 郑州大学生命科学学院
电子邮箱: zhangyf138@163.com
- 张知彬 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: zhangzb@ioz.ac.cn
- 赵清建 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
电子邮箱: zhaoqingjian88@163.com

序

鼠类是哺乳动物中最大的一个类群，种类多、繁殖快、适应能力强，广布世界各地和各类生态环境中，是研究进化生物学、生态学的理想对象。很多鼠类是人类的伴生种，由于其危害农作物、破坏草场和森林、传播疾病等，是威胁农业可持续发展、生态环境保护及人类健康的重要有害生物之一。因此，害鼠与苍蝇、蚊子、臭虫（蟑螂）一起被国家卫生部门列为除四害的对象之一，与病、虫、草一起被农业部（现已更名为“农业农村部”）列入四大植保防治对象之一。

长期以来，鼠类一般都被作为有害动物来看待。但是，从生物多样性的概念出发，我们不能把自然界中的任何生物类群划分为有益或有害。首先，鼠类是生态系统中的重要一员，它们是一些食肉动物的食物来源，它们的挖掘活动对土壤起到疏通作用，它们对植物的取食可加速植物分解、营养和矿物质循环，它们对植物种子的搬运、扩散有利于植物更新和繁衍。总之，它们在维持生物多样性与生态系统功能、保持生态平衡与健康等方面发挥着十分重要的作用。其次，许多鼠类被驯化为实验鼠，是生物学、心理学、医学与健康等研究领域的重要模型动物，为科学发展和人类健康做出了重要贡献。从这个角度看，鼠类对人类及生态系统是有益的。但是，相对于鼠类的有害作用，有关鼠类有益作用的研究非常欠缺，该书的出版正好弥补了这一不足。

动物与植物的关系历来是生态学、进化生物学研究热点之一。与昆虫传粉系统、鸟类种子传播系统不同，鼠类与植物种子的关系是一个既包含捕食关系又包含互惠关系的互作网络，在觅食行为、合作起源、协同进化、趋同进化、生态系统稳定性等研究上具有极其重要的理论价值和意义。国外在这个领域的研究起步较早，我国主要从 20 世纪 90 年代末开始研究。该书的主编张知彬先生是在研究鼠害防治的同时也关注鼠类生物学及其在生态系统中的作用的优秀科学家，他所领导的团队是我国这个研究领域的骨干力量。值得肯定的是，他们的研究一开始就具有很强的目标性、计划性、协同性和长期性。试验地点涵盖我国主要的植被类型和气候带，采用统一的调查方法，设置固定的样地，建立半自然围栏，坚持长期的野外观测和试验。有的研究长达近 20 年，连续标记、释放和追踪种子达十余万粒。这种系统、长期、规模化的研究对于解决复杂多变的生态学问题是十分必要的。由于这个团队长年累月、持之以恒的坚持及密切合作，取得了一批重要的科研成果：提出了测定鼠类与植物种子互作关系及强度的种子标签法和红外相机跟踪法，发现了中等大小种子具有最大的扩散适合度，种子的吸引与防御特征兼具权衡和均衡关系，捕食与反捕食促进了鼠类与植物种子之间的互惠，种子应对鼠类切胚或去根的再生机制、对抗者之间的合作有利于共存和稳定等。这些研究成果丰富和发展了动

植物关系领域的相关理论与体系，使我国在国际该领域研究中占据了一席之地。另外，这些研究也理清了我国各类森林生态系统中影响森林种子更新的关键类群，明确了鼠类与植物种子，以及与森林生态系统健康的关系，对于今后我国森林生态系统的保护及恢复工作也具有重要的参考价值。

陈全功

中国科学院院士

2018年3月于北京

前 言

鼠类与植物种子的关系是森林生态系统的重要组成部分,在维持生物多样性及生态系统功能上发挥着关键作用,是反映森林生态系统健康状况的重要指标之一。植物种子富含营养,以吸引鼠类扩散、贮藏,达到自然更新和拓展生存空间的目的,同时其作为被捕食者,也为鼠类提供食物。鼠类取食种子,是植物的捕食者,其也扩散、贮藏植物种子,有利于植物种子更新,又是植物种子的扩散者。因此,鼠类与植物种子之间形成了互惠与捕食的双重关系。它们之间既对抗又合作,在时间、空间、数量多个维度上处于不断的演化过程中。这种对抗者之间如何合作以达到双方共赢和生态平衡,是生态学、动物学、植物学及进化生物学工作者最感兴趣的问题。

