



我国梨小食心虫综合防治研究进展^{*}

范仁俊^{**} 刘中芳 陆俊姣 封云涛 庾 琴 高 越 张润祥

(山西省农业科学院植物保护研究所 太原 030032)

摘 要 近年来,由于农业产业结构的调整,我国北方果树栽培种类日益增多、种植面积不断扩大。重要果树害虫梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 为害大幅回升、危害逐年增加。针对这一情况,在西北、东北和华北 3 个北方果树生产代表区域建立 50 余个监测示范点,开展了梨小食心虫的生物生态学规律及综合防治技术的研究、集成与示范。研究结果表明,气候变化和种植结构对梨小食心虫发生规律有显著影响。全球气候变暖条件下,梨小食心虫年发生世代呈增加趋势;在果树混栽区域,晚熟桃为梨小食心虫的主要越冬场所。防治技术方面,在对梨小食心虫常规农业防治、物理防治、生物防治、化学防治技术组装配套的基础上,重点开展了高效节水诱捕器、国产迷向产品研发及标准化应用技术、优势天敌饲养及释放技术、专用农药研发及农药减量化技术等研究工作。前瞻性地研发了植物源诱捕剂及迷向新剂型等贮备技术。最后针对当前梨小食心虫防治工作中存在的问题和不足,确定了下一步的研究方向:(1)全球气候变暖对梨小食心虫发生动态的影响;(2)梨小食心虫成虫不同寄主间的转移规律;(3)梨小食心虫的抗性监测技术和快速诊断试剂盒研制;(4)梨小食心虫的抗性分子机理与抗性治理技术。

关键词 梨小食心虫,生物学特性,综合防治

Progress in the application of IPM to control the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in China

FAN Ren-Jun^{**} LIU Zhong-Fang LU Jun-Jiao FENG Yun-Tao

YU Qin GAO Yue ZHANG Run-Xiang

(Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030032, China)

Abstract In recent years, the number of fruit varieties and area of fruit crops under cultivation has risen steadily following improvements in the horticulture industry in northern China. However, at the same time the damage caused by an important insect pest, the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck), has increased yearly. Biological and ecological characteristics of *G. molesta*, and the application of integrated pest management (IPM) to control this pest, were investigated at over 50 monitoring points established in northwestern, northeastern and central North China. The results indicate that climate change and orchard planting systems have significant impacts on the impact of *G. molesta* on fruit crops. The number of generations of *G. molesta* is increasing with climatic warming. Late peach crops are the major overwintering habitat of this pest in companion planting areas. Based on reassembling traditional control technologies, including agricultural, physical, biological and chemical controls, we suggest that greater emphasis be placed on the development and application of sex pheromone traps and domestic dispensers of mating disruption, the rearing and releasing of biological control agents, the development of exclusive insecticides and reducing insecticide use. The application of botanical baits and new methods of disrupting mating are addressed. Directions for further study are summarized in light of problems and weaknesses identified in the methods examined: (1) investigating the population dynamics of *G. molesta* under various global warming scenarios; (2) research on the chemical interactions between *G.*

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103024)。

^{**}通讯作者, E-mail: rjfan@163.com

收稿日期:2013-09-16, 接受日期:2013-10-29

molesta and host plants; (3) developing technology to monitor pesticide resistance and a rapid diagnosis reagent kit; (4) research on the molecular mechanisms of resistance in *G. molesta* and how to manage this.

