

二十一世纪我国苹果主要害虫的研究现状与展望^{*}

范仁俊^{1**} 刘中芳¹ 高 越¹ 杨 静¹ 张鹏九¹ 樊建斌¹ 史高川²

(1. 山西省农业科学院植物保护研究所, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031;

2. 山西省农业科学院棉花研究所, 运城 044000)

摘 要 苹果害虫种类众多, 严重制约苹果产量和品质的提升。本文就 21 世纪我国苹果害虫发生种类和特点, 以及在生物生态学、预测预报技术和综合防控技术等方面的研究进展进行了综述, 并分析了我国苹果害虫研究与先进国家的差距, 同时提出了我国苹果害虫治理的发展展望。

关键词 苹果害虫; 研究进展; 发展展望

Advances in the integrated pest management of apple crops in China

FAN Ren-Jun^{1**} LIU Zhong-Fang¹ GAO Yue¹ YANG Jing¹
ZHANG Peng-Jiu¹ FAN Jian-Bin¹ SHI Gao-Chuan²

(1. Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Science, Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest

Management in Agriculture (IPMA), Taiyuan 030031, China; 2. Institute of Cotton Research,

Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

Abstract The many kinds insect pests in apple orchards seriously reduce the yield and quality of apples. This paper reviews 1) the species and characteristics of insect pests that occur in apple orchards in the 21st century in China, 2) research on the biology and ecology of these pests, including forecasting technology and comprehensive control methods. In addition, the gap in research on apple pests between China and advanced countries, and prospects for developing integrated pest management (IPM) in apple orchards, are discussed.

Key words apple pests; research progress; prospects

苹果作为我国的主要水果树种, 其栽植区域十分广泛, 主要集中在西北黄土高原 (陕、甘、晋、宁、青)、环渤海 (鲁、冀、辽、京、津)、黄河故道 (豫、苏、皖) 和西南冷凉高地等, 种植面积已达 232 万 hm^2 , 年产 4 388 万吨。苹果产业已成为种植区域内的重要支柱产业, 在农业产业结构调整、农村经济发展和农民增收中发挥着巨大作用。

但是, 由于苹果生长周期长、生态系统稳定, 导致病虫害发生种类众多, 并可连续危害多年,

严重制约着果品产量和品质的提升。其中, 苹果害虫种类约 210 种, 危害严重需防治者 6-9 种, 防治靶标害虫一般 3-4 种 (孔建等, 2001; 郑坚武等, 2009)。长期以来, 大多数苹果园中害虫的防治主要依赖化学防治。由于不合理地使用农药, 加之农业产业结构的调整、果树栽培面积的迅速扩大, 引发生态环境污染、果品质量安全、主要害虫演替加快、害虫抗药性、天敌数量减少等诸多问题。为此, 我国果树植保科技工作者长期围绕叶螨、蚜虫、食心虫、卷叶虫、潜叶蛾类

^{*}资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2016YFD0201134); 山西省科技重点研发项目 (2015-TN-03-09); 山西省重点研发计划 (201603D21110-2); 山西果品交易出口平台专项 (YCX2017D2302)

