

中国工程院重点咨询项目

中国农业害虫 绿色防控发展战略

我国昆虫不育技术发展战略研究项目组 著



科学出版社

中国工程院重点咨询项目

中国农业害虫绿色防控发展战略

我国昆虫不育技术发展战略研究项目组 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是中国工程院重点咨询项目“我国昆虫不育技术发展战略研究”的研究成果,包括综合报告1篇、专题报告12篇、案例分析报告10篇。全书系统总结了近年来我国在农业害虫绿色防控技术研发创新与集成应用领域取得的进展,分析了与国际领先成就之间的差距,解析了其中的原因和根源,据此提出了我国农业害虫绿色防控发展的整体思路、总体目标、基本原则和具体措施,对指导农业害虫绿色防控科技研发与产业化应用有重要参考价值。

本书可供农业行政部门、大专院校师生、科研单位及农业企业和广大农业工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国农业害虫绿色防控发展战略/我国昆虫不育技术发展战略研究项目组著. —北京: 科学出版社, 2016.3

(中国工程院重点咨询项目)

ISBN 978-7-03-047309-7

I. ①中… II. ①我… III. ① 农业害虫—病虫害防治—无污染技术—研究—中国 IV. ①S433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 026755 号

责任编辑: 李秀伟 李 迪 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京点击世代文化传媒有限公司

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张: 18 3/4

字数: 440 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

项目顾问组人员名单（按姓氏笔画排序）

朱有勇 旭日干 陈剑平 陈家骅 郭予元

项目组人员名单（按姓氏笔画排序）

组长 吴孔明

成员 宁 君 向文胜 李云河 杨普云 余云东 张 兴
张 杰 张跃进 陆宴辉 陈学新 范仁俊 李清娥
姜玉英 殷 宏 高玉林 黄勇平 黄 渤 曾 娟
雷朝亮 路大光 臧连生

项目咨询专家组人员名单（按姓氏笔画排序）

王建强 叶贵标 朱恩林 李建伟 张 文 陈友权
罗 晶 周雪平 郑 戈 单炜力 隋鹏飞

综合报告执笔人员名单

吴孔明 曾 娟 陆宴辉 高玉林

专题报告执笔人员名单

专题一：农业害虫监测预警技术发展战略	姜玉英
专题二：农业害虫天敌昆虫防治技术发展战略	陈学新 刘银泉
专题三：农业害虫植物源杀虫剂防治技术发展战略	张 兴
专题四：农业害虫微生物防治技术发展战略	向文胜 张 继 王相晶
专题五：农业害虫物理诱杀技术发展战略	雷朝亮 朱智慧 武予清 张青文 魏国树
专题六：农业害虫昆虫信息素防治技术发展战略	宁 君 王桂荣
专题七：农业害虫植物源引诱剂防治技术发展战略	陆宴辉

专题八：农业害虫辐射不育防治技术发展战略 季清娥 黄居昌

专题九：畜牧业害虫不育防治技术发展战略 殷 宏

专题十：农业害虫转基因作物防治技术发展战略

李云河 田俊策 马伟华

专题十一：农业害虫遗传调控技术发展战略 黄勇平

专题十二：农业害虫绿色防控技术集成与应用发展战略 杨普云

案例分析报告执笔人员名单

案例一：玉米螟赤眼蜂在吉林玉米生产中的应用 臧连生

案例二：烟蚜茧蜂在防治烟草蚜虫中的应用

余云东 余砚碧 张立猛

案例三：苦参碱的产业化应用 张 兴

案例四：苏云金芽胞杆菌的产业化应用 张 杰

案例五：白僵菌在防治玉米螟中的应用 黄 渤

案例六：频振式杀虫灯的应用 张跃进

案例七：梨小食心虫性迷向剂的研制与应用 范仁俊

案例八：地中海实蝇辐射不育技术的应用 路大光

案例九：采采蝇辐射不育技术的应用 路大光

案例十：转 *Bt* 基因抗虫棉花的产业化应用 陆宴辉 李云河

序

害虫是影响农业生产的重要有害生物,严重威胁着我国作物生产和动物养殖产业的健康发展。化学防治是目前我国害虫防治的主要手段,每年农作物害虫防治面积超过 2 亿 hm^2 (次),杀虫剂用量高达 12 万 t(有效成分)。化学农药的大量使用带来了害虫抗药性上升、农药残留高、害虫再猖獗等一系列问题,已成为影响我国食品安全、生态安全和公共卫生安全的重要因素。我国政府高度重视农业害虫防治问题,农业部于 2015 年实施《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》,要以转变农业发展为契机,提高农业生产安全、农产品质量安全和生态环境安全保障能力,实现到 2020 年农药使用量零增长。

