



INTRODUCTION TO
THE SCIENCE OF ALIEN SPECIES INVASION

外来物种入侵科学导论

李宏 许惠/著



科学出版社

外来物种入侵科学导论

李宏 许惠 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要包含生物入侵的科学原理、管理和哲学等内容,前三章包括生物入侵的基本概念、入侵生物学理论、生物入侵的科学研究方法。这部分主要从自然科学角度论述了生物入侵的有关内容。后三章包括生物入侵与人类社会活动的关系,防治生物入侵的立法对策和外来入侵物种的管理,以及生物入侵的哲学反思等内容。

本书适合生态学、环境科学、自然保护和资源管理等学科的高年级本科生和研究生阅读,也可作为从事相关学科研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

外来物种入侵科学导论 / 李宏, 许惠著. —北京: 科学出版社, 2016.1
ISBN 978-7-03-045620-5

I. ①外… II. ①李… ②许… III. ① 外来种—侵入种—侵扰—研究
IV. ①Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 208535 号

责任编辑: 王 静 李 迪 / 责任校对: 李 影

责任印制: 徐晓晨 / 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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2016 年 1 月第一次印刷 印张: 17 1/2

字数: 350 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

自序

一次偶然的机使我对生物入侵产生了强烈的兴趣，当时我在暑期休假，空闲的时间就到新华书店去逛一下，无意中翻到了生物入侵方面的书籍，从此就开始关注生物入侵这个领域的发展。正好学校也成立了环境科学这个学科，而生物科学与生态环境研究关系非常密切，为了培养学生的生态环境保护意识，我就申请开设了“人类社会与生物入侵”这门课，多年来有很多学生选学该门课程。通过不断的教学总结，我在头脑中逐渐形成了生物入侵的知识体系，后来参加国家环保部的生态环境调查项目，在野外考察期间发现了很多外来入侵物种，也就萌发了写作这本书的念头，其目的是唤起人们对生物入侵的警觉，自觉投入防治外来物种入侵的行动之中。

本书的编写可以说是有多种目的，一方面是使人们增强生态环境的保护意识；另一方面则是由于生物入侵的研究是一个综合性的领域，涉及的知识广泛，不仅有生物科学，也有统计学、人类学、法学、经济学和哲学等领域的知识，让更多的人逐渐转向生物入侵的研究才能使该领域有更好的发展。

中国的经济发展速度很快，每年的进出口额都在逐渐增加，经济的全球化使国民受益，但同时也引来了令人担忧的事情，就是生态环境的恶化，外来生物入侵正是引起生态环境恶化的主要因素之一。在发展国际贸易的同时，防治外来物种入侵已经十分必要。保护地球的生态环境，保护我们生存的家园，就是保护人类自己。读完本书之后，你也许会有所感悟，这就是编者的目的。让我们行动起来，防治外来生物入侵已经刻不容缓。

李 宏

2015年8月20日

前 言

近年来人们开始关注外来物种入侵的问题，主要源于生物入侵对生物多样性和生态环境的危害。引起生物入侵的因素很复杂，有自然的因素，也有人为的因素。人类在农业生产实践过程中，不断地引进外来物种，并通过商贸活动不断增加物种的迁移、引种和归化培养，外来生物在新环境下有时会表现出很强的适应能力，并排挤土著物种，其中有些会引起严重生态危害。

生物入侵现象在我们的生活环境中已经十分普遍，如水葫芦、紫茎泽兰、水花生、三叶草、小龙虾及福寿螺等已经随处可见，这些物种的生长优势非常明显，对农田、草场、水生环境都造成了很大的危害，防止外来生物入侵已经迫在眉睫。生物入侵与人类行为有密切关系，研究如何从立法的角度来规范人类行为，从源头上减少外来生物入侵，是十分重要也是十分必要的。

