

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2015.04.004

新疆荒漠绿洲生态区苹果蠹蛾生物学、生态学 and 防治技术研究与应用进展

郭文超*, 吐尔逊·艾合买提, 付开赞, 丁新华, 许建军, 何江

新疆农业科学院植物保护研究所/农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室,
新疆 乌鲁木齐 830091

摘要: 苹果蠹蛾是我国重要的检疫害虫,自 1953 首次在新疆库尔勒地区发现以来,疫情保持不断扩张的趋势,目前已经在我国新疆、甘肃、宁夏、内蒙古、黑龙江、辽宁和吉林 7 个省区发现,对我国苹果产业构成了严重威胁。新疆在苹果蠹蛾生物学、生态学等研究领域起步较早,开展了大量的相关研究和应用工作。本文通过对新疆苹果蠹蛾相关文献的搜集、整理和分析,回顾和总结了新疆绿洲荒漠生态区苹果蠹蛾生物学、生态学 and 综合防治技术等领域的研究和应用进展,以期对今后该虫的研究和防治提供参考。

关键词: 新疆荒漠绿洲; 苹果蠹蛾; 生物学; 生态学; 防治技术

Review of the current biological and ecological research and control techniques of *Cydia pomonella* (L.) in ecological regions of Xinjiang desert oasis

Wen-chao GUO*, Tursun·AHMAT, Kai-yun FU, Xin-hua DING, Jian-jun XU, Jiang HE

Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crop in Northwestern Oasis/Institute of Plant Protection,
Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Ministry Agriculture P. R. China, Urumqi, Xinjiang 830091, China

Abstract: *Cydia pomonella* (L.) is an important quarantine pest in China. Since *C. pomonella* was found in Korla, Xinjiang, in 1953, it has become an invasive species in seven provinces, including Xinjiang, Gansu, Ningxia, Inner Mongolia, Heilongjiang, Liaoning and Jilin. It is a serious threat to apple production. Xinjiang was the first province to start research about the biology, ecology and control techniques of *C. pomonella* and carry out extensive research and work on pest control. Through a literature review, we summarize the current information about the biology and ecology of *C. pomonella* in Xinjiang desert oasis and the existing control techniques. This study provides references and basis for future studies and prevention of the codling moth.

Key words: Xinjiang desert oasis; *Cydia pomonella*; biology; ecology; control technique

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 是世界上具有毁灭性的果树蛀果类害虫之一,已被列为我国对内、对外重大检疫对象。该虫隶属于鳞翅目卷蛾科 Tortricidae 小卷蛾亚科 Olethreutidae 小卷蛾属 *Cydia*, 俗称食心虫。苹果蠹蛾原产于欧亚大陆中南部地区,目前广泛分布于世界各地的苹果种植区,我国于 1953 在新疆库尔勒地区首次发现,随后在新疆北部的伊犁河谷地区、塔城地区、乌鲁木齐地区,东疆的吐鲁番地区,南疆的库尔勒市、轮台县以及阿克苏地区、和田地区和喀什地区的主要县市

果园也相继发现。苹果蠹蛾主要危害苹果、沙果、香梨、桃、李、杏、山楂和核桃等几十种水果(张学祖,1957),作为新疆苹果、梨和杏等果树的重要害虫,其发生和危害十分严重(秦晓辉等,2006; 茹克亚·阿不力孜,2009; 张学祖,1957)。每年全疆因苹果蠹蛾为害而造成的受害果树面积达数十万公顷,被害果树的虫果率普遍超过 50%,部分虫果率可达 80%~100%。2012 年新疆苹果、香梨等林果面积已达到 15.4151 万 hm^2 (新疆维吾尔自治区统计局,2013)。而果园苹果蠹蛾和梨小食心虫发生

收稿日期 (Received): 2015-05-21 接受日期 (Accepted): 2015-07-13

基金项目: 农业部公益性行业科技专项 (201103026-2)

作者简介: 郭文超,男,研究员。研究方向: 农作物病虫害防治。

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: gwc1966@163.com

普遍,且常年危害严重,即使使用化学农药防治,产量也会损失 20%~30%,使得新疆苹果、香梨等特色林果遭受巨大经济损失(张润志等,2012)。

我国自 1953 年在新疆库尔勒首次发现苹果蠹蛾以来,其发生地一直仅限于新疆,但于 1986 年开始传入甘肃敦煌后迅速沿河西走廊向东扩散至甘肃的酒泉、张掖、武威、白银、兰州等地,并进一步扩散蔓延,到 2008 年已在我国新疆、甘肃、黑龙江、内蒙、宁夏等地发生,疫情发生面积达 32.67 万 hm^2 ,每年造成的经济损失达 9.61 亿元(曹爱东和秦庆红,2009)。根据苹果蠹蛾的发生危害和传播扩散趋势,其进一步向我国其他苹果主产区扩散的风险依然较大。而新疆有关苹果蠹蛾的研究工作起步较早,多年来在生物学、生态学和防治技术的研究与应用领域取得了一些重要成果。因此,回顾和总结这些成果对于我国苹果蠹蛾的合理治理将具有一定的指导作用。

