



RESEARCH
ON BIOLOGICAL
INVASIONS
IN CHINA

中国 生物入侵 研究

万方浩 郭建英 张 峰 等著



科学出版社
www.sciencep.com



中国生物入侵研究

万方浩 郭建英 张 峰 等 著

Q16
W031

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分为九章,第一章主要分析了中国外来有害生物入侵现状、发生与发展趋势;第二章重点介绍了中国最具危害性与威胁性的20个农林入侵物种的分布与危害以及核心研究问题;第三章在因子分析及典范对应分析的基础上,深入剖析了外来有害生物成功入侵的因素;第四章应用不同的分析模式,评估了生物入侵对经济、生态与社会的影响;第五章重点构架与解析了中国生物入侵基础与应用研究的体系与模式,提出在基础理论研究方面需要重点关注的科学问题,简要介绍了现阶段基础与应用研究的主题项目及代表前沿性研究的核心成果与突出亮点;第六章以典型农林入侵物种(病虫草)为对象,系统地归纳与总结了其入侵机制、扩张与暴发的生态学过程、与本地种的竞争与互作的关系以及对生态系统产生的影响等;第七章从预防预警、检测监测、应急处理、持续防控的技术与方法的角度的角度,系统性总结了生物入侵防控技术的研究与发展;第八章从管理到研究等不同层面,提出了一些应对生物入侵的建议;第九章有针对性地提出了基础理论与防控技术的创新需求。

本书适合于从事生物入侵、生物多样性、生态安全、动植物检疫、植物保护与环境保护等领域的科研人员、大专院校师生以及行政管理人员等使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国生物入侵研究 / 万方浩等著. — 北京: 科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-025800-7

I. 中… II. 万… III. 生物-侵入种-研究-中国 IV. Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 184924 号

责任编辑: 王 静 李秀伟 王海光 罗 静 / 责任校对: 陈玉凤

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>

天时彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009年10月第一次印刷 印张: 19 3/4

印数: 1—3 000

字数: 448 000

定价: 150.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

资助项目

《中国生物入侵研究》是如下资助项目所获得的成果，谨此对所有项目资助单位和参加生物入侵基础与应用研究的各团队成员致以衷心感谢。

国家重点基础研究发展计划（“973”计划）项目 ——

农林危险生物入侵机理与控制基础研究（2002CB111400）

重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础（2009CB119200）

国家“十一五”科技支撑计划课题 ——

入侵物种快速检测与监测技术（2006BAD08A14）

入侵物种风险评估与早期预警技术（2006BAD08A15）

入侵物种紧急处理与环境调控新技术（2006BAD08A17）

农业入侵物种区域减灾与持续治理技术（2006BAD08A18）

科技基础性工作专项 ——

中国外来入侵物种及其安全性考察（2006FY111000）

农业部农作物病虫害疫情监测与防治项目 ——

外来入侵生物的风险评估与控制技术研究（2003—2009）

国家自然科学基金 ——

主要捕食性天敌昆虫对烟粉虱田间控制作用的 cDNA 定量评价技术（30571254）

兼性寄生蜂潜蝇姬小蜂的寄主取食行为及其营养生理机制研究（30771448）

外来植物紫茎泽兰对入侵地土壤微生物的影响机理及其反馈作用研究（30871654）

B 型/Q 型烟粉虱对高温胁迫的生殖与生理响应机制（30800722）

中国科学技术协会项目 ——

中国农林外来入侵生物预防与控制对策研究

欧盟－亚联项目 ——

欧亚外来入侵生物检测、监测、紧急处理和防治技术交流 [CN/ASIA-LINK/035 (129-036)]

CABI 发展基金 ——

外来入侵物种专项（VM60013）



作者简介

万方浩，博士，研究员，博士生导师。国家重点基础研究发展计划（“973”计划）“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”项目首席科学家。主要从事生物入侵、昆虫生态、生物防治研究。

现为中国农业科学院植物保护研究所生物入侵研究室主任。兼任中国植物保护学会副理事长、北京市昆虫学会副理事长、中国昆虫学会及中国生态学会常务理事、中国植物保护学会生物入侵分会主任、华南农业大学丁颖讲座教授、西南大学和湖南农业大学兼职教授。同时出任《昆虫学报》副主编、《中国农业科学》、《生物多样性》、《中国生物防治》、《中国农业科技导报》、《环境昆虫学报》、《中国农业生态学报》、《昆虫知识》和《植物保护》等刊物编委。曾任国际生物防治组织亚太地区学会 (IOBC/APRS) 副主席。