科学和技术的进步在不断推动人类社会和经济的发展，跨境贸易和旅游正在以不断增长的方式推动物种在全球的迁移，人类生活方式的变化以及生态环境发生的变化都可能影响到物种的生存，这种影响包括可能导致某些生物数量减少甚至濒临灭绝，也包括引起某些物种数量的迅速增加，分布区域不断的扩大。可以说人类在全球生态环境变化过程中扮演了重要的角色，生态环境的恶化也应该引起人类反思并促使我们对自身的行为作出正确的判断。

本书共分为6章，两大部分，第一部分介绍了自然科学的知识，主要包括第1章、第2章和第3章的内容，对生物入侵的基本概念、生物入侵的理论假说、外来入侵物种的基本特征及生物入侵的主要研究方法等进行了阐述。第二部分涉及人文科学的知识，包括法律、哲学方面的内容，由第4章、第5章和第6章组成，对生物入侵与人类活动之间的关系、生物入侵的立法思考及生态哲学等方面进行了阐述。第1章和第5章由许惠编写，第3章、第4章和第6章由李宏编写，第2章由许惠和李宏共同完成。

本书的写作过程中得到了重庆工商大学和环境与资源学院的领导及同事的大力支持和帮助，科学出版社生物分社的编辑同志也花费了许多心血。在初稿的写作方面，我们吸取了多位专家的意见，特别是在确定写作提纲时进行了几次商榷，最后达成了一致的观点。在此感谢各位专家、领导和同事的关心和支持，是他们

给了编者很大的勇气和动力来完成本书的写作。

有关生物入侵的研究正在促进入侵生物学的成熟和发展，作为一个新兴的学科，其发展速度很快，新的研究成果也很多，涉及的知识十分广泛。本书只是让读者对生物入侵有一个一般性的认识 and 了解，由于编者水平所限，不可能面面俱到，书中的不足之处在所难免，恳请同行和广大读者批评指正！

李 宏 许 惠

2015年8月20日

目 录

1 生物入侵概述	1
1.1 生物入侵的基本概念	1
1.1.1 什么是生物入侵	1
1.1.2 本地种与外来入侵物种	2
1.2 生物入侵是全球变化现象	4
1.3 生物入侵造成的经济损失	5
1.4 生物入侵对土著种的影响	7
1.4.1 生物入侵的广泛冲击	7
1.4.2 生物入侵引起的竞争	8
1.4.3 外来种入侵的遗传侵蚀	10
1.4.4 外来种入侵对土著种的其他影响	17
1.5 生物入侵对生态系统的影响	19
1.5.1 生物入侵对生态系统结构的影响	19
1.5.2 生物入侵对生态系统功能的影响	20
1.5.3 外来物种对生态系统稳定性的影响	21
1.5.4 生物入侵对物质生产的影响	23
1.6 生物入侵对人类健康和社会的影响	24
1.7 警示入侵者	26
2 外来物种的入侵生物学	27
2.1 生物入侵的模式与发生条件	27
2.1.1 生物入侵的几种模式	27
2.1.2 生物入侵的发生条件	27
2.1.3 群落可侵入性及其关键要素	28
2.2 外来物种的表型可塑性	32
2.2.1 表型可塑性和适应性	33
2.2.2 表型可塑性与入侵能力	33
2.3 外来物种的入侵行为学	34
2.3.1 外来物种的适应行为	34

2.3.2	外来物种的防御行为	35
2.3.3	动物的攻击和捕食行为	40
2.3.4	竞争和协调行为	41
2.4	外来物种入侵的生物学基础和特征	43
2.4.1	物种适应性进化的遗传学基础	43
2.4.2	外来种入侵的适应性生理生态特征	50
2.4.3	入侵种的繁殖适应性特征	50
2.4.4	入侵种的生长发育特征	52
2.4.5	常见外来入侵物种的细胞遗传特征	52
2.5	生物入侵的理论假说	93
2.5.1	多样性阻抗假说	93
2.5.2	天敌逃避假说	94
2.5.3	增强竞争力进化假说	96
2.5.4	化学武器假说	97
2.5.5	渐崩共生假说	97
2.5.6	促进共生假说	98
2.5.7	氮分配进化假说	98
2.5.8	强大的繁殖能力假说	99
2.5.9	土著适应性差假说	99
2.5.10	空生态位假说	100
2.5.11	资源机遇假说	100
2.5.12	生态位机遇假说	100
2.5.13	干扰假说	101
3	生物入侵研究的方法学	103
3.1	数学统计方法	103
3.1.1	多样性指数	103
3.1.2	生物入侵模型研究	105
3.1.3	连锁分析及连锁作图	113
3.1.4	QTL 定位分析方法	116
3.1.5	近交群体 QTL 作图	118
3.1.6	异交群体 QTL 作图	134
3.1.7	入侵物种适应性进化的统计分析	144
3.2	分子生物学方法	152

