

附件：

## 沈阳农业大学拟提名的 2020 年度省科技奖励项目

项目名称	重大外来入侵有害生物苹果蠹蛾防控关键技术研究与应用
提名者	沈阳农业大学
提名意见	<p>苹果蠹蛾是我国重要检疫性有害生物。自入侵我国以来，已对我国部分地区水果生产造成毁灭性危害，特别是对黄土高原与环渤海湾我国两大苹果优势产区的苹果产业构成极大威胁。该项目针对辽宁地区苹果蠹蛾发生为害严重，发生规律不清，关键绿色防控技术缺失等实际问题，项目组历经 11 年，对苹果蠹蛾生物学、生态学、监测预警与防控关键技术进行了系统研究，建立了苹果蠹蛾分子快速鉴定技术与监测技术；明确了该种害虫在辽宁省的发生规律，构建了苹果蠹蛾疫情监测体系与阻截带；率先解析了我国苹果蠹蛾种群遗传结构；摸清了该种害虫对常用化学杀虫剂的抗药性现状，并揭示其抗药性形成的分子机制；集成了苹果蠹蛾绿色防控技术，并进行大面积的技术示范、推广与应用。该研究对辽宁省乃至全国水果安全生产具有重大意义。与此同时，建立示范基地 3 个，获授权专利 5 件，制定地方标准（试行）2 项，发表论文 41 篇，其中 SCI 论文 20 篇（单篇影响因子&gt;12 论文 1 篇）。2017-2019 年在辽宁省应用推广面积 735 万亩次，挽回产量损失 70413 万 kg，累计总经济效益 15.16 亿元，经济效益、社会和生态效益显著。</p> <p>该项目整体达到国内领先水平，对照省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为 2020 年度辽宁省科学技术进步奖 二 等奖。</p>
项目简介	<p>苹果蠹蛾 <i>Cydia pomonella</i> (L.) 是世界上仁果类水果的重大蛀果害虫，也是国际上重要检疫性有害生物。自 1957 年传入我国以来，对新疆和甘肃的果业生产造成毁灭性危害。2012 年，苹果蠹蛾疫情传入辽宁省，严重影响辽宁省南果梨和苹果的生产安全与果品贸易。苹果蠹蛾具有寄主为害广泛、世代重叠严重、传播途径复杂及抗药性强等特点，已对我国黄土高原和环渤海湾两大苹果优势产区的苹果产业构成严重威胁。该项目在国家自然科学基金、国家重点研发计划子课题、辽宁省教育厅一般项目等项目支持下，围绕苹果蠹蛾监测与预警、抗药性监测与机制、生态适应性、关键防控技术集成与应用开展了系统研究。具体成果如下：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 建立了苹果蠹蛾分子快速鉴定技术和监测技术，明确了该害虫在辽宁省的发生规律，构建了疫情监测预警体系和阻截带，为科学防控提供理论支撑。研究建立了苹果蠹蛾和几种近缘食心虫的快速分子鉴定方法；构建了覆盖辽宁全省的“政府主导、部门推动、联防联控”的苹果蠹蛾疫情监测防控体系；明确了疫情传入辽宁省的途径和主要传播源；探明了苹果蠹蛾在辽宁省的发生规律、生物学特性及动态分布。</li><li>2. 率先从分子水平解析了我国苹果蠹蛾种群的谱系遗传结构，为阐明辽宁苹果蠹蛾入侵来源提供理论依据，对制定针对该虫在辽宁发生特点的综合治理策略具有重要的指导意义。基于 SSR 分子标记技术，利用 12 个苹果蠹蛾地理种群，系统解析了苹果蠹蛾种群遗传变异与遗传结构，首次从分子水平证实我国苹果蠹蛾种群具有较高遗传变异及遗传分化水平，明确了苗木运输等人为扩散方式对当前谱系结构形成具有主导作用。</li><li>3. 率先摸清了苹果蠹蛾种群对常用化学杀虫剂的抗药性现状，阐明</li></ol>

