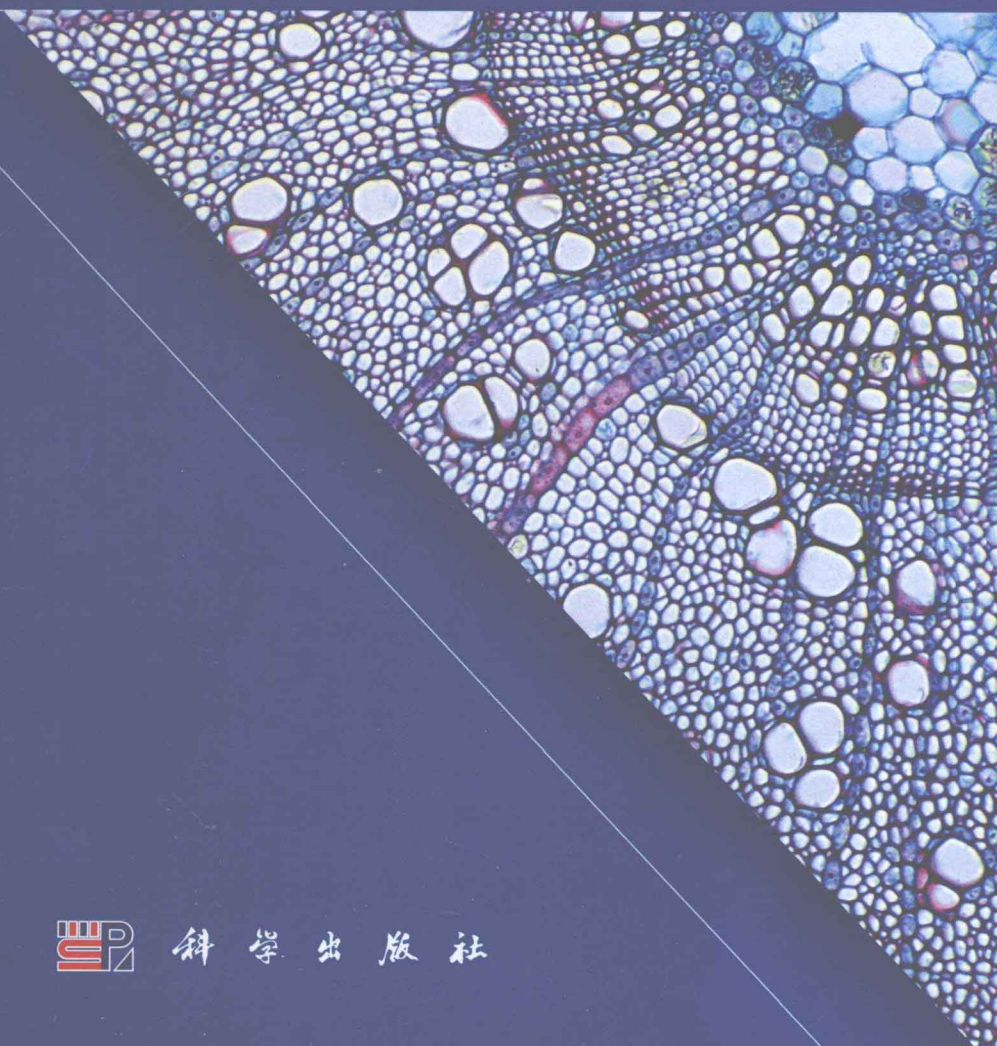




Biological Invasions
PROBLEMS AND COUNTERMEASURES

生物入侵 ——问题与对策

谢联辉 尤民生 侯有明 等 编著



科学出版社

内 容 简 介

本书是福建省科技重大专项“福建主要外来有害生物防控技术体系的研究”所提炼的研究成果。全书分为总论和各论两个部分。总论（第一至第五章）主要介绍生物入侵的新特点、新趋势和应对策略；入侵生物入侵现状、入侵特征和生态机理；入侵植物原核生物病害、植物病毒、线虫、杂草等的诊断和检测技术；入侵生物的风险分析以及福建生物入侵的现状、危害和控制情况等。各论（第六至第十四章）针对福建省7种重大入侵生物——水葫芦、互花米草、橘小实蝇、红火蚁、香蕉枯萎病、菜豆荚斑驳病毒、香蕉穿孔线虫的研究进展和成功例证，从入侵来源、分布扩散、危害、检测监测、控制技术等方面进行了详细阐述，尽量做到图文并茂，希望有助于读者的理解、识别和实践。

本书可供从事生物入侵、生物安全、生态安全、植物保护、环境保护、动植物检疫和生命科学研究的科技工作者、高等院校相关专业师生及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物入侵：问题与对策 / 谢联辉，尤民生，侯有明等编著. —北京：科学出版社，2011

ISBN 978-7-03-032563-1

I. ①生… II. ①谢… ②尤… ③侯… III. ①生物—外来种：侵入种—防治—研究—福建省 IV. ①Q16

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第211443号

责任编辑：李秀伟 马 俊 / 责任校对：包志虹

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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年10月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2011年10月第一次印刷 印张：27 1/4

印数：1—1 000 字数：640 000

定价：168.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

序

“人类如不超越自我，就可能在这个充满魅力的世界中找不到一块净土、一滴净水、一处净空；人类如不超越自我，就可能在这个充满科学的陶醉中失去自我，在叛逆自然中走向毁灭！”这是我近十年来在一些重要场合经常提及的一段话。众所周知，20 世纪是人类历史上科技、经济、社会空前辉煌的世纪，但我们没有任何理由可以自我陶醉；仅仅 100 年，人们在这些领域的各个方面都取得伟大成就的同时，也给人类带来了一系列新的威胁，生物入侵便是其中之一。加上全球变化的影响，生物入侵已悄然改变着人类的认知，改变着地球，成为人类面临的新挑战。