^{**}通讯作者 Corresponding author, E-mail: rjfan@163.com

收稿日期 Received: 2019-05-17; 接受日期 Accepted: 2019-06-08

等苹果害虫,开展了发生消长规律、生物生态学、预测预报技术和综合防控关键技术等方面的系统研究和广泛应用。本文就 21 世纪以来的相关进展与应用现状进行了综述。

1 苹果害虫主要种类及其发生特点

随着苹果栽培方式的改变、品种的更新、以及农药施用量的不断增加,苹果园害虫发生种类和特点产生了较大变化。主要表现为:金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella* Mats、绣线菊蚜 *Aphis citricola* Van der Goot 等一些次要害虫上升为主要害虫(张玉琴,2013);桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura、梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck)、苹小食心虫 *Grapholitha inopinata* Heinrich 等食心虫危害程度降低;苹果小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm、顶梢卷叶蛾 *Spilonota lechriaspis* Meyrick、朝鲜球坚蚧 *Didesmococcus koreanus* Borchs 等食叶害虫和蚧壳虫类害虫得到了有效控制;山楂叶螨 *Amphitetranychus viennensis* Zacher、二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch) 和苹果全爪螨 *Panonychus ulmi* (Koch) 在不少果区混合发生且危害严重;而苹果蠹蛾 *Laspeyresia pomonella* (Linne)、苹果绵蚜 *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) 等检疫性害虫基本上得到控制,但部分果区发生仍较重且存在蔓延危害趋势(秦晓辉等,2006);印度小裂绵蚜 *Schizoneurella indica* Hille Ris Lambers、蠹蛾 *Forficula auricularia* 等苹果新害虫在局部果区发生并造成危害(谌有光和王志龙,2006;赵雪晴等,2012)。

同时,进一步研究了这些苹果害虫种群发生动态(郝宝锋等,2011;徐婧等,2012;赵楠等,2014;陈川等,2016;刘中芳等,2017a),并建立了苹果蠹蛾等苹果害虫的分子鉴定和远程识别技术(李腾等,2013;田有文等,2014;希仁娜·亚森等,2014)。对世界各地地理种群梨小食心虫遗传分化的研究表明,我国西南地区是梨小食心虫的起源中心,向东部和北部扩散至亚洲其他国家、欧洲、非洲、美洲、新西兰和澳大利亚等

地(Wei *et al.*, 2015),而国内不同地理种群梨小食心虫基因交流频繁,也造成陕西、山西、山东等省份的梨小食心虫遗传多样性较高(Zheng *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2016)。苹果蠹蛾种群之间的基因交流则相对较少,遗传多样性较低,其传播是以人为被动传播扩散为主(张大为等,2015)。

2 苹果害虫生物生态学的研究

早在 20 世纪,我国果树植保科技人员已经对桃小食心虫、叶螨等苹果害虫的发生规律进行了观察。进入 21 世纪,各地进一步在研究明确温度、湿度、寄主植物、食料、饲养密度等因素对苹果害虫生长发育、繁殖等生物学影响的基础上(Lei *et al.*, 2012; 张怀江等,2014; Du *et al.*, 2015; 郭丽娜等,2015; Zhang *et al.*, 2016),新建立或优化形成了桃小食心虫(王旭等,2012)、梨小食心虫(王艳蓉等,2011)、苹果蠹蛾(樊江斌等,2015)、苹果绵蚜(薛振国等,2013)、山楂叶螨(林晓丽等,2010)等苹果重要害虫的室内饲养技术体系,并完成了桃小食心虫(李定旭等,2016)、苹果蠹蛾(刘月英等,2012)、二斑叶螨(牛永浩等,2006)、苹果全爪螨(殷万东等,2012)等实验种群生命表研究。梨小食心虫、苹果蠹蛾等害虫的行为节律、产卵选择性等生物学习性得到了进一步的明确(杜磊等,2012; 冉红凡等,2013; 杨小凡等,2013; 魏玉红等,2014; 刘中芳等,2017b)。

对气候变化和新的栽培模式下苹果主要害虫的发生消长规律的研究表明,短时高温下桃小食心虫蛹羽化率和成虫寿命显著降低,幼虫存活率和产卵量影响相对较小(李定旭等,2014),而梨小食心虫热激蛋白 90 基因、70 基因在高温诱导下表达量上调,且雌虫诱导温度低于雄虫诱导温度,表现为较强的高温适应能力和繁殖潜力(Chen *et al.*, 2014a, 2014b; Liang *et al.*, 2014)。苹果蠹蛾实验种群的死亡率则随温度的升高和时间的延长显著升高,其热激蛋白 90 mRNA 的相对表达量在 32-44℃ 高温胁迫下也随温度的升