	<p>了抗药性机制，为科学用药提供了理论依据。本研究解析了苹果蠹蛾对溴氰菊酯和甲基谷硫磷抗性的分子机制；首次系统解析了苹果蠹蛾解毒酶基因功能，发现了一个新的有机磷抗性突变位点，丰富了害虫有机磷杀虫剂抗性相关的羧酸酯酶基因突变位点库。</p> <p>4. 明确了苹果蠹蛾对不同寄主植物的选择偏好，阐明了寄主识别分子机制，为开发新型昆虫食诱剂等害虫绿色防控新技术与新产品提供科学依据。本研究明确了苹果蠹蛾对三种寄主植物的选择偏好，鉴定出一批嗅觉受体基因（例如 OR3）并发现其在苹果蠹蛾中明显扩张，证实了寄主植物中梨酯对苹果蠹蛾的引诱作用，并解析了苹果蠹蛾搜寻和识别寄主的分子机制。</p> <p>5. 构建了苹果蠹蛾绿色防控技术体系，并大面积示范应用，取得显著的经济、社会和生态效益。以早期监测预警为基础，针对不同疫情级别，以关键防控技术为核心，创新集成绿色防控技术体系。种群入侵前，利用信息素诱捕和果品检疫监控技术预防苹果蠹蛾侵入。种群入侵初期、定殖和扩散期，首先利用项目组首次登记的 4 种有效成分的 7 个苹果蠹蛾防控药剂进行化学杀虫剂扑灭疫情，同时协同利用性诱剂诱杀、迷向技术、物理防控技术、生物防控技术、农业防控技术和检疫监管，平均蛀果率由 2017 年的 9.0% 降至 2019 年的 0.1%，控制了疫情的扩散成灾。</p> <p>本研究获授权专利 5 件；制定地方行业标准（试行）2 项；在《Nature Communications》、《Pest Management Science》、《植物保护学报》等国内外著名期刊发表论文 41 篇，其中 SCI 论文 20 篇。项目组积极与地方政府、植物检疫和技术推广部门、专业合作社进行产学研合作，通过建立示范基地、专场技术培训、现场田间指导、发放技术资料 and 现代通讯技术服务等多元化形式进行大面积示范推广应用，建立苹果蠹蛾防控示范基地 3 个，2017-2019 年在辽宁省应用推广面积 735 万亩次，挽回产量损失 70413 万 kg，累计总经济效益 15.16 亿元，经济效益、社会和生态效益显著。</p>
<p>客观评价</p>	<p>1. 突破性成果</p> <p>(1) 揭示了苹果蠹蛾在全球入侵过程中的寄主适应性进化和抗药性的分子机制，为深度解析外来生物的入侵机制提供了可靠的分子证据，也为创新入侵生物的颠覆性防控技术积累了坚实基础，成果发表于《Nature Communications》（自然·通讯）。</p> <p>(2) 鉴定并克隆了一批苹果蠹蛾潜在杀虫剂抗性相关基因，包括 CarE、GST 及 P450 等解毒酶基因，协同利用生物学试验和计算机分子模拟相结合的手段，系统研究了解毒酶基因功能，在羧酸酯酶基因 CpCE-1 中新发现了一个有机磷抗性突变位点 N232A；鉴定出 3 个可以代谢高效氯氟氰菊酯的 GST 基因，加深了对苹果蠹蛾对杀虫剂的代谢机制的认识，为研制新型杀虫剂提供理论基础，同时也为其它害虫杀虫剂代谢机制研究提供新思路，相关成果发表于《Pest Management Science》、《Journal of Agricultural and Food Chemistry》等期刊。共发表学术论文 41 篇，其中 SCI 收录论文 20 篇。</p> <p>2. 技术推广及相关职能部门的认可</p> <p>项目组成员杨雪清副教授、蔡明教授级高级农艺师、王小奇教授多次受到全国农业技术推广服务中心、地方政府、技术推广部门、专业学（协）会和专业合作社的邀请，以专题报告、学术论坛、技术培训等多</p>

