



入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究^{*} —公益性行业(农业)科研专项(200903042)进展

张润志^{1**} 王福祥² 张雅林³ 陈汉杰⁴ 罗进仓⁵ 王勤英⁶
刘万学⁷ 艾尼瓦尔·木沙⁸ 蒲崇建⁹ 严勇敢¹⁰ 郭静敏¹¹ 刘星月¹²
陈继光¹³ 张增幅¹⁴ 杨森¹⁵ 许建军¹⁵ 崔艮中¹⁶ 徐婧¹

- (1. 中国科学院动物研究所 北京 100101; 2. 全国农业技术推广服务中心 北京 100026;
3. 西北农林科技大学 杨陵 712100; 4. 中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009;
5. 甘肃省农业科学院植物保护研究所 兰州 730070; 6. 河北农业大学植物保护学院 保定 071000;
7. 中国农业科学院植物保护研究所 北京 100094; 8. 新疆维吾尔自治区植物保护站 乌鲁木齐 830006;
9. 甘肃省植保植检站 兰州 730020; 10. 陕西省植物保护工作站 西安 710003;
11. 内蒙古自治区植保植检站 呼和浩特 010011; 12. 中国农业大学 北京 100193;
13. 黑龙江省植检植保站 哈尔滨 150090; 14. 宁夏回族自治区农业技术推广总站 银川 750001;
15. 新疆农业科学院植保所 乌鲁木齐市 830000; 16. 北京中捷四方生物科技有限公司 北京 100093)

摘 要 苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 是世界著名的严重危害苹果的重要入侵害虫, 常造成 20% ~ 30% 的产量损失, 现已传入新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、黑龙江和吉林等省区, 对我国全国苹果安全生产构成严重威胁。2009 年农业部科教司批准设立公益性行业(农业)专项“入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究”, 由中国科学院动物研究所主持, 全国农业技术推广服务中心、西北农林科技大学、中国农科院植保所和郑州果树所、中国农业大学、河北农业大学以及相关省区植保部门等 16 单位参加。本文对该项目执行 3 年中在苹果蠹蛾关键生物学特性、实用监测和防治技术方面取得的主要进展进行了总结, 详细情况可通过苹果蠹蛾信息网(www. codlingmoth. net)获得。

关键词 苹果蠹蛾, 监测, 防治, 公益性(农业)行业专项

Progress on monitoring and control of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.)

ZHANG Run-Zhi^{1**} WANG Fu-Xiang² ZHANG Ya-Lin³ CHEN Han-Jie⁴ LUO Jin-Cang⁵
WANG Qin-Ying⁶ LIU Wan-Xue⁷ AINIWAER · Musha⁸ PU Chong-Jian⁹ YAN Yong-Gan¹⁰
GUO Jing-Min¹¹ LIU Xing-Yue¹² CHEN Ji-Guang¹³ ZHANG Zeng-Fu¹⁴
YANG Sen¹⁵ XU Jian-Jun¹⁵ CUI Gen-Zhong¹⁶ XU Jing¹

- (1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. The National Agro-Tech Extension and Service Center (NATESC), Beijing 100026, China; 3. Northwest Agriculture and Forest University, Yangling 712100, China;
4. Zhengzhou Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China;
5. Institute of Plant Protection, Gansu Academe of Agricultural Science, Lanzhou 730070, China;
6. Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China; 7. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 8. Xinjiang Plant Protection Station, Urumqi 830006, China; 9. Gansu Plant Protection and Quarantine Station, Lanzhou 730020, China; 10. Shaanxi Plant Protection Central Station, Xi'an 710003, China;
11. Neimengu Plant Protection and Quarantine Station, Hohhot 010011, China; 12. China Agricultural University, Beijing 100193, China; 13. Heilongjiang Phytosanitary and Plant Protection Station, Harbin 150090, China; 14. Ningxia

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903042)。

^{**} 项目首席科学家, E-mail: zhangrz@ioz. ac. cn

收稿日期:2011-12-31, 接受日期:2012-01-10

Agricultural and Technology Extension Station, Yinchuan 750001, China; 15. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China; 16. Pherobio Technology Co. Ltd., Beijing 100093, China)