3.2.1 基因组分子标记.....	152
3.2.2 基因测序及分析.....	155
3.2.3 基因克隆及表达调控研究.....	159
3.3 细胞遗传学方法.....	160
3.3.1 染色体核型分析.....	160
3.3.2 染色体显带.....	161
3.3.3 化感效应及毒副作用分析.....	162
3.4 生物信息学与基因组学方法.....	163
3.4.1 基因组信息资源.....	163
3.4.2 入侵物种基因组研究.....	164
3.4.3 比较基因组分析.....	169
3.4.4 表观基因组分析.....	173
3.4.5 群体基因组分析.....	175
3.4.6 遗传基因组分析.....	178
3.4.7 生态基因组分析.....	179
4 外来物种入侵的人类因素.....	181
4.1 人类活动与外来物种入侵.....	181
4.1.1 人类活动是外来物种入侵问题的核心.....	181
4.1.2 引种和国际贸易对外来物种入侵的影响.....	185
4.1.3 移民对物种迁移的影响.....	189
4.1.4 战争强化了外来入侵物种的侵袭.....	189
4.1.5 国际邮件成为外来物种入侵渠道.....	196
4.1.6 跨境旅游为外来物种入侵提供了机遇.....	196
4.2 人类活动引起的生物入侵案例.....	197
4.2.1 海洋运输压舱水与外来物种入侵.....	197
4.2.2 水葫芦导致的生态危机.....	198
4.2.3 互花米草入侵海滨生态系统.....	199
4.2.4 绿化引起的植物入侵.....	200
4.2.5 世界各地的动物入侵概览.....	202
5 生物入侵的管理.....	211
5.1 构建公众参与机制防治生物入侵.....	211
5.2 加强对生态安全的认识.....	212
5.2.1 生态安全的重要性.....	212

5.2.2	生物入侵与生态环境安全	213
5.2.3	从全球战略角度认识生物入侵	214
5.3	外来入侵物种管理和防治的法律对策	215
5.3.1	外来生物入侵的立法原则	215
5.3.2	风险预防原则的概念	216
5.3.3	我国的外来物种安全管理存在的问题	217
5.3.4	防控外来物种入侵的立法思考	219
5.4	外来物种入侵的风险评估	222
5.4.1	风险评估的概念	222
5.4.2	我国外来物种风险分析存在的问题	223
5.4.3	外来物种风险评估的方法	225
5.4.4	外来物种风险评估案例	230
5.5	我国外来物种风险分析制度的完善	232
5.5.1	贯彻风险预防原则	232
5.5.2	统一风险分析工作基本原则	233
5.5.3	使评估指标具体化	233
5.5.4	基础理论研究和定量分析方法有待加强	233
5.5.5	明确风险管理措施的效能	234
5.5.6	加强外来物种信息资源和风险分析网络平台建设	235
6	生物入侵的哲学思索	238
6.1	生态哲学	238
6.1.1	生态哲学释义	238
6.1.2	和谐生态论	240
6.1.3	文化生态位构建	242
6.2	从哲学和战略高度认识生物入侵	244
6.2.1	生物入侵的哲学剖析	244
6.2.2	对生物入侵进行历史和哲学反思	245
6.2.3	防止生物入侵的对策	247
	参考文献	253