生物入侵是当今世界各国关注的热点，正是在这一现实背景下，2007 年起我们承担了福建省科技重大专项“福建主要外来有害生物防控技术体系的研究”，但我们对生物入侵的关注和研究，绝非始于这个时间，应该追溯到 20 世纪 60 年代。为了更好地总结和提炼研究成果，我们酝酿再三，最后决定出版此书。考虑到全书的科学性、系统性、基础性、前沿性和可读性，我们要求编著者展示自身的研究成果，融合国内外最新研究进展，融入自身科研体会，为读者从事相关科学研究时提供参考。

全书分为总论和各论两个部分。总论（第一至第五章）主要介绍生物入侵的基本原理以及基础性、普遍性、规律性的知识；各论（第六至第十四章）具体介绍了针对福建省 7 种重大入侵生物——水葫芦、互花米草、橘小实蝇、红火蚁、菜豆荚斑驳病毒、香蕉枯萎病菌和香蕉穿孔线虫的研究进展和成功例证，在危害、症状、传播等方面尽量做到图文并茂，希望有助于读者的理解、识别和实践。

受专业水平和经验所限，书中难免有疏漏，祈请读者、同仁予以指正。

最后，感谢福建省科学技术厅给予立项，专项实施领导小组和专项科研团队全体成员的精诚合作，以及专项监理组专家的热心帮助；感谢科学出版社李秀伟和马俊等同志的积极支持和指导。

谢联辉

2011 年 6 月 21 日

编著人员（按姓氏笔画排序）

- 王 波 福建农林大学益虫研究所
- 王长方 福建省农业科学院植物保护研究所
- 王念武 福建出入境检验检疫局
- 尤民生 福建农林大学应用生态研究所
- 占志雄 福建省农业科学院植物保护研究所
- 刘 颖 福建农林大学应用生态研究所
- 孙印兵 福建农林大学植物保护学院
- 苏艳超 福建农林大学植物保护学院
- 李兆飞 福建农林大学应用生态研究所
- 杨建全 福建农林大学益虫研究所
- 吴祖建 福建农林大学植物病毒研究所
- 沈建国 福建出入境检验检疫局
- 张 翔 福建农林大学植物保护学院
- 张绍升 福建农林大学植物保护学院
- 陈 兢 福建农林大学植物保护学院
- 陈艺欣 福建省农业科学院植物保护研究所
- 陈家骅 福建农林大学益虫研究所
- 和春雷 福建农林大学应用生态研究所
- 李清娥 福建农林大学益虫研究所
- 周卫川 福建出入境检验检疫局
- 郑云开 福建农林大学应用生态研究所
- 郑敏琳 福建农林大学益虫研究所
- 金 涛 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所
- 赵 健 福建省农业科学院植物保护研究所
- 侯有明 福建农林大学植物保护学院
- 徐学荣 福建农林大学植物病毒研究所
- 翁启勇 福建省农业科学院植物保护研究所
- 翁瑞泉 福建出入境检验检疫局
- 郭琼霞 福建出入境检验检疫局
- 黄可辉 福建出入境检验检疫局
- 黄居昌 福建农林大学益虫研究所
- 章霜红 福建省龙岩市新罗区植保植检站
- 傅建炜 福建省农业科学院植物保护研究所
- 曾兆华 福建农林大学应用生态研究所
- 谢联辉 福建农林大学植物病毒研究所

目 录

序

总 论

第一章 生物入侵：人类面临的新挑战	3
第二章 生物入侵的特征与机制	12
第三章 入侵生物的诊断与检测	27
第一节 植物原核生物病害诊断与病原鉴定	27
第二节 植物病毒的诊断和检测	33
第三节 植物线虫病害的诊断与检测	44
第四节 杂草检疫鉴定技术与检测规范	53
第五节 菟丝子属重要种类超微结构特征鉴定	69
第四章 入侵生物的风险评估	90
第五章 福建生物入侵现状与危害	104
第一节 福建省自然环境与社会经济发展概况	105
第二节 福建省入侵节肢动物种类及其危害情况	110
第三节 福建省入侵植物种类及其危害	124

各 论

第六章 福建水葫芦入侵现状、预警和控制	135
第一节 福建省水葫芦的入侵历史与分布危害	135
第二节 水葫芦发生预警与监测	137
第三节 水葫芦的入侵与扩散机理	139
第四节 水葫芦的物理防治	145
第五节 水葫芦的化学防除	148
第六节 水葫芦的生物与化学协同控制技术	159
第七章 福建互花米草入侵现状、预警和控制	169
第一节 福建互花米草入侵现状	169
第二节 互花米草发生预警与监测	170
第三节 互花米草的控制技术	174

