

# 一、项目名称

重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用

# 二、申报奖种

山东省科技进步奖二等奖

# 三、项目简介

鲁京津冀是我国重要蔬菜生产区，蔬菜年种植面积 4000 余万亩。烟粉虱是蔬菜生产中毁灭性害虫，严重时可导致减产 50% 以上甚至绝产，仅由其传播番茄双生病毒病年经济损失超过 50 亿元。烟粉虱传毒能力强、抗药性高、难防难治，成为制约蔬菜安全生产的关键限制因素。针对烟粉虱灾变规律不明、缺乏绿色防控技术及集成应用，项目组历经 16 年在国家 973 计划、科技支撑计划等项目支持下，深入开展了烟粉虱灾变机制、关键防控技术以及技术集成应用研究。具体成果如下：

一、揭示烟粉虱优势隐种的更替，阐明影响更替的关键因素，发现隐种更替导致烟粉虱的暴发成灾。

1) 自 2003 年以来，在全国蔬菜主产区 6 次系统监测揭示 Q 烟粉虱更替 B 烟粉虱成为优势隐种；2) 揭示影响更替的关键因子是新烟碱类杀虫剂的大规模使用；3) 发现 Q 烟粉虱扩散迅速、寄主范围广、传毒能力强、抗药性高，隐种更替导致烟粉虱的暴发成灾；Q 烟粉虱存在多次传入与快速扩散模式；能在 B 烟粉虱非适宜寄主上建立种群；较 B 烟粉虱有更强的传毒能力，对双生病毒病暴发有驱动作用；持续 6 年在 5 个省对 11 种杀虫剂抗性监测发现 Q 烟粉虱抗性发展迅速（增长 10~543 倍），抗性明显高于 B 烟粉虱。为防控关键技术研发提供理论依据。

二、创建了烟粉虱隐种快速检测预警技术，研发了生态调控、生物防治以及杀虫剂与天敌协同防控单项防控关键技术。

1) 构建 6 套 Q 烟粉虱隐种/支系/单倍型快速检测方法，鉴定时间由 3~5 d 缩小至 3~4 h，攻克了隐种及种下快速鉴别的难题；2) 研发出 3 种利用引诱/屏障功能植物预防烟粉虱侵入的生态调控技术；3) 筛选出刀角瓢虫等 9 种高效天敌，研制出丽蚜小蜂等 5 种天敌饲养方法，组配出浅黄恩蚜小蜂+海氏桨角蚜小蜂等 4 套不同天敌联合防控技术，比单一天敌寄生率提高 70%；构建了 3 套基于蓖麻等储蓄植物持续提供天敌的生防技术，比蛹卡天敌羽化率提高 20%；4) 筛选出溴氰虫酰胺等 4 种克抗类杀虫剂，有效控制吡虫啉等抗性种群（抗性 16~40 倍）；研发出灌根施药与天敌协同防控技术，防效提高 80%。为防控技术集成与应用提供技术支撑。

三、以早期检测预警为基础，以防控关键技术为核心，创建了蔬菜烟粉虱全程绿色防控技术模式并推广应用。

以早期检测预警为基础（持续检测 14 年），针对不同的危害阶段，以关键防控技术为核心，创建了设施蔬菜全程绿色防控技术模式：1) 种群侵入前，利用生态调控技术预防烟粉虱侵入；2) 种群定殖期，利用天敌联合防控与储蓄植物释放天敌技术抑制种群蔓延；3) 种群扩散期，利用天敌与杀虫剂协同防控技术以及克抗类杀虫剂降低危害。制定多种重要蔬菜全程绿色防控技术规程。累计推广应用 1491 万亩，防效达 85%，减施农药 30% 以上，节支增收 122 亿元。