1 生物学及发生与环境的关系研究进展

由于苹果蠹蛾在我国的最早发现地是新疆,并且在相当长的历史时期内仅分布于新疆。因此,新疆在苹果蠹蛾的生物学和生态学领域的研究工作起步较早。张学祖等(1957、1958b、1960)首次对苹果蠹蛾的形态进行了描述,并对其年生活史、生活习性、危害情况及各虫态发育历期,以及发生与环境的关系进行了研究。结果表明,伊犁河谷地区和库尔勒地区苹果蠹蛾一年发生 2~3 代;对不同品种的苹果而言,苹果蠹蛾产卵和蛀果率有所不同,晚熟品种产卵最多,蛀果率最高,中熟品种次之,早熟品种产卵最少,危害最轻;苹果蠹蛾对不同品种苹果的“入蛀”部位各异,中熟品种(夏立蒙)主要从果实“萼洼”和“胴部”入蛀;而晚熟品种(阿波尔特)主要从“胴部”和“梗洼”入蛀;幼虫具有滞育现象,第 1 代幼虫滞育率高达 50% 以上;营养条件对苹果蠹蛾的幼虫发育影响作用较强。这些开创性的研究工作不仅为后来苹果蠹蛾的研究奠定了基础,而且为新疆荒漠绿洲区苹果蠹蛾的监测和科学防治提供了重要依据。

近年来,新疆植保科技工作者不断探索,在已有的基础上,进一步对苹果蠹蛾的生物学、生态学进行了系统研究,取得了重要进展。于江南等(2004)在新疆乌鲁木齐地区通过系统调查,结合黑光灯和性信息素诱集,发现苹果蠹蛾幼虫越冬主要

在离地 30~90 cm 处的树皮上和裂缝中越冬,幼虫化蛹和成虫羽化始期分别在 4 月下旬和 5 月中下旬,羽化高峰在 5 月底至 6 月初,越冬蛹的发育起点温度 9.4 $^{\circ}\text{C}$,有效积温 216.4 日度。

苹果蠹蛾在新疆喀什疏勒县杏复合系统(杏—麦、杏—棉花间作模式下)一年发生 3 代(李宏,2010)。在新疆阿克苏地区苹果和香梨园一年发生 4 代(排除越冬代,实际为 3 代),越冬代成虫于 4 月中旬梨花萌动时开始羽化,4 月 24 日左右达到全年羽化最高峰。第 1 代幼虫 4 月底开始出现,成虫 6 月 14 日左右达到羽化高峰;第 2 代幼虫于 6 月下旬出现,一部分幼虫从果实的萼部或两果实交接处钻蛀果实,成虫 8 月下旬达到羽化高峰;第 3 代幼虫于 8 月底开始出现,成虫于 9 月初达到羽化高峰。第 4 代幼虫于 9 月底出现,由于摘果,不能完成发育,是一个局部世代。

苹果蠹蛾成虫发生期无明显的间断,表明有世代重叠现象,同一调查点的越冬代、第 1 代和第 3 代所诱到的雄成虫有逐渐减少的趋势,表明其有明显的兼性滞育现象,给防治带来一定的困难(林伟丽等,2006a、2006b)。

徐婧等(2012)于 2005~2010 年使用性信息素诱捕器对新疆、甘肃及内蒙古不同区县的 16 个果园苹果蠹蛾成虫发生规律进行长期监测。结果表明,苹果蠹蛾在西北地区每年发生 2.5 代,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较大差异,化学防治和迷向防治等措施对苹果蠹蛾成虫捕获量的影响较大。

林伟丽(2006a)采用 Taylor 幂法则和 Iwao's 回归分析法测定出苹果蠹蛾分布格局:苹果蠹蛾成虫在平均密度 $m \leq 3$ 时,个体间相互吸引,分布的基本成分为个体群,呈聚集分布,且聚集强度随种群密度的升高而增加;在 $m > 3$ 时,个体间相互排斥,呈均匀分布。构建了苹果蠹蛾的种群数量消长模型,越冬代、第 1 代苹果蠹蛾成虫种群密度消长拟合模型分别为: $N_t = 0.02669t^{3.07095} \cdot e^{-0.26881t}$, $R = 0.9373$; $N_t = 5.27497 \times 10^{-7} t^{6.70833} \cdot e^{-0.24771t}$, $R = 0.9074$ 。