近年来，主要致力于生物入侵的基础与应用研究。已完成的项目主要有：国家科技部“973”计划“农林危险生物入侵机理与控制基础研究（2003–2008）”（首席科学家），科技部支撑计划“重要农业入侵物种区域减灾及其持续治理技术（2006–2010）”，科技部国际合作项目“紫茎泽兰的控制基础与应用技术研究（2006–2008）”，农业部专项“外来入侵物种风险评估、早期预警与综合治理”（2003–2007），科技部公益平台项目“外来入侵物种的风险与经济影响评估技术（2004–2006）”。目前承担的任务主要有：国家科技部“973”计划“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”（2009–2013）（首席科学家）、国家自然科学基金重点基金“Q型烟粉虱优势寄生蜂的竞争性互作及稳定性控制机制”（2010–2013）、科技部科技基础性工作专项“中国外来入侵物种及其安全性考察”（2007–2009）。

在生物入侵方面的主要工作业绩：①提出和构建了我国入侵生物学的学科体系；②丰富与发展了生物入侵研究的理论、技术与方法，如外来种入侵的“前适应性”与“后适应性”机制、入侵种的“自我增强式化感作用”、“外来生防作用物风险构成的过滤理论体系”、有害生物定量风险评估的技术与方法；③构建了外来入侵物种区域减灾的持续治理技术体系，在豚草、烟粉虱等入侵物种的控制方面取得了显著成就；④在国内外发表有关学术论文 230 余篇，出版著作 10 部，获得科技成果 10 余项。

作者简介



郭建英，博士，女，1973年11月出生。1995年7月南京大学生物系本科毕业，1997年7月南京大学生物科学与技术系动物学专业硕士研究生毕业，2007年7月南京农业大学植物保护学院农业昆虫与害虫防治专业博士研究生毕业。1997年7月至今在中国农业科学院生物防治研究所，现中国农业科学院植物保护研究所从事科研工作。现任该所生物入侵研究室副主任，副研究员。

主要研究方向为外来入侵生物和转基因作物的生物安全和风险评价、有益天敌利用和害虫综合治理。先后承担国家“十一五”科技支撑计划项目“农业入侵物种区域减灾与持续治理技术”，国家自然科学基金“B型/Q型烟粉虱对高温胁迫的生殖与生理响应机制”，农业公益性行业科研专项“粉虱类害虫可持续治理技术研究集成示范”，国家环保总局项目“转基因植物及外来入侵物种对我国生物多样性的影响调查及对策”，国家科技部“973”计划项目“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”和“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”子课题，欧盟项目“转基因棉的环境生态风险评价”，北京市科技新星计划“分子标记技术在紫茎泽兰遗传分化研究中的应用”等。目前，已获北京市科学技术二等奖、国家烟草专卖局科技进步三等奖和中国植物保护学会科学技术奖二等奖各1项，在国内外专业期刊上发表科技论文90余篇，出版著作6部。

作者简介



张峰，博士，男，1973年5月出生。现任国际应用生物科学中心（CABI）生物科学项目协调员。1994年莱阳农学院（现青岛农业大学）园艺系本科毕业，1997年中国医学科学院/中国协和医科大学药用植物研究所硕士研究生毕业，2000年中国科学院动物研究所动物学专业（昆虫学方向）博士研究生毕业。2001—2003年赴CABI欧洲—瑞士中心做博士后。曾在中国科学院动物研究所从事昆虫化学生态学研究工作。

主要研究方向为外来入侵有害生物的传统生物防治、天敌引进的风险评估和以生物防治为基础的害虫综合治理等。主要从事CABI与中国以及其他东亚国家国际合作项目的开发、执行和协调管理工作。承担的国际项目有：欧盟援助合作项目“北朝鲜粮食安全—玉米害虫综合治理项目”，欧盟第五框架计划项目“外来入侵害虫玉米根叶甲 *Diabrotica virgifera virgifera* 的可持续控制研究”，瑞士政府外交部发展与合作局项目“北朝鲜十字花科蔬菜和玉米害虫的综合防治技术”，英国国际发展部、自然环境研究委员会和环境社会科学研究委员会合作项目“生态系统服务与扶贫效益—中国区域现状分析与战略研究”等。发表学术论文20余篇，其中SCI源期刊论文7篇，参编学术专著1部，主译科普著作1部。

