



现代农业高新技术成果丛书

农业入侵害虫的可持续治理

The Sustainable Management of Agricultural Invasive Pests

张青文 刘小侠 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

农业入侵害虫的可持续治理

The Sustainable Management of
Agricultural Invasive Pests

张青文 刘小侠 主编

中国农业大学出版社
• 北京 •

内 容 简 介

外来有害生物的入侵,给我国农业生产造成了严重的经济损失。本书比较系统地总结了课题组自 2002 年以来参加国家“973”项目第七课题“重要农林危险入侵生物可持续控制的策略与途径”和 2008 年以来参加国家公益性行业专项“马铃薯甲虫持续防控技术研究与示范”等相关研究工作,并系统介绍了我国外来入侵生物的入侵现状与发生趋势、入侵害虫的调查方法和可持续治理方法等;整理了蜚蠊目、等翅目、缨翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、膜翅目等 8 个目的 78 种常见外来入侵害虫的编目信息,包括入侵害虫的名称、分类学地位、形态特征、生物学特性、为害与分布、发生规律、预测预报、防治措施等内容。

本书可作为高等院校、科研院所专业人员、政府和企业的决策者与管理者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

农业入侵害虫的可持续治理/张青文,刘小侠主编. —北京:中国农业大学出版社,2013.4
ISBN 978-7-5655-0589-8

I. ①农… II. ①张…②刘… III. ①植物害虫—治理 IV. ①S433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 208696 号

书 名 农业入侵害虫的可持续治理

作 者 张青文 刘小侠 主编

责任编辑 孙 勇 韩元凤

责任校对 王晓凤 陈 莹

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 25.75 印张 640 千字 彩插 2

定 价 110.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

现代农业高新技术成果丛书

编审指导委员会

主 任 石元春

副主任 傅泽田 刘 艳

委 员 (按姓氏拼音排序)

高旺盛 李 宁 刘庆昌 束怀瑞

佟建明 汪懋华 吴常信 武维华

主 编	张青文	中国农业大学
	刘小侠	中国农业大学
副主编	李亦松	石河子大学
	李 贞	中国农业大学
	李祥瑞	中国农业科学院植保所
	许向利	西北农林科技大学
参 编	张怀江	中国农业科学院果树所
	董 杰	北京市植物保护站
	陈 瀚	皖西学院
	李 杰	中国农业大学
	胡镇杰	中国农业大学
	杨清坡	中国农业大学
	陆振强	中国农业大学
	杨宇晖	中国农业大学
	郭晨茜	中国农业大学
	魏 亮	中国农业大学
	曹进军	中国农业大学
	闫 硕	中国农业大学
	褚艳娜	中国农业大学
	张 璟	中国农业大学
	朱家林	中国农业大学
	熊晓菲	中国农业大学
	杨晓伟	中国农业大学
	李彦蓉	中国农业大学
	朱晓锋	中国农业大学

出版说明

瞄准世界农业科技前沿，围绕我国农业发展需求，努力突破关键核心技术，提升我国农业科研实力，加快现代农业发展，是胡锦涛总书记在 2009 年五四青年节视察中国农业大学时向广大农业科技工作者提出的要求。党和国家一贯高度重视农业领域科技创新和基础理论研究，特别是 863 计划和 973 计划实施以来，农业科技投入大幅增长。国家科技支撑计划、863 计划和 973 计划等主体科技计划向农业领域倾斜，极大地促进了农业科技创新发展和现代农业科技进步。

中国农业大学出版社以 973 计划、863 计划和科技支撑计划中农业领域重大研究项目成果为主体，以服务我国农业产业提升的重大需求为目标，在“国家重大出版工程”项目基础上，筛选确定了农业生物技术、良种培育、丰产栽培、疫病防治、防灾减灾、农业资源利用和农业信息化等领域 50 个重大科技创新成果，作为“现代农业高新技术成果丛书”项目申报了 2009 年度国家出版基金项目，经国家出版基金管理委员会审批立项。

国家出版基金是我国继自然科学基金、哲学社会科学基金之后设立的第三大基金项目。国家出版基金由国家设立、国家主导，资助体现国家意志、传承中华文明、促进文化繁荣、提高文化软实力的国家级重大项目；受助项目应能够发挥示范引导作用，为国家、为当代、为子孙后代创造先进文化；受助项目应能够成为站在时代前沿、弘扬民族文化、体现国家水准、传之久远的国家级精品力作。