1 生物入侵概述

1.1 生物入侵的基本概念

1.1.1 什么是生物入侵

所谓生物入侵，通俗来讲就是指生物经过自然的或人为的途径由原产地侵入另一个相隔很远的新区域，从而对入侵地的生态系统造成危害，影响生物多样性、农林牧渔业生产及人类健康，造成灾难性的后果。生物入侵是一个古老而又新颖的课题，在人类历史的早期就有生物入侵事件发生，如我国在汉朝就有引进外来物种的记载，但由于当时人类对大自然的认识水平有限，没有在思想意识上认识到生物入侵的现象及其对生态环境的危害性。近年来随着科学技术的发展及对生态环境和生物多样性保护的重要性的认识逐渐提高，特别是 20 世纪 80 年代，人们开始认识到生物入侵的危害性并开始了这一领域的研究。从概念来讲，生物入侵是指某种生物通过自然途径或人类的辅助从原来的分布区域扩展到新的遥远的地区，在新的生态系统内定居并建立起自己的种群，其后代可以繁殖、生存、扩展，并对本土物种和生态环境构成威胁，破坏生物多样性。

人类是地球上发展最快的物种，但在其扩张和迁移的同时，也将许多其他物种带到了新的地方，有些对当地的生态环境构成了严重的影响。同时人类携带的病菌也由此扩散和传播，欧洲殖民者入侵新大陆造成美洲印第安人大量减少，其中天花、麻疹、斑疹伤寒等疾病的流行是一个重要的原因。虽然航海家哥伦布发现新大陆对人类历史具有重要的影响，但任何事物都存在两面性，欧洲人进入美洲大陆的一个负面影响就是造成印第安人灾难性的毁灭。印第安人的鼻祖具体来自何方现在无法考证，但肯定是从人类最初起源的地方迁移过来的，应该是在距今几万年前，白令海峡下沉使得他们与大陆其他人类隔离，长期的近亲繁殖以及自然选择的作用，使印第安人的遗传基因近乎相同。这也使印第安人在遭受新的环境变化时显得十分脆弱，对新的疾病缺乏免疫力。传染性最强的几种外来病原，如天花、麻疹、斑疹伤寒等在印第安人中大肆流行，导致了无数印第安人死亡。1519 年暴发的大安的列斯群岛大瘟疫，以及 1558~1560 年、1562~1563 年在暴发的天花大流行，造成墨西哥、中美洲、秘鲁、阿根廷、乌拉圭以及巴西等地大量印第安人死亡。

在地球的自然环境中发生的生物入侵现象很多，但因外来物种入侵通常具有时滞效应，它们需要经过一段时间的适应性进化之后才能出现大规模扩张，所以许多生物入侵事件难以被人们察觉。除了不能直接看见的细菌或病毒这些微小生物之外，很多植物或动物，都可以借助自然的力量或人工辅助工具的帮助，扩展到其原有的分布区域之外，这些外来生物在避开原有天敌的控制之后，其种群增长的主要限制因素已经不复存在，群体就迅速增长，占据湖泊、湿地、草场、荒野或农田，导致土著生物数量减少甚至灭绝。

虽然人类社会及其赖以生存的生态环境经常遭遇各类外来生物入侵的干扰，但目前对生物入侵的概念还没有统一的标准，即没有一个准确的定义。不同学者从不同的研究角度获得的认识有所不同，因此出现了几种不同的定义。英国学者Williamson (1996) 认为，只要生物进入一个进化史上从未曾分布过的新地区，就构成生物入侵，这种定义实质上等同于传殖 (inoculation)，没有考虑以后该物种是否能成功定居并建立起种群。一个物种的繁殖体传播到其他产地外的区域，也被称为非本地种 (non-native species)、外来种 (exotic/alien species) 或引入种 (introduced species)，实质上这是外来生物入侵的第一步。另一种观点则认为，只有当物种在新的地域里可以自由繁衍和增殖的情况下，才称为生物入侵，实际上是指生物种向近代进化史上不曾分布到的区域所进行的永久性扩张，这种定义实质上等同于外来种的概念，没有强调其对生态系统的负面影响。第三种观点则强调了对生态系统的负面效应，认为当非本地种在一个生态系统中达到某种程度的优势时，就叫生物入侵。也就是说，外来种不仅定居，而且处于扩张趋势，已引起或可能引起经济、环境或人类健康方面的危害的情况下，就构成生物入侵。这三种定义都有学者使用，但第三种定义明确了生物入侵对生态环境的负面影响，定义更为准确详实。