Abstract The codling moth *Cydia pomonella* (L.) is a notorious invasive pest that causes severe damage to global apple crops with the proportion of fruit damaged on apple and other fruit trees often reaching 20%-30%. This pest has so far invaded Xin Jiang, Gansu, Inner Mongolia, Ning Xia, Hei Longjiang and Jilin provinces in China, and poses a serious threat to China's apple industry. With the support of the Science and Education Department of the Ministry of Agriculture, a project called "monitoring and control techniques for the invasive pest codling moth *Cydia pomonella* (L.)" was launched in 2009 undertaken by Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences. The project involved 16 units, including The National Agricultural Techniques Extension Service, Northwest Agriculture and Forestry University, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China Agricultural University and Hebei Agricultural University among others. This paper summarizes progress in research on the key biological characteristics, monitoring and control of the codling moth over the past 3 years. Further details can be found in www.codlingmoth.net.

Key words *Cydia pomonella*, monitoring, controlling, special fund for agro-scientific research

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 原产欧洲, 是世界著名的严重危害苹果的重要入侵害虫, 是我国重要对外检疫对象。该虫严重危害苹果、梨、沙果、杏、桃等, 常常造成毁灭性危害, 即便是使用大量化学药剂进行防治, 产量也会损失 20% ~ 30% 以上, 并且造成农药残毒污染, 影响水果质量和人类健康。苹果蠹蛾 20 世纪 50 年代入侵我国新疆, 80 年代传入甘肃省河西走廊, 随后扩散速度逐渐加快, 2006—2008 年, 分别在甘肃东部、宁夏、内蒙古西部和黑龙江发现疫情, 对占据我国苹果产量 80% 的西北黄土高原(陕西为主)和渤海湾(山东为主)2 大苹果主产区构成了严重威胁。

我国是世界第一苹果生产大国, 苹果也是我国的第一大果树, 种植面积 200 万 hm^2 , 总产量将近 2 800 万吨, 占全国水果产量的 1/4 以上; 近年来在国际市场份额逐步提高, 2010 年出口额达 8.3 亿美元, 比 2007 年出口额上升了 66%, 是极具潜力的外向型优势农产品, 是农民增收的主要来源。世界上许多国家和地区, 特别是美国、日本和澳洲, 都对苹果蠹蛾疫区的苹果和相关产品进口实施严格控制。因此, 苹果蠹蛾的入侵危害, 不仅直接严重危害我国苹果生产, 也严重影响日益壮大的苹果出口产业。

苹果蠹蛾防控技术, 我国目前主要利用性诱剂监测虫情并大量诱捕消灭雄性成虫、摘除虫果、刮树皮并绑诱集物消灭越冬幼虫和蛹、果实生长期多次喷施杀虫剂(敌杀死、氯氰菊酯、高渗苯氧威等)。由于对苹果蠹蛾发生规律了解不深入, 缺少特别有效的低成本绿色防治技术, 造成苹果、

梨等减产的同时, 还存在严重的农药污染和防治成本过高的问题。检疫除害处理技术落后, 往往仅依赖于田间防治技术。苹果蠹蛾检疫技术与防治技术不能适应当前果业的快速发展, 缺乏强有力的科技支撑也是造成苹果蠹蛾疫情快速蔓延的重要原因。因此, 尽快利用现代化科技手段研制更有效、更实用的防控技术, 对于防止苹果蠹蛾疫情进一步扩散和保护全国最具优势的苹果、梨等产业的健康发展具有重要意义。

2009 年农业部科教司批准公益性行业(农业)专项“入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究”。项目由中国科学院动物研究所主持, 全国农业技术推广服务中心、西北农林科技大学、中国农科院植保所和郑州果树所、中国农业大学、河北农业大学以及相关省区植保部门等 16 单位参加, 为期 5 年(2009—2013)。该项目将在深入了解苹果蠹蛾成虫、幼虫的繁殖、发育和重要行为过程的基础上, 重点突破监测技术、检疫技术和无公害防治技术, 为目前生产提供急需的实用技术, 为阻止苹果蠹蛾快速扩散和发生区的科学防治提供实用技术, 通过集成农业防治技术、化学防治技术、生物防治技术(病毒、赤眼蜂等)等进行示范并大范围推广应用, 为我国苹果、梨等优势水果的健康发展和消除以苹果蠹蛾为技术壁垒的国际贸易障碍提供技术支撑。