在分子生物学研究领域,冯宏祖等(2012)对采集自新疆阿拉尔地区的苹果蠹蛾幼虫线粒体 DNA 细胞色素氧化酶 I 亚基(COI)基因进行了扩增、克隆和测序,并对 COI 序列进行了分析。结果表明,

苹果蠹蛾 DNA 扩增出的 COI 基因序列片段长度为 709 bp, 序列中 A+T 含量极高, 占 68.7%, 而 G + C 的含量只有 31.3%。经基因序列比对, 与其他几种食心虫的同源性为 85.4%~88.1%, 遗传距离 0.130~0.162; 采用 NJ 法构建了卷蛾科系统树, 所得的聚类结果与传统的分类结果基本一致。该研究结果为苹果蠹蛾快速鉴定的 DNA 条形码技术研究奠定了重要基础。

2 监测技术的研究与应用

苹果蠹蛾作为蛀果性害虫, 其防治适期的有效监测既是技术难点, 也是决定害虫防治效果的关键。张学祖 (1958a) 提出了利用有效积温法预测喷药防治苹果蠹蛾卵的始期监测技术, 根据苹果蠹蛾的发育起点和平均有效积温, 通过对春季有效积温的预测来预测苹果蠹蛾的发蛾期。实践证明, 利用有效积温法预测苹果蠹蛾卵的孵化始期与果园实际发生情况较为吻合。该监测技术方法简便、准确, 较好地解决了蛀果性害虫的科学监测难题, 成为我国最早利用有效积温法则监测害虫发生期的成功范例之一, 对后来多种害虫的预测预报起到积极而重要的指导作用。

随着昆虫化学信息学的发展, 苹果蠹蛾性信息素得到成功开发, 使苹果蠹蛾的监测技术发生了革命性变化。国外在应用苹果蠹蛾性信息素进行监测、诱杀和迷向防治方面, 取得了较好效果。王崇德等 (1981) 引进美国产苹果蠹蛾性引诱剂进行引诱苹果蠹蛾成蛾的试验。20 世纪 80 年代, 中国科学院新疆化学所成功研制并生产了苹果蠹蛾性信息素, 为新疆逐步大规模推广基于性信息素引诱剂的使用奠定了基础。宋美杰 (1988) 于 1981~1986 年对中国科学院新疆化学所研制的苹果蠹蛾性信息素的引诱效果与传统黑光灯的田间诱蛾效果进行了比较, 认为利用信息素诱蛾效果优于传统黑光灯。以 1986 年诱蛾为例, 春季 4 月初在库尔勒地区采用引诱剂诱蛾, 其成蛾始见期较黑光灯诱集提前 10 d, 而秋季 10 月初成蛾终见期比黑光灯晚 30 d, 全年单个诱捕器 (碗型诱捕器) 诱蛾量比单盏黑光灯诱蛾量高 5.52 倍。周成军和刘文平 (1997) 认为诱捕器的类型、设置密度、悬挂高度、植被遮盖以及天气状况等对诱捕效果均有显著影响。张新平等 (2011) 研究发现, 在苹果蠹蛾诱捕过程中应用三角盒粘胶法好于水盆法。由于新疆夏季气候较

为干燥, 且浮沉天气较为频繁, 灰尘粘附在粘虫板会直接影响粘虫效果。从粘虫板和诱芯的更换周期等对引诱效果的影响来看, 每 10 d 更换 1 次粘虫板的诱捕效果好于 30 d 更换 1 次, 但诱芯更换周期对引诱效果影响并不明显 (阿地力·沙塔尔等, 2011)。此外, 对诱芯载体的研究和多点试验发现, 5 种新型 (毛细管诱芯) 诱捕性能较传统 (橡胶) 诱芯平均诱蛾量高 42.7% (李晶等, 2011)。

3 防控技术的研究与应用

近年来, 通过大量的试验、研究和多点示范, 新疆植保科技工作者总结制定了适宜新疆绿洲荒漠生态区的苹果蠹蛾综合防控技术, 经大规模田间应用, 取得了显著的经济效益和生态效应 (郭文超, 2010), 并提出苹果蠹蛾的关键防控时期为越冬代和第 1 代发生期。主要防控技术包括物理诱杀、越冬场所治理、环境友好型化学防治、自然天敌资源的保护利用, 以及利用人工繁殖寄生蜂及其综合配套技术等 (阿地力·沙塔尔等, 2011; 郭文超, 2010; 林伟丽, 2006a; 王兰等, 2011; 许建军等, 2014; 余江华, 2007)。

3.1 加强果园管理、压低越冬基数

果园管理重点在 3 月结合果园春季修剪 (复剪), 刮除树干 (离地 30~90 cm) 老翘皮, 以降低越冬虫口基数。同时, 根据各地苹果蠹蛾的发生规律, 于 8 月中旬至 9 月初, 在果树主干距地面 20~30 cm 处绑 10 cm 宽麻布片, 翌年春天去除, 消灭化蛹幼虫。在第 2、3 代发生期, 即 6 月以后对梨园重点清理授粉品种, 摘除虫果, 捡拾落果并深埋, 苹果园重点清理早熟品种。