1.1.2 本地种与外来入侵物种

1.1.2.1 如何区分本地种和外来种

本地种的概念有下列三种解释：

(a) 韦氏字典 (1991) 将本地种定义为“自然起源于一个特定的地域或地区的物种”。

(b) 简明牛津生态词典认为本地种是“自然出现于一地的物种，因而既非随意也非有意引入”。

(c) Webb 和 Kaunzinger (1993) 提出本地种是在当地进化的物种，或“在石器时代前就到达这些地方或在没有人类干扰前就出现于这些地方的物种”，并且还提出合适的时间标准是 16 世纪麦哲伦环球航行之前。

而外来种的概念有广义和狭义两种：

(a) 广义的概念：只要是进入一个生态系统的新物种就是外来种。它包括自然入侵的物种、无意引进的物种、有意引进的物种，以及基因工程获得的物种或变种和人工培育的品种。

(b) 狭义的概念：是指由于人类有意或无意的作用被带到了其自然演化区域外的物种。这个定义强调物种被人为移动或引进，因此，不包括自然入侵的物种和基因工程得到的物种或变种。

可以从以下九个方面来区分本地种和外来种：

(a) 化石证据：从更新世时期（距今约 180 万年至 1 万年）有无化石连续存在。

(b) 历史证据：历史文献记录的引种为外来种。

(c) 栖息地：局限于人工环境的种可能是外来种。

(d) 地理分布：物种出现地理上不连续时，暗示可能为外来种。

(e) 移植频度：被移栽到多个地方的物种可能是外来种。

(f) 遗传多样性：外来种在不同地方间其遗传差异出现均质性。

(g) 生殖方式：缺乏种子形成的物种可能是外来种。

(h) 引种方式：解释物种引进的假说合理可行，说明物种是外来种。

(i) 同寡食性昆虫的关系：取食外来植物的动物少。

1.1.2.2 外来入侵物种及其标准

自然界的生态系统一般是经过很长时间的进化形成的，各类物种在进化过程中经过竞争、排斥、适应和互利共生，已经建立了一种相互依赖又互相制约的密切关系。当一个外来物种进入新的生态系统后，有可能因不能适应新环境而被排斥在系统之外，处于生态位边缘，必须在人为帮助下才能生存；也有可能因新环境中没有相抗衡的生物或没有天敌的存在和约束而迅速增长，使其成为真正的入侵者，导致生态失衡，引起生态系统中原有的土著物种迅速减少或灭绝，对当地的生态环境造成严重的干扰或破坏。

外来入侵物种 (invasive alien species, IAS) 简称入侵性种 (invasive species)，是外来种 (exotic species 或 alien species) 中的归化 (naturalized) 物种。生物入侵正是指由这些称为外来入侵物种的生物引起的生态环境破坏的问题。值得注意的是，外来入侵物种与外来种不是同一个概念，其内涵也不相同，虽然两者都指的是外来生物，但后者的范围更广，是指那些出现在其过去或现在的自然分布范围及扩散力以外的物种、亚种或以下的分类单元，包括可能存活并繁殖的配子或繁殖体。外来入侵物种则是指导致生态平衡失调并引起生态灾难的物种，从概念上强调了其对生态环境的负面效应，而外来种不一定对生态环境构成破坏，非本土原产的各种外域物种都是外来种。