鼠类与植物种子关系研究涉及贮藏行为、种子命运、互作网络、协同进化等诸多方面。国外的有关研究开始比较早,我国的研究主要起步于 20 世纪 90 年代末,且研究比较系统和持久。本书作者在云南西双版纳热带森林,四川都江堰亚热带森林,北京、秦岭及河南暖温带森林,东北小兴安岭寒温带森林 6 个典型森林生态系统开展了长达近 20 年的鼠类与植物种子关系的研究,取得了一系列进展,这些成果丰富和发展了有关动植物相互作用方面的生态学理论、方法与体系。本书一方面介绍了本领域的基本理论、概念和方法,另一方面介绍了本书作者及合作团队近 20 年来所取得的科研成果和进展。

本书共分 10 章。第一章“绪论”由张知彬完成。第二章“基本概念和理论”由李宏俊、肖治术、张洪茂、王昱、常罡、程瑾瑞、王振宇、赵清建、路纪琪、曹林、张知彬完成。第三章“森林鼠类与植物种子相互关系研究方法”由张洪茂、顾海峰、杨锡福、严川、赵清建、易现峰、李宏俊完成。第四章“东北小兴安岭地区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由易现峰、杨月琴、张明明、于飞、潘永良、王振宇完成。第五章“北京东灵山地区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由张洪茂完成。第六章“河南太行山区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由张义锋、路纪琪完成。第七章“秦岭地区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由常罡、陈晓宁、韩宁、侯祥、王京和封托完成。第八章“四川都江堰地区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由肖治术、常罡、李海东、顾海峰、杨锡福、赵清建、严川完成。第九章“云南西双版纳地区森林鼠类与植物种子相互关系研究”由曹林、王振宇、王博、陈琼、张义锋、仝磊、路纪琪完成。第十章“综合与展望”由张知彬完成。全书由张知彬统稿。

截至书稿完成,本书作者主要承担了科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院等课题 40 余个,包括科技部国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB109100、2007BC109102)、国家自然科学基金委员会重点项目(31330013、30430130、30930016)、国家自然科学基金委员会面上项目(31470113、31772471、31372212、31240470、31100283、31172101)、国家自然科学基金委员会青年科学基金项目(31500347、31301891)、中国科

学院战略性先导科技专项 (B 类) (XDB11050000、XDB11050300)、中国科学院重点部署项目 (KJZD-EW-TZ-L01)、陕西省自然科学基金项目 (2014JM3066)、河南省高等学校重点科研项目 (16A180039)、中国博士后科学基金项目 (2016M592304)、陕西省科学院科技计划项目 (2015k-26)、森林与土壤生态国家重点实验室开放基金课题 (LFSE2015-01)、农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室开放课题 (ChineseIPM1404) 等; 发表论文 200 余篇, 培养研究生 50 余人。

衷心感谢科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院、农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室等对相关研究课题的资助。感谢国家自然科学基金委员会原主任陈宜瑜院士为本书作序。感谢科学出版社的编辑对本书的编辑和出版事宜给予的指导与支持。感谢本书全体作者对书稿撰写所做出的努力和贡献。感谢课题承担人员和参与人员对该项研究所做出的贡献。感谢 *Wiley*、*Springer*、*Oxford*、*Elsevier*、*CSIRO* 及 *Brill* 等出版商在版权使用上给予的支持。

由于作者的水平有限, 书中不足之处在所难免, 敬请读者批评指正。

张知彬

2018 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 研究范围	1
一、动物贮食行为学研究	2
二、种子命运研究	2
三、捕食关系及协同进化研究	2
四、互惠关系及协同进化研究	3
五、鼠类种群和群落动态研究	4
六、互惠网络研究	4
七、森林生态系统保护研究	5
参考文献	5
第二章 基本概念和理论	7
第一节 动物的贮食行为	7
一、动物的贮食及其意义	7
二、动物的贮食和管理	10
三、多次贮藏	17
第二节 动物介导的种子扩散及更新模式	20
一、种子扩散的意义	20
二、种子更新的关键过程	20
三、影响种子命运的主要因素	21
第三节 种间互作与协同进化	27
参考文献	31
第三章 森林鼠类与植物种子相互关系研究方法	47
第一节 鼠类分散贮食行为研究方法	47
一、种子的标记与追踪	47
二、鼠类的标记与识别	53
三、研究环境	55
第二节 鼠类-种子互作研究规范与标准	56
一、种子扩散	56
二、种子雨	61
三、鼠类监测	63
四、围栏实验	64