高而显著增高(申建茹等, 2011)。矮砧密植栽培模式下, 不套袋苹果园在树体不同高度桃小食心虫的发生数量均显著高于果实套袋苹果园(翟浩等, 2017)。同时, 果实套袋还影响梨小食心虫种群遗传结构与遗传多样性(Zheng *et al.*, 2015)。此外, 不同苹果品种上苹果绵蚜的发生程度也存在显著差异(赵铭福等, 2014)。

对桃小食心虫等苹果害虫耐寒性、趋光性和趋化性的研究表明, 寄主植物影响桃小食心虫幼虫体内耐寒物质含量, 而较高的含水量和较低的含糖量可能导致其不能正常越冬(王鹏等, 2011, 2014)。梨小食心虫成虫对波长为 520 nm 的绿光趋性最强, 且 3 日龄成虫趋光性最强, 但不同波长 LED 灯的田间诱捕效果均不理想(刘彦飞等, 2013), 而苹果蠹蛾对波长为 351 nm 的黑光灯较为敏感, 且在黄昏后 2 h 以内诱蛾量最多(朱银飞等, 2010)。

研究了苹果嫩梢、叶片、果实、枝条释放的信息化学物质在苹果害虫寻找寄主植物中的作用。其中, 苹果特定时期释放的苯甲醛是梨小食心虫寻找和定位寄主的特异化合物。而苹果枝条中的 *E*-3-己烯-1-醇、甲酸己酯则可能是引诱苹果绵蚜的重要物质(王平彦等, 2009)。苹果蠹蛾孕卵雌蛾则被苹果树冠上方中的(*E*, *E*)- α -farnesene 和果实气味物质——己酸丁酯引诱和调控(Hern and Dorn, 2004)。同时, (*E*, *E*)- α -farnesene 还被证实在引诱苹果蠹蛾幼虫时发挥了重要作用(Landolt *et al.*, 2000)。梨小食心虫等害虫的普通气味结合蛋白(General odorant binding protein, GOBP)在寄主识别中的功能也进一步被研究证实(Zhang *et al.*, 2012; 宋月芹等, 2014; Li *et al.*, 2015)。

3 苹果害虫预测预报技术的研究

昆虫的空间分布型是指昆虫在其生存空间的分布形式。我国苹果害虫研究学者通过研究, 明确了桃小食心虫、蚜类、金纹细蛾等害虫的空间分布型及相应的抽样技术。其中, 桃小食心虫成虫空间分布型属于聚集型的负二项分布, 一般

采取对角线取样法(尹河龙等, 2010)。山楂叶螨、二斑叶螨和苹果全爪螨均属于普通聚集分布, 但山楂叶螨和二斑叶螨在苹果树上层树冠的聚集度高于中下层, 外层高于内层, 而苹果全爪螨是在树冠中、下层树冠的聚集度高于上层, 内层高于外层(刘长仲等, 2002; 赵微微等, 2009; 闫文涛等, 2011; 王亚国等, 2012)。对金纹细蛾来说, 其空间分布型随世代不同发生变化, 且在树冠不同方位上也存在差异(曹春玲等, 2014)。这些研究结果为进一步提高害虫的测报水平和防控效果奠定了理论依据。

在对苹果害虫发生规律与影响因子、空间分布与抽样技术等研究基础上, 通过建模实现了苹果绵蚜发生区域的预测预报(洪波等, 2012), 并完成了食心虫(汪辰等, 2013)、金纹细蛾(常聚普等, 2005)等害虫发生期与发生量的短期预测预报技术研究。同时, 国家和地方也出台了苹果害虫测报调查的行业或地方标准, 如《梨小食心虫测报技术规范》(范仁俊等, 2011)。在这一过程中, 我国也成功研制出能够用于梨小食心虫、苹果蠹蛾等害虫性诱剂预测预报的信息素主要成分(张涛等, 2005; 刘金龙等, 2015), 并研究提出了基于性诱剂监测的成虫诱捕量代替传统的卵果率作为梨小食心虫防治指标, 有效解决了卵果率调查难度大、准确度差的问题(杜娟等, 2013)。此外, 在建立不同区域、不同品种苹果上苹果黄蚜(牟少敏等, 2002)、苹果绵蚜(谭挺等, 2008)、桃小食心虫(范保银等, 2011)等害虫危害损失模型的基础上, 开展了经济阈值研究, 制定了科学的防治指标并广泛应用。