3.2 信息素防治措施的应用

3.2.1 诱捕器诱杀成虫 在新疆监测和防治苹果蠹蛾一般使用盆式、杯式诱捕器, 但新疆地区由于蒸发量大、风沙大等不利天气因素, 这 2 种诱捕器的使用受到很大限制。目前常见的诱捕器为三角形胶粘式诱捕器, 该诱捕器不受蒸发量的影响, 诱捕量高, 重点用于防治苹果蠹蛾越冬代和第 1 代成虫。诱捕器的设置密度一般为每 667 m² 挂 2 个诱芯 (或迷向丝, 对于苹果蠹蛾和梨小食心虫混合发生区, 可选用含有苹果蠹蛾和梨小食心虫 2 种性信息素的“双价迷向丝”), 诱捕器安放于苹果蠹蛾的寄主植物上, 若没有寄主植物, 也可安放于其他树

木上。三角形胶粘式诱捕器的悬挂高度一般为树冠上部 1/3 处通风较好且稍粗的枝条上,距地面高度不低于 1.7 m,诱捕器内若使用粘虫板,应注意粘虫胶的粘性,以便及时更换粘虫胶(阿地力·沙塔尔等,2011)。苹果蠹蛾发生较重的地方,可增加诱捕器的数量。虽然苹果蠹蛾诱捕器能有效降低虫口数量,但利用性诱剂诱捕并不能作为唯一防治该害虫的方法。Knight & Larsen(2004)研究表明,在苹果蠹蛾种群密度较大时,性诱剂诱捕效果不明显且不稳定。Witzgall *et al.* (1994)发现,种群密度高时利用性诱剂干扰交配的防治效果不明显。因此对苹果蠹蛾应采用综合防治,不能完全依赖性诱捕器诱杀成虫。

3.2.2 迷向法防治 迷向又称阻断交配(Mating disruption, MD),主要通过使用高浓度的性信息素进行弥散干扰,阻断和延迟害虫交配从而达到防治的目的。该技术具有极强的物种专一性,可同时结合其他方法进行综合防治。朱虹昱等(2012)在新疆、甘肃和宁夏的3个实验点进行了苹果蠹蛾国产迷向剂的释放研究,发现在进行迷向处理后,果园中雄虫平均净诱捕量下降 28.6%~100%,平均下降 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。目前,生产上主要使用双管手挂式迷向信息素,在越冬代成虫羽化期进行防治。手挂式迷向信息素一般持效时间 150~180 d,基本涵盖整个发生期,其间不用更换。迷向信息素悬挂于树冠上部 1/3 处稍粗且通风较好的枝条上,距地面不低于 1.7 m,一般每 0.67 hm² 挂 1~2 个。成虫的整个发生期均可使用该方法防治。

3.3 物理防治技术的应用

利用黑光灯进行诱杀是苹果蠹蛾综合防治及疫情监测的重要措施之一。付文君和吉别克(2013)指出,黑光灯的田间布局和波长的选择直接影响诱捕效果,在伊犁河谷地区挂灯时间为每年 4 月下旬至 9 月下旬,黑光灯设置密度为每 1.67 公顷果园设置 1 盏,呈棋盘式或闭环式分布,安放高度以高出树冠为宜。朱银飞等(2010)通过研究认为,苹果蠹蛾对黑光灯最敏感的波长为 351 nm,11 次试验共诱集到苹果蠹蛾成虫 69 头,与其他波长的灯管在诱集数量上差异极显著;3 个时间段内诱集总量比较表明,黑光灯诱集效果最佳时间段为黄昏后 2 h,在该时间段内诱集到的苹果蠹蛾数量占

诱集总数的 69.38%。张润志等(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。

3.4 化学防治技术的研究与应用

重点防治第 1 代幼虫是有效控制苹果蠹蛾危害的关键。根据诱芯测报确定适施期,一般越冬代成虫盛发期后 5 d 为产卵盛期和孵化始期(此时一般为沙枣花盛花期),进行喷药防治,可选用高效、低毒、低残留的农药,如菊酯类农药 2.5% 三氟氯氰菊酯乳油 2000 倍、1.8% 阿维菌素 2500~3000 倍、3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 2000 倍、3% 啉虫脲等新烟碱类 2500~3000 倍、0.3% 苦参碱等生物农药 600~800 倍、1.2% 烟碱苦参碱 800~100 倍。同时,对于兼防果园其他害虫,如蚜虫、木虱、粉虱等同翅目害虫,在喷施上述农药的同时,可适当混配 20% 吡虫啉 4000~5000 倍液,混配 20% 三唑锡悬浮剂 1000~1200 倍液可兼防叶螨(李晶等,2011;余江华,2007)。