Key words *Grapholitha molesta*, biological characteristics, IPM

果树食心虫是钻蛀果实进行危害的蛾类幼虫的统称,常见有梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck)、桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura、桃蛀螟 *Dichocrocis punctiferalis* Guenee、梨大食心虫 *Nephoteryx pirivorella* Matsumura 等 10 余种,是果树生产中一类常发性害虫。其中,梨小食心虫又名梨小蛀果蛾、东方果蠹蛾、桃折梢虫等,简称“梨小”,属鳞翅目 Lepidoptera,小卷叶蛾科 Olethreutidae。我国除西藏未见报道外,各梨、桃产区均有发生,尤以华北、华中地区发生普遍。近年来,由于农业产业结构的调整、果树栽培种类增多、种植面积不断扩大以及栽培措施、气候等因素的变化,引发梨小食心虫为害大幅回升,对梨、桃、苹果、李等多种仁果类和核果类果树生产构成了严重威胁(Rothschild and Vickers, 1991; Borchert *et al.*, 2004; 李唐等, 2010)。据调查,山西省不采取任何防治手段的桃园,8月上旬虫果率达 39%~67%,晚熟桃高达 75%~100%(胡增丽和李海芳, 2010)。由于我国过去对梨小食心虫研究较少、基础薄弱,对其防治主要依靠套袋和化学防治,导致果实品质下降、农药残留超标、梨小食心虫抗药性发展较快等严重问题(Li'ichev *et al.*, 2007; 徐妍等, 2009; 范仁俊等, 2010a)。因此,梨小食心虫综合防治技术及配套设施亟待更新。

2008 年以来,在国家公益性行业(农业)科研专项经费项目“北方果树食心虫监测和防控新技术研究与示范”(200803006)、“北方果树食心虫综合防控技术研究与示范推广”(201103024)的支持下,山西省农业科学院植物保护研究所、中国农业科学院植物保护研究所、中国农业大学、中国科学院动物研究所、西北农林科技大学等 12 家单位的专家及科研人员协作攻关,在掌握气候变化、栽培管理制度更新条件下梨小食心虫发生新动态及其生活史薄弱环节的基础上,对梨小食心虫的综合防治进行了全方位的深入研究,为现阶段梨小食心虫的有效防控奠定了坚实基础。本文就我国梨小食心虫综合防控各项技术的研究进展做一总结和评述。

1 梨小食心虫生物生态学规律

项目协作组在东北、华北、西北三大果树生态区域设置了 50 余个监测示范点,对梨小食心虫的发生动态和危害习性进行长期系统监测与防治。梨小食心虫在我国东北地区、华北大部分地区、西北地区 1 年发生 3~4 代;在河北中南部、山西南部、山东、河南、陕西关中地区 1 年发生 4~5 代。气候及虫情数据分析表明,全球气候变暖大背景下梨小食心虫发生呈加代趋势,发生区域也进一步北扩。梨小食心虫发生严重程度与当地果树栽培格局有非常密切的关系。纯梨树种植区域,梨小食心虫世代发生较为整齐,第 1、2 代幼虫以蛀食桃梢为主,梨梢和苹果梢也有少量危害。5—7 月桃梢折梢率逐渐升高,严重影响树势和树形的发展(郝宝锋, 2011; 张婷婷等, 2013)。第 3、4 代主要危害桃、梨果,对果实产量的影响很大;而在桃、梨混栽区域,梨小食心虫世代重叠。越冬代出蛰后,成虫羽化长时间保持较高水平,甚至可持续 3 个月以上,给当地的防治工作造成很大压力。

梨小食心虫通常以老熟幼虫越冬(杨小凡, 2013)。主干、主枝、侧枝、根茎、主干分叉及主枝分叉处的老翘皮、树洞、附近表土、落叶杂草、石缝等部位均有分布(刘永刚, 2011; 张长禄和陈红刚, 2011; 周仙红等, 2011)。在苹果、梨和桃混栽区,不同寄主间梨小食心虫的越冬虫量有明显差异,晚熟蜜桃园中越冬虫量占越冬总量的 90% 以上,梨园和其他品种的桃园内越冬虫量分布均较少,苹果园未见(杨小凡, 2013)。

2 梨小食心虫综合治理技术研究

2.1 农业防治技术

2.1.1 改善种植结构 梨小食心虫具有转移寄主为害的习性。前期发生的幼虫主要为害桃树等核果类果树的新梢,后期幼虫则主要为害梨树等仁果类果树的果实。因此,合理的种植结构能够降低梨小食心虫的田间种群基数,对其发生危害起到有效的防控作用。建园时尽量避免多树种混栽或近距离栽植,以杜绝梨小食心虫在寄主间转