1 关键生物学特性

苹果蠹蛾在甘肃张掖及兰州地区 1 年发生 2 ~ 3 代, 以老熟幼虫在粗皮裂缝、翘皮下、树洞中、

主干分枝及主枝分叉处的缝隙中结茧越冬。4月上中旬,越冬幼虫陆续开始化蛹,5月中旬为越冬代成虫羽化高峰期,5月中下旬1代幼虫开始蛀果为害,7月中旬为1代成虫羽化高峰期,7月中下旬至8月上旬为2代幼虫危害高峰期,9月中下旬出现一个不完整的第3代幼虫(周昭旭等,2008)。

苹果蠹蛾在新疆阿拉尔地区1年发生4代,4月中、下旬越冬代成虫大量羽化,发生数量大,以后各代成虫发生期无明显间断,表明有世代重叠现象,同一调查点所诱到的越冬代、第1代、第2代和第3代雄成虫有逐渐减少的趋势,表明它有明显的兼性滞育现象,这给防治带来一定的困难,因此,应采取消灭越冬代,重防第1代、第2代,控制第3、第4代的防治策略(王兰等,2011)。

苹果蠹蛾在新疆阿克苏地区、甘肃河西地区及内蒙古阿拉善左旗每年发生2个半世代;在正常气候条件下,3个成虫发生高峰分别出现在5月上旬、7月中下旬和8月中下旬,但不同地区及同一地区不同果园之间存在差异;化学防治、迷向防治等防治措施对苹果蠹蛾成虫发生期的影响较大(徐婧等,2012b)。

在采取常规防治的果园中,苹果蠹蛾发生热点集中在果园的边缘,且随着成虫数量季节性的消长,这种边界效应变的更加突出;而在采取了迷向防治措施的果园当中,诱捕器捕获量的空间相关性与信息素浓度和虫口数量有密切的关系(徐婧等,2012a)。在今后的监测工作中,尤其是在较大的果园中进行诱捕器布局的时候,应将果园的边缘地区作为重点监测区域。

在室内研究了红玉苹果、红元帅苹果、张掖2号苹果、沙果、苹果梨、早酥梨、杏对苹果蠹蛾生长发育和繁殖的影响,发现不同食料对苹果蠹蛾幼虫和蛹的发育历期、存活率、蛹重、雌成虫寿命、雌成虫产卵量等有显著影响。幼虫取食沙果、早酥梨、红玉苹果最有利于其生长发育和繁殖;取食红元帅苹果和张掖2号苹果的影响居中;而取食杏和苹果梨,对其生长发育和繁殖表现出明显的不利性,主要表现为幼虫死亡率增加,幼虫期延长,蛹期延长,蛹重减轻,雌成虫寿命缩短,单雌产卵量降低(杨富银等,2009)。

苹果蠹蛾虽然能在15~34℃的温度范围内生长发育,但不同温度条件下卵、幼虫、蛹的发育历期、存活率及成虫寿命和繁殖力则有显著差异。

卵、幼虫、蛹的发育历期随着温度的升高而缩短,而存活率在低温和高温条件下显著降低(如15℃时未成熟期的存活率仅为51.25%,31℃时降低为39.51%,34℃时的存活率仅有4.43%),而在15和34℃下苹果蠹蛾雌成虫没有有效卵的产生,种群不能延续。在25℃条件下,卵、幼虫、蛹的存活率最高、繁殖力最大,其试验种群生命表参数内禀增长率、周限增长率和净增殖率均达到最大,表明25℃为苹果蠹蛾生长发育的最适温度。

在苹果蠹蛾第2代卵发生高峰期,在苹果树上,苹果蠹蛾成虫在叶片上的产卵量显著高于果实上的产卵量,且叶片上的卵主要分布于叶片正面;在树冠不同方位上,东、南两面的产卵量最大,但在不同树冠层次上的卵量没有差异(魏玉红等,2012)。在梨树上,苹果蠹蛾成虫在叶片上的产卵量也显著高于果实上的产卵量,但叶片上的卵主要分布于叶片正面(杜磊等,2012a)。以上2项研究结果表明,苹果蠹蛾产卵位置与寄主植物种类相关,寄主植物叶片正反面的绒毛密度将对苹果蠹蛾卵的分布产生巨大影响,在开展化学防治或颗粒体病毒防治时,在对果实进行处理的同时,叶片正反面也需要充分喷药。