3.5 生物防治技术的研究进展

近年来,随着农村产业结构的调整,新疆南部绿洲荒漠区果树面积发展十分迅速,截至目前环塔里木盆地杏、核桃、香梨、苹果和红枣等果树面积超过 133 万 hm²。由于南疆塔里木盆地绿洲人多地少,林果发展以间套模式的复合种植体系为主,果—粮和果—棉复合生产体系发展普遍,在此背景下,针对苹果蠹蛾等主要害虫危害,积极探索和挖掘果园天敌资源,开发相关生物防治和天敌保护利用技术对发展开发新疆特色的绿色果品,提升其市场竞争力具有重要意义。为此,结合新疆林果业发展的需要,近年来,新疆植保科技工作者在该领域开展了大量的研究和开发工作,取得了一系列具有国内先进水平的成果,研究开发的苹果蠹蛾生物防治及其综合配套技术在林果生产上发挥了重要的作用,取得了显著的社会和经济效益。

3.5.1 天敌资源的研究 通过系统研究和调查,摸清了新疆南部喀什地区疏勒县杏复合系统(杏—麦、杏—棉间作模式下)主要害虫的捕食性天敌资源种类 37 种(表 1)。由此可见,新疆南部喀什地区疏勒县杏—棉和杏—麦间作果园天敌资源较为

丰富,保护和利用果园各种捕食性天敌对于有效控制苹果蠹蛾具有重要作用(李宏,2010)。

制苹果蠹蛾、蚜虫、介壳虫、叶螨等多种果园害虫具

表 1 新疆南部不同间作模式下主要害虫捕食性天敌种类 (2010,新疆喀什)

Table 1 List of species of predators under different intercropping pattern in Southern Xinjiang (2010, Kashi, Xinjiang)

目 Order	科 Family	种 Species
鞘翅目 Coleoptera	瓢虫科 Coccinellidae	李斑唇瓢虫 <i>Chilocorus geminus</i> Zaslavskij
		深点食螨瓢虫 <i>Stethorus punctillum</i> Weise
		菱斑巧瓢虫 <i>Oenopia conglobata</i> L.
		李斑瓢虫 <i>Coccinella geminopunctata</i> Liu
	方头甲科 Cybocephalidae	日本方头甲 <i>Cybocephalus nipponicus</i> Endroby-Yonge
		敦煌方头甲 <i>Cybocephalus dunhuangensis</i> Tian
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	晋草蛉 <i>Chrysopa shansiensis</i> Kuwayama
		普通草蛉 <i>Chrysopa carnea</i> Stephens
		叶色草蛉 <i>Chrysopa phyllochroma</i> Wemael
		大草蛉 <i>Chrysopa septempunctata</i> Wesmael
半翅目 Heteroptera	盲蝽科 Miridae	黑食蚜盲蝽 <i>Deraeocoris punctulatus</i> Falien
	花蝽科 Anthocoridae	肩毛小花蝽 <i>Orius niger</i> Wolff
蜘蛛目 Araneida	蟹蛛科 Thomisidae	三突花蛛 <i>Misumenopos tricuspidata</i> Fabricius
		冠花蟹蛛 <i>Xysticus cristatus</i> Clerck
		蒙古花蟹蛛 <i>Xysticus mongolicus</i> Schenkel
		考氏伊蛛 <i>Icius courtauldi</i> Bristowe
	卷叶蛛科 Dictynidae	合古卷叶蛛 <i>Archaeodictyna consecuta</i> O.P.Cambridge
		王氏卷叶蛛 <i>Dictyna wangi</i> Song & Zhou
	园蛛科 Araneidae	大腹园蛛 <i>Araneus ventricosus</i> L. Koch
		灌木新园蛛 <i>Neoscona adianta</i> Walckenaer
		黑亮腹蛛 <i>Singa hamata</i> Clerck
		四点亮腹蛛 <i>Singa pygmaea</i> Sundevall
	肖蛸科 Tetragnathidae	直伸肖蛸 <i>Tetragnatha extensa</i> L.
		锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i> Thoren
		圆尾肖蛸 <i>Tetragnatha shikokiana</i> Yaginuma
	皿蛛科 Linyphiidae	弱小皿蛛 <i>Microlinyphia pusilla</i> Sundevall
	暗蛛科 Amaurobiidae	刺瓣隙蛛 <i>Coelotes spinivulva</i> Simon
	狼蛛科 Lycosidae	鹿熊蛛 <i>Arctosa cervina</i> Schenkel
		波氏艾狼蛛 <i>Evipa potanini</i> Schenkel
		雾豹蛛 <i>Pardosa nebulosa</i> Thorell
		星豹蛛 <i>Pardosa astrigena</i> L. Koch
	逍遥蛛科 Philodromidae	新疆逍遥蛛 <i>Philodromus xinjiangensis</i> Tang et song
		草皮逍遥蛛 <i>Philodromus cespitum</i> Walckener
		阿拉逍遥蛛 <i>Philodromus alascensis</i> Keyserling
		蚁形狼蟹蛛 <i>Thanatus formicinus</i> Clerck
		普通狼蟹蛛 <i>Thanatus vulgaris</i> Simon
		短胸长蟹蛛 <i>Tibellus oblongus</i> Walckenaer