为确保“现代农业高新技术成果丛书”编写出版质量，在教育部、农业部和中国农业大学的指导和支持下，成立了以石元春院士为主任的编审指导委员会；出版社成立了以社长为组长的项目协调组并专门设立了项目运行管理办公室。

“现代农业高新技术成果丛书”始于“十一五”，跨入“十二五”，是中国农业大学出版社“十二五”开局的献礼之作，她的立项和出版标志着我社学术出版进入了一个新的高度，各项工作迈上了新的台阶。出版社将以此为新的起点，为我国现代农业的发展，为出版文化事业的繁荣作出新的更大贡献。

中国农业大学出版社

2010 年 12 月

前言

随着经济全球化进程的加快,国际旅游、交流的迅猛发展,我国由于外来入侵生物造成的问题日趋加重,加上有不少地区检疫、防治不当,造成部分入侵害虫全国分布。大部分农业外来有害生物具有暴发性与毁灭性,一旦成功入侵,将难以控制,对农业生产造成巨大损失。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已达到 574.3 亿元(万方浩等,2005)。1994 年入侵我国的美洲斑潜蝇,目前在全国的发生面积 100 多万 hm^2 ,每年的防治费用就需 4.5 亿元。危害水稻的稻水象甲每年危害水稻面积约 15 万 hm^2 ,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减产或完全绝收。

我国政府历来十分重视外来入侵生物的防治工作,2002 年启动了国家“973”项目“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”,我们课题组承担了第七课题“重要农林危险入侵生物可持续控制的策略与途径”的研究。在此基础上,2009 年国家又启动了新一轮的“973”项目“重要外来入侵物种的生态影响机制与监控基础”研究,目前此项目正在研究之中。

人们从有害生物防治的历史经验中得出结论,依赖单一方法解决害虫防治问题是不可能的,因此自 1961 年著名昆虫学家 Geiser 首次提出害虫综合治理(integrated pest management, IPM)的概念,1974 年联合国粮农组织将 IPM 确定为农业有害生物治理的指导思想以来,IPM 一直是进行害虫防治的科学指导思想,对入侵害虫也同样适用。为切实维护国家农业生产安全,遏制日益猖獗的入侵害虫发展态势,提高国家应对外来入侵生物的能力,按照 IPM 的指导思想,构建科学的综合防治措施是关键。

本书比较系统地总结了课题组自 2002 年以来参加国家“973”项目第七课题“重要农林危险入侵生物可持续控制的策略与途径”和 2008 年以来参加国家公益性行业专项“马铃薯甲虫持续防控技术与示范”等相关研究工作,并系统介绍了我国农业入侵害虫的种类及其变化趋势和空间分布,整理了蜚蠊目、等翅目、缨翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、膜翅目等 8 个目的 78 种常见外来入侵害虫的编目信息,包括入侵害虫的名称、分类学地位、形态特征、生物学特性、为害与分布、发生规律、预测预报、防治措施等内容,也汇总了本课题组

多年来关于入侵害虫的研究成果,为防治常见农业入侵害虫提供参考。

鉴于我们的能力、水平和知识结构的差异,研究工作中还存在着许多不完善之处,敬请各位专家、同行指教。由于本书编著的时间仓促,难免有不足之处,请读者在阅读后提出宝贵意见。

在本书即将出版之际,本书的编著者非常感谢国家科技部对相关课题的资助,感谢 973 项目组提供的大力帮助、教育部科技司对研究项目的组织工作和各种帮助,感谢国家出版基金项目的资助;对课题合作研究者的辛勤劳动及同行的帮助表示谢意。

编 者

2013 年 1 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 入侵生物的危害	1
1.1.1 入侵生物严重威胁我国的生物多样性	1
1.1.2 入侵生物加剧了我国一些区域的生态侵蚀	2
1.1.3 入侵生物加剧了农业生物灾害的损失	2
1.1.4 入侵生物给人类健康带来严重威胁	2
1.2 科学防控技术体系是防治生物入侵的保证	3
参考文献	4
第 2 章 中国生物入侵现状与发生趋势	5
2.1 历史与发生趋势	5
2.1.1 入侵种类组成	5
2.1.2 入侵时间特征	6
2.1.3 不同类别外来物种的入侵时间特点	6
2.2 入侵物种在不同生态系统中的分布	6
2.3 入侵物种的传入来源	7
2.4 入侵物种的地理分布格局	7
参考文献	8
第 3 章 入侵物种的安全性评价	9
3.1 新近传入的外来入侵物种	9
3.2 新入侵种的安全性评价	10
参考文献	12
第 4 章 入侵害虫的调查与预测预报	13
4.1 入侵害虫类别	13
4.2 虫害的形成及其机制	14
4.3 害虫的调查	16