《中国生物入侵研究》编委会名单

(按姓氏笔画排序)

万方浩	中国农业科学院植物保护研究所
马子龙	中国热带农业科学院椰子研究所
马瑞燕	山西农业大学
王 瑞	中国农业科学院植物保护研究所
王源超	南京农业大学
左 平	南京大学
冯 洁	中国农业科学院植物保护研究所
冯玉龙	中国科学院昆明植物园
冯纪年	西北农林科技大学
史海涛	海南师范学院
叶 辉	云南大学
石章红	中国科学院动物研究所
刘万学	中国农业科学院植物保护研究所
刘小飞	云南大学
刘树生	浙江大学
刘银泉	浙江大学
吕志创	中国农业科学院植物保护研究所
孙江华	中国科学院动物研究所
成新跃	北京师范大学
严 盈	中国农业科学院植物保护研究所
余 昊	中国农业科学院植物保护研究所
张 峰	国际应用生物科学中心
张 真	中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所
张龙娃	安徽农业大学
张旭东	中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所
张骁栋	复旦大学
张桂芬	中国农业科学院植物保护研究所
张润志	中国科学院动物研究所
李 博	复旦大学
杨 瑞	中国农业科学院植物保护研究所
杨国庆	扬州大学

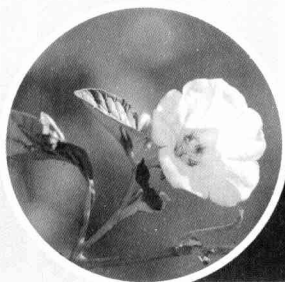
杨忠岐	中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所
杨念婉	中国农业科学院植物保护研究所
陆永跃	华南农业大学
陈 鹏	云南大学
陈家骅	福建农林大学
冼晓青	中国农业科学院植物保护研究所
周忠实	中国农业科学院植物保护研究所
季清娥	福建农林大学植物保护学院
武海卫	北京林业大学
贤振华	广西大学
郑 礼	河北省农林科学院旱作农业研究所
郑小波	南京农业大学
钟艮平	中国农业科学院植物保护研究所
骆有庆	北京林业大学
唐 超	中国热带农业科学院环境与植物保护研究所
耿军灵	福建农林大学
郭建英	中国农业科学院植物保护研究所
钱万强	科学技术部基础研究管理中心
黄 成	南京大学
黄焕华	广东省林业科学研究院
傅建炜	福建省农业科学院植物保护研究所
彭正强	中国热带农业科学院环境与植物保护研究所
彭德良	中国农业科学院植物保护研究所
曾 玲	华南农业大学
蒋明星	浙江大学
覃伟权	中国热带农业科学院椰子研究所
谢 明	中国农业科学院植物保护研究所
谢丙炎	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
鲁 敏	中国科学院动物研究所
滕 希	中国农业科学院植物保护研究所
窦 寅	南京大学
戴小枫	中国农业科学院

目 录

引言	2
第一章 中国生物入侵现状与发生趋势	10
第一节 历史与发生趋势	11
第二节 入侵物种在不同生态系统中的分布	14
第三节 入侵物种的传入来源	15
第四节 入侵物种的地理分布格局	16
第五节 新入侵种的安全性评价	19
第二章 中国主要入侵物种的发生为害与扩张	26
第一节 中国最具危害性的 20 种外来入侵物种	28
第二节 重要入侵物种的分布扩张与扩散速度	86
第三章 中国生物入侵的影响因素分析	100
第一节 环境因素与入侵生物分布格局的关系	102
第二节 影响外来有害生物成功入侵的因子分析	109
第三节 入侵生物分布的区域性格局	110
第四章 中国生物入侵的经济、生态与社会影响	114
第一节 经济影响	115
第二节 生态影响	118
第三节 社会影响	123
第五章 中国生物入侵研究的模式与体系	128
第一节 中国生物入侵研究的基本模式	129
第二节 中国生物入侵基础理论研究的科学问题和内容	133
第三节 中国入侵生物学学科体系的构建	137
第四节 中国生物入侵基础理论与应用技术研究的项目概况	140