第四节 互花米草的综合利用	181
第八章 福建橘小实蝇监测、预警和防控	184
第一节 福建省橘小实蝇种群监测与预警研究	185
第二节 橘小实蝇寄生蜂的应用	195
第三节 应用昆虫辐射不育技术防控橘小实蝇	202
第四节 橘小实蝇蛋白饵料的应用	207
第九章 福建红火蚁入侵现状、预警和控制	216
第一节 红火蚁的起源、分布与危害	217
第二节 红火蚁的预警与监测技术研究	226
第三节 福建省红火蚁入侵地蚂蚁群落的动态监测	253
第四节 入侵红火蚁的控制技术及其应用	269
第五节 福建省入侵红火蚁控制技术体系	286
第十章 福建香蕉枯萎病入侵现状、预警和控制	295
第一节 香蕉枯萎病的危害与传播	295
第二节 福建香蕉枯萎病入侵现状	299
第三节 福建香蕉枯萎病监测预警	300
第四节 香蕉枯萎病预防与控制	318
第十一章 福建菜豆荚斑驳病毒入侵现状、预警和控制	324
第一节 菜豆荚斑驳病毒发生历史、分布与为害	324
第二节 菜豆荚斑驳病毒的主要生物学特性	325
第三节 菜豆荚斑驳病毒的预警与监测技术	328
第四节 菜豆荚斑驳病毒的预防和控制技术	337
第十二章 福建香蕉穿孔线虫入侵现状、预警和控制	341
第一节 香蕉穿孔线虫的危害与传播	341
第二节 福建香蕉穿孔线虫入侵现状	342
第三节 福建香蕉穿孔线虫监测预警	343
第十三章 台湾进入的农产品有害生物的检测与防范	354
第一节 台湾进入的蔬菜和花卉有害生物风险分析	354
第二节 台湾进入的农产品重要有害生物检疫鉴定技术	361
第三节 台湾进入的水果花卉的检疫处理技术	369
第四节 台湾进入的农产品植物检疫对策与监管模式	381
第十四章 福建生物入侵信息服务平台	395
附记 福建省科学技术协会代表团赴新西兰、澳大利亚、中国香港出访考察报告	416

总 论

第一章 生物入侵：人类面临的新挑战

概要 生物入侵是全球变化的重要组成部分，已成为现代国际社会高度关注的热点问题。生物入侵不仅动摇农业基础，削弱粮食安全，而且破坏生态环境，威胁人类健康，乃至引发社会恐慌和人类灾难。生物入侵由来已久，历史教训残酷，现实问题突出，人们十分关注，但是新形势、新情况，特别是自然的、经济的、社会的、人为的新变化、新行为，不断赋予生物入侵的新特征，给人类带来前所未有的新挑战。本章以此为主线，着重阐述：生物入侵与人类困境——生物入侵关系到人类当前的六大困境，即人口、食物、健康、资源、能源、环境及其后效应问题；生物入侵的新特征——主要表现为入侵种类、途径、对象、面积上的广化，以及入侵态势、频率和数量上的深化；生物入侵的新趋势——以人类活动更加频繁和气候变化更为快速为切入点，剖析经济全球化、政治全球化、文化全球化、学术交流国际化、气候趋暖化以及潜在的生物战争给生物入侵带来的新挑战；生物入侵的应对策略——增强意识，严加防范；立法建制，严格管理；培育内力，严守国门；关注全球，严防不测。

20 世纪是人类历史上科技进步空前辉煌的世纪，其成就在短短的 100 年，就大大超过过去几千年人类知识积累的总和。尽管如此，我们仍不可过于陶醉，我们所面临的是更加严峻的挑战，生物入侵便是其中之一。

生物多样性是人类赖以生存和发展的物质基础，地球上的生物多样性每年为人类创造约 33 兆美元的价值 (Costanza et al., 1997)。近年来，生物多样性受到了严重威胁，物种灭绝速度不断加快，生态系统严重退化，外来物种对生态环境的入侵是生物多样性丧失的主要原因之一 (丁建清和解焱, 1996)。生物入侵就是某种物种从它的原产地，通过非自然途径迁移到新的生态环境的过程。入侵生物种类众多，传播途径千变万化，常常令人防不胜防。当一个物种在新的生存环境中不受食物竞争以及天敌伤害等因素制约时，它就很可能无节制地繁衍，不仅会对“入侵领地”的生物多样性形成威胁，破坏生态平衡，还会给人类造成难以估计的损失，严重威胁人类生存。

因此，生物入侵与当今人类面临的六大困境——人口、食物、健康、资源、能源、环境休戚相关，给全球带来一系列严重而深刻的威胁。生物入侵通过两个重要因素——人为因素与自然因素，实现新物种在进化史上未曾分布过的一个新地区定殖、繁衍和蔓延，甚至在新生态系统中占据绝对优势。其中，人为因素是问题的关键所在，并因时代特征而不断被赋予新的特征，给人类带来前所未有的挑战。

一、生物入侵与人类困境

生物入侵是全球变化的重要组成部分，对人类六大困境的影响及其后效应问题值得深度关注和研究。严重的生物入侵可动摇农业基础，削弱粮食安全，破坏生态环境和生物资源，威胁人类健康和生存安全，甚至引发社会恐慌与人类灾难，给六大困境雪上加霜。19世纪中期，通过海上贸易从北美传入欧洲的马铃薯晚疫病菌 *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary 就曾给爱尔兰的农业生产、粮食紧缺导致的饥荒造成了巨大灾难。爱尔兰因此造成的疾病、饿死、逃难，使其很快就损失了 150 万 ~ 200 万人口 (龚宇, 2003; Stakman, 1963)。我国每年因外来生物入侵造成的直接经济损失高达 1198 亿元，其中仅 16 种外来物种每年入侵农林面积 290 万 hm^2 ，造成农、林业的损失即达 574 亿元，而其总体损失高达数千亿元 (中国科学院学部, 2009; 王珊子, 2005; 徐汝梅, 2003; 张乃明等, 2003)。外来物种福寿螺是寄生虫的中间寄主，人类食用后能产生严重疾病并曾一度引起社会恐慌。广泛分布于世界各地的外来物种豚草花粉是引起人类花粉过敏的主要病因，可致“枯草热”症，体质弱者还会发生其他并发症甚至死亡 (胡颖钊等, 2002)。生物入侵是整个生态系统的癌变 (王珊子, 2005)，已成为全球生物多样性减少甚至物种濒危和灭绝的第二大原因 (Everett, 2000)，所致的濒危植物占世界濒危植物种数的 35% ~ 46% (王珊子, 2005)。紫茎泽兰现已广泛分布于我国西南地区，总是以满山遍野密集成片的单优植物群落出现，导致原有植物群落的衰退和消失 (王珊子, 2005)。水葫芦已分布于从华北到华南 17 个省 (自治区、直辖市) 的河道、湖泊和池塘中，覆盖率在有的地方可高达 100%，由于降低了水中的溶解氧，大量水生动植物死亡 (亢雅娟, 2006; 王珊子, 2005)，连绵 1000 hm^2 的滇池 (云南) 内 68 种原生鱼种中的 38 种面临危情，16 种高等植物到 20 世纪 90 年代只剩下 3 种 (丁建清, 2002; 陈自明, 2001)。