在寄生性天敌资源研究方面,张学祖等(1960)在新疆库尔勒地区发现苹果蠹蛾卵寄生蜂——赤眼蜂 *Trichogramma* sp.,苹果蠹蛾第 2 代卵自然寄生率最高可达 44%;李保平和孟玲(2012)、孟玲等(2001)通过对新疆伊犁地区野苹果林和栽培苹果园的苹果蠹蛾寄生性天敌的系统调查,发现了光点瘤姬蜂 *Liotryphon punctatus*、蠹蛾玛姬蜂 *Mastrus ridibundus* (Gravenhorst)、红足微茧蜂 *Microdus rufipes* Nees、四齿革腹茧蜂 *Ascogaster quadridentata* Wesmaels、凹腹双短刺金小蜂 *Dibrachys cavus* (Walker) 5 种幼虫和蛹寄生蜂,其中凹腹双短刺金小蜂是苹果蠹蛾的重寄生蜂,并记述了迄今世界范围内已发现的苹果蠹蛾幼虫和蛹寄生蜂共 7 科 30 属 43 种,这一研究结果为今后进一步挖掘和利用苹果蠹蛾寄生性蜂资源奠定了基础。

在昆虫病原微生物方面,Kučera(1971)报道,捷克斯洛伐克正研究高致病力的白僵菌菌系发酵生产方法。有关白僵菌防治鳞翅目害虫在我国已有大量报道。哈密植检站(1985)首次从苹果蠹蛾僵虫中分离并鉴定发现了感染苹果蠹蛾幼虫的病

原菌——白僵菌 *Beauveria* sp.。王敦等(2012)首次分离获得了苹果蠹蛾颗粒体病毒(CypoGV)中国本土分离株 3 株,分别是分离自甘肃张掖的张掖株(CypoGV-ZY)、分离自新疆喀什的喀什株 1(CypoGV-KS1)、喀什株 2(CypoGV-KS2)。通过对病毒本土株的分离、鉴定、扩繁,对 3 株病毒的毒力进行了测定,分别为 3.43×10^4 、 8.81×10^4 和 1.04×10^4 OBs · mL⁻¹。并对三者的田间防效与国外同类制剂(苹果蠹蛾颗粒体病毒比利时株,CypoGV-BG)进行了比较,发现 3 株本土病毒株的田间防效与化学药剂灭幼脉接近,单位面积果园的诱虫数量显著降低,显示了良好的应用前景。

3.5.2 利用赤眼蜂等寄生蜂防治苹果蠹蛾技术研究与应用 为了适应新疆荒漠绿洲生态条件的果品精品化和无害化发展的需要,针对苹果蠹蛾等果树害虫种类增多,危害趋于严重的局面(郭文超和马祁,2004),新疆植保科技工作者积极探索相关的生物防治技术,取得了重要成果。

冯宏祖等(2013)研究了赤眼蜂对新疆荒漠绿洲生态区苹果蠹蛾卵功能反应及自身的干扰反应,表明在 25℃ 下不同密度的苹果蠹蛾卵对松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma pintoi*(吉林品系)、(新疆抗旱品系)、螟黄赤眼蜂 *Trichogramme chilonis* Ishii 的寄生作用有明显的影响,其寄生效应符合功能反应模型 Holling II 型,其方程分别为 $N_a = 0.9459N_t / (1 + 0.0446N_t)$ 、 $N_a = 0.9675N_t / (1 + 0.0416N_t)$ 和 $N_a = 0.7403N_t / (1 + 0.0356N_t)$,对苹果蠹蛾卵的日最大寄生量为 21.20、23.24 和 20.79 粒,寄生 1 粒卵所需的时间为 0.0472、0.043 和 0.048 h,搜索效率分别为 0.9459、0.9675 和 0.7403;赤眼蜂自身密度对寄生作用也存在干扰效应,用 Hassell-Varley 模型可表示为 $E = 0.4411P_t - 0.5231$ 、 $E = 0.3462P_t - 0.6205$ 和 $E = 0.3326P_t - 0.4441$ 。这一研究结果为正确评价赤眼蜂控制苹果蠹蛾的作用提供了依据。