由“我国昆虫不育技术发展战略研究”项目组研究完成的《中国农业害虫绿色防控发展战略》咨询报告,以总揽规划、分类阐述和个案体现的形式,系统总结和分析了我国害虫监测预警、天敌昆虫利用、植物源杀虫剂、微生物农药、物理防治、昆虫信息素、植物源引诱剂、辐射不育和转基因抗虫作物等害虫绿色防控技术的发展过程、存在问题与发展方向,提出了我国农业害虫绿色防控发展的整体思路、总体目标、基本原则和具体措施。

“工程造福人类,科技创造未来”。农业工程科技是与农业发展联系最紧密、作用最直接、效果最明显的科学技术,是形成农业现实生产力的关键。中国工程院农学部选择我国农业发展过程中的重大工程性问题开展中长期发展战略研究,就是期望集中相关领域全国工程技术人员的智慧,为制定农业各个产业中长期发展战略献计献策。该咨询报告的完成,是中国工程院农业学部用实际行动落实党的十八大关于“大力推动生态文明建设”、“实现人口资源环境相均衡、经济社会生态效益相统一”和“营造天蓝、地绿、水净的美好家园”等战略部署的具体体现。该咨询报告的出版为我国害虫防控管理部门、科研人员和产业界提供了一项高水平的研究成果,对促进我国农业害虫防控工作的科学决策有重要参考价值。

中国工程院原副院长 旭日干院士

2015 年 12 月 2 日于北京

前 言

害虫的防治可追溯到人类种植作物的早期,我国在春秋战国时期已有对农业害虫观察和防治的记述。20 世纪 40 年代,由于农药合成化学取得了突破性的进展,滴滴涕的合成与应用及有机氯和有机磷等农药相继问世,推动了害虫化学防治理论与技术的发展。到 50 年代,化学防治成为害虫防治理论与技术的核心内容,但随着害虫抗药性问题的不断产生和人们对农药污染环境及食品的深入认识,利用综合防治技术控制害虫的理念得到了广泛的支持。美国、英国等西方发达国家,在 20 世纪 80 年代后,逐步建立了基于生物防治和生态调控、以最大程度减少化学杀虫剂为目标的害虫持续治理技术体系。但相对而言,我国的化学杀虫剂用量以 5% 的年增长速度持续增加,目前单位种植面积的使用量已达到西方发达国家的 10~15 倍。

我国大量使用化学农药所产生的问题,引起了党和政府的高度重视。农业部在 2011 年要求强化“公共植保、绿色植保”理念,转变植保防灾方式,大力推进农作物病虫害绿色防控,保障农业生产安全、农产品质量安全及生态环境安全。另外,国际社会也广泛关注我国害虫防治问题。国际原子能机构(IAEA)近 20 年在多个国家组织实施了害虫辐射不育防治工程,为多种重大农作物和畜牧业害虫的防治发挥了重要作用。鉴于这些成功的经验,IAEA 执行副总干事 Daud Mohamad 先生于 2013 年年初致信中国工程院名誉主席宋健院士,邀请中国工程院农业科学家赴罗马国际原子能机构总部考察“昆虫不育技术”科研设施,赴南美相关国家考察利用昆虫不育技术大面积防治果蝇等动植物害虫的应用实践。宋健主席和时任中国工程院副院长的旭日干院士高度重视国际原子能机构的建议,要求农业学部征求相关院士意见,并论证启动“我国昆虫不育技术发展战略研究”重点咨询项目。

项目组在调研的过程中,深刻地认识到害虫防治是一个由化学、生物、物理和农业等多种技术组成的系统工程,为了更好地实施以大幅度降低化学农药使用量为目标的害虫防治战略,一致同意将项目的研究内容由不育技术拓宽到生物防治、植物源杀虫剂、物理诱杀技术、植物源引诱剂、转基因作物等绿色防治技术。成立了由 30 多位专家直接参与的、涵盖农业害虫绿色防控技术相关领域的项目执行组和项目咨询组,并先后多次组织专家学者、农业管理部门领导、相关企业管理与研发人员、基层农技人员等进行专题调研,广泛听取各方意见和建议,从不同角度凝聚思想、提炼观点,经反复修改、多番易稿,最终撰写形成了综合报告 1 篇、专题报告 12 篇、案例分析报告 10 篇。通过总结回顾国内外害虫绿色防治技术发展历程,深入分析我国绿色防治技术应用面临的突出问题、主要挑战和发展趋势,借鉴发达国家的成功模式和经验,提出了我国农业害虫绿色防控发展的整体思路、总体目标、基本原则和具体措施等。希望此报告能为国家“农药减量使用行动”、“绿色发展战略”等实施方案和相关政策制定提供支持和参考。