4 苹果害虫绿色防控技术的研究

4.1 生态调控技术

果园生草栽培, 是在果树行间或全园种植多年生草本植物作为覆盖物的一种果园管理方法。该方法对于丰富果园生物多样性、增强果园生态系统的自我控害能力、减少农药的施用量及其对环境和果品污染等都具有重要作用(王艳廷等, 2015)。研究表明, 生草苹果园大草蛉 *Chrysopa*

septempunctata Wesmael 等天敌资源丰富度指数高于清耕果园(陈川等, 2002); 生草果园的最大益害比为 1~1.5, 最小为 1~7.4, 均明显大于清耕果园益害比 1~20-1~25(张硕等, 2018), 苹果绵蚜和山楂叶螨等苹果害虫种群抑制效果达到 90%以上, 且发生高峰期不明显, 苹果主要害虫得到了有效控制(赵雪晴等, 2011)。

4.2 理化诱控技术

针对苹果害虫在树干上的潜藏越冬习性, 人为将瓦楞纸、麻绳或废弃果袋等材料绑扎在苹果树干上, 并在害虫完全越冬休眠后至出蛰前集中处理, 能够有效压低主要病虫害的越冬基数, 并减轻次年防治压力。研究表明, 瓦楞纸诱虫带在全年不喷杀螨剂的条件下, 可将螨害落叶率降低 61.67%, 发生高峰期延缓 15 d(杜志辉, 2006), 对介壳虫等其他种类害虫诱集率也均在 70%左右(李永霞和李调莲, 2009); 同时, 还将瓦楞纸对苹果树干越冬害虫的诱集效果与其他材料进行了对比, 结果表明瓦楞纸诱虫带在诱集鳞翅目蛾类幼虫和山楂叶螨方面显著优于其他材料, 绑扎适期为 9 月上旬, 且距离苹果第一分枝越近诱集效果越好(刘中芳等, 2018)。

苹果害虫趋化性利用方面, 不仅研究优化了适于不同苹果害虫诱杀的糖醋液配方和性诱芯, 并在苹果小卷叶蛾、桃小食心虫、金纹细蛾、苹果蠹蛾等害虫的虫情监测和大量诱捕中进行了广泛应用(郭线茹等, 2004; 王成祥等, 2014; 王亚红等, 2018; 张文斌等, 2018), 对降低果园害虫虫口基数、减少田间落卵量和用药防治次数等都起到了较好的效果。其中, 性诱剂与糖醋液组合或不同苹果害虫性诱剂组合后对提升诱集效果都具有显著作用。如梨小食心虫性诱剂与糖醋液组合显示出显著的增效作用(刘文旭等, 2014); 在梨小食心虫性诱剂诱捕器中添加苹果蠹蛾性信息素成分后对梨小食心虫性诱剂诱虫效果具有显著的增效作用(苏俊平等, 2018)。

干扰交配(Mating disruption, 俗称“迷向法”)则是昆虫性信息素利用的另一途径。是指在田间设置性信息素散发器, 使空气中弥漫性信

息素气味, 导致雄虫丧失寻找雌虫的定向行为能力, 或是使雄虫的触角长时间接触高浓度的性信息素而处于麻痹状态, 失去对雌虫召唤的反应能力, 以至于雌雄交配几率大为降低, 从而使下一代虫口密度急剧下降, 达到防治的目的。通过大量的工作, 国内已成功研制出梨小食心虫、桃小食心虫、苹果蠹蛾、苹果小卷叶蛾等苹果害虫的迷向诱芯、胶条迷向剂、膏体迷向剂或透明塑管迷向剂等不同剂型迷向产品, 并开展了广泛的应用研究(李霞等, 2011; 李晓龙等, 2013; 陈汉杰等, 2015; 刘中芳等, 2016; 翟浩等, 2017; 涂洪涛等, 2018)。