授权专利 19 件（发明专利 13 件），制定地方技术规程 17 项、行业标准 1 项，登记计算机软件著作权 2 项；发表论文 228 篇，含 SCI 收录 111 篇（单篇影响因子>12 论文 2 篇，共被引用 1623 次）；出版著作 10 部（主编 6 部），培养研究生 77 名；发放技术手册 10 万余份，培训 3 万余人次。

## 四、应用情况、经济和社会效益

1. 推广应用情况（限 1 页）			单位：万元	
应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益
青岛市植物保护站	重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用	2016-2018	李晓东 0532-8573425	133000
潍坊市植物保护站	重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用	2016-2018	李洪奎 0536-8861679	174250
济南市植物保护站	重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用	2016-2018	李秀深 0531-8318615	175750
聊城市植物保护站	重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用	2016-2018	童金春 0635-6109609	161500
沧州市植物保护站	重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用	2016-2018	寇奎军 13313078357	53950
2. 直接经济效益(社会公益类、公共安全类可以不填此栏)			单位：万元	
年 份	新增销售额	新增利润		
2016	2214000	336000		
2017	2570400	390400		
2018	3267000	494750		
累 计	8051400	1221150		
各栏目的计算依据：（限 200 字）				
<p>2016 年：技术推广蔬菜种植面积 410 万亩；2017 年：技术推广蔬菜种植面积 476 万亩；2018 年：技术推广蔬菜种植面积 605 万亩，三年总计 1491 万亩。三年累计新增销售额 805 亿元，累计新增利润 122 亿元。</p> <p>计算依据：参照《全国农牧渔业丰收奖经济效益计算办法》（2010 年编）和《农业科技成果经济效益计算办法》（1991 年编）进行相关经济效益的计算，具体采用的计算公式如下：新增销售额=新增产量×当年市场单价；新增利润=（新增产量×当年市场单价）-成本。</p>				
3. 社会效益和间接经济效益（限 200 字）				
<p>（1）项目累计培养硕士研究生 77 名；举办各级培训班、现场会等 70 余次，发放技术手册 10 万份，培训基层农技人员 700 人次，培训农民 3 万人次，提高了鲁京津冀地区基层科技人员和农民的科技植保水平。</p> <p>（2）项目创建的“重大蔬菜害虫烟粉虱绿色防控关键技术研发与应用”，攻克了烟粉虱难防治的问题，有效控制烟粉虱的发生危害，降低了蔬菜病毒病的发生率，减少了化学农药使用量，实现了我国蔬菜产区安全防控的目标，推动了我国蔬菜害虫防控的理论研究和技术创新，提升了设施和露地蔬菜的生产能力，提高了我国蔬菜产品的国际竞争力，推动了我国蔬菜产业的持续健康发展。</p>				

## 五、曾获科技奖励情况

获奖项目名称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
重大入侵害虫烟粉虱隐种的更替及绿色防控关键技术	2018.10	青岛市科学技术进步奖	一等奖	青岛市人民政府