在项目实施过程中，承蒙中国工程院及其农业学部领导的指导与关心，也得到了IAEA、FAO/IAEA 联合司梁劬司长，以及农业部、中国农业科学院等相关部门的大力支持与帮助，在此一并致以崇高敬意与衷心感谢！

特别感谢中国工程院原副院长旭日干院士亲自作序，令本报告增色颇多。

吴孔明

2015 年 11 月 30 日于北京

目 录

第一部分 综合报告

农业害虫绿色防控发展战略.....	3
1 害虫绿色防控关键技术发展现状与趋势.....	4
2 我国害虫绿色防控存在的问题.....	7
3 我国绿色防控发展目标与重点任务.....	8
4 保障措施与政策建议.....	10

第二部分 专题报告

专题一 农业害虫监测预警技术发展战略.....	15
1 国家需求分析.....	15
2 科技发展历史、现状及趋势分析.....	18
3 产业现状分析.....	27
4 我国存在的问题.....	28
5 我国发展思路与目标.....	30
6 我国应采取的主要措施.....	31
参考文献.....	33
专题二 农业害虫天敌昆虫防治技术发展战略.....	36
1 国家需求分析.....	36
2 科技发展历史、现状及趋势分析.....	37
3 产业现状分析.....	41
4 我国存在的问题.....	42
5 我国发展思路与目标.....	43
6 我国应采取的主要措施.....	45
参考文献.....	46
专题三 农业害虫植物源杀虫剂防治技术发展战略.....	48
1 国家需求分析.....	48
2 科技发展历史、现状及趋势分析.....	50
3 产业现状分析.....	53
4 我国存在的问题.....	56
5 我国发展思路与目标.....	61

6 我国应采取的主要措施·····	63
参考文献·····	67
专题四 农业害虫微生物防治技术发展战略·····	70
1 国家需求分析·····	70
2 科技发展历史、现状及趋势分析·····	71
3 产业现状分析·····	77
4 我国存在的问题·····	82
5 我国发展思路与目标·····	84
6 我国应采取的主要措施·····	85
参考文献·····	88
专题五 农业害虫物理诱杀技术发展战略·····	91
1 国家需求分析·····	91
2 发展历史、现状和趋势分析·····	92
3 产业现状分析·····	97
4 我国存在的问题·····	97
5 我国发展思路与目标·····	99
6 我国应采取的主要措施·····	100
参考文献·····	102
专题六 农业害虫昆虫信息素防治技术发展战略·····	104
1 国家需求分析·····	104
2 科技发展历史、现状及趋势分析·····	105
3 产业现状分析·····	111
4 我国存在的问题·····	111
5 我国发展思路与目标·····	113
6 我国应采取的主要措施·····	114
参考文献·····	117
专题七 农业害虫植物源引诱剂防治技术发展战略·····	120
1 国家需求分析·····	120
2 科技发展历史、现状及趋势分析·····	121
3 产业现状分析·····	123
4 我国存在的问题·····	125
5 我国发展思路与目标·····	126
6 我国应采取的主要措施·····	128
参考文献·····	131
专题八 农业害虫辐射不育防治技术发展战略·····	133
1 国家需求分析·····	133
2 科技发展历史、现状及趋势分析·····	134

3 产业现状分析	137
4 我国存在的问题	138
5 我国发展思路与目标	139
6 我国应采取的主要措施	140
参考文献	143
专题九 畜牧业害虫不育防治技术发展战略	145
1 国家需求分析	145
2 科技发展历史、现状及趋势分析	147
3 产业现状分析	151
4 我国存在的问题	151
5 我国发展思路与目标	152
6 我国应采取的主要措施	154
参考文献	156
专题十 农业害虫转基因作物防治技术发展战略	159
1 国家需求分析	159
2 技术发展历史、现状及趋势分析	160
3 产业现状分析	163
4 我国存在的问题	165
5 我国发展思路与目标	167
6 我国应采取的主要措施	169
参考文献	172
专题十一 农业害虫遗传调控技术发展战略	175
1 国家需求分析	175
2 发展历史、现状及趋势分析	178
3 产业现状分析	184
4 我国存在的问题	185
5 我国发展思路与目标	186
6 我国应采取的主要措施	187
参考文献	191
专题十二 农业害虫绿色防控技术集成与应用发展战略	194
1 国家需求分析	194
2 发展历史、现状及趋势分析	195
3 产业现状分析	197
4 我国存在的问题	197
5 我国发展思路与目标	199
6 我国应采取的主要措施	201
参考文献	203