	<p>种形式将外来入侵害虫苹果蠹蛾和其它果树害虫发生危害规律、识别方法和综合防控技术，以及项目组研究成果进行介绍和推广，提高果农、合作社和管理人员对害虫防控理论和技术的认识水平，得到了各地技术推广部门、专业合作社和国内同行的高度认可。</p> <p>3. 科技成果鉴定（验收）结论</p> <p>（1）国家自然科学基金青年基金项目“苹果蠹蛾 CpGST1 代谢拟除虫菊酯类杀虫剂的分子机制”（项目编号：31501666）和国家自然科学基金面上项目“我国疫区内苹果蠹蛾种群的分子遗传结构、基因流动与扩散规律：基于细胞核微卫星与线粒体基因的标记研究”（项目编号：31071687）分别于 2019 年 3 月及 2015 年 3 月通过国家自然科学基金委员会的结题验收。</p> <p>（2）中国科协“青年人才托举工程”项目“苹果蠹蛾成灾机制及综合治理研究”（项目编号：L5015489）于 2019 年 12 月 20 日通过辽宁省昆虫学会专家组验收，认为“苹果蠹蛾在辽宁省的发生规律、寄主选择偏好、对极端温度适应性、防控专用药剂筛选和登记方面的研究具有创新性，成果研究达国际先进水平”。</p> <p>（3）辽宁省教育厅一般项目“苹果蠹蛾对烟碱类等三类新型杀虫剂潜在代谢抗性风险评估”（项目编号：YESS20160085）项目于 2019 年 12 月 20 日通过辽宁省昆虫学会专家组验收，认为“该成果为苹果蠹蛾抗性监测及合理选择化学杀虫剂防控具有重要科学指导价值，其抗性风险研究具有创新性，达到国内领先水平”。</p> <p>4. 示范基地建设</p> <p>项目组在前期研究基础上，结合苹果蠹蛾在辽宁的发生规律和生物学特性，创新集成了绿色防控技术体系，并在辽宁海城、彰武及建昌等苹果和梨主产区建立了苹果蠹蛾防控示范基地 3 个，集成苹果蠹蛾远程监测预警系统、树干粘虫胶粘技术、树干绑缚麻布条技术、性信息素诱捕器诱集技术、迷向技术、赤眼蜂生物防治技术及太阳能杀虫灯诱杀技术，在示范基地进行示范和推广。取得较好的示范效果，受到地方政府和专业合作社的一致好评。</p> <p>5. 科技文献查新结论</p> <p>辽宁省科学技术情报研究所经检索国内外相关文献和数据库，比较分析认定如下查新点“应用远程图像监测识别和传输系统进行苹果蠹蛾监测”、“苹果蠹蛾在辽宁省彰武县地区发生规律”、“苹果蠹蛾 CpGSTd1、CpGSTd3、CpGSTe3 基因可以代谢高效氯氟氰菊酯”未见相同的国内外文献报道。</p>
<p>推广应用情况</p>	<p>通过建立示范基地、专场技术培训、现场田间指导、发放技术资料 and 现代通讯技术服务等多元化形式，“重大外来入侵有害生物苹果蠹蛾防控关键技术研究与应用”成果已在辽宁瓦房店、海城、千山、清原、本溪、桓仁、盖州、大石桥、彰武、辽阳、灯塔、西丰、建昌、绥中等 14 个梨和苹果种植主产县市进行大面积示范推广应用（附件 6-1 至 6-14），并辐射全省。2017-2019 年在辽宁省应用推广面积 735 万亩次，挽回产量损失 70413 万 kg，累计总经济效益 15.16 亿元。该项目成果的推广应用为区域性苹果蠹蛾绿色防控和构建外来入侵苹果蠹蛾“阻隔带”工程提供理论指导，对保障辽宁省在内的环渤海湾和黄土高原两大苹果优势产区水果安全生产具有重大意义。</p>