五、附件	66
第三节 红外相机-种子标签法	68
第四节 鼠类-种子互作网络参数测定	77
一、种子雨调查	77
二、鼠类群落调查	78
三、种子标记技术	78
四、红外相机监测技术	79
五、种子和鼠类物种多样性	79
六、鼠类-种子互作网络参数	79
参考文献	81
第四章 东北小兴安岭地区森林鼠类与植物种子相互关系研究	87
第一节 概述	87
第二节 研究地区概况	87
一、自然地理	87
二、植物区系	88
三、兽类和鸟类区系	88
第三节 研究对象	89
一、主要树种	89
二、主要贮食鼠类	92
三、主要贮食鸟类	95
第四节 主要树木种子产量的年际变化	96
一、调查方法	96
二、结实量的年际动态	97
第五节 研究地区主要鼠类捕获率的年际变化	98
一、调查方法	98
二、鼠类捕获率	98
第六节 小兴安岭地区鼠类的食性和贮食行为	98
第七节 种子特征对鼠类贮食行为的影响	100
一、种子大小和单宁含量的影响	100
二、种子大小对鼠类多次分散贮食的影响	101
三、贮食鼠类对种子大小和重量的权衡	101
四、鼠类部分取食蒙古栎橡子对其幼苗建成的影响	102
五、昆虫蛀食对鼠类贮食行为及幼苗建成的影响	102
六、种子量对花鼠贮食行为的影响	103
第八节 贮食鼠类与植物种子的相互作用	103
一、野外条件下鼠类对林木种子的扩散和贮藏	103
二、围栏条件下鼠类对林木种子的扩散和贮藏	104

三、同域分布的两种榛属植物大年结实对种子命运的影响	105
四、种间和种内干扰竞争对花鼠分散贮食行为的影响	106
五、种子相对占有量对鼠类分散贮食行为的影响	106
六、鼠类对种子的体内传播作用	107
七、子叶被取食和损伤对种子命运及幼苗建成的影响	108
八、利用稳定同位素标记研究鼠类种子扩散	109
第九节 植物种子结实动态及其对鼠类种群的影响	110
一、毛榛和蒙古栎种子结实动态及其与气候因子的关系	110
二、花鼠和大林姬鼠的种群波动及其与种子产量的关系	112
三、蒙古栎橡子和象甲幼虫对花鼠及大林姬鼠的影响	113
第十节 花鼠的贮食行为研究	114
一、花鼠对白栎橡子的剥皮贮食行为	114
二、花鼠分散贮食的行为基础	115
三、花鼠分散贮食行为与海马细胞增殖的关系	116
四、花鼠对贮藏点的空间记忆和找回机制	117
五、空间记忆对花鼠分散贮食行为的影响	117
六、视觉标识物对花鼠分散贮食点选择的影响	118
七、贮藏点深度及大小对花鼠盗食的影响	119
八、土壤含水量对花鼠定向扩散种子的影响	119
九、嗅觉对花鼠分散贮食行为的影响	120
十、种子气味对花鼠空间记忆的影响	120
第十一节 总结与展望	120
一、本地区取食、扩散植物种子的主要鼠类	120
二、本地区被鼠类取食和扩散的主要林木种子	121
三、本地区植物和鼠类种群动态	121
四、植物种子扩散之间的竞争与合作	121
五、本地区鼠类特性与贮食行为	122
六、种子特性与种子命运	122
七、本地区鼠类-植物种子相互关系研究的特色	123
八、森林保护建议	124
九、今后研究方向	124
参考文献	125
第五章 北京东灵山地区森林鼠类与植物种子相互关系研究	128
第一节 概述	128
第二节 研究地区概况	131
一、自然地理	131
二、植物区系	132

三、兽类区系.....	133
第三节 研究对象.....	133
一、鼠类.....	133
二、研究树种.....	135
第四节 鼠类及其贮食行为.....	137
一、同域分布的鼠类对林木种子取食和贮藏的差异.....	137
二、种内、种间竞争对鼠类贮食行为的影响.....	140
三、盗食对鼠类贮食行为的影响.....	146
四、食物资源量对鼠类贮食行为的影响.....	151
五、野外经历及年龄对鼠类贮食行为的影响.....	152
第五节 植物结实特征.....	153
一、种子雨及种子产量.....	153
二、种子的形态和营养特征.....	157
第六节 鼠类对植物种子的取食、贮藏和扩散.....	159
一、鼠类对植物种子的取食和贮藏选择.....	159
二、鼠类对常见树种种子的贮藏和扩散.....	163
三、鼠类对近缘树种种子扩散和种群更新的影响.....	166
第七节 总结与展望.....	174
参考文献.....	177
第六章 河南太行山区森林鼠类与植物种子相互关系研究.....	180
第一节 概述.....	180
第二节 研究地区概况.....	180
一、自然地理.....	181
二、植物区系.....	181
三、动物区系.....	182
第三节 栓皮栎的种子雨和萌发.....	183
一、栓皮栎种子雨的时间动态.....	184
二、栓皮栎种子雨的组成.....	184
三、埋藏深度对栓皮栎种子发芽及建苗的影响.....	185
第四节 昆虫与栓皮栎种子互作研究.....	188
一、昆虫对栓皮栎种子的蛀食.....	188
二、虫蛀对种子理化特征的影响.....	189
三、虫蛀与种子发芽.....	191
第五节 鼠类-林木种子的相互作用.....	194
一、鼠类对栓皮栎种子的扩散.....	195
二、鼠类对栓皮栎种子的贮藏前处理.....	196
三、鼠类去根对栓皮栎种子建苗的影响.....	199