4.3 生物防治技术

生物防治的研究主要集中在利用天敌和病原微生物防治苹果害虫。通过对陕西、山东、山西、河北等主要苹果产区天敌资源的大量调查研究工作, 明确了捕食金纹细蛾、食心虫、蚜虫、叶螨等害虫的天敌昆虫主要有寄生蜂、瓢虫、草蛉、小花蝽 *Orius minutus* Linnaeus、食蚜蝇、塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii* Priesner 等(刘玉玉等, 2009; 张纯等, 2012; 张瑞明等, 2012), 并进一步研究了赤眼蜂、塔六点蓟马等天敌昆虫的生物学和室内饲养技术(朱文雅等, 2015; 张金勇等, 2016)。在利用赤眼蜂防治苹果蠹蛾、梨小食心虫、苹果小卷叶蛾(李师昌等, 2005; 许建军等, 2014), 日光蜂 *Aphelinus mali* Hald 和苹果绵蚜蚜小蜂 *Aphelinus mali* (Haldeman) 控制苹果绵蚜(周洪旭等, 2010; 周仙红等, 2016), 塔六点蓟马、巴氏钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) 捕食叶螨(张金勇等, 2014; 尚素琴等, 2015)等方面开展了相关研究, 为苹果害虫的生物防治奠定了基础。

病原微生物及其代谢产物在桃小食心虫、苹果蠹蛾等害虫防治中也得到了广泛研究。为了获得能防治桃小食心虫的生防真菌, 进一步对不同地点和寄主的昆虫病原真菌进行了分离, 并通过室内毒力测定、生物学和抗逆性研究, 获得了具有高致病力的白僵菌菌株(熊琦等, 2012; 李丽莉等, 2013)。苹果蠹蛾颗粒体病毒分离、鉴定、

毒力测定和田间防效等方面也开展了相关研究和应用(甘恩宇等, 2011; 申建茹等, 2012; 吕婷婷等, 2013)。

4.4 化学防治技术

化学防治仍然是苹果害虫防控的主要技术手段,特别是在害虫防治的关键时期,化学防治起到其他措施无法取代的作用。

药剂选择上,害虫抗药性检测结果表明苹果害虫已对多种化学杀虫剂产生了抗药性。如:苹果黄蚜已对有机磷杀虫剂、拟除虫菊酯类杀虫剂、新烟碱类杀虫剂等先后产生了不同程度的抗药性(韩巨才等, 2002; 徐琴等, 2002; 彭波等, 2010; 封云涛等, 2012)。苹果绵蚜、二斑叶螨等害虫也对多种杀虫剂产生了不同程度的抗药性,如苹果绵蚜对吡虫啉(祝菁等, 2016),山楂叶螨对水胺硫磷、甲氰菊酯、三氯杀螨醇和毒死蜱(刘金香等, 2004),苹果全爪螨对阿维菌素、哒螨灵、三唑锡等药剂均产生了不同水平的抗药性(王洪涛等, 2012)。此外,还针对不同苹果害虫种类开展了防控药剂筛选、农药新剂型和混配药剂研究等内容,如研发 2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂用于防治桃小食心虫等(范仁俊等, 2010)。对害虫已产生高水平抗性的药剂及具有交互抗性的药剂,应暂停使用。同时,用药时应选择生物杀虫剂,并注意不同作用机制药剂的轮换使用,以延缓抗性的发展。