主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
论文	Functional characterization of a novel $\lambda$ -cyhalothrin metabolizing glutathione S-transferase, CpGSTe3, from the codling moth <i>Cydia pomonella</i>	中国	Pest Management Science	2019年9月12日	2020年76卷, 1039-1047页	沈阳农业大学, 中国农业科学院植物保护研究所, 美国密歇根州立大学	Chao Hu, Wei Wang, Di Ju, Gaoman Chen, Xiaolin Tan, David Mota-Sanchez, Xueqing Yang*	SCI
论文	CpGSTd3 is a lambda-cyhalothrin metabolizing glutathione S-transferase from <i>Cydia pomonella</i> (L.)	中国	Journal of Agricultural and Food Chemistry	2019年1月14日	2019年67卷, 1165-1172页	沈阳农业大学	Wei Wang, Chao Hu, Xinru Li, Xiaoqi Wang, Xueqing Yang*	SCI
论文	Characterization of multiple heat shock protein transcripts from <i>Cydia pomonella</i> : their response	中国	Journal of Agricultural and Food Chemistry	2016年5月9日	2016年64卷, 4288-4298页	沈阳农业大学, 西北农林科技大学, 中国科学院动物研究所	Xueqing Yang*, Yalin Zhang, Xiaoqi Wang, Hui Dong, Ping Gao,	SCI

	to extreme temperature and insecticide exposure						Lingyi Jia	
论文	Key amino acid associated with acephate detoxification by <i>Cydia pomonella</i> carboxyltransferases based on molecular dynamics with alanine scanning and site-directed mutagenesis	中国	Journal of Chemical Information and Modeling	2014年4月21日	2014年54卷, 1350-1370页	西北农林科技大学, 美国亚利桑那大学	Xueqing Yang#, Jiyuan Liu#, Xianchun Li, Maohua Chen, Yalin Zhang*	SCI
论文	A chromosome-level genome assembly of <i>Cydia pomonella</i> provides insights into chemical ecology and insecticide resistance	中国	Nature Communications	2019年9月17日	2019年10卷, 1-14页	中国农业科学院植物保护研究所, 浙江大, 西北农林科技大学, 等	Fanghao Wan*#, Chuanlin Yin#, Rui Tang#, Maohua Chen#, et al.	SCI
论文	Gene expression analysis	中国	Pesticide Biochemistry and	2015年10月1日	2016年129	沈阳农业大学	Xueqing Yang	SCI

	and enzyme assay reveal a potential role of the carboxylesterase gene CpCE-1 from <i>Cydia pomonella</i> in detoxification of insecticides		Physiology		卷, 56-62 页			
论文	Toxicity of six insecticides on codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) and effect on expression of detoxification genes	中国	Journal of Economic Entomology	2015年10月19日	2016年109卷, 320-326 页	沈阳农业大学, 西北农林科技大学, 智利塔尔卡大学	Xueqing Yang*, Zhengwei Wu, Yalin Zhang, Wilson Barros-Parada	SCI
论文	苹果蠹蛾在辽宁省彰武县梨树上的发生规律	中国	植物保护学报	2018年9月4日	2018年45卷, 724-730 页	沈阳农业大学, 辽宁省绿色农业技术中心, 辽宁省彰武县农业技术推广中心植保站	房阳, 蔡明, 可欣, 邢竣策, 杨雪清*, 王小奇*	中文权威
专利	四种果树食心虫分子鉴定引物及使用方法	中国	ZL 201410033127.3	2015年12月2日	1868490	西北农林科技大学, 江苏出入境检验检疫局动植物与食品检	陈茂华*, 李玉婷, 郑燕, 王康, 钱	授权