四、林木间伐对种子扩散的影响	201
五、鼠类对多种种子的选择与扩散	203
六、种子产量大小年与种子扩散的关系	206
七、单宁对鼠类扩散种子的影响	208
八、鼠类对不同单宁含量种子的选择与贮藏	208
九、生境对种子扩散的影响	211
十、种子扩散的季节间差异	212
第六节 总结与展望	217
参考文献	218
第七章 秦岭地区森林鼠类与植物种子相互关系研究	220
第一节 概述	220
第二节 研究地区概况	220
一、自然地理	220
二、植物区系	222
三、啮齿动物区系	224
第三节 鼠类群落结构	224
第四节 4种壳斗科植物种子雨的动态变化	225
第五节 围栏条件下鼠类对壳斗科植物种子的贮食行为	227
一、同域分布的鼠类对种子的贮食行为差异	227
二、食物源与巢穴间距离对中华姬鼠贮食行为的影响	229
第六节 野外条件下鼠类对壳斗科植物种子的扩散	230
一、森林鼠类对秦岭南坡3种壳斗科植物种子扩散的差异	230
二、秦岭南北坡森林鼠类对板栗和锐齿槲栎种子扩散的影响	230
三、种子大小年和鼠类数量对秦岭南坡锐齿槲栎种子扩散的影响	231
第七节 种子-昆虫-鼠类相互关系研究	233
一、野外和实验室条件下鼠类对虫蛀种子的选择策略差异	233
二、昆虫蛀食对鼠类介导下锐齿槲栎种子扩散的影响	233
三、秦岭南坡短柄枹栎和锐齿槲栎的种子产量、种子大小及其与昆虫寄生的关系	235
第八节 总结与展望	236
参考文献	238
第八章 四川都江堰地区森林鼠类与植物种子相互关系研究	240
第一节 概述	240
第二节 研究地区概况	241
一、般若寺样地概况	242
二、都江堰亚热带森林植被及果实特征	243
三、果实组成及种子扩散特征	244

四、中小型兽类群落组成	247
五、森林演替对小型兽类多样性的影响	248
第三节 鼠类的贮食行为及其影响因素	249
一、同域分布的鼠类的贮食行为分化	251
二、同种竞争者的存在对鼠类贮食行为的影响	252
三、食物资源量对鼠类贮食行为的影响	253
四、巢的位置对鼠类贮食行为的影响	255
五、捕食压力对鼠类贮食行为的影响	256
六、种子大小和萌发时间对鼠类贮食行为的影响	259
七、分散贮藏与盗食收益比较	260
八、森林植物种子-鼠类互作网络研究	264
第四节 松鼠与橡子之间的博弈对策	267
一、松鼠利用橡子的适应对策	268
二、橡子防御动物取食的适应对策	273
第五节 鼠类在种子扩散和森林更新中的贡献	274
一、评价鼠类的分散贮食对植物的相对贡献	274
二、基于种子产量和种子大小评估动物对种子存活与扩散的影响	276
三、鼠类对壳斗科植物种子命运的影响	280
四、鼠类对鲜果类种子命运的影响	282
五、评价鼠类分散贮食所导致的同域种子之间的间接影响	282
第六节 总结与展望	286
参考文献	288
第九章 云南西双版纳地区森林鼠类与植物种子相互关系研究	292
第一节 概述	292
第二节 研究地区概况	292
一、植物区系	292
二、研究样地植被类型	293
三、研究鼠种	293
四、林木种子的选择	294
第三节 主要树种的种子雨及其年间动态	295
第四节 森林鼠类群落组成及其时间动态	296
一、群落组成	296
二、时间动态	298
第五节 鼠类贮食行为及鼠类-种子捕食和互惠关系	300
一、种子特征决定鼠类-植物种子间捕食和互惠关系的形成	300
二、同域分布的鼠类的贮食行为	300
三、鼠类对植物种子的定向扩散	302