移,从而减轻防治压力和难度。对于已混栽的果园,应明确防治重点,6月中旬以前以桃园为主,6月中旬后以梨园为主。

2.1.2 加强田间管理 梨小食心虫幼虫发生危害期及时剪除被害新梢、摘拾虫果,并于采收后彻底清园,可最大限度地控制梨小食心虫的虫口数量。幼虫脱果越冬前,在树干上绑诱虫带或束草进行诱集,并于翌年春天出蛰前取下烧毁;或者在距离树干中心1~1.5 m范围内堆积20 cm厚的土堆,诱集老熟幼虫越冬,并在冬季低温时散开,均可压低越冬虫口基数。冬季结合施肥,深翻土壤,并灌好封冻水,可破坏梨小食心虫的越冬场所(周仙红等,2011)。早春时刮除树干和主枝上老粗翘皮,也可显著减少越冬代成虫数量。

2.2 物理防治技术

2.2.1 诱杀法 利用梨小食心虫对不同波长光波的趋性不同,在果园中悬挂黑光灯或频振式杀虫灯诱杀其成虫。其中,黑光灯是利用梨小食心虫的趋光性,而频振式杀虫灯则不仅利用趋光性,还利用其对特定波长光波的趋性。研究表明,3月中旬至10月中旬,每天傍晚7:00到第2天凌晨6:00,两种诱虫灯均可有效诱杀梨小食心虫,使梨园虫果率显著降低60%~80%。针对不同昆虫上灯高峰不同的特点,实际应用中选择在梨小食心虫的活动高峰时段开灯,即可有效控制害虫,也可降低对其他非靶标天敌昆虫或中性昆虫的伤害。此外,利用梨小食心虫的趋化性,采用3:1:3:80的糖、乙酸、乙醇和水配比的糖醋酒液可有效诱杀成虫,特别是交尾后的雌成虫(何亮等,2009)。

2.2.2 阻隔法 果实套袋不仅能够改善果实的外观品质,还能阻止梨小食心虫对果实的为害,降低果品农药残留,是防治梨小食心虫的较好方法。研究表明,我国北方梨园套袋防治梨小食心虫的最佳时间为5月上中旬,且套袋时期对防效有显著影响,提前10 d和正常套袋果园虫果率较低,而延迟10 d虫果率明显增加。同时,为有效防治梨小食心虫的发生,套袋前应喷施一次药剂,待果面干燥后再行套袋。通过萆洼覆盖泡沫胶能够有效降低梨小食心虫的产卵危害,并且对果实品质无显著影响,对于防治梨小食心虫也具有实践意义(翟文博和王洪平,2010)。

2.3 生物防治技术

2.3.1 性诱捕器诱杀技术 梨小食心虫性诱剂诱杀新技术研究方面,针对果树害虫防治中常使用的水盆性诱捕装置不适用于乔化树种或缺水多风的山区,研发了无水型悬挂式害虫诱捕器、自动补水诱捕器、防风型板式诱捕器、简易防逃逸诱捕器、内设网片的防逃逸诱捕器等多种不同功能的诱捕器专利产品。针对传统诱捕器使用过程中水分散发过快、误捕天敌昆虫、诱捕效果不稳定等缺点,康总江等(2013)对比了6种梨小食心虫性诱捕器,深入研究了不同孔径、颜色、材质和诱杀液对诱捕效果的影响,其中“8孔+0.5%洗衣粉液+黑色塑料瓶”诱捕器(孔总面积为60 cm²,直径3 cm)的杀虫效果最好;孙瑞红等(2011)发现添加1 cm厚抽油烟机废油的油水诱捕器诱虫效果与清水相当,但每日平均节水70.2 mL,节水率可达到94%以上。

此外,项目组还系统研究了果园水盆性诱剂诱捕器最优设置技术参数。性诱捕器最适合放置高度为1.5 m,水盆口径20~25 cm,水盆颜色为红色、蓝色、透明,放置位置为树冠北面外侧。放置密度用于监测和大量诱捕的使用量分别为3个/667 m²和8个/667 m²。