本表所填科技奖励是指：

1. 市级以上人民政府、中国人民解放军设立的科技奖励；
2. 经科技部登记的社会力量设立的科技奖励。

## 六、主要知识产权目录

序号	知识产权名称	知识产权类别	发明人	知识产权人	知识产权号	取得日期	国(区)别
1	一种利用洗洁精诱杀烟粉虱种群中菌蚊的方法	发明专利权	褚栋; 方艺伟; 陶云荔; 国栋	青岛农业大学	ZL201310092587.9	2015-03-04	中国
2	用于小型植食性昆虫生物学实验参数观察微虫笼饲喂装置	实用新型专利权	褚栋; 吕振红; 魏可可; 张尧; 魏晓莹	青岛农业大学	ZL201721472469.0	2018-12-04	中国
3	一种用于刺吸式小型昆虫内共生菌灭活的饲喂装置	实用新型专利权	褚栋; 李洪冉; 吕振红; 张伟; 杨兆国; 陶云荔	青岛农业大学	ZL201720437238.X	2017-11-28	中国
4	一种在 EPG 实验中观察叶片背面昆虫行为的装置	实用新型专利权	褚栋; 张文平; 陶云荔; 姜德锋; 郑晓敏; 李洪冉	青岛农业大学	ZL201420593971.7	2014-10-14	中国
5	一种利用海氏浆角蚜小蜂繁育浅黄恩蚜小蜂雄峰的方法	发明专利权	徐海云; 杨念婉; 孙丽颖; 段敏; 万方浩; 李茂海	中国农业科学院植物保护研究所	ZL201410214070.7	2015-11-18	中国
6	一种实验室内判断烟粉虱遗传特性的方法	发明专利权	马方舟; 吕志创; 韦娇; 周忠实; 万方浩; 王韧; 郭建英; 张桂芬	中国农业科学院植物保护研究所	ZL201410265338.X	2016-01-13	中国
7	一对丽蚜小蜂特异性 SCAR 引物及快速 PCR 检测方法和试剂盒	发明专利权	张桂芬; 张锐锐; 万方浩; 吕志创; 贤振华	中国农业科学院植物保护研究所	ZL201210424465.0	2015-04-22	中国
8	一种建立含有 Rickettsia 菌和不含 Rickettsia 菌的烟粉虱种群的方法	发明专利权	杨义婷; 郭建洋; 万方浩; 刘万学; 刘怀	中国农业科学院植物保护研究所	ZL201410539648.6	2016-05-04	中国
9	小型吸汁类害虫的高效药剂防治数据库系统 V1.0	软件著作权	王少丽, 张友军, 徐宝云	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	2018SR698644	2018-5-28	中国
10	蔬菜烟粉虱抗药性监测技术规程	行业标准	张帅; 张友军; 邵振润; 王少丽; 杨爱宾; 谢文	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	NY/T 2727-2015	2015-05-21	中国

## 七、主要论文论著目录

序号	论文（论著）名称	发表刊物（出版社）	发表（出版）时间	作者（按刊物发表顺序）
1	Genome-wide profiling of Cardinium-responsive microRNAs in the exotic whitefly, Bemisia tabaci (Gennadius) biotype Q	Frontiers in physiology	2018-10	Li Hongran, Wei Xiaoying, Ding Tianbo, Chu Dong*
2	Whitefly parasitoids: distribution, life history, bionomics, and utilization	Annual Review of Entomology	2015-01	Liu Tongxian*, Philip A Stansly, Dan Gerling
3	Invasion and Management of Agricultural Alien Insects in China. Annual Review of Entomology	Annual Review of Entomology	2016-04	Wan Fanghao*, Yang Nianwan
4	Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China	Biological Control	2014-01	Yang NW, Zang LS, Wang S, Guo JY, Xu HX, Zhang F, Wan FH*
5	Novel proteome and acetylome of Bemisia tabaci Q in response to Cardinium infection	BMC Genomics	2018-07	Li Hongran, James D. Harwood, Liu Tongxian, Chu Dong*
6	Silence of inositol 1,4,5-trisphosphate receptor expression decreases cyantraniliprole susceptibility in Bemisia tabaci	Pesticide Biochemistry and Physiology	2017-10	Guo Lei, Fang Kuan, Liang Pei, Chu Dong*
7	Effects of high temperature on insecticide tolerance in whitefly Bemisia tabaci (Gennadius) Q biotype	Pesticide Biochemistry and Physiology	2018-07	Guo Lei, Su MingMing, Liang Pei, Li Shuo, Chu Dong*
8	Effects of Tomato chlorosis virus on the performance of its key vector, Bemisia tabaci, in China	Journal of Applied Entomology	2017-12	Li Jie, Ding Tianbo, Hsin Chi, Chu Dong*
9	Population genetics of an alien whitefly in China: implications for its dispersal and invasion success	Scientific Reports	2017-04	Li Hongran, Pan Huipeng, Tao Yunli, Zhang Youjun, Chu Dong*
10	Competitive ability and fitness differences between two introduced populations of the invasive whitefly Bemisia tabaci Q in China	PLoS ONE	2014-06	Fang Yiwei, Liu Lingyun, Zhang Huali, Jiang Defeng, Chu Dong*