第三部分 案例分析报告

案例一 玉米螟赤眼蜂在吉林玉米生产中的应用	207
1 背景	207
2 技术介绍	208
3 应用过程	211
4 综合效益	212
5 经验分析	212
参考文献	213
案例二 烟蚜茧蜂在防治烟草蚜虫中的应用	215
1 背景	215
2 技术介绍	216
3 应用过程	218
4 综合效益	220
5 经验分析	221
参考文献	223
案例三 苦参碱的产业化应用	224
1 背景	224
2 技术介绍	225
3 应用过程	229
4 综合效益	232
5 经验分析	233
参考文献	236
案例四 苏云金芽孢杆菌的产业化应用	237
1 背景	237
2 技术介绍	238
3 应用过程	240
4 综合效益	241
5 经验分析	241
参考文献	242
案例五 白僵菌在防治玉米螟中的应用	244
1 背景	244
2 技术介绍	245
3 应用过程	247
4 综合效益	248
5 经验分析	249

参考文献	250
案例六 频振式杀虫灯的应用	252
1 背景	252
2 技术介绍	253
3 应用过程	257
4 效益分析	259
5 经验分析	260
参考文献	261
案例七 梨小食心虫性迷向剂的研制与应用	262
1 背景	262
2 技术介绍	262
3 应用过程	264
4 综合效益	266
5 经验分析	266
参考文献	267
案例八 地中海实蝇辐射不育技术的应用	269
1 背景	269
2 技术介绍	270
3 应用过程	270
4 综合效益	272
5 经验分析	273
参考文献	274
案例九 采采蝇辐射不育技术的应用	275
1 背景	275
2 技术介绍	276
3 应用过程	276
4 综合效益	277
5 经验分析	278
参考文献	280
案例十 转 <i>Bt</i> 基因抗虫棉花的产业化应用	282
1 背景	282
2 技术介绍	283
3 应用过程	284
4 综合效益	285
5 经验分析	286
参考文献	286

第一部分

综合报告

农业害虫绿色防控发展战略

摘 要 我国农牧业害虫灾害多发重发，严重威胁着我国农牧业安全生产和公共卫生安全；同时，害虫防治实践中化学农药大量和不当使用带来了农药残留超标、环境污染、害虫抗药性与再猖獗等一系列的负面问题，严重影响着我国农产品质量安全和农业生态环境安全。为及时扭转过分依赖化学农药的局面、提高害虫防治的效率效果和社会环境效益，必须大力发展害虫绿色防控技术，促进传统化学防治向现代绿色防控的转变，实现害虫的可持续治理。

美国、欧盟等发达国家和地区在农业害虫绿色防控技术的研发与产业化方面比较成熟，天敌昆虫与生物农药产品种类丰富、技术配套完整、产业化规模大，昆虫性诱剂、植物源引诱剂新产品日益增多、应用范围不断扩大，辐射不育技术在经济作物害虫和家畜蝇类害虫防治中成效显著，转基因抗虫植物研发进展快、产业化规模大，害虫遗传调控技术日益成熟。在“绿色植保”科学理念的倡导下，我国同样加快了害虫绿色防控技术产品的研发，并在赤眼蜂、烟蚜茧蜂、苦参碱、苏云金芽孢杆菌、白僵菌、频振杀虫灯、转基因抗虫棉花等技术产品的研发和产业化中取得了一系列重大进展。但总体来说，现阶段我国农业害虫绿色防控技术研发与产业化明显落后于国际先进水平，主要表现在如下几方面：科技支撑能力不足、产业化程度低、法规政策支持力度不够、社会接受程度低。

为贯彻落实“转方式、调结构”的新时期国家发展战略，适应我国现代农业发展要求，实现农业害虫的可持续治理，亟需制定农业害虫绿色防控发展战略，明确发展目标和重点任务。要坚持“预防为主、综合防治”的植保方针，贯彻“公共植保、绿色植保、科学植保”理念，重点建设科技创新与产业化能力提升、害虫绿色防控技术示范、新型职业农民培训与专业化防治队伍建设三大工程，突破绿色防控技术研发与产业化中的瓶颈问题，并通过建立合理的税收补贴与保险制度、简化绿色防控产品市场准入制度、加强绿色农产品市场监管、创新绿色防控技术推广机制和加强科学普及等保障措施，加快发展步伐、扩大应用规模，提升绿色防控水平，分步实现 2020 年短期目标和 2030 年中长期目标。