2.3.2 性信息素迷向防治技术 从长度、缓释材质、散发剂、性信息素含量等方面对梨小食心虫性信息素迷向防治产品进行了深入改进,研制出专利产品“梨小食心虫性信息素迷向散发器”。田间应用结果显示,该产品成本仅为国外同类产品的1/2,有效期达到3个月以上,有效成分释放率大于93%。同时对梨小食心虫性信息素迷向散发器的设置高度、位置、密度等参数进行了研究。当迷向器悬挂于树冠上部1/3、距地面高度不低于1.7 m的果树西面和南面时,迷向防治效果较好。每公顷施用1 350根的桃园,对梨小食心虫的迷向率达到89.29%,而梨园则为98.17%,同时梨园中性信息素迷向散发器对梨小食心虫的防治效果也高于桃园(周红旭等,2011;庾琴等,2011)。

在梨小食心虫性信息素迷向防治产品开拓研究方面,成功研制出迷向喷雾粉剂、液态迷向喷雾剂等新剂型。其中,迷向喷雾粉剂迷向率为81.5%~100%,迷向效果随有效成分比例的上升而增强,但持效期仍需进一步改善。

2.3.3 植物源引诱剂诱杀技术 由于雌蛾数量

直接决定果树食心虫的田间繁殖数量,因此,对果园内雌蛾的监测远比雄蛾重要。项目组借助 GC-EAD、GC-MS、触角电位 (EAG)、单细胞记录 (SSR)、风洞行为试验,以寄主植物为主要研究对象,筛选得到了两个对梨小食心虫雌雄成虫均有诱集活性的植物源引诱剂配方:JM(己醇、壬醛、丁酸乙酯、乙酸丁酯、己酸乙酯、乙酸己酯、丁酸己酯和(E,E)- α -法尼烯)和JH(壬醛、丁酸乙酯、丁酸异戊酯、己酸乙酯、乙酸己酯和(E,E)- α -法尼烯)(Lu et al., 2012)。为雌蛾的诱捕监测及植物源引诱和驱避剂的研发提供了技术储备。2012年7月,《中国科学报》以标题为“新引诱剂对雌雄梨小食心虫均有活性”报道了本项目组核心成员的这一成果,中国科学院院网也对该成果做了介绍。

2.3.4 天敌利用技术 通过对梨园和桃园梨小食心虫卵赤眼蜂的种类构成调查发现,松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 为优势寄生种,其次为广赤眼蜂 *Trichogramma evnescens* Westwood 和玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* Pang & Chen(孟豪等, 2011),此外,作为资源贮备,一种梨小食心虫的潜在寄生蜂——暗黑赤眼蜂 *Trichogramma pintoi* Voegelé 的寄生效果也得到关注(沈健等, 2012)。通过项目组成员单位的努力,梨小食心虫卵赤眼蜂的室内人工饲养和繁殖技术体系已经成功建立。田间放蜂效果表明,松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi* 对二代梨小食心虫卵的寄生率可以达到 69.05%,具有潜在的应用价值。病原线虫研究与利用方面,生物测试了斯氏线虫、异小杆线虫等 10 个线虫品系的抗干燥能力及其对梨小食心虫老熟幼虫的侵染能力,其中异小杆线虫 *Heterorhabditis* sp. ZH 品系干燥后存活率为 54.5%,对梨小食心虫也表现出较强的致死能力(李宁等, 2011)。

2.4 化学防治技术

梨小食心虫专用药剂筛选方面,研究筛选出甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等对食心虫活性高、毒性低的 10 种杀虫剂,研制并改良了 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂等 8 个制剂配方;传统乳油替代剂型研发方面,开发出环保安全的 2.5% 高效氟氯氰菊酯微乳剂和 4.5% 高效氯氰菊酯微乳剂(范仁俊等, 2010b, 2010c)。农药减量化助剂研发及技术研究方面,发现 Span80 对螺虫