4.3.1	昆虫的田间分布	16
4.3.2	调查取样方法	16
4.3.3	调查取样的单位和数量	18
4.3.4	调查结果计算	18
4.3.5	害虫的预测预报	19
4.3.6	害虫预测预报的类型	20
4.3.7	发育程度预测	20
4.3.8	发生量预测	22
4.3.9	害虫预测预报的发展与展望	23
	参考文献	23
第5章	农业入侵害虫的综合治理	25
5.1	提高应对外来入侵生物的国家能力	25
5.2	监测与管理能力建设	27
5.3	综合治理的概念	27
5.4	害虫综合治理的主要措施	29
5.4.1	植物检疫	29
5.4.2	农业防治	29
5.4.3	生物防治	31
5.4.4	物理防治	32
5.4.5	化学防治	34
5.4.6	害虫综合治理的原则	38
	参考文献	40
第6章	马铃薯甲虫引诱剂的研制及引诱效果研究	41
6.1	马铃薯挥发性植物次生代谢物成分的 GC-MS 分析	41
6.1.1	材料和方法	42
6.1.2	结果与分析	44
6.1.3	小结与讨论	46
6.2	马铃薯甲虫对多种挥发物单体以及聚集素的触角电位反应	46
6.2.1	材料和方法	47
6.2.2	结果与分析	49
6.2.3	小结与讨论	51
6.3	马铃薯甲虫对多种植物挥发物及马铃薯甲虫聚集素的行为反应	52
6.3.1	材料和方法	52
6.3.2	结果与分析	54
6.3.3	小结与讨论	57
6.4	植物挥发物及马铃薯甲虫聚集素对马铃薯甲虫的田间引诱作用研究	58
6.4.1	材料和方法	59
6.4.2	结果与分析	60

6.4.3 小结与讨论	61
6.5 马铃薯甲虫引诱剂的不同类型诱芯研究	61
6.5.1 材料和方法	62
6.5.2 结果与分析	63
6.5.3 小结与讨论	65
6.6 印楝素对马铃薯甲虫拒食作用研究	65
6.6.1 材料和方法	65
6.6.2 结果与分析	66
6.6.3 小结与讨论	69
参考文献	70
第7章 松材线虫及其媒介昆虫松褐天牛的相关研究	73
7.1 松材线虫氧化还原酶 2-Cys Peroxiredoxin 的基因克隆及蛋白的诱导表达	73
7.1.1 技术路线	73
7.1.2 结果与分析	74
7.1.3 小结	84
7.2 松材线虫 2-Cys Peroxiredoxin 蛋白的生化功能研究	86
7.2.1 技术路线	86
7.2.2 结果与分析	86
7.2.3 小结	94
7.3 2-Cys Peroxiredoxin 蛋白在松材线虫侵染松木过程中的作用研究	94
7.3.1 技术路线	94
7.3.2 结果与分析	94
7.3.3 小结	99
7.4 松褐天牛 alpha 微管蛋白和 beta 微管蛋白基因的克隆、时空表达与 原核表达研究	100
7.4.1 技术路线	100
7.4.2 结果与分析	101
7.4.3 小结	117
7.5 松褐天牛触角超微结构电镜观察	118
7.5.1 技术路线	118
7.5.2 结果与分析	118
7.5.3 小结	121
7.6 松褐天牛气味结合蛋白基因的克隆与序列分析	122
7.6.1 技术路线	122
7.6.2 结果与分析	122
7.6.3 小结	122
7.7 松褐天牛幼虫挥发性信息化合物采集、分析及鉴定方法的确定	123
7.7.1 松褐天牛挥发性信息化合物采集条件的选择	123