第六章 中国生物入侵的基础理论研究进展	156
第一节 烟粉虱的种间竞争与扩张机制	157
第二节 化学信息物质调控的红脂大小蠹入侵机制	164
第三节 稻水象甲的种群扩张机制	170
第四节 松材线虫的遗传变异与生态适应机理	177
第五节 互花米草入侵对河口盐沼生物多样性的影响	187
第六节 紫茎泽兰的入侵机制与控制管理	197
第七节 大豆疫霉与寄主适应性互作的分子机制	209
第七章 中国生物入侵防控技术的研究进展	218
第一节 数据库建设	220
第二节 快速检测与野外监测技术的发展	221
第三节 风险评估与早期预警	229
第四节 红火蚁的根除行动	235
第五节 扩散阻断与狙击带建设	239
第六节 外来入侵物种的生物防治	244
第八章 中国生物入侵研究与管理的发展建议	280
引言	280
第一节 生物入侵研究与管理国家指南	281
第二节 生物入侵基础性工作和设施建设	282
第三节 生物入侵的基础与应用研究	287
第四节 生物入侵学科构建与人才队伍建设	288
第五节 科学知识普及与公众教育	288
第六节 国际与地区的合作与交流	289
第九章 中国生物入侵研究的创新需求	292
第一节 中国生物入侵研究的近期工作目标	293
第二节 中国生物入侵研究的近期工作重点	294
中文与拉丁学名对照表	298





引言

在 21 世纪全球变化趋势加剧的新形势下，全球国际贸易、旅游和交通迅速发展，为外来物种远距离的迁移与入侵、传播与扩散到新的生境中创造了条件，大陆间外来物种的交换与迁移随之加快，外来有害生物入侵的危险性也日益增加，从而使外来有害生物的入侵成为不同大陆生态系统间生物与生态安全的严重威胁。同时，现代大农业生产（农业、林业、畜牧业、水产养殖等）部分依赖于物种资源的引进与交换，这种有目的地共享生物多样性资源使得特定生态系统或特定区域得到巨大经济效益的同时，也增加了外来有害生物伴随入侵的危险性。因而，防范外来生物入侵成为全球 21 世纪农业可持续发展面临的共同问题（万方浩等，2008a）。



一、中国面临外来有害生物入侵的严峻挑战

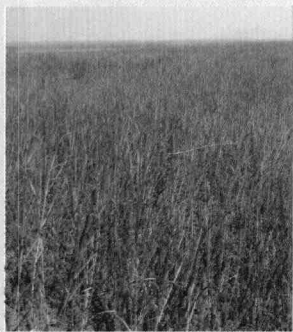
中国是农业大国，也是一个自然与生物灾害频繁多变的国家。外来有害生物的入侵无疑会使处于农业压力巨大与生态环境脆弱的局面更是雪上加霜。实际上，中国是受外来有害生物入侵最为严重的国家之一。外来有害生物的入侵已严重影响我国的经济安全、生态安全、社会安全与国家利益，对我国农、林、牧、渔、水产及养殖业发展造成严重的经济损失；破坏农业、林业、草原、草场、湿地、河流、岛屿和自然保护区等各种生态系统，导致严重的生态灾难，危及野生生物资源；污染公共卫生，对人民群众身心健康构成巨大的威胁。

1. 外来有害生物入侵严重威胁我国的生物多样性

中国是世界上物种多样性特别丰富的国家之一。但随着一些生态环境问题的出现，我国已有 4000—5000 种高等植物处于濒危或接近濒危状态，占我国高等植物种类总数的 15%—20%（林龙，2008）。近年来，外来有害生物的入侵加剧了这一现象的严峻性。据对我国近 100 年来从境外传入的



入侵杂草——紫茎泽兰



入侵杂草——互花米草
(傅建伟 摄)

外来有害生物的不完全统计，目前入侵我国的外来入侵生物有 520 余种；而在世界自然保护联盟公布的全球 100 种最具威胁的外来入侵生物中，我国就有 50 种。这些外来入侵生物对我国的生物多样性和遗传资源保护构成了极大的威胁（万方浩等，2002，2005，2008a，2008b）。如紫茎泽兰能以其强大的繁殖力及快速的种子传播能力，同时通过竞争和化感作用排斥周围其他植物，最终在入侵地形成单一的优势种群（刘伦辉等，1989；Yang et al., 2006），其现已在我国西南地区大面积成片发生，使得许多本地植物的生存受到排挤，植物区系和与之相关的动物区系趋于简单。