判断外来入侵物种的标准首先是外来种，并且这些外来种在新的生态系统中可以繁衍和扩张，通过竞争排斥本土物种，对生态系统和景观造成负面影响。因此，外来入侵种具有如下的特征和表现：①首先在地理空间上有较大的跨越，进入了以前从未分布的区域，可以借助人類活动或能自然逾越空间障碍而入境；②具有较强的适应能力，可以达到永久性的扩张，在新的自然或人为生态环境中可以自行繁殖进行群体扩张；③具有负面的影响，造成生态系统和景观生态结构明显的破坏，通过种间竞争或遗传侵蚀和渗透等途径影响土著物种生存，使生物多样性减小。

外来入侵种可以通过有意和无意两种方式进入新的生态系统。所谓有意的方式其实就是指人为的引进外来物种。外来物种的引入就像一柄“双刃剑”，一方面可能造福人类，给我们提供食物和商品来源、美学观赏、环境绿化等，并带来一定的经济效益；另一方面也可能给当地生态环境乃至经济发展造成负面的影响，引起本土物种数量减少甚至濒临灭绝，影响生物多样性，破坏农业、林业、畜牧水产养殖业的生产，甚至影响人类健康和生命安全。因此在引进外来物种时一定要采取谨慎的态度，并进行科学的评价，权衡利弊。关键是要看引进的物种是否利大于弊，特别要分析可能存在的潜在危害和不确定性风险。

1.2 生物入侵是全球变化现象

生物入侵的最明显特征之一是它的跨区域性、全球性和双向性。地球上五大洲之间的生物入侵比比皆是，其中以跨太平洋的北美与东亚尤为显著，如美国的入侵物种绝大多数来自中国、印度、日本、非洲、澳大利亚、南美洲等。中国的入侵生物主要来源于北美，尤其是美国。外来物种入侵是全球变化的重要现象之一，直接关系着全球环境安全与人类社会经济可持续发展。生物入侵对全球的生态系统、环境和社会经济的影响也日益明显。生物入侵不仅导致生态系统组成和结构的改变，而且能彻底改变生态系统的基本功能和性质，最终导致本地种灭绝、群落多样性降低，并给社会经济造成重大损失。

全球变化主要有六大问题：大气中温室气体浓度持续增高；生物地球化学变化；有机合成物的生成与滞留；土地利用与景观生态变化（特别是城市化）；对自然种群及各种资源的利用与保护；生物入侵。虽然许多办法已经被用来控制生物入侵，但仍然无济于事，收效甚微，外来种的数量仍然呈现出迅速增加的趋势。生物入侵正在以前所未有的速度影响全球生态系统。而且，近来全球性的变化如空气 CO_2 浓度增加、气候变化、氮素沉积增加、干扰改变和栖境斑块化（fragmentation）增加都可能促进生物入侵的盛行，这种结果反过来会进一步影响全球变化的趋势。

Mack 认为, 目前生物入侵的进程已影响到其他全球变化因子, 主要是改变了大气温室气体, 尽管改变方式是复杂而难以预测的。最典型例子是亚马孙河流域盆地大片森林被烧毁后变成了草地, 形成了全新的生态系统。这种变化对当地乃至全球范围的大气、温度、降雨和物质循环的影响都是深远的。

同时, 越来越多的科学家注意到其他全球变化对生物入侵的明显影响。例如, 与其他地方相比较, 在气候更温暖的澳大利亚, 外来蟾蜍 *Bufo marinus* 的分布范围会更广。此外, 全球温室效应带来的高温可以缩短昆虫繁殖的世代时间, 有利于其度过寒冷的冬季并增加存活率, 导致昆虫种群向极地和高海拔地区扩散。温暖气候会加快虫媒病的发生和异地传播。在美国加利福尼亚州(加州)北部, 耐炎热的阿根廷蚂蚁在夏季很活跃, 而本地蚂蚁却很少外出觅食, 因此, 温室效应引起的温度升高对本地蚂蚁的取食行为有很大影响, 而对阿根廷蚂蚁种群却影响不大, 这就会加快阿根廷蚂蚁取代本地蚂蚁的进程。此外, 氮素沉积的增加有利于生物入侵, 特别是外来植物的入侵。总之, 生物入侵已成为全球变化不可分割的一部分, 由此可能带来的影响应引起我们足够的重视。有害生物入侵如不加遏制便会持续恶化, 最终导致严重的全球性后果, 包括农林渔业的全面减产, 部分和人类密切相关的生态流程的崩溃和生态系统单一化和贫瘠化。