乙酯的杀卵效果具有较强的增效作用。在此基础上,研制出 40% 螺虫乙酯悬浮剂、4.5% 高效氯氰菊酯-10% 螺虫乙酯悬乳液、4.5% 高效氯氰菊酯-10% 螺虫乙酯微胶囊悬浮剂、2% 阿维菌素-40% 螺虫乙酯微胶囊悬浮剂等 6 种新型农药制剂,对梨小食心虫卵有明显的防治效果。筛选制备出 2 种有明显增效作用的高渗高附着农药桶混助剂 ND-1 和 ND-2。农用有机硅助剂 Silwet618 作为桶混助剂,可使 5% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 2.5% 高效氯氰菊酯微乳剂的使用分别减量 15% ~ 24% 和 31% ~ 32%(张晓曦等, 2010)。项目协作组首次将高附着性助剂和静电喷雾技术结合并应用到果树害虫防治中。该技术可显著提高农药利用率,农药用量比常规减少 30%,防效相当,甚至更好;喷雾器械研究方面,柱塞泵式喷雾器和弥雾喷雾机不同施药量与靶标对象防治效果的对比研究表明,在不影响防治效果的前提下,弥雾喷雾机药液用量可减少 60% 以上。

3 展望

项目实施以来,在梨小食心虫生物生态学 and 关键防控技术研究方面取得了一系列成果。颁布了国家行业标准《梨小食心虫测报技术规范》和地方标准《梨小食心虫综合防治技术规程》及《山东省梨小食心虫综合防治技术规程》,申报了新型性诱捕器等专利 5 个。通过集成配套完善了区域性梨小食心虫无公害防控技术应用体系;以试验基地为中心,以项目研究取得的阶段性成果为主要推广内容,综合应用农艺措施、生物防治、生态调控、环保型防治技术等防控措施进行了试验示范及推广应用,累计示范面积 5 000 hm²,使试验示范区有效控制了田间梨小食心虫的虫口基数,虫果率降至 5% 以下,化学农药使用量减少 20% 以上。在技术示范、推广应用中,通过开展多种形式的技术指导、培训、咨询与宣传活动,培养技术骨干 70 余人、农民技术员 1 000 余人,发放技术资料 6 万余份。

为实现梨小食心虫的安全、有效、简便防治提供了技术和产品支持。下一阶段,专项将在前期工作基础之上,继续开展在气候变化和新的栽培制度下梨小食心虫防控关键技术的集成与优化研究,形成可持续控制技术体系,并构建适合我国东北、华北、西北不同生态区的梨小食心虫综合防控

技术模式,同时进行示范应用推广,显著提高我国北方梨小食心虫的综合防控技术能力,实现果品的优质安全生产。此外,针对项目实施过程中发现的关键问题及技术弱点,对以下几个问题进行深入研究:(1)全球气候变暖对梨小食心虫越冬滞育、春季出蛰及年发生动态的影响;(2)梨小食心虫成虫扩散飞行能力及在寄主间的转移规律;(3)梨小食心虫的抗性监测技术和快速诊断试剂盒研制;(4)梨小食心虫的抗性分子机理与抗性治理技术。

参考文献 (References)