农业可持续发展是国民经济的重要基础，农业害虫直接或间接危害农作物和牲畜，是影响农业发展的重要因素之一。我国农作物害虫的主要种类有 800 多种，其中重大害虫 20 余种。1980 年以来，农作物害虫发生面积分 4 个阶段呈阶梯式上升，1981~1988 年平均年发生面积 1.21 亿 hm^2 ，1989~1994 年平均年发生面积 1.57 亿 hm^2 ，1995~2001 年平均年发生面积 1.85 亿 hm^2 ，2002 年以后年平均发生面积上升到 2.36 亿 hm^2 ，到 2012 年已超过 2.5 亿 hm^2 。近年来，由于受产业结构调整、耕作制度变更、全球气候变化和外

来生物入侵等因素的影响,水稻“两迁”害虫、黏虫、二点委夜蛾和烟粉虱等此起彼伏,重发种类多、影响范围广、危害损失重,给农作物生产带来了极大的威胁。以蚊、蝇、白蛉、蠓、虻、蚋、蚱、虱、蝇等外寄生虫为主的畜牧业害虫,对畜禽养殖业及人类公共卫生健康造成了极大的危害。据 FAO 统计,全球每年仅蝇给畜牧业造成的经济损失就高达 70 亿美元。近年来不断有新发、再发害虫及引发疾病的发生,给整个畜牧业及公共卫生领域带来了极大挑战。

现阶段,化学农药是防治农业害虫的主要手段。我国化学杀虫剂的使用量,在过去的 30 年一直呈上升趋势,并于 2001 年超过 12 万 t (以有效成分计),目前单位种植面积杀虫剂用量是美国的 14.7 倍、欧盟的 9.3 倍。如以现在速度发展,到 2030 年我国杀虫剂使用量将超过 15 万 t。化学杀虫剂的大量使用,除增加农业生产成本外,还带来了一系列的问题。一是增加了食品安全风险,农药残留超标的农产品质量安全事件时有发生,“毒豇豆”、“毒韭菜”、“毒生姜”等不仅让消费者谈药色变,而且直接影响了农产品国际贸易活动。二是大量杀死非靶标生物,造成有益生物生态服务功能和生物多样性的丧失,破坏了农业生态系统平衡;农药通过径流、渗漏、漂移等流失,污染土壤、水环境,影响农田生态环境安全。三是害虫抗药性增长越来越快,形成害虫越打越多、药效越来越差的恶性循环,有 400 多种害虫对常用农药产生不同程度的抗性。因此,采用绿色防控技术、降低化学杀虫剂用量,是我国农业生产急需解决的重大问题,是发展现代农业,建设资源节约与环境友好两型农业,实现农业可持续发展,促进农业生产安全、农产品质量安全、农业生态安全和农业贸易安全的有效途径。

1 害虫绿色防控关键技术发展现状与趋势

绿色防控是以促进农业安全生产,减少化学农药使用量为目标,采取种群监测和生态控制、生物防治、物理防治、科学用药等环境友好型措施来控制害虫的有效行为。害虫绿色防控的关键技术,包括天敌昆虫利用技术、生物农药利用技术、物理防治技术、信息素利用技术、辐射不育技术、转基因抗虫技术等。

1.1 天敌昆虫利用技术

天敌昆虫是指在一定区域内控制害虫发生与发展的昆虫,包括寄生性和捕食性两类。寄生性天敌昆虫可将卵产在害虫的卵、幼虫、蛹或成虫体内导致害虫死亡,捕食性天敌昆虫通过捕食消灭害虫。

我国是世界上公认的最早使用天敌昆虫防治害虫的国家,早在两三千年前就有“螟蛉有子,蜾蠃负之”的记载。目前,已能规模化生产赤眼蜂、平腹小蜂、丽蚜小蜂、侧沟茧蜂、烟蚜茧蜂、草蛉、七星瓢虫、小花蝽、食蚜瘿蚊、智利小植绥螨、西方盲走螨等天敌昆虫,利用赤眼蜂防治玉米螟和烟蚜茧蜂防治烟蚜等技术已大面积推广应用。

西方国家从 19 世纪开始大规模利用天敌昆虫防治害虫的研究与利用,如美国于 1888~1889 年引进澳洲瓢虫成功控制了加利福尼亚州(加州)柑橘园吹绵蚧发生与危害。近年来,美国、欧盟进一步加大了天敌产品的研发与应用,生产企业达 500 多家,商品