施药方式上,针对苹果黄蚜、苹果全爪螨等害虫的生物学习性,研究了不同施药方式下药剂的防治效果。结果显示,25%噻虫嗪水分散粒剂喷雾防治苹果黄蚜的效果优于灌根法(仇微等, 2013),而药剂防治苹果绵蚜则是灌根法优于喷雾法(玛依拉·吐拉甫等, 2009)。同时,研究了苹果园喷雾器在不同施药量、喷片孔径等条件下对苹果全爪螨、桃小食心虫等害虫的防效(庾琴等, 2016; 张鹏九等, 2016)。其中,柱塞泵式喷雾器在喷片孔径为 1 mm,单株用药量 3 L 时防治桃小食心虫效果最好。此外,农药施用中添加有机硅等助剂可降低药液的表面张力、提高其在苹果叶片上的附着力和扩展能力,对于提高

农药利用率和防治效果具有重要作用(刘中芳等, 2014; 庞晓燕等, 2015)。

4.5 绿色防控技术集成

在上述各项技术研究进展的基础上,各苹果产区分别组建了针对其主要害虫的综合防控技术体系,并在苹果生产中广泛推广与应用。如山西省农科院植保所在对桃小食心虫连续多年研究基础上,成功组建了桃小食心虫综合防控技术体系(刘中芳等, 2017c),并完成了《桃小食心虫综合防治技术规程》(赵飞等, 2015)等行业标准、地方标准的制修订工作。目前该技术体系已在山西、山东、河北、陕西、辽宁等省区进行了大面积的示范推广,取得了显著的经济、社会和生态效益。

5 国外苹果害虫的研究现状

欧美、澳大利亚、日本等国外发达国家在苹果产业发展过程中,高度重视苹果害虫防治基础理论和应用技术研究,特别是在有机苹果生产条件下的控害技术。我国研究人员则是在对苹果害虫发生规律的研究基础上,重点结合我国苹果产业特点因地制宜地构建并完善了适用各区域的苹果害虫绿色防控技术体系。但在苹果害虫综合治理基础理论、中长期预测预报等方面,特别是在有机苹果生产中的害虫防治技术方面,研究水平与国外相比还存在一定差距。

5.1 苹果害虫综合治理的基础理论

国外发达国家高度重视苹果害虫种群遗传分化、生理生化、分子生物学等基础理论研究。例如在二斑叶螨 *T. urticae* 抗药性研究方面,在测序获得其基因组数据的基础上,对细胞色素 P450 (Riga *et al.*, 2015) 羧酸酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶 (Pavlidis *et al.*, 2015) ABC 转运蛋白 (Dermauw *et al.*, 2013) 以及其他参与二斑叶螨解毒代谢的相关基因家族进行了鉴定和转录调控机制研究。这对于我们研究苹果全爪螨 *P. ulmi* 等苹果害虫的抗性机制具有重要的借鉴意义。

5.2 苹果害虫的中长期预测预报

在苹果害虫预测预报方面,国外广泛应用现代信息技术和计算机网络技术,并结合自动气象监测设备,建立了苹果蚜虫等不同害虫种群动态变化的模拟模型(Graf *et al.*, 2002; Morgan and Solomon, 2010),实现了苹果主要害虫的长期预报,并以技术咨询服务形式将有关信息通过互联网传递给用户,在苹果害虫的综合治理中起到了重要作用。我们国家则建立了果园常见害虫的中短期防治决策系统(刘书华等, 2000),为提高害虫治理水平奠定了基础。

5.3 苹果害虫的防治技术

欧美等发达国家是世界上有机苹果的主要消费市场,同时在研究有机苹果生产的害虫绿色防治方面也开展较早。其中,欧洲在生产有机苹果时,使用苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, BT)制剂防治卷叶蛾、尺蠖等鳞翅目害虫(Jaastad *et al.*, 2001)。美国则在有机苹果园中通过干扰交配、使用高岭土、喷施昆虫颗粒病毒和高效生物杀虫剂多杀菌素等措施用于苹果蠹蛾的综合防控(Delate and Friedrich, 2004; Delate *et al.*, 2010)。同时,高岭土、多杀菌素等也用于苹果象甲等害虫的防治(Pote *et al.*, 2016)。矿物油也被用于有机苹果生产中蚜虫等害虫的防治(Haseli *et al.*, 2000)。在以出口为主的新西兰等国家的有机苹果生产中,类似的害虫防治技术也被广泛使用。