四、种间竞争对鼠类贮食行为的影响	305
第六节 种子的再生能力对幼苗建成的影响	306
第七节 鼠类对植物种子大小的选择及其对扩散适合度的影响	309
一、同域分布的鼠类对种子大小的选择差异	309
二、在扩散不同阶段鼠类对种子大小的选择及其对扩散适合度的影响	309
第八节 人为干扰及森林片断化对鼠类与植物种子相互关系的影响	312
一、森林片断化对鼠类群落组成和活动强度的影响	312
二、森林片断化对鼠类捕食和扩散策略的影响	315
三、人为干扰下鼠类对植物种子的扩散作用	316
第九节 总结与展望	318
一、常见鼠类的贮食行为	318
二、植物种子萌发与鼠类切根之间的“军备竞赛”	319
三、在扩散不同阶段鼠类对种子大小的选择差异	319
四、人类活动干扰对鼠类与植物种子相互关系的影响	320
五、展望	320
参考文献	320
第十章 综合与展望	323
第一节 概述	323
一、各地区鼠类贮藏种子的行为策略	323
二、鼠类影响下主要植物的种子命运及更新成功率	324
三、鼠类影响下植物种子的吸引特征、防御特征及其权衡与均衡	326
四、影响鼠类贮食行为及植物种子命运的关键因素	327
五、鼠类与植物种子之间的互惠关系及协同进化	329
第二节 重要进展	332
第三节 几点建议	334
一、坚持野外、长期、系统的研究	334
二、探讨森林生态系统鼠类及植物多物种共存的机制	334
三、解析鼠类-植物种子互惠与捕食网络的结构和功能及稳定机制	335
四、探究捕食者与被捕食者之间合作的起源及意义	336
五、阐明鼠类贮食行为的生物学机制与过程	337
六、发展更为先进有效的鼠类-植物种子关系研究方法	337
参考文献	338
附录 本书作者所发表的与本书相关的论文	340

第一章 绪 论

第一节 概 述

森林生态系统是陆地上重要的生态系统，包括北方针叶林、温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带雨林等。森林生态系统拥有最为丰富的生物多样性，具有为人类生存提供食物、氧气以及固碳、保持水土等众多服务功能，在全球生态平衡和稳定方面发挥着关键作用，有“地球之肺”之称。然而，受森林砍伐、狩猎、放牧、污染等不断加剧的影响，全球范围内森林生态系统面积急剧减少，森林碎片化日趋严重，物种灭绝和生物多样性的丧失速度加快，导致森林生态系统的结构和功能严重退化，对人类的生存环境构成重大威胁。因此，加强森林生态系统结构与其对全球变化的响应等研究非常必要且十分迫切。

在森林生态系统中，植物种子更新至关重要，它是维持森林生态系统生存的关键。许多植物在生长季节产生大量种子，依靠动物、风等作用散布开来，等到环境条件有利时萌发、建成幼苗，一是补充死亡的个体，二是开拓新的生存空间，三是加大基因交流。如果植物不能成功地实现种子更新，就意味着物种延续将面临危险，甚至导致物种灭绝。许多植物极大地依赖动物（包括昆虫、鸟类、兽类、两栖和爬行动物）传播种子、实现更新，特别是在风力较小的环境（如热带雨林）中或者种子较大的植物。种子通常富含营养，是许多动物喜欢的食物。动物既可直接取食种子，满足当前能量的需求，又具有贮藏种子的行为，以度过未来食物短缺的时期。动物通过两种方式贮藏种子：一是集中贮藏（larder hoarding）（Preston and Jacobs, 2001），即把收集来的种子集中贮藏在其洞穴或临时栖居场所，通常有少量贮藏点，每个贮藏点有大量种子，这种贮食行为不利于植物种子更新；二是分散贮藏（scatter hoarding）（Preston and Jacobs, 2001），即把收集来的种子分散地贮藏在其巢域周围，通常有大量贮藏点，每个贮藏点有少量种子，这种贮食行为有利于植物种子更新，因为动物往往把种子埋藏于枯枝落叶或土层下，有些种子会被动物遗忘，从而有机会萌发、建成幼苗。由此可见，植物种子与动物之间既存在捕食关系（动物取食或集中贮藏种子），又存在互惠关系（动物扩散并分散贮藏种子），保持这两种关系的生态平衡对于维持森林生态系统的生物多样性、稳定性及健康至关重要。所以，森林动物与植物种子关系的研究是当前森林生态学研究的一个重要领域。

第二节 研究范围

动物与植物种子互作关系的研究内容颇为广泛，归纳起来，大致涉及如下几个层面。