7.7.2 松褐天牛幼虫挥发物的分析鉴定	126
7.7.3 小结	128
7.8 松褐天牛幼虫不同时期体表挥发物的变化	129
7.8.1 技术路线	129
7.8.2 结果与分析	129
7.8.3 小结	131
7.9 松褐天牛幼虫挥发性信息化合物对其天敌管氏肿腿蜂搜索行为的影响	132
7.9.1 技术路线	132
7.9.2 结果与分析	132
7.9.3 小结与讨论	134
7.10 气味经历对管氏肿腿蜂搜索行为的影响	134
7.10.1 技术路线	134
7.10.2 结果与分析	134
7.10.3 小结	137
7.11 管氏肿腿蜂气味结合蛋白基因的克隆与序列分析	137
7.11.1 技术路线	137
7.11.2 结果与分析	138
7.11.3 小结	149
7.12 管氏肿腿蜂气味结合蛋白的原核表达和纯化	150
7.12.1 技术路线	150
7.12.2 结果与分析	150
7.12.3 小结	153
7.13 气味结合蛋白在管氏肿腿蜂不同组织和触角感器中的表达情况研究	153
7.13.1 技术路线	153
7.13.2 结果与分析	153
7.13.3 小结	159
参考文献	160
第8章 紫茎泽兰与害虫相互关系研究	162
8.1 紫茎泽兰提取物对美洲大蠊和米蛾的忌避活性研究	162
8.1.1 材料和方法	163
8.1.2 结果与分析	165
8.1.3 小结与讨论	166
8.2 紫茎泽兰对棉铃虫幼虫取食和成虫产卵力的影响	166
8.2.1 材料和方法	167
8.2.2 结果与分析	168
8.2.3 小结与讨论	169
8.3 紫茎泽兰挥发性气味的化学成分及其对棉蚜和七星瓢虫行为的影响	170
8.3.1 材料和方法	171

8.3.2 结果与分析	172
8.3.3 小结与讨论	175
8.4 虫害紫茎泽兰茎叶表面微形态的观察	176
8.4.1 材料和方法	176
8.4.2 结果与分析	177
8.4.3 小结与讨论	179
8.5 棉蚜危害对紫茎泽兰挥发物释放的影响	179
8.5.1 温度和光照对紫茎泽兰挥发物释放的影响	180
8.5.2 虫害紫茎泽兰挥发物的变化	185
8.5.3 小结与讨论	189
8.6 紫茎泽兰信号物质的研究	190
8.6.1 材料和方法	190
8.6.2 结果与分析	193
8.6.3 小结与讨论	195
8.7 外源茉莉酸甲酯对紫茎泽兰挥发物的诱导	197
8.7.1 材料和方法	197
8.7.2 结果与分析	198
8.7.3 小结与讨论	202
参考文献	203
第9章 外来入侵有害生物的种类、生物学与防治措施	210
9.1 蜚蠊目	210
9.1.1 德国小蠊	210
9.1.2 美洲大蠊	213
9.1.3 澳洲大蠊	216
9.2 等翅目	219
9.2.1 截头堆砂白蚁	219
9.3 缨翅目	221
9.3.1 西花蓟马	221
9.3.2 唐菖蒲蓟马	223
9.4 半翅目	225
9.4.1 麦扁盾蝽	225
9.4.2 悬铃木方翅网蝽	227
9.4.3 银合欢异木虱	231
9.4.4 螺旋粉虱	233
9.4.5 烟粉虱	236
9.4.6 温室白粉虱	239
9.4.7 栗苞蚜	242
9.4.8 梨黄粉蚜	244

9.4.9	葡萄根瘤蚜	247
9.4.10	苹果绵蚜	249
9.4.11	吹绵蚧	251
9.4.12	菠萝粉蚧	253
9.4.13	新菠萝灰粉蚧	255
9.4.14	松突圆蚧	257
9.4.15	湿地松粉蚧	260
9.4.16	扶桑绵粉蚧	263
9.4.17	橡副珠蜡蚧	265
9.4.18	日本松干蚧	267
9.5	鞘翅目	269
9.5.1	苹果小吉丁虫	269
9.5.2	小圆皮蠹	271
9.5.3	谷斑皮蠹	273
9.5.4	烟草甲	275
9.5.5	双钩异翅长蠹	276
9.5.6	谷蠹	278
9.5.7	赤足郭公虫	280
9.5.8	米扁虫	282
9.5.9	杂拟谷盗	284
9.5.10	墨西哥拟叩甲	286
9.5.11	青杨脊虎天牛	287
9.5.12	银合欢豆象	290
9.5.13	菜豆象	292
9.5.14	紫穗槐豆象	294
9.5.15	皂角豆象	296
9.5.16	豌豆象	297
9.5.17	蚕豆象	299
9.5.18	鹰嘴豆象	301
9.5.19	四纹豆象	303
9.5.20	马铃薯甲虫	305
9.5.21	水椰八角铁甲	308
9.5.22	香蕉球茎象甲	310
9.5.23	杨干象	312
9.5.24	椰花四星象甲	314
9.5.25	苜蓿叶象甲	315
9.5.26	谷象	317
9.5.27	芒果果肉象	319