						测中心,新源县农业技术推广站	路,吴伟	
专利	一种昆虫远程监测装置	中国	ZL 20172139 5040.6	2018年5月 15日	7346 600	辽宁中科德鑫机器人科技有限公司,彰武县农业发展服务中心	曹友文,可欣,李新*	授权
完成人情况		<p>1. 杨雪清,排名第1,副教授,工作单位及完成单位沈阳农业大学,项目总负责人,主要负责研究方案的制定、组织实施,协调各研究内容的开展,实施进度的监督等。主持完成了国家自然科学基金等3项,发表相关学术论文20余篇,申请发明专利1件,授权实用新型专利2件,对创新点1、3、4、5做出了创造性贡献。</p> <p>2. 蔡明,排名第2,研究员级高级农艺师,工作单位及完成单位辽宁省农业发展服务中心,协助主持人制定项目实施方案,确定项目研究技术路线和内容,组织协调是市县部门边研究、边应用,开展检疫控制及防控技术推广实施工作。制定《苹果蠹蛾防控技术规程》(试行)地方标准,集成综合防控技术措施。通过组织项目实施,有效地遏制辽宁省苹果蠹蛾的流行为害,将危害损失控制在1%以下,快速扑灭局部疫点,确保苹果蠹蛾疫情不恶性扩散蔓延,延缓了苹果蠹蛾传入苹果优势产区。对创新点1、5做出了创造性贡献。</p> <p>3. 王小奇,排名第3,教授,工作单位及完成单位沈阳农业大学,参与完成苹果蠹蛾在辽宁的发生规律、寄主选择偏好的研究,以及苹果蠹蛾综合防控技术体系的构建。发表相关学术论文6篇,申请专利3件。对创新点1、5做出了创造性贡献。</p> <p>4. 江冬,排名第4,教授研究员级高级农艺师,工作单位及完成单位辽宁省农业发展服务中心,参与课题的研究与推广工作,主要负责苹果蠹蛾发生规律研究、化学药剂筛选试验、集成推广和应用害虫绿色防控技术体系、构建全省苹果蠹蛾疫情监测体系和防控阻截带。对创新点1、5做出了重要贡献。</p> <p>5. 陈茂华,排名第5,教授,工作单位及完成单位西北农林科技大学,参与建立了苹果蠹蛾分子鉴定技术,解析了我国苹果蠹蛾种群的遗传结构,阐明了苹果蠹蛾对溴氰菊酯和甲基谷硫磷抗性的分子机制,共同完成了苹果蠹蛾羧酸酯酶代谢乙酰甲胺磷的分子机制。在创新点1、2、3中做出了重要贡献。</p> <p>6. 李维根,排名第6,高级农艺师,工作单位及完成单位辽宁省农业发展服务中心,参与本项目中防治苹果蠹蛾药剂筛选试验方案的制定,并根据农药登记相关要求组织开展相关的登记试验,协调相关农药生产企业,在全国首批获得在苹果上防治苹果蠹蛾的农药登记。结束了我国防治苹果蠹蛾无登记农药可选的历史。对创新点5做出了创造性贡献。</p> <p>7. 王兴亚,排名第7,副教授,工作单位及完成单位沈阳农业大学,参与研发了“一种具防逃逸装置的诱虫灯”等2种诱虫灯,参与创新集成了苹果蠹蛾绿色防控技术模式。在创新点5中做出了重要贡献。</p> <p>8. 李新,排名第8,高级农艺师,工作单位及完成单位彰武县农业发</p>						