## 八、主要完成人情况表 (姓名、排名、技术职称、工作单位、 对本项目技术创造性贡献、曾获省级以上科技奖励情况)

姓 名	排 名	行政职 务	技术职 称	工作单 位	对本项目技术创造性贡献
褚栋	1	副院长	教授	青岛农业大学	该项目负责人，全面负责项目的组织实施工作。主要是明确了 Q 烟粉虱在我国的入侵规律与扩张趋势；构建了 Q 烟粉虱快速检测体系，明晰了 Q 烟粉虱取代 B 烟粉虱的过程；揭示了隐种取代的机制及其对番茄黄化曲叶病毒(TYL CV)暴发的影响。
万方浩	2	无	研究员	中国农业科学院植物保护研究所	组织实施部分工作。主要是蚜小蜂等优势天敌昆虫的生态学特性、控害效能和繁殖行为研究，天敌昆虫的生产技术研究，不同生防作用物联合控害技术体系的组配及设施蔬菜烟粉虱绿色防控技术开发。
王少丽	3	无	研究员	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	组织实施部分工作。主要是烟粉虱抗药性监测与克抗类药剂筛选，天敌生物与杀虫剂协同控害技术的研发。
张世泽	4	无	教授	西北农林科技大学	组织实施部分工作。主要是参与蚜小蜂等优势天敌昆虫的生态学特性、控害效能和繁殖行为研究，天敌昆虫的工厂化生产技术开发。
孙作文	5	科长	高级农艺师	山东省植物保护总站	组织实施部分工作。参与了项目前期烟粉虱发生种类和为害情况等基础数据调查；参与了烟粉虱防控技术措施的试验示范；组织了烟粉虱物理防控、天敌生物释放等绿色防控技术措施的大面积示范推广与应用。
郭磊	6	无	副教授	青岛农业大学	主要是烟粉虱抗药性监测与克抗类药剂筛选。
刘同先	7	无	教授	西北农林科技大学	主要是参与蚜小蜂等优势天敌昆虫的生态学特性、控害效能和繁殖行为研究，天敌昆虫的生产技术开发。
刘万学	8	主任	研究员	中国农业科学院植物保护研究所	主要是参与 Q 烟粉虱在我国的入侵规律与扩张趋势、Q 烟粉虱快速检测体系、Q 烟粉虱取代 B 烟粉虱的过程、烟粉虱隐种取代的机制及其对番茄黄化曲叶病毒(TYL CV)暴发的影响。
国栋	9	副科长	中级农艺师	山东省植物保护总站	参与了项目前期烟粉虱发生种类和为害情况等基础数据调查；参与了烟粉虱防控技术措施的试验示范；参与了烟粉虱物理防控、天敌生物释放等绿色防控技术措施的大面积示范推广与应用。