9.5.28 芒果果核象	320
9.5.29 芒果果实象	322
9.5.30 甘薯小象甲	324
9.6 双翅目	326
9.6.1 高粱瘿蚊	326
9.6.2 黑森瘿蚊	327
9.6.3 刺槐叶瘿蚊	329
9.6.4 番茄斑潜蝇	332
9.6.5 三叶草斑潜蝇	335
9.6.6 其他斑潜蝇类	338
9.6.7 番石榴实蝇	341
9.6.8 瓜实蝇	343
9.6.9 柑橘实蝇类	345
9.6.10 枣实蝇	350
9.7 鳞翅目	353
9.7.1 桃条麦蛾	353
9.7.2 马铃薯块茎蛾	355
9.7.3 麦蛾	357
9.7.4 米蛾	358
9.7.5 美国白蛾	360
9.7.6 蔗扁蛾	364
9.7.7 苹果蠹蛾	367
9.7.8 棉红铃虫	369
9.8 膜翅目	372
9.8.1 红火蚁	372
9.9 其他	375
9.9.1 松材线虫	375
9.9.2 番茄刺皮瘿螨	378
9.9.3 二斑叶螨	380
参考文献	383

中国是一个农业大国,也是一个人口大国,更是一个自然与生物灾害频繁与多变的国家。农作物病虫害年年发生,经常威胁着我国农作物的丰产丰收。随着对外交流的不断增多,外来有害生物不断入侵,无疑会给我国的农业生态环境带来巨大的压力。中国是遭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经严重影响到了我国的经济安全、生态安全、社会安全等,给我国农、林、牧、渔、水产及养殖业的健康发展带来了巨大障碍。

1.1 入侵生物的危害

1.1.1 入侵生物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,但由于人为携带、物质交流和一些生态环境问题的出现,已有4 000~5 000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13%~17%(林龙,2008)。随着国际交流和贸易活动的频繁与迅速发展,外来有害生物的入侵加剧了我国高等植物种类总数和面积的缩小,其严重性还在不断加剧。据对我国近100年来从境外传入的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488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27种(丁晖等,2010)。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)。例如,紫茎泽兰能以其强大的繁殖力和快速的种子传播能力,及其适应性竞争和特殊的化感功能等,排斥周围其他植物,最终在入侵地形成单一的优势种群(Yang et al,2006)。紫茎泽兰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或处于弱势状态,造成当地原生植物区系和植被以及

与之相关的动物种类及区系趋于简单化,严重影响当地动物和植物的多样性,从而影响当地的环境与收入。

1.1.2 入侵生物加剧了我国一些区域的生态侵蚀

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、危及本地物种的生存和发展,导致原有生物群落的衰退和生物多样性的逐渐丧失,同时还会导致我国当地土著物种的消失与灭绝。例如,在我国长江口湾,互花米草已经在土著植物海三棱藨草群落中定居和扩散。随着互花米草过快地扩大,海三棱藨草的密度盖度和地下球茎数量减少,直至消失,最后形成大片单一物种组成的互花米草群落(陈中义等,2004)。

1.1.3 入侵生物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15 346.39万 hm^2 ,农业总产值24 658.87亿元。2007年农作物病虫害发生面积36 534.24万 hm^2 ,实际损失12 972 514 t(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造成的损失。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已达到574.3亿元(万方浩等,2005)。1994年入侵我国的美洲斑潜蝇,目前在全国的发生面积100多万 hm^2 ,每年的防治费用就需4.5亿元。危害水稻的稻水象甲每年危害水稻面积约15万 hm^2 ,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减产或完全绝收。

1.1.4 入侵生物给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之一,豚草发生地区的居民大约有600万枯草热患者。近期入侵的红火蚁严重威胁着发生区居民的安全和健康。

因此,呼吁我国各地区、各行业、各部门行动起来,提高警惕,防范外来有害生物的入侵,将入侵生物带来的风险降到最低限度。遏制外来有害入侵生物的扩散与传播、蔓延与危害,是当地人身健康、农业安全生产、国家生态安全、维护国家利益与社会安定的保障。