王兰等(2011)通过研究人工繁殖赤眼蜂在果园生态环境中的自然扩散规律,发现赤眼蜂在果园自然扩散距离可达 16 m,但 2~8 m 范围内赤眼蜂的寄生数量最多,寄生卵占总卵数的 93.4%,在 2、4、6 和 8 m 范围内平均寄生率分别为 32.6%、21%、14.3%和 9.5%。在此基础上,提出了利用赤眼蜂防治苹果蠹蛾的田间释放技术,即在各代卵始盛期开始放蜂,放蜂 2~3 次,蜂卡间隔距离 8 m 为宜。

许建军等(2014)通过试验筛选出了适宜新疆南部荒漠绿洲生态区果园环境条件对苹果蠹蛾有效的赤眼蜂蜂种。果园试验表明,经过高温驯化的抗旱松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾有较好的寄生效果,室内外试验对苹果蠹蛾卵寄生率最高分别达到 79.92%和 30.16%,田间罩笼试验释放松毛虫赤眼蜂,最高防效可达 83.48%。针对荒漠绿洲果园特点,通过田间多点示范,提出了“应用抗旱松毛虫或螟黄赤眼蜂+性引诱剂(或喷施生物源农药)”为重点的果树害虫生物防治或绿色综合配套防治技术,苹果蠹蛾蛀果减退率最高达 74.34%,平均 56.58%,释放赤眼蜂配合双向迷向丝蛀果减退率达 85.93%,化学防治为 82.71%,累计应用面积超过 66667 公顷次,连续释放赤眼蜂持续防治效果十分明显。此外,张新平等(2012)在新疆阿克苏地区开展了利用周氏啮小蜂 *Chouioia cunea* Yang 防治苹果蠹蛾的初步试验,结果表明释放周氏啮小寄生的柞蚕蛹 30 和 90 粒 · hm⁻¹,平均防效均达 80%以上。

4 展望

虽然新疆在苹果蠹蛾相关研究领域起步较早,在苹果蠹蛾生物学、生态学和防治学等领域做了大量的研究和应用工作。但是,随着现代分子生物学的迅速发展,从分子水平探讨和揭示苹果蠹蛾遗传变异性、与梨小食心虫等其他蛀果类害虫种间竞争机制、苹果蠹蛾滞育诱导机制等相关基础性的研究尚需进一步加强。随着人们对于果品和农产品安全问题日益关注,针对苹果蠹蛾发生和猖獗危害的现状,在已有技术基础上,积极探索符合新疆荒漠绿洲生态区生产实际的绿色有机生产标准的单项防控和集成防控技术,将是新疆植保科技工作者未来工作的重点方向。

参考文献

阿地力·沙塔尔,陶万强,张新平,岳朝阳,马四国,牛天翔,阿马努. 2011. 5 种引诱剂田间诱捕苹果蠹蛾效果比较. 西北农业学报, 20(3): 203-206.

曹爱东,秦庆红. 2009. 苹果蠹蛾的发生及防治. 果树实用技术与信息, (9): 18-19.

冯宏祖,王兰,郭文超,聂蒙,张红涛,许建军. 2013. 赤眼蜂对苹果蠹蛾卵功能反应的研究. 中国生物防治学报, 29(2): 307-311.

冯宏祖,王兰,郭文超,许建军. 2012. 苹果蠹蛾线粒体 DNACO I 基因克隆与序列分析. 应用昆虫学报, 49(6):