对幼虫蛀果特性进行的研究发现,在苹果蠹蛾种群密度较高的情况下,单个果实平均蛀孔数可达5.25个,果实上的最高蛀孔数可达14个,但一般情况下受害果实中的幼虫数不超过3个;当果实表面蛀孔数较多时(苹果超过5个,梨超过2个),苹果蠹蛾幼虫向种室钻蛀的行为发生偏移,通常转入在果肉中为害(杜磊等,2012b)。当蛀果从果树上脱落后,近半数幼虫在5d内脱果,几乎所有幼虫在15d内脱果;在脱果幼虫中,94%选择在夜间脱果,6%在日间脱果;且有64%的幼虫一直滞留在果实内部(杜磊等,2012b)。对脱果幼虫的爬行距离进行研究发现,95%的幼虫爬行距离在0到7m之间,且其在树干上的结茧位置低于50cm(杜磊等,2012c),表明在实际防治过程中,落果周围0~7m的范围都需要做防治处理,而树干缚带诱杀幼虫时应将诱集带设置在距地面0~0.5m的主干上,以保证落果幼虫也可以被诱集带捕获。地面拣拾落果中幼虫的活动程度要明显小于直接从树冠上摘回的蛀果,但是其在果实之间结茧的比例却要明显的高于从树冠上摘回的蛀果,加上多数被粘虫胶捕获的幼虫都出现在实验

开始一周之内;因此可以判断,不同时间脱果的幼虫在寻找结茧场所的行为上存在差异,在果实掉落后迅速脱离果实的幼虫会倾向于爬行到更远距离的地方去寻找结茧场所,而那些在果实掉落后仍然在落果中发育一段时间的幼虫则倾向于在脱果后在落果附近结茧化蛹。无论是地面落果还是树冠蛀果,在实验结束时仍留在果实中的幼虫数占总数的比例大致相同(杜磊,2011)。

苹果蠹蛾成熟幼虫在主干上的越冬部位主要集中在距离地面 0.6 m 以下的位置,其越冬虫口密度达到 65.00%,其次为距离地面 0.6 ~ 0.9 m 范围的位置,其越冬虫口密度达到 27.50%,距离地面 0 ~ 0.9 m 的范围内是苹果蠹蛾在主干上的主要越冬部位。在主枝上的越冬部位主要是在距离主干 0.3 m 以内的位置,其越冬量占主枝上越冬虫量的 44.44%;其次为是 0.3 ~ 1.2 m 范围内的位置,其越冬量占主枝上越冬虫量的 33.33%。

根据中国 760 个气象站点的气象数据和苹果蠹蛾生物学数据,综合运用 CLMEX 模型和 ArcGIS 分析相结合的方法,对苹果蠹蛾在中国的适生性进行分析。分析结果表明:苹果蠹蛾在我国的适生区域较为广泛。中高度适生区主要包括黑龙江、内蒙古、山西、宁夏、甘肃、吉林、北京、陕西、新疆、西藏的大部分地区,辽宁西部、河北西部和北部、青海北部、云南北部、四川西部、贵州西部及山东沿海地区(梁亮等,2010)。

2 监测与防治技术

对我国目前常用的苹果蠹蛾监测诱芯中的信息素含量变化及其有效时间进行了研究,发现苹果蠹蛾性信息素释放持续时间为 20 周,最后 1 周的信息素剩余含量仍在 500 μg 左右。在室外自然条件下,装有该信息素诱芯的诱捕器能够诱集到苹果蠹蛾成虫的时间可达 15 周。综合室内和室外结果,得到该自制苹果蠹蛾诱芯的最长有效时间为 15 周,高效时间为 4 周(朱虹昱等,2012a)。

对 3 种苹果蠹蛾性诱捕器诱捕效果的比较,发现板式性诱捕器的诱捕效果最好,盆式与瓶式之间无差异(石磊等,2009)。

高抗 Bt 防治苹果蠹蛾田间试验表明,高抗 Bt 制剂(中国科学院武汉病毒所提供)对苹果蠹蛾具有较好的控制效果,其 300 倍、500 倍、800 倍 3 种使用浓度药后 5、10、15 d 的蛀果率防效分别达到