2. 外来有害生物入侵加剧了我国一些特定区域的生态侵蚀

中国气候复杂多样。从南到北跨热带、亚热带、暖温带、温带、寒带等气候带。生态区域复杂，包含有天然林保护生态区、自然保护区生态区、水土保持生态区、防护林生态区、荒漠生态区、湿地生态区、林业生态区、草原生态区、农业生态区、青藏高原高寒生态区（刘东来，1995）。外来有害生物的入侵对特定生态系统的结构、功能及生态环境产生严重的干扰与危害，导致某些生态系统出现几乎难以逆转的生态灾难。近年来，紫茎泽兰、互花米草、薇甘菊、加拿大一枝黄花等在我国不同生态系统中的入侵与疯狂蔓延，排挤与危及本地物种的生存，导致原有生物群落的衰退和生物多样性的丧失，并引起土著种的消失与灭绝。如肆意蔓延的互花米草不仅破坏近海生物栖息环境，还与沿海滩涂本地植物竞争生长空间，致使大片红树林消亡，被其占领的区域难以生态修复（陈中义等，2004）。

3. 外来有害生物的入侵加剧了农业生物灾害的损失

我国是一个粮食和经济作物种植的大国。2007 年粮食作物、油料作物、棉花、麻类、糖料、烟叶、药材及蔬菜瓜果等农作物播种总面积为 153 463.9 千公顷，农业总产值 24 658.87 亿元。2007 年农作物病虫害发生面积 365 342.4 千公顷，实际损

失 12 972 514 吨（中国农业年鉴编辑委员会，2008）。大部分农业外来有害生物的暴发性与毁灭性更是加剧了农业生物灾害的损失。据估计，我国 11 种主要入侵害虫与杂草每年造成的经济损失达 574.3 亿元人民币（万方浩等，2005）。1994 年入侵蔓延的美洲斑潜蝇，目前在全国的发生面积 100 多万公顷，每年的防治费用就需 4.5 亿元。严重危害水稻的稻水象甲每年危害水稻面积约 15 万公顷，造成经济损失 4.3 亿元。B 型烟粉虱与所携带的双生病毒常常导致大棚蔬菜作物的毁灭性绝收。



B 型烟粉虱传播的番茄双生病毒病导致的农业损失（刘树生 提供）

4. 外来有害生物入侵对人类健康带来严重威胁

外来入侵生物不仅给生态环境、农林业生产带来巨大的损失，而且直接威胁人类健康。入侵我国的普通豚草和三裂叶豚草所产生的花粉是引起人类花粉过敏症的主要病原物，豚草发生区约有 600 万枯草热患者；入侵我国的蟑螂在部分地区肆意横行，增加了传播疾病的风险；新近入侵的红火蚁严重威胁人类的健康。



三裂叶豚草花 (王辰 摄)

因此,防范外来有害生物的入侵,将其风险降到最低限度,遏制外来有害入侵生物的扩散与传播、蔓延与危害,是保障农业生产、国家生态安全、维护国家利益与社会安定的国家需求。

二、创新生物入侵防控技术体系是挑战生物入侵的前提

近年来,生物入侵已成为世界各国高度关注的热点问题。加强生物入侵基础理论与控制技术的研究是提升预警与管理水平的前提。“什么样的外来物种更易成为入侵种”、“什么样的生态系统更易被入侵”已成为入侵生物学的核心科学命题。外来入侵物种的种群形成与生态适应性、入侵物种对当地种的竞争排斥与置换效应、生物入侵对生态系统结构与功能的影响、入侵物种的预警及监控技术等已成为当前国际研究的热点。

建立生物入侵防控技术体系,先要回答外来物种在一个新环境或者一个新生态系统中“如何入侵、如何发展、如何扩张、如何暴发以及如何控制”的生态学过程与机制,这样才能制定有效的防控与管理技术体系。因此,揭示外来有害物种的入侵机制与生态过程,明晰对生态系统的影响以及系统响应机制,是发展和创新外来入侵物种预防预警、监测检测、控制管理新技术的理论基础(万方浩和郭建英,2007;万方浩等,2008a)。

三、中国生物入侵基础与应用研究的主题

近年来,中国在生物入侵的基础与应用研究上取得了较大的进展,部分达到了国际前沿水平,但总体上仍处于初期发展阶段。随着我国入侵生物学的蓬勃发展、大量研究工作与材料的持续积累、研究平台与体系的不断完善,进一步加强外来有害物种入侵的生态机制和监控技术等方面的研究,将有望在基