- Borchert DM, Stinner RE, Walgenbach JF, Kennedy GG, 2004. Oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and management with methoxyfenozide in North Carolina apples. *Journal of Economical Entomology*, 97: 1353 – 1364.
- Li'ichev AL, Williams DG, Gut LJ, 2007. Dual pheromone dispenser for combined control of codling moth *Cydia pomonella* L. and oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) (Lep., Tortricidae) in pears. *Journal of Applied Entomology*, 131(5):368 – 376.
- Lu PF, Huang LQ, Wang CZ, 2012. Identification and field evaluation of pear fruit volatiles attractive to the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. *Journal of Chemical Ecology*, 38(8):1003 – 1016.
- Rothschild GHL, Vickers RA, 1991. The Biology, Ecology and Control of Oriental Fruit Moth//Van Der Geest LPS, Evenhuis HH (eds.). *Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Amsterdam, The Netherlands:Elsevier. 389 – 412.
- 范仁俊,李捷,马春森,2010a. 北方果树食心虫监测和防控新技术研究与示范. *山西农业科学*, 38(5):32 – 35.
- 范仁俊,高越,张润祥,杜恩强,庾琴,郭贵明,2010b. 2.5% 高效氟氯氰菊酯微乳剂对苹果桃小食心虫的田间应用技术研究. *昆虫知识*, 47(2):384 – 386.
- 范仁俊,张润祥,高越,庾琴,郭贵明,2010c. 高效氟氯氰菊酯 ME 对苹果桃小食心虫防治效果研究. *中国植保导刊*, 30(4):36 – 37, 48.
- 郝宝锋,于丽辰,许长新,贺丽敏,焦蕊,2010. 桃园梨小食心虫的防控技术研究. *河北农业科学*, 14(7):31 – 32, 34.
- 何亮,秦玉川,朱培祥,2009. 糖醋酒液对梨小食心虫和苹果小卷叶蛾的诱杀作用. *昆虫知识*, 46(5):736 – 739.
- 胡增丽,李海芳,2010. 桃园梨小食心虫发生规律研究初报. *山西农业科学*, 38(6):46 – 47, 54.
- 康总江,朱亮,魏书军,石宝才,2013. 六种不同处理诱捕器对梨小食心虫诱杀效果研究. *北方园艺*, 14:129 – 132.
- 李丽莉,张思聪,张安盛,门兴元,周仙红,于毅,2012. 几种因素对梨小食心虫性诱剂诱捕量的影响. *山东农业科学*, 44(7):95 – 97.
- 李宁,王志刚,阎爱华,王勤英,黄大庄,毕拥国,马向超,2011. 昆虫病原线虫抗干燥能力及其对梨小食心虫致死能力研究. *河北农业大学学报*, 34(2):90 – 93.
- 李唐,连梅力,马平顺,张筱秀,周运宁,2010. 桃园梨小食心虫发生为害调查及防治对策. *山西农业科学*, 38(5):47 – 50.
- 刘永刚,2011. 梨小食心虫的发生规律及综合防治技术. *山西果树*, (3):24 – 25.
- 孟豪,赵利鼎,李先伟,李纪纲,任文俊,张利军,马瑞燕,2011. 梨小食心虫的天敌资源. *山西农业科学*, 39(8):858 – 861.
- 沈健,仵均祥,许向利,许建军,2012. 暗黑赤眼蜂对梨小食心虫卵的寄生作用. *植物保护学报*, 39(4):352 – 356.
- 孙瑞红,张坤鹏,李爱华,武海斌,张学萍,2011. 田间诱蛾节水方法试验. *落叶果树*, 4:39 – 41.
- 徐妍,吴国林,吴学民,秦玉川,2009. 梨小食心虫性信息素研究及应用进展. *现代农药*, 8(3):40 – 44.
- 庾琴,范仁俊,张润祥,封云涛,马四国,2011. 梨小食心虫迷向散发器防治效果研究. *农业技术与装备*, 10:64 – 65.
- 翟文博,王洪平,2010. 物理阻隔法防治桃小食心虫初探. *湖北农业科学*, 49(5):98 – 100.
- 张婷婷,张顺益,凌飞,于松,李丽莉,许永玉,2013. 泰安桃园梨小食心虫发生与危害规律. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 44(2):211 – 216.
- 张晓曦,张争峰,闫鹏飞,周璐,于春欣,曹冲,杜凤沛,2010. Silwet618 在食心虫农药减量化防治中的应用研究. *山西农业科学*, 5:46 – 48, 56.
- 张长禄,陈红刚,2011. 梨小食心虫的发生与防治. *北方果树*, (4):42.
- 周红旭,李丽莉,于毅,2011. 信息素迷向法规模化防治梨小食心虫. *植物保护学报*, 38(5):385 – 389.
- 周仙红,李丽莉,张思聪,张安盛,门兴元,于毅,2011. 梨小食心虫发生规律及无公害防治技术. *山东农业科学*, 10:76 – 81.
- 杨小凡,2013. 寄主因子对梨小食心虫的发生、生长发育及其产卵选择性的影响. 硕士学位论文. 保定:河北农业大学.