## 九、主要完成单位情况表（单位名称、排名、对本项目科技创新和推广应用情况的贡献）

主要完成单位名称	排名	主要完成单位创新推广贡献
青岛农业大学	1	<p>青岛农业大学负责项目的组织实施与协调，主要包括分解课题任务，汇总考评年度执行进展，集成综合关键技术，整理分析研究结果以及推广研究成果等。具体内容如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 发现了全国范围内 Q 烟粉虱逐年取代了其他隐种；</li> <li>2) 首次明确了我国 Q 烟粉虱源于西地中海地区以及多次传入的入侵模式；首次发现 Q 烟粉虱存在快速遗传变异与种群更替，温室大棚的推广应用是重要的影响因素。</li> <li>3) 明确了蔬菜、番茄黄化曲叶病毒（TYLCV）、农药等对 Q/B 烟粉虱竞争取代的影响，发现农药使用是驱动 Q 取代 B 烟粉虱的关键因素。发现了 TYLCV 的暴发与 Q 烟粉虱扩散密切相关。</li> <li>4) 构建了 Q 烟粉虱与其他粉虱，以及 Q 烟粉虱不同支系/单倍型的 6 套快速检测体系，明晰了山东省 Q 烟粉虱取代早期入侵的 B 烟粉虱的过程。进一步筛选出 4 种克抗类药剂。</li> <li>5) 组织烟粉虱优势生防天敌的规模化生产与协同控害、绿色防控关键技术体系等关键技术的研发、推广与应用。</li> <li>6) 研究获授权专利 8 项，发表论文 64 篇（SCI 收录 24 篇）</li> </ol>
中国农业科学院植物保护研究所	2	<p>中国农业科学院植物保护研究所作为本成果的主要完成单位之一，负责研发烟粉虱的的预警技术体系，生防作用物的联合控害，揭示生防作用物的繁殖生物学及控害潜能。具体内容如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Q 烟粉虱在我国的入侵规律与扩张趋势、Q 烟粉虱取代 B 烟粉虱的过程、烟粉虱隐种取代的机制及其对番茄黄化曲叶病毒（TYLCV）暴发的影响。</li> <li>2) 研究发明了东亚小花蝽、瓢虫、蚜小蜂等 9 种天敌昆虫的人工繁殖方法，建立了浅黄恩蚜小蜂等 5 种天敌昆虫的工厂化生产技术，实现了害虫天敌的规模化生产。</li> </ol>

		<p>3) 组配了不同生防作用物联合控害技术体系，开发了设施蔬菜烟粉虱绿色防控技术。</p> <p>4) 研究获授权专利 5 项，发表论文 72 篇（SCI 收录 26 篇）</p>
中国农业科学院蔬菜花卉研究所	3	<p>中国农业科学院蔬菜花卉研究所作为本成果的主要完成单位之一，主要负责烟粉虱抗药性监测与克抗类药剂筛选，以及天敌生物与杀虫剂协同控害技术的研发。具体内容如下：</p> <p>1) 持续 6 年监测了 5 省 234 个烟粉虱种群成虫与若虫对 11 种常见杀虫剂的抗性水平，进一步筛选出 4 种克抗类药剂；</p> <p>2) 研发了噻虫嗪与丽蚜小蜂对烟粉虱的协同控害技术。</p> <p>3) 研究获授权发明专利 1 项，软件著作权 1 项，发表论文 45 篇，其中 SCI 收录 32 篇。</p>
西北农林科技大学	4	<p>西北农林科技大学作为本成果的主要完成单位之一，主要研究内容如下：</p> <p>1) 参与蚜小蜂等 9 种优势天敌昆虫的生态学特性、控害效能和繁殖行为研究；</p> <p>2) 参与开发浅黄恩蚜小蜂等 5 类天敌昆虫的工厂化生产技术；</p> <p>3) 开发了生态调控以及基于银行植物等功能植物的生物防治提升技术。</p> <p>4) 研究获授权专利 5 项，发表论文 46 篇（SCI 收录 29 篇）</p>
山东省植物保护总站	5	<p>山东省植物保护总站作为本成果的主要完成单位之一，具体研究内容如下：</p> <p>1) 参与了项目前期代表性地区的选定、烟粉虱发生种类和为害情况等基础数据调查，组织开展了不同地区烟粉虱标本采集和鉴定鉴别；</p> <p>2) 参与了烟粉虱防控技术措施的试验示范；组织了烟粉虱物理防控、天敌生物释放等绿色防控技术措施的大面积示范推广与应用；</p> <p>3) 制定了设施蔬菜的全程绿色防控关键技术体系的相关规程；</p> <p>4) 培训基层农技人员 70 余场，培训农民 3 万人次，提高了山东省基层技术人员和农民的科技植保水平。</p>