二、生物入侵的新特征

生物入侵的新特征主要表现为生物入侵的种类、途径、对象及扩散面积上的广化特征和入侵态势、速率及数量上的深化特征。

1. 生物入侵的广化

生物入侵在入侵种类、途径、对象和面积上呈现出广化特征。迄今，入侵种类涉及脊椎动物、无脊椎动物、高等植物、低等植物和微生物等。入侵途径更趋多样化、广泛化，随着人类交通和通信设施的迅猛发展，几乎海、陆、空都能轻易携带入侵物种，据报道称，有些食谷的鸟类能凭借电话线远距离扩散 (Higgins and Richardson, 1999)；植物可以公路和铁路为途径进行迁移或入侵 (Luken and Thieret, 1993)；穿梭于异地间的旅游汽车和公共汽车也可作为野草种子传播的工具 (Lonsdal and Lane, 1994)；甚至已有 500 种生物可由远洋船舶压载水入侵传播到异地 (王芷, 2009)；加上空中运输工具，入侵途径更是无所不在。入侵对象涉及农、林、畜、渔业，以及社会经济生态的诸多领域，在森林、

农田、水域、湿地、草地、城市等生态系统都能发现入侵生物。入侵面积广泛，许多入侵物种一旦定居，便势不可挡，如美洲斑潜蝇，目前至少已在我国近 30 个省（自治区、直辖市）发生危害；大豆锈病原来主要发生在东半球和亚热带地区的国家，现在几乎传播到全球各地，危及世界大豆产区（许艳丽等，2006；马占鸿，2005）。此外，随着气候变暖，极地冰冻的原始物种可能复活，以及因生物入侵导致当地生态失衡，某些原不为害的物种演变为为害种，也可能拓宽生物入侵的范畴。

2. 生物入侵的深化

生物入侵在入侵态势、速率和数量上也呈现深化的特征。很多外来物种在多生态系统中交叉繁衍，蔓延范围扩大，如三裂叶豚草可分布于农田、荒地、路旁、水沟、湿地等（李扬汉，1998）。近年来生物入侵速率加剧。2001 年，我国累计有 283 种入侵物种；2005 年有 443 种，其中 50 余种是世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature, IUCN）公布的全球 100 种最具威胁的外来物种（李坤陶，2007）。生物入侵的生态、经济、社会后效应日益凸显。生物入侵主要通过削弱本土生物多样性（包括动植物物种多样性和遗传多样性）与生物污染，造成生态系统平衡的破坏，甚至是毁灭性的后果。不仅如此，其进程已影响到地球其他因子的变化，如改变大气或气候功能。由于生物入侵，滇池原有生态系统服务功能严重削弱，周围日益干旱，气候调节功能大减（亢雅娟，2006；王珊子，2005）。生物入侵的危害呈上升趋势，每年因此受到的经济损失十分惊人，美国是 1500 亿美元，印度 1300 亿美元，南非 800 亿美元，中国 1300 亿元人民币，全球累计超过 1.4 万亿美元（张新燕和张国栋，2006）。美国小麦因腥黑穗病菌而付出代价，30 个贸易国的小麦出口自动停止，直到能证明腥黑穗病菌已受到隔离和控制（樊合成，2003）。稻水象甲传入我国，不到 20 年就扩散到 10 多个省，给水稻造成 15% ~ 20% 的产量损失，造成直接经济损失每年达 4.3 亿元（中国科学院学部，2009；丁建清，2008）。松材线虫从 1982 年传入南京，现已蔓延十几个省，不仅造成经济损失上千亿元，而且威胁、破坏了许多名山景区地理景观的生态安全（谢丙炎等，2009）。生物入侵还带来文化变迁和政治、军事行为的改变。2001 年，联合国大会将“生物多样性与外来入侵物种管理”确定为“国际生物多样性日”的主题。鼠疫从非洲传入中东，后流行至欧洲，造成数以亿计的人丧生，受害国家的社会、经济、政治、文化，以及人的精神近乎崩溃，人们一度将其视为神的惩罚，并相信“只要每个人都用心祈祷，虔诚地接受忏悔，天主的灵光就会重新降临到人们头上”（Camus, 2007），很多人因此形成或坚定了对上帝的信仰。据 Westbrook 和 Ramos（2005）报道，美国许多军事基地已受到入侵物种包围，入侵生物危及军事设施，造成安全隐患，使训练场地退化和减少，制约了训练的正常进行，削弱了军队的行动能力，严重影响了军队的战斗力。此外，以生物入侵为主要形式的恐怖主义及反恐，未来将全球性地紧密结合政治和军事。美国因此付出巨大的代价与精力，甚至影响美国大选。美国政府已大力加强预防工作，不仅设立相关机构，而且把反生物恐怖列入执法范畴。2001 年，美国新设公众健康防护办公室，在 2002 年仅补充拨款用以加强生物反恐措施的费用就达 29 亿美元，并启动预警系统（张敏，2006）。