生物入侵是全球性变化研究的重要组成部分, 已经成为各国生物多样性保护、本地物种保护和管理的核心问题。外来物种通过媒介作用或借助自然的力量进入新分布区, 与本地物种形成新的竞争关系并导致本地物种数量减少甚至面临濒危灭绝的境地。外来物种可能一直或在相当长的时期内并不为人们所关注, 但由于适应性进化, 有些外来物种在建群后不断扩张并出现生长失控的状况, 导致爆发性种群增长和栖息地扩张, 从而引起生态灾难, 造成严重的环境破坏、经济损失和社会危害。生物入侵已经造成全球性的生态和经济灾难, 生物入侵所带来的巨大经济损失, 以及对生态系统的稳定性、多样性和物种生存的自然平衡所造成的破坏和长期威胁, 是越来越引起政府、科学家及社会公众所关注的生态学问题, 甚至可以被认为是 21 世纪最为棘手的环境问题之一。

1.3 生物入侵造成的经济损失

对于生物入侵的概念人们也许还没有准确把握, 但对于生物入侵的现象已经非常熟悉。环保部已经公布了我国外来入侵生物的名单, 矮牵牛、水葫芦、紫茎泽兰、飞机草、毒麦、薇甘菊、马缨丹、银鱼、地中海潜蝇、牛蛙、巴西龟、清道夫鱼、食人鲳等动植物名列其中。近年来生物入侵对人类社会、生态环境及经济发展产生了严重的影响, 被列为人类所面临的六大全球性环境问题之一, 并且

已经得到国际社会的广泛关注和各国科学家的高度重视。

一些国家为了发展本国经济,经常要从国外引进一些优良物种,如我国的花生、玉米、番茄、咖啡、棉花、西瓜就是从国外引进的,而外国的大豆、水稻、茶叶、荔枝、龙眼则是从我国输入的。优良物种的引进,对丰富人们的餐桌、提高人们的生活质量、培育生物多样性、发展本国的经济起到了很好的作用。但是,有的物种引进后会“吞噬”其他物种,破坏了生物多样性和生态平衡,造成了本国经济的巨大损失。外来入侵物种不仅对本土的生物多样性安全和景观生态环境质量构成现实危害和潜在风险,还会在不同层次和不同程度上对社会经济发展产生广泛而深远的影响。

生物入侵的影响是多方面的,不单是对生态环境有影响,而且对农业生产以及社会经济都有非常巨大的影响。据世界自然资源保护联盟(IUCN)的报告,每年全球外来入侵物种造成的经济损失超过4000亿美元。美国每年有70万 hm^2 的野生生物栖息地被外来杂草侵占。据统计,因生物入侵一年之中给各国经济带来的损失是:中国1000亿~1200亿元,美国1370亿~2000亿美元,印度1200亿~1300亿美元,南非800亿~980亿美元。全世界的农业损失更是高达每年2480亿美元。在美国,由于外来森林害虫和病害造成的损失可达42亿美元。此外,外来种对入侵地造成的直接损失还包括对渔业、航运业、工业造成的危害。其他的损失还包括在对抗外来种过程中采取的防治措施对土著动物、植物造成的破坏。