	<p>展服务中心，参与组织辖区内各相关单位进行项目内容的试验研究，开展新技术、新设备试验示范，实施项目进度的监督等。发表相关学术论文 1 篇，获得国家专利 1 项。对创新点 1、5 做出了重要贡献。</p> <p>9. 鲁旭鹏，排名第 9，农艺师，工作单位及完成单位辽宁省农业发展服务中心，参与完成了辽宁省苹果蠹蛾项目实施方案制定，组织全省开展苹果蠹蛾监测与调查工作，参与完成苹果蠹蛾用药登记工作，配合科研院所研究苹果蠹蛾发生为害规律、传播扩散途径，并在苹果蠹蛾发生期，组织全省开展苹果蠹蛾蛀果率调查。开展综合防控技术研究，推进技术创新和机制创新，带动提升全省苹果蠹蛾综合治理水平。对创新点 1、5 做出了重要贡献。</p>
<p>完成单位 及创新推广贡献</p>	<p>(1) 第一完成单位沈阳农业大学，明确了苹果蠹蛾在辽宁省的发生规律，与辽宁省绿色农业技术中心等参加单位共同构建了苹果蠹蛾疫情监测体系和阻截带，明确了东北地区苹果蠹蛾种群对常用化学杀虫剂的抗性现状，新发现羧酸酯酶基因上的一个有机磷抗性突变位点 N232A，首次系统鉴定并克隆了 GSTs 家族基因，并解析了其代谢杀虫剂功能，系统开展了苹果蠹蛾对极端温度、杀虫剂和寄主选择等生态适应性研究，与辽宁省绿色农业技术中心等参加单位共同集成了苹果蠹蛾绿色防控技术。</p> <p>(2) 第二完成单位辽宁省农业发展服务中心，查清了苹果蠹蛾在我省的分布范围、发生动态、危害症状，集成了以诱杀处理，药剂灭杀，迷向技术，果品检疫监管防治并重的综合防控技术措施，制定《苹果蠹蛾防治技术规程》（试行）、《苹果蠹蛾防控技术规程》（试行）地方标准，建立了“政府主导、部门推动、联防联控”的监测防控体系和边研究、边应用的协作推广机制，创新了苹果蠹蛾重大植物疫情联防联控新模式，为疫情的封锁控制奠定了科学基础，建立了阻截带，保护了非疫区，促进了果品贸易发展；大范围示范推广了性诱剂诱捕、迷向技术等，减少了化学农药的使用量，保护了生态环境安全，经济、社会和生态效益显著，通过项目的实施，在全省范围内大面积推广应用，危害损失率由 2017 年的 9% 降到 2019 年的 0.1%，近三年累计防控面积 735 万亩次，挽回产量损失 7 亿 kg，累计总经济效益 15 亿元，实现了疫情不恶性扩散成灾的目标，保护了我省水果优势产业安全。</p> <p>(3) 第三完成单位西北农林科技大学，建立了快速准确鉴别苹果蠹蛾、梨小食心虫、沙果小食心虫、李小蠹蛾幼虫的分子鉴定技术，解析了我国苹果蠹蛾种群的遗传结构，与主持人共同研究新发现羧酸酯酶基因上的一个有机磷抗性突变位点 N232A，解析了 CYP6B2 介导的苹果蠹蛾对溴氰菊酯和甲基谷硫磷抗性的分子机制。</p> <p>(4) 第四完成单位彰武县农业发展服务中心，参与完成苹果蠹蛾封锁扑灭防控及试验推广应用等工作。</p>
<p>完成人合作关系说明</p>	<p>本项目主要完成人：杨雪清、蔡明、王小奇、陈茂华、江冬、李维根、王兴亚、李新、鲁旭鹏</p> <p>完成人杨雪清、王小奇、王兴亚工作单位为沈阳农业大学，共同完成了辽宁省苹果蠹蛾发生规律、解毒酶基因功能、诱虫灯的研发等工作，相关研究结果在《植物保护学报》共同发表，共同发表论文 4 篇，授权专利 2 件。</p> <p>沈阳农业大学（杨雪清、王小奇）与辽宁省农业发展服务中心（蔡明、江冬、李维根、鲁旭鹏）自 2012 年开始合作，对辽宁省苹果监测、预警、</p>

	<p>防控专用药剂登记和综合防控进行了研究，合作制定了《苹果蠹蛾疫情监测技术规程（试行）》、《苹果蠹蛾防治技术规程（试行）》，相关研究结果在《植物保护学报》共同发表，并共同获得 2018 年辽宁省农业科技贡献一等奖“辽宁省入侵有害生物苹果蠹蛾防控关键技术研究与应用”。在创新点 1、2 和 5 中，沈阳农业大学与辽宁省农业发展服务中心有明确合作。</p> <p>沈阳农业大学（杨雪清）与西北农林科技大学（陈茂华）自 2009 年开始合作，共同参与农业部公益性行业专项子课题“苹果蠹蛾的适生区与防治技术研究”，对苹果蠹蛾解毒酶基因功能，尤其是羧酸酯酶介导的杀虫剂代谢和抗性机制进行了研究，合作完成的论文于 2014 年发表于 <i>Journal of Chemical Information and Modeling</i> 期刊，相关成果还荣获了陕西省 2016 年优秀博士学位论文、陕西省第十三届自然科学优秀学术论文三等奖。在创新点 3 中，沈阳农业大学与西北农林科技大学有明确合作。</p> <p>沈阳农业大学（杨雪清、王小奇、王兴亚）与彰武县农业发展服务中心（李新）自 2015 年开始合作，对辽宁省苹果监测、综合防控进行了研究，共同获得 2018 年辽宁省农业科技贡献一等奖“辽宁省入侵有害生物苹果蠹蛾防控关键技术研究与应用”。在创新点 1 和 5 中，沈阳农业大学与彰武县农业发展服务中心有明确合作。</p>
--	---