三、生物入侵的新趋势

(一) 人类活动更加频繁

1. 经济全球化引致生物入侵加快

当今世界全球化趋势清晰,经济全球化、政治全球化和文化全球化进程不断加快,尤其是服务全球化、贸易国际化、旅游大众化格局的形成,将人与人、人与世界的距离大大缩短,世界俨然成了一个地球村。全球化为人类提供了便捷途径——加速度的经济、贸易、政治、文化全球化。交通便捷给远距离生物入侵以可乘之机,人类活动为生物入侵打开了方便之门。人类行为是生物入侵的最大助动力(Hoffmeister et al., 2005)。据有关调查,39.6%的生物入侵案例为有意引进造成的,43.9%为进出口贸易、游客等无意间携带进入,仅有3.1%是借助自然力量进入的(张新燕和张国栋,2006)。随着国际贸易频繁和交通便利,生物入侵风险日趋增加(Chen and Xu, 2001)。人类有意识的引种或无意识的携带及货物运输,促进了“物种全球化”,物种以空前的广度和深度在全球范围内交流,有的演变成入侵物种,生物入侵形势越发严峻。Perrings等(2005)研究表明,生物入侵及其风险深受市场或贸易的发展程度、贸易总量及包装等附属物的影响。近500年来,人类交通运输是植物远距离迁移的最主要途径(Novak and Mack, 2001)。据估计,几乎每一种害虫都可以通过人类贸易和运输行为传播(徐汝梅,2003)。76.3%的入侵物种是由于对商品或者运输设备检疫失败造成的(Xu et al., 2006)。就我国而言,近20年来,特别是加入世界贸易组织(WTO)后,国际贸易与服务活动更加频繁,生物入侵速率更趋加快。1995年进出口货物达23 499.9亿元,2000年达39 273.2亿元,2005年为116 921.8亿元,2006年为140 971.4亿元,2008年为179 921.5亿元;旅游出入境人数1995年为5352.55万人次,2000年为9193.65万人次,2005年为15 131.86万人次,2006年为15 946.57万人次,2008年为17 587.18万人次(中华人民共和国国家统计局,2000, 2002, 2006, 2009)。相应地外来有害检疫性生物也从20世纪70年代的1种、80年代的2种、90年代的8种,上升为21世纪初的18种(中国科学院学部,2009)。同时,我国出入境检验检疫系统截获有害生物的种类和批次也逐年上升。据统计,1992~2001年共截获各类植物有害生物1000多种,4万多批次(云桥,2002);而仅2003年和2005年就分别高达1900多种和2805种,共48 139批次和121 021批次(李浩,2007)。

2. 文化全球化引致生物入侵方式的出新

文化全球化,特别是服务文化、旅游文化的迅猛发展,导致当地与外来的文化习俗产生碰撞和磨合,结果造成文化和民族民俗的蜕变、同化,甚至消亡,间接引起人类生活和生产方式的改变,进而产生新的生物入侵方式。第一次“绿色革命”曾引起了全球性的耕作文化或习惯的大变革,大面积单一矮秆品种取代了多样性地方品种的品种布局,进而改变了因地制宜的多样化、多形式的农业耕作习惯,直接降低了生物多样性,为外来物种入侵、定居、蔓延、流行创造了条件。数千年来,世界各地已逐步形成特定的农耕文化环

境,但随着世界文化的大交融,中西合璧的文化现象逐步形成。以园林景观为例,当今园林景观(如新园林、名胜古迹、宗教圣地等)的布置受中西文化交融影响,在植物配置模式上也发生了相应变化,以体现相应文化氛围,因此,世界各地交叉引进新植物物种的现象大量存在,成为生物入侵的潜在威胁。中国25%的入侵生物是用于景观、饲养和生物控制所致,50%的入侵植物是作为景观、牧场等使用所致(Xu et al., 2006)。澳大利亚65%的入侵物种之前是作为景观之用引进的(Groves, 1998),捷克和斯洛伐克有53%(Pyšek et al., 2002)。同时,在引进的植物物种中也发现了大量害虫和病原生物,有的已成为入侵生物,美国截获的害虫中有68%来自空运鲜花(Occhipinti-Ambrogi, 2007)。此外,带有种族与宗教色彩的植物文化变迁亦给外来物种提供新的入侵方式。我国西双版纳的傣族受东南亚国家和其他民族的文化影响,在日常交流与往来中,引种栽培了大量的经济作物、宗教植物和园林观赏植物,其中仅经济作物就有240多种,并在各家各户园圃里耕种(何瑞华, 2004)。同时,这些外来种携带的病原物与害虫就更难以统计,与其寄主植物共同构成了生物入侵的新威胁。这种文化现象随着全球化与世界一体化的纵深发展,将给生物入侵带来全球性的深刻变化。