62.46% ~ 90.81%、61.34% ~ 71.3% 和 74.87% ~ 76.41%,与 4.5% 高效氯氰菊酯乳油 1 000 倍液的防效相当。室内毒力和田间药效试验结果表明,2 种生物药剂甲维盐和 Bt 对苹果蠹蛾的 LD_{50} 显著低于其他化学药剂;甲维盐和 Bt 的防效在药后 3 d 达到 90% 以上,在药后 30 d 达到 80% 以上,表现了良好的速效性和持久性。并且对环境友好,对人畜无害可以作为防治苹果蠹蛾的首选药剂(杨建强等,2011)。

苹果蠹蛾颗粒体病毒张掖株(CypoGV-zy)对 1 ~ 4 龄幼虫的 LD_{50} 分别为 4.55×10^3 PIB/mL、 1.20×10^4 PIB/mL、 3.43×10^4 PIB/mL、 2.11×10^5 PIB/mL。在 0.50×10^5 PIB/mL 病毒浓度下,1 ~ 3 龄幼虫校正死亡率在感染病毒 7 ~ 9 d 后达 100%, LT_{50} 分别为 3.59、4.07、4.66 d,4 龄幼虫 LT_{50} 为 7.60 d,1 ~ 4 龄幼虫的 LT_{90} 分别为 5.51、5.91、6.53、16.06 d。大田试验证明,在 40 d 时还保持 65% 以上的防效,具有作为实用农药进入工厂化生产的潜质(郑春寒等,2011)。

从中国酒泉地区苹果园中的苹果蠹蛾野生种群及其实验室种群发病虫体中分离获得一株致病病毒,通过幼虫发病特征、病毒包涵体的形态学及分子生物学方法共同证实该病毒株为 CpGV,命名为 CpGV-CJ01,为我国开展苹果蠹蛾颗粒体病毒的生物学防治创造了先决条件,并可作为延缓世界范围内 CpGV 抗性的候选菌株(申建茹等,2012)。

新疆农科院天敌繁育中心利用赤眼蜂防治杏园苹果蠹蛾试验示范显示,蛀果减退率达 64% 以上。在树冠较大(20 年树龄)的果园,赤眼蜂扩散距离可达 16 m,但在 2 ~ 8 m 范围内赤眼蜂的寄生数量最多(王兰等,2011)。

2009 至 2011 年,在新疆、甘肃和宁夏的 3 个实验点进行的迷向防治技术研究结果表明,在进行了迷向处理之后,果园中苹果蠹蛾雄虫平均净诱捕量下降 28.6% 至 100%,平均下降程度为 74.1%;迷向处理区中成虫平均诱捕量明显减少,对照区域则存在诱集高峰。蛀果率及树干结茧量的调查发现,2010 年和 2011 年,与对照区相比较,迷向处理区域的蛀果率下降程度分别为 32.7% 和 91.0%;2009 年,迷向处理区的树干结茧(蛹)数量比对照区平均降低 60.5%。初步证实了国产迷

向制剂对苹果蠹蛾具有防治效果(朱虹昱等, 2012b)。

2009 年,在甘肃兰州对购自澳大利亚 Bioglobal 公司的澳宝丽苹果蠹蛾信息素迷向丝对苹果蠹蛾的迷向效果进行了测试,初步验证了利用性信息素迷向技术可有效控制苹果蠹蛾的危害,如对照区的累计诱蛾量高达 100 头,而试验区仅诱捕到 2 头;从蛀果率来看,在几次调查中对照区均见蛀果,而试验区无论是在中心区域还是在其边缘均未见蛀果(魏玉红等,2010)。

在 2009 年研究的基础上,2010 年在甘肃、宁夏、黑龙江 3 地对该苹果蠹蛾性信息素迷向丝的迷向防治效果进行了更为广泛和深入的研究,结果显示,在低虫口密度下,在不同生态区每公顷悬挂 660 根、990 根和 1 320 根性信息素迷向丝,均能取得较好的防治效果;在越冬代活动前处理,基本上可以控制整个生长期苹果蠹蛾对果实的为害。在新侵入的低密度果园,通过诱蛾监测、调查蛀果和树干绑诱虫带等验证方法,初步证明使用该性信息素缓释剂处理 1 年可以达到铲除的效果。结合防治成本,在苹果蠹蛾发生地区,采用 660 根/hm² 的悬挂密度使用进口性信息素缓释剂处理果园可以达到良好的防治效果(涂洪涛等, 2012)。