- 1503-1507.
- 付文君, 吉别克. 2013. 伊犁河谷地区苹果蠹蛾的发生与防治. 现代农业科技, (4): 155-156.
- 郭文超. 2010. 苹果蠹蛾应急防控技术 // 张国良. 农业重大外来入侵生物的应急防控技术指南. 北京: 科学出版社.
- 郭文超, 马祁. 2004. 二十一世纪新疆植物保护的形势与对策. 新疆农业科学, 41(5): 257-262.
- 哈密植物检疫站. 1985. 从自然死亡的苹果蠹蛾幼虫体内分离到白僵菌. 新疆农业科技, (2): 24-25.
- 李保平, 孟玲. 2012. 苹果蠹蛾幼虫和蛹寄生蜂种类. 昆虫天敌, 23(4): 185-187.
- 李宏. 2010. 新疆杏复合系统节肢动物群落特征及主要害虫防治对策研究. 北京: 中国林业科学研究院.
- 李晶, 刘燕, 熊英, 章玲, 石生香, 阿丽亚, 马德成. 2011. 5 种新型性诱剂对苹果蠹蛾诱捕试验的初报. 新疆农业科技, (4): 43-44.
- 林伟丽. 2006a. 新疆香梨园昆虫种类与苹果蠹蛾和梨小食心虫的种群动态研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学.
- 林伟丽, 于江南, 薛光华, 王永平. 2006b. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究. 新疆农业科学, 43(2): 100-102.
- 孟玲, 李保平, 陈舒方, 刘绪斌. 2001. 新疆苹果蠹蛾幼虫期及蛹期的寄生蜂调查初报. 植物检疫, 15(4): 211-212.
- 秦晓辉, 马德成, 张煌, 李广华, 王培. 2006. 苹果蠹蛾在我国西北发生危害情况. 植物检疫, 20(2): 95-96.
- 茹克亚·阿不力孜, 于江南, 陈卫民. 2009. 伊犁河谷苹果蠹蛾的发生规律与防治措施. 新疆农垦科技, (2): 39-40.
- 宋美杰. 1988. 国内合成苹果蠹蛾性诱剂的应用. 植物保护, (1): 53.
- 王崇德, 汤渝琼, 刘新齐, 王维利. 1981. 美国苹果蠹蛾性诱剂初次应用. 新疆农垦科技, (4): 79-80.
- 王敦, 徐兵强, 阿不都克尤木·卡德尔, 吕婷婷, 刘强, 李晓峰. 2012. 苹果蠹蛾颗粒体病毒中国本土株的发现与利用. 首届“全国青年昆虫学科技工作者创新论坛”论文摘要集, 19-20
- 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的研究. 新疆农业科学, 48(2): 261-265.
- 新疆维吾尔自治区统计局. 2013. 新疆统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.
- 徐婧, 姜红霞, 阿丽亚, 郭静敏, 张润志. 2012. 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.
- 许建军, 冯宏祖, 吐尔逊, 王兰, 郭文超. 2014. 释放赤眼蜂防治苹果蠹蛾、梨小食心虫效果研究. 中国生物防治学报, 30(5): 690-695.
- 余江华. 2007. 苹果蠹蛾的无公害综合防治. 农村科技, (5): 41-42.
- 于江南, 吾木尔汗, 肉孜加玛丽, 范菊兰. 2004. 苹果蠹蛾越冬生物学及有效积温的研究. 新疆农业科学, 41(5): 319-321.
- 张润志, 王福祥, 张雅林, 陈汉杰, 罗进仓, 王勤英, 刘万学, 艾尼瓦尔·木沙, 等. 2012. 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. 应用昆虫学报, 49(1): 37-42.
- 张新平, 岳朝阳, 刘爱华, 杨明禄, 盛承发, 阿里木, 张静文. 2011. 不同诱捕方法对苹果蠹蛾和梨小食心虫的诱捕效果. 新疆农业科学, 48(2): 306-310.
- 张新平, 王成祥, 岳朝阳, 张静文, 王玉兰, 刘爱华, 阿里木·阿依夏木. 2012. 利用周氏啮小蜂防治苹果蠹蛾的研究. 江苏农业科学, 40(10): 128-129.
- 张学祖. 1957. 苹果蠹蛾(*Cydia pomonella* L.)在我国的新发现. 昆虫学报, 7(4): 467-472.
- 张学祖. 1958a. 利用有效积温法则预测喷药防治苹果蠹蛾的始期. 新疆农业科学, (2): 123-124.
- 张学祖, 周绍来, 刘景富. 1960. 伊宁苹果蠹蛾之研究. 昆虫学报, 5(1): 41-51.
- 张学祖, 周绍来, 王庸俭. 1958b. 库尔勒苹果蠹蛾的初步研究. 昆虫学报, 8(2): 134-136.
- 周成军, 刘文萍. 1997. 两种诱捕器诱捕苹果蠹蛾试验. 北方果树, (2): 22.
- 朱虹昱, 刘伟, 崔艮中, 张增福, 张润志. 2012. 苹果蠹蛾迷向防治技术效果初报. 应用昆虫学报, 49(1): 121-129.
- 朱银飞, 马荣, 张卫星, 温俊宝. 2010. 苹果蠹蛾成虫对不同波长黑光灯的趋性研究初探. 新疆农业大学学报, 33(6): 506-508.
- Kučera M. 1971. Toxins of the entomophagous fungus *Beauveria bassiana*. II. Effect of nitrogen sources on formation of the toxic protease in submerged culture. *Journal of Invertebrate Pathology*, 17: 211-215.
- Knight A L and Larsen T E. 2004. Improved deposition and performance of a microencapsulated sex pheromone formulation for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 101: 109-116.
- Witzgall P, Bgekman A C, Svensson M, Koch U, Rama F, El-Sayed A, Brauchli J, Arn H, Bengtsson M and Löfqvist J. 1994. Behavioral observations of codling moth, *Cydia pomonella*, in orchards permeated with synthetic pheromone. *BioControl*, 44: 211-237.