3. 科技交流国际化引致生物入侵的潜变

科技交流国际化是时代发展的需要,全球化趋势引领国际间的学术活动、人才流动和种质交流的跨越式发展。1999年,我国出访的科技人员3544人,到访8585人,2005年出访18595人,到访37576人;出国留学1978年为860人,1990年2950人,2000年38989人,2005年118515人(中华人民共和国国家统计局, 2000, 2002, 2006);招收留学生情况亦是如此,截至2004年共招收约50万留学生,且数量较大幅度增加(崔凤玲, 2001;陈织云, 2007)。种质交流是改进品种和发展生产的重要途径,生物新品种、新技术和新材料的国际交流日益频繁。我国引进和输出大量的种质资源,其中有相当一部分作为科研用种,虽然数量少但品种多。科技交流国际化有助于提升科技水平,同时也埋下了生物入侵的潜在危险,科技工作者也成为潜在入侵物种的携带者和传播者,除正常引种外,有些个体或生物安全意识不够,或出于爱好,或出于需要,或利益驱动,缺乏相应约束,携带新物种出入境并予以私自繁衍,导致生物入侵风险防不胜防,成为生物入侵潜变的重要因素。风信子由于传教士的喜好从巴西被少量移植到非洲,不久便在尼罗河、刚果河定殖和蔓延,仅过3年时间就在1600 km长的刚果河里长得水泄不通(孙永泰, 2004);而大米草、水花生、仙人掌等则是出于引种需要,后演变成危害严重的入侵物种的(熊红和刘永碧, 2003)。

4. 生物战争的潜在威胁引致生物入侵格局演变

生物战争历史久远,近年来频发的恐怖事件,使人类对潜在的生物恐怖倍加关注。1346年,蒙古人久攻卡法不下,就将携带鼠疫的尸体扔进城内,卡法城不攻自破(刘颖玮, 2004)。现代生物战起源于第一次世界大战期间德军利用副溶血弧菌和鼠疫杆菌,第二次世界大战期间日本施放生物武器,造成1万多人丧生(阮冰和白雪玲, 2005)。当代社会发生的生物恐怖事件也在威胁着人类的安危。2001年发生的“炭疽热”造成22人患病,

5 人死亡 (Jemigan et al., 2001), 再次证实了生物恐怖威胁的现实性以及利用生物入侵的潜在威胁与挑战。苏联的生物武器计划始于 20 世纪 20 年代, 主要病原物有小麦秆锈病菌、黑麦秆锈病菌、稻瘟病菌 (郭坚华和郭亚辉, 2005), 以农业为目标的生物恐怖早已成为重要研究领域。为达到某种目的, 利用特殊物种入侵造成一系列严重后果, 是生物恐怖的重要手段。这些生物入侵是蓄意和难以预料的, 常借助先进科技, 可随时随地发生, 造成的直接或间接后果十分严重, 不仅危害人类的健康和生命, 还会对社会、政治、经济等诸领域产生深远影响。生物恐怖不仅涉及植物群体, 而且涉及动物、人体和社会、经济、生态等领域, 使生物入侵发生巨大变革, 在场合、目的和对象多样性上, 都拓宽和加深了生物入侵格局。

(二) 气候变暖更为提速

地球生命是由无数个气候冷暖交替变化的, 近百年以来和今后的相当时期内, 气候变暖将是气候变化的基本特征。据称, 现今人类引起的地球暖化速率超过最后一次冰川以来气温上升最高速率 5 倍以上 (Overpeck et al., 1991)。气候变暖有利于生物入侵、定殖、扩散和流行。温度是物种分布的限制因子 (徐汝梅和叶万辉, 2003), 高的地球暖化速率可能导致植物分布范围在 21 世纪的 100 年间北移达到 500 km 之多 (钟永德等, 2004)。气候变暖有利入侵生物繁衍, 将对植物入侵的速率和范围产生深刻影响 (Vitousek, 1994), 热带亚热带入侵者更易向北扩散 (徐汝梅和叶万辉, 2003), 可能带来越发严重的大规模的生物入侵态势。气候暖化能显著影响生态系统中的种群结构, 导致本地种的迁出与外来种迁入的双重结果, 进而改变生境及其功能。在全球, 尤其是极地, 气候暖化将导致许多物种北移。据报道, 植物物种向极地方向与往高海拔迁移的平均速度分别为 $610 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $0.61 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ (Parmesan and Yohe, 2003)。新生境比较暖和且缺乏天敌等因素, 植物迁移或入侵进入适宜气候区后会传播更快, 加之外来物种入侵使原来的生态系统失去平衡, 也可能为外来物种提供更为适宜的生存环境, 能让新物种适应并持续生长, 并战胜本地物种, 进而快速和大规模蔓延, 扩大地理分布范围, 逐步在新生境中成为优势种。而且由于气候变暖, 许多相对未受干扰的乡土物种, 今天是明显的杂草, 明天可能是更成功的入侵者 (任海等, 2002)。

四、生物入侵的应对策略

1. 增强意识, 严加防患

增强意识和严加防患的关键在充分认识生物入侵所面临的严峻挑战, 充分认识生物入侵事关人类生存安全的方方面面 (食物安全、健康安全、生物安全、生态安全、基因安全、经济安全、社会安全乃至国家安全), 普及生物入侵的基本常识, 提升和强化全民防患意识, 特别是要使领导干部及科技人员取得共识。有害生物入侵日益广化和深化的原因很多, 却与人类的所作所为密不可分, 人类作为 (流动) 越频繁, 形势越严峻。亦即物种入侵风险越来越大, 入侵途径越来越多, 环境变化越来越大, 人类需求也越来越高。因此, 为了更好地防止生物入侵, 必须增强防患意识, “凡事预则立”, 防患于未然比防治来得更有效, 否则人类将陷入恶性循环不断加剧的困境之中。因此, 我们一定要增强意识, 严加防患。我