对简易杀虫诱集带诱杀苹果蠹蛾老熟幼虫的效果进行了研究。发现在编织袋、旧衣物、瓦楞纸 3 种材料中,旧衣物对苹果蠹蛾的老熟幼虫捕获效果最好,其诱捕量占总诱捕量的 68.42%;在诱集带中添加的农药中(包括乐斯本、敌敌畏、白僵菌、灭幼脲 3 号、高效氯氰菊酯等),乐斯本的杀虫效果最好,幼虫死亡率达到 98.20%;在不同浓度的乐斯本溶液中,500 倍乐斯本杀虫效果最好,幼虫死亡率达到 91.61%,且对幼虫没有驱避作用;500 倍乐斯本+50 倍白僵菌药杀虫诱集带有效期长达 40 多天,37 d 后对幼虫的杀伤效果依然达到 96% 以上,作为老熟幼虫的防治措施十分理想(林明极等,2012)。

在野外测试了黑光灯对苹果蠹蛾的诱捕效果。14 d 共诱到苹果蠹蛾成虫 376 头,该诱捕量显著大于信息素和雌雄均诱诱捕器的诱捕量,表明苹果蠹蛾对黑光灯具有良好的趋性,黑光灯极具监测与防治苹果蠹蛾的潜力。

3 监测与防治示范

2010 年 4 月,项目组在北京举办了全国苹果蠹蛾监测与防控技术研究培训班,对全国苹果蠹蛾发生的省以及县(市)植物检疫技术人员,培训了苹果蠹蛾科学监测与绿色防控的技术。

黑龙江:在鸡西市郊、鸡东、虎林等 11 个县(市)的苹果蠹蛾非发生区实施监测,共设监测点 121 个,悬挂诱捕器 660 余个,监测面积 2 211 hm²;在 8 条主要高速公路重点区域设置了 8 个监测点。

陕西:设置 1 000 个疫情监测点,布置苹果蠹蛾专用诱捕器 1 200 个,诱芯 4 000 个。普查苹果蠹蛾虫害面积 20 多万 hm²。在陈仓、长武等 7 县区设立苹果有害生物临时检查站 8 个,开展苹果蠹蛾疫情阻截工作,共计检查入境果品运输车辆 426 辆。

内蒙古:12 各盟市,46 个旗县,共设立监测点设置监测点 425 个,设置诱捕器近 5 000 个。全区在额济纳旗、阿拉善左旗、阿拉善右旗、乌海市诱到苹果蠹蛾成虫,其他地区未发现苹果蠹蛾。

甘肃:设置监测点 3 200 个,监测覆盖面积达到 1.28 万 hm²。全省苹果蠹蛾疫情发生范围涉及酒泉、嘉峪关、张掖、金昌、武威、兰州、白银 7 市的 23 个县(区)、164 个乡镇,平均蛀果率 0.35%,与 2006 年相比,发生面积减少了 28%,平均蛀果率减少了 95%,平均被害株率减少了 93%。

新疆:全区在 57 个县市寄主植物种植区共设立疫情监测点 352 个,悬挂诱捕器 6 506 个。分别在苹果蠹蛾发生区库尔勒和阿克苏市布局 2 个试验区,试验区规模达 23.3 hm² 和 26.7 hm²,开展不同配比浓度性诱剂诱捕试验和频振式杀虫灯、黑光灯防治试验,取得初步成效。发放苹果蠹蛾防控宣传挂图 1 万份,对地级人员进行技术培训人数达 500 余人次,对乡村技术员、农户进行培训,培训人数达 40 000 余人次。

4 苹果蠹蛾信息网

苹果蠹蛾信息网(www.codlingmoth.net)2010 年 6 月正式运行。该网页主要包括项目简介、基本信息、新闻公告、科研成果、项目通讯、检验检疫、文献资料、技术咨询和图片中心 9 个模块。系统管理员可以在本地也可以远程对数据库中的数