外来物种入侵造成的直接经济损失主要指外来病虫害和杂草对农林牧渔业、交通等行业或人类健康造成的物品损毁、实际价值减少或防护费用等。例如,2002年,因斑马贻贝(*Zebra mussel*)堵塞水管而关闭电力设施所造成的损失估计达50亿美元;七鳃鳗(*Lampetra*)的入侵造成大湖(Great Lake)地区渔业和蛙鱼资源的崩溃,美国和加拿大每年用于控制七鳃鳗的费用达1300万美元;亚洲天牛科(*Cerambycidae*)的昆虫在布鲁克林(Brooklyn)和纽约州(New York)造成的损失达500万美元;大戟类植物每年引起美国蒙大拿州(Montana)、北达科他州(North Dakota)、南达科他州(South Dakota)和怀俄明州(Wyoming)牲畜草料的损失达14400万美元。2008~2011年数据表明,美国每年因生物入侵造成的直接经济损失高达785亿美元,印度每年的直接经济损失为910.2亿美元,巴西为426亿美元。我国仅因烟粉虱、紫茎泽兰、松材线虫等11种入侵物种,每年给农林牧渔业造成的直接经济损失就约为365.3亿元,加上防治费用14.83亿元,每年的总直接经济损失达380.13亿元。外来入侵物种每年给我国造成的经济损失达1198.76亿元,占当年GDP的1.36%,其中对我国国民经济有关行业造成直接经济损失共计198.59亿元,包括农林牧渔业损失达到160.05亿元。

同时,外来种入侵使一些自然生态系统独特的美学价值降低、娱乐功能丧失。尽管人们对上述问题的认识不断增加,并且付出了越来越多的努力来防范,但是

外来种造成的生物入侵肯定会持续下去。此外，由外来病原体所引起的人类或动物的流行性疾病的暴发也不容忽视，单是疾病防控方面的直接经济损失都不可低估，而且会造成患者死亡，影响国家和社会安全。例如，21 世纪初暴发的重症急性呼吸综合征（SARS）和禽流感、甲型流感等，以及在牲畜中广为传播的疯牛病、口蹄疫等，都对人类健康、社会和经济的发展产生了严重的负面影响。

1.4 生物入侵对土著种的影响

生物入侵最主要的危害是采取各种方式杀害或排挤本地土著物种，引起生态环境破坏和本地生物物种减少或丧失。其主要有以下几个方面的表现。

1.4.1 生物入侵的广泛冲击

生物入侵可能导致生态系统不稳定，引发较大的改变，生态系统在生物入侵的影响下可从原来特定的临界态或混沌态转变为新混沌态，使生态系统的形态、组成、结构、功能、特征都发生根本性的变异。外来入侵植物通过占据生态位和竞争资源而造成农作物减产、草原和牧场功能退化，破坏了许多自然陆生生态系统。另外，外来植物阻塞水道、改变淡水和海洋生态系统（marine ecosystems）的功能，影响船舶的正常航行和土著水生生物的生长和繁殖。外来动物也在改变陆生生态系统、淡水生态系统和海洋生态系统的生物群落结构，驱使许多土著物种濒临灭绝。外来病原体通过感染农作物、家畜、鱼类、狩猎动物、用材树种、园艺植物等而引起经济损失，对农业、养殖业、林业等造成影响。同时，外来病原体及其携带者正越来越多地对人类健康构成新的威胁。外来种的入侵，会影响土壤的营养。外来植物种可影响土壤的盐分含量，例如，盐生植物侵入淡生植物群落，可以比淡生植物富积更多的盐分，其残体分解后富积的盐类化合物释放出来，导致土壤盐分增加，进而影响其他植物的生存。外来种如有特殊的生理功能，可吸收土壤中难以吸收的元素并转化为有机物，进入生态系统的物质循环，从而影响其他生物的生长。同样，植物外来种也可降低土壤的营养水平，过度吸收土壤水分引起土壤沙化和盐碱化。外来种通常会增加入侵地发生野火的频率，造成土壤中氮易于挥发，使土壤的含氮量降低。

外来种可导致群落动态改变。外来种的竞争力强，且能快速扩展，如果成为优势种，就会影响其他土著物种，严重时引起土著物种的濒危和灭绝，降低群落中物种的多样性。在资源有限时，如果外来物种能够忍受资源限制而成功入侵，就会在以后的生存竞争中与土著物种争夺资源，改变群落中物种的组成，进而影响群落的演替方向（彭少麟和王伯荪，1983）。外来物种的大量繁殖会增加对资源