们不仅要强化生物引种的入侵风险意识，增进对生物入侵的理解和预防意识，加强对全民生物安全意识的宣传教育，避免“乘客携带”；而且要充分认识到生物多样性与生态环境健康的重要性，以保持整个群体生态系统健康；同时还需提高经济成本意识。

2. 立法建制，严格管理

对付生物入侵，务必严格立法建制，并且认真执行、严格管理。目前我国在这一领域不是没有立法，而是法出多门（涉及之法多达 20 余部）、政出多头（农业、林业、卫生、环保等部门都有相关之法），有法难依，法不到位。主要是部门分割，重引进、轻管理，重局部、轻全局，重直接为害、轻间接威胁（如对生态、资源及人类生存的潜在影响）。为此，国家应该集中管理，只有统一立法（如由全国人民代表大会统一制定“国家入侵物种法”或“外来入侵物种管理法”），建立一统——统一机构，统一管理（如暂称“外来入侵物种管理局”，直属国务院领导，下设专家委员会），才能有效管理，严格落实。

3. 培育内力，严守国门

当代世界全球化与一体化趋势已然，地球村效应与“物种全球化”问题日益凸显，人类似乎无法根绝生物入侵，未来任重道远。认真抓好生物入侵的防控工作，严守国门（出入境检疫）是最行之有效的办法。要把好国门，关键在培育内力。首先，要有一支高素质、高水平、精通业务、知法、懂法，且能严格执法的队伍。其次，要加大科教力度，增加科研投入，认真做好普查摸底，不仅要建立健全外来物种引进的编目制度和风险评估制度，实行科学预警机制，慎待外来物种，还要增强科学执行能力，加强自我管理，严格检疫，实现有害生物传入前与传入过程中的预防和预警。最后，要做好精准全面的生物入侵风险评估；建立完善的四大体系（检验检测、监测预警、快速反应、持续控制体系），揭示有害生物的入侵及流行机制。要进一步从外来入侵物种及其防控体系的基础性、战略性和前瞻性的科学问题开展深入研究，特别是要关注全球变化给生物入侵带来的新问题；要弄清成功入侵及其入侵后的生存、发展机理；要对主要外来有害生物防控技术体系的构建、本土良种培育及关键技术研制、生物入侵的科学预警机制、生物入侵的生物学、生态学、经济学、社会学等予以更多的重视。此外，与入侵植物种和动物种相比，外来微生物种的研究及入侵抵御，更是人类不得不面对的新课题。

4. 关注全球，严防不测

国际上早在 1992 年就通过了《生物多样性公约》；1997 年建立了防范生物入侵的“全球入侵物种计划”；2001 年进一步组织制定了“全球外来入侵物种战略”。我们应以自主、积极的态度，成立国家生物入侵信息中心，参与国际合作，加强信息交流，充分利用国际信息，建立和完善国际有害生物信息数据库，做到信息共享、知己知彼，还要结合国情，做好科学论证、风险评估，分清黑白，详列名单，严防不测，一个不漏。

参 考 文 献

- 陈自明. 2001. 滇池土著鱼类现状. 生物多样性, 9 (4): 407-413
- 崔凤玲. 2001. 来华留学教育是一个大有可为的良性产业. 经济视角, 2: 37-41
- 丁建清, 解焱. 1996. 中国外来种入侵机制及对策. 见: 汪松, 谢彼德, 解焱. 保护中国的生物多样性 (二). 北京: 中国环境科学出版社: 107-128
- 丁建清. 2002. 外来生物的入侵机制及其对生态安全的影响. 中国农业科技导报, 4 (4): 16-20
- 丁建清. 2008. 应对外来生物入侵挑战促进可持续发展. 中国科学院院刊, 23 (4): 331-335
- 樊合成. 2003. 农业生物战研究综述. 农业图书情报学刊, (3): 90-92
- 龚宇. 2003. 经济全球化背景下的“生物入侵”风险及其防范. 江苏商论, (9): 26-27
- 郭坚华, 郭亚辉. 2005. 从生物恐怖主义看中国农业教育的发展. 高等农业教育, (8): 13-15
- 何瑞华. 2004. 论傣族园林植物文化. 中国园林, 20 (4): 8-11
- 胡颖钊, 那美玲, 张鹰. 2002. 豚草花粉症及其相关因素调查. 护理学杂志, 17 (8): 589-590
- 亢雅娟. 2006. 生物入侵的途径. 太原城市职业技术学院学报, (4): 136-137
- 李浩. 2007-5-21. 我国生物入侵防控策略探讨. 中国国门时报
- 李坤陶. 2007. 我国生物入侵的现状与防治对策. 生物学教学, 32 (2): 8-9
- 李扬汉. 1998. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社: 239-242
- 刘颖玮. 2004. 人类面临生物恐怖主义威胁. 环球军事, (01X): 18-19
- 马占鸿. 2005. 美国发现大豆锈病对我国大豆进口的影响及对策. 中国植保导刊, 25 (2): 9-13
- 任海, 张倩媚, 彭少麟, 申卫军, 李志安, 李高飞. 2002. 植物入侵与其他全球变化因子间的相互作用. 热带地理, 22 (3): 275-278
- 阮冰, 白雪玲. 2005. 生物恐怖. 临床内科杂志, 22 (8): 505-507
- 孙永泰. 2004. 物种入侵带来的生态灾难. 国土绿化, (11): 41
- 王珊子. 2005. 生物入侵: 自然之灾, 人类之祸. 绿色中国: 公众版, (8): 40-42
- 王芷. 2009. 治理大型远洋船舶压载水中的有害生物. 科技导报, 27 (17): 8
- 谢丙炎, 成新跃, 石娟, 张青文, 戴素明, 成飞雪, 骆有庆. 2009. 松材线虫入侵种群形成与扩张机制——国家重点基础研究发展计划“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”进展. 中国科学 (C 辑: 生命科学), 39 (4): 333-341
- 熊红, 刘永碧. 2003. 植物引种与生物入侵. 自然杂志, 25 (6): 351-354
- 徐汝梅, 叶万辉. 2003. 生物入侵理论与实践. 北京: 科学出版社: 85
- 徐汝梅. 2003. 生物入侵数据集成、数量分析与预警. 北京: 科学出版社: 89
- 许艳丽, 李春杰, 赵丹, 刘喜梅, 潘凤娟, 王宏. 2006. 大豆锈病研究现状与进展. 植物保护, 32 (4): 9-13
- 云桥. 2002-04-01. 御疫情于国门之外. 中国国门时报
- 张敏. 2006. 美国如何防范生物恐怖袭击. 国外科技动态, (10): 37-44
- 张乃明, 张玉娟, 高阳俊. 2003. 生物入侵的现状与对策思考. 农业环境与发展, 20 (4): 29-31
- 张新燕, 张国栋. 2006. 人类心腹大患: 外来生物入侵. 绿色中国: 综合版, (6): 24-35
- 中国科学院学部. 2009. 我国生物入侵现状与对策. 中国科学院院刊, 24 (4): 411-413
- 中华人民共和国国家统计局. 2000. 中国统计年鉴 (2000). 北京: 中国统计出版社
- 中华人民共和国国家统计局. 2002. 中国统计年鉴 (2002). 北京: 中国统计出版社
- 中华人民共和国国家统计局. 2006. 中国统计年鉴 (2006). 北京: 中国统计出版社
- 中华人民共和国国家统计局. 2009. 中国统计年鉴 (2009). 北京: 中国统计出版社
- 钟永德, 李迈和, Norbert K. 2004. 地球暖化促进植物迁移与入侵. 地理研究, 23 (3): 347-356
- Camus A. 2007. 局外人/鼠疫. 郭宏安, 顾方济, 徐志仁译. 南京: 译林出版社: 69