据进行录入、更新、修改、删除等工作。网络终端用户可随时调用、查看该系统中的图片和文字信息。

致谢:感谢中国农科院植保所吴孔明院士、河北农业大学曹克强教授、北京农林科学院植保所张芝利研究员和张帆研究员、西北农林科技大学刘同先教授、北京市林业保护站陶万强研究员、北京林业大学李镇宇教授和骆有庆教授、中国科学院动物研究所张钟宁研究员等在项目执行过程中给予的指导建议,感谢农业部科技司刘艳副司长、张国良处长、农业部种植业司普国副司长、朱恩林处长、王建强副处长以及中科院生物局张知彬局长、苏荣辉副局长、段子渊主任和中科院动物所等项目参加单位的领导给予的支持和帮助,感谢项目组全体参加人员的共同努力。

参考文献 (References)

- 杜磊, 2011. 苹果蠹蛾生物学特性与监测技术. 博士学位论文. 北京:中国科学院动物研究所.
- 杜磊, 柴绍忠, 郭静敏, 鲁天文, 张润志, 2012a. 苹果蠹蛾成虫产卵特性. *应用昆虫学报*, 49(1):70—79.
- 杜磊, 刘伟, 柴绍忠, 杨建强, 张润志, 2012b. 苹果蠹蛾的蛀果与脱果特性. *应用昆虫学报*, 49(1):61—69.
- 杜磊, 朱虹昱, 鲁天文, 姜红霞, 张润志, 2012c. 苹果蠹蛾幼虫爬行特性. *应用昆虫学报*, 49(1):54—60.
- 梁亮, 余慧, 刘星月, 张俊华, 陈乃中, 杨定, 2010. 苹果蠹蛾在中国的适生性分析研究. *植物保护*, 36(4):101—105.
- 林明极, 焦晓丹, 隋广义, 2012. 苹果蠹蛾老熟幼虫诱杀技术. *应用昆虫学报*, 49(1):104—108.
- 申建茹, 刘万学, 万方浩, 张芬琴, 2012. 苹果蠹蛾颗粒体病毒 CpGV - CJ01 的分离和鉴定. *应用昆虫学报*, 49(1):96—103.

- 石磊, 陈明, 罗进仓, 2009. 3 种性诱捕器诱捕苹果蠹蛾效果比较及成虫的时序动态变化. *甘肃农业大学学报*, 44(2):115—117.
- 涂洪涛, 张金勇, 罗进仓, 王春良, 宝山, 刘延杰, 陈汉杰, 2012. 苹果蠹蛾性信息素缓释剂的控害效果. *应用昆虫学报*, 49(1):109—113.
- 王兰, 冯宏祖, 郭文超, 张辉, 杨力, 许建军, 2011. 苹果蠹蛾消长动态及果园中赤眼蜂释放技术研究. *新疆农业科学*, 48(2):261—265.
- 魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 2010. 信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报. *中国果树*, (3):48—50.
- 魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 2012. 甘肃省苹果蠹蛾卵的空间分布格局. *应用昆虫学报*, 49(1):49—53.
- 徐婧, 杜磊, 秦天军, 张建超, 张润志, 2012a. 苹果蠹蛾成虫在苹果园中的动态分布. *应用昆虫学报*, 49(1):80—88.
- 徐婧, 姜红霞, 阿丽亚, 郭静敏, 张润志, 2012b. 甘肃、新疆、内蒙苹果蠹蛾成虫消长规律. *应用昆虫学报*, 49(1):89—95.
- 杨富银, 陈明, 罗进仓, 周昭旭, 2009. 不同食料对苹果蠹蛾生长发育和繁殖的影响. *植物保护*, 35(5):62—64.
- 杨建强, 赵晓, 严勇敢, 张雅林, 冯纪年, 2011. 7 种药剂对苹果蠹蛾的防治效果. *西北农业学报*, 20(9):194—196.
- 郑春寒, 刘强, 李坚, 董昆, 冯纪年, 张雅林, 王敦, 2011. 苹果蠹蛾颗粒体病毒张掖株 (CypGV-zy) 的室内毒力测定. *西北林学院学报*, 26(3):121—123.
- 周昭旭, 罗进仓, 陈明, 2008. 苹果蠹蛾的生物学特性及消长动态. *植物保护*, 34(4):111—114.
- 朱虹昱, 杜磊, 徐婧, 刘伟, 张润志, 2012a. 苹果蠹蛾诱芯性信息素含量变化及其有效时间. *应用昆虫学报*, 49(1):114—120.
- 朱虹昱, 刘伟, 崔艮中, 张增福, 张润志, 2012b. 苹果蠹蛾迷向防治技术效果初报. *应用昆虫学报*, 49(1):121—129.