- Chen L Y, Xu H G. 2001. Australian management strategy for invasive alien species and references available to China. *Biodiversity Science*, 9 (4): 466-471
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Naeem S, Limburg K, Paruelo J, O'Neill R V, Raskin R, Sutton P, van den Belt M. 1997. The Value of the world's ecosystems services and nature capital. *Nature*, 387: 253-260
- Everett R A. 2000. Patterns and pathways of biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 177-178
- Groves R H. 1998. Recent incursions of weeds to Australia 1971—1995 *CRC Weed Manage. Systems Technology Services*, 3: 1-74
- Higgins S I, Richardson D M. 1999. Predicting plant migration rates in a changing world: the role of long-distance dispersal. *The American Naturalist*, 153 (5): 464-475
- Hoffmeister T S, Vet L E M, Biere A, Holsinger K, Filser J. 2005. Ecological and evolutionary consequences of biological invasion and habitat fragmentation. *Ecosystems*, 8: 657-667
- Jemigan J, Stephens D, Ashford D, Omenaca C, Topiel M, Galbraith M, Tapper M, Zaki T F S, Popovic T, Meyer R, Quinn C, Harper S, Fridkin S, Sejvar J, Shepard C, McConnell J, Guarner J, Shieh W, Malecki J, Gerberding J, Hughes J, Perkins B. 2001. Bioterrorism-related inhalational anthrax, the first 10 cases reported in the United States. *Emerg Infect Dis*, 7: 933-944
- Lonsdal W M, Lane A M. 1994. Tourist vehicles as vectors of weed seeds in Kakadu National Park. Northern Australia, *Biology Conservation*, 69: 277-283
- Luken J O, Thieret J W. 1993. *Erucastrum gallicum*: Invasion and spread in North America. *Sida*, 15 (4): 569-582
- Novak S J, Mack R N. 2001. Tracing plant introduction and spread: genetic evidence from *Bromus tectorum*. *Bioscience*, 51 (2): 114-122
- Occhipinti-Ambrogi A. 2007. Global change and marine communities: Alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 342-352
- Overpeck J T, Bartlein P J, Webb III T. 1991. Potential magnitude of future vegetation change in eastern North America: Comparison with the past. *Science*, 254: 692-695
- Parnesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42
- Perrings C, Dehnen-Schmutz K, Touza J, Williamson M. 2005. How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (5): 212-215
- Pysek P, Sádlo J, Mandák B. 2002. Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, 74: 97-186
- Stakman E C. 1963. 植物病理学在世界的科学和社会发展中所起的作用. 陆师义译. 见: 霍尔敦 C S, 菲尔舍尔 G W, 福尔敦 R W. 植物病理学问题和进展 (1908-1958) 俞大绂, 陆师义, 裘维蕃, 魏景超, 周家炽, 刘锡璉, 章正, 华志树, 黄河译. 北京: 科学出版社, 3-14
- Vitousek P M. 1994. Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology*, 75 (10): 1861-1876
- Westbrook C, Ramos K. 2005-10. Under siege: invasive species in military bases. <http://www.nwf.org>
- Xu H G, Ding H, Li M Y, Qiang S, Guo J Y, Han Z M, Huang Z G, Sun H Y, He S P, Wu H R, Wan F H. 2006. The distribution and economic losses of alien species invasion to China. *Biological Invasions*, 8: 1495-1500

(执笔: 谢联辉)