6 我国苹果害虫治理的发展展望

苹果园是各类农业生态系统中较为稳定的生态系统,为各种害虫提供了良好的生境连续性,同时也给苹果害虫的防治工作增加了难度和挑战。影响苹果害虫发生与危害程度的因素有很多,除气候环境外,栽培和管理技术的变革、害虫生物适应性变异以及果园农药化肥的施用等都是重要的因素。因此,苹果害虫对苹果产业发展的潜在性威胁将是长期而复杂的。

近年来我国在苹果害虫的综合治理研究方面取得了一定进展,为当前苹果产业的可持续发展

提供了保障。随着高新技术,特别是信息技术和生物技术的迅速发展和在害虫综合防治中的广泛应用,必将推动苹果害虫研究进入一个新的阶段。基于害虫综合防治研究发展动态和我国苹果产业的科技需求,在今后苹果害虫的防控过程中,还应深化和重视以下方面。

6.1 苹果害虫的监测预警新技术

利用现代技术进行苹果害虫的预测预报将是苹果害虫测报工作的重要手段。其中,全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)等先进技术手段将广泛用于苹果害虫的实时监测和早期预警,苹果病虫害中长期预警水平将大大提高。同时,基于计算机现代网络技术,研究建立苹果害虫的远程图像获取、数据即时处理和信息发布等智能化识别和监测技术平台,提高苹果害虫监测预警的信息化水平。此外,网络的普及使苹果害虫发生动态的监测和预测将更加及时准确。

6.2 新的种植模式下苹果害虫演变规律与控制关键新技术

随着减密间伐、平接换优等乔化老果园的升级改造、新品种的不断引进,以及无袋化栽培和矮砧密植栽培等苹果种植模式的变化,研究苹果害虫种群演替和发生危害新特点,揭示不同栽植方式与苹果害虫发生程度的相关性,阐明种植制度变革对主要苹果害虫发生规律的影响,研发制定苹果害虫绿色综合防控关键新技术,对我国苹果产业的转型升级和提质增效具有重要作用。

6.3 苹果害虫的生态植保调控新技术

栽培修剪、合理负载、肥水管理等是苹果害虫防控的基础,也是实现苹果优质、高产、高效的重要因素。如高密度种植和负载量过大,导致果树树冠郁闭,使果园通风透光较差,进而引起苹果红蜘蛛、金纹细蛾等害虫发生危害加重(秦庆红, 2008; 孟山栋等, 2018)。因此,以果树栽培管理技术、肥水需求规律等为研究内容,探明果树间伐、修剪、以及大中微量营养元素的平衡施肥、水分调控等技术对苹果害虫生境条件的

影响,并在此基础上研究建立有利于果树生长,而不利于害虫发生的苹果园栽培管理、平衡施肥、节水灌溉等新技术及其配套产品,从而实现苹果害虫的生态植保新技术调控害虫的发生,进而降低苹果害虫的为害发生,将是苹果产业转型升级和绿色果品生产发展的技术需求。

6.4 苹果害虫的绿色防控新技术

随着人们生活水平的提高,食品安全问题日益受到人们重视,绿色、有机果品的需求量必将更大幅度上升。因此,如何调控苹果园生态系统,针对苹果害虫,优化协调利用生物防治、理化诱杀等各项替代技术及配套产品,研发高效低风险化学农药新产品和风送式喷雾机、植保无人机等现代施药器械及其应用技术,构建形成“以种群监测为前提、以农业防治为基础,以理化诱杀和生物防治为主导,以化学防治为保障”的苹果害虫绿色防控技术新体系,从而有效控制苹果害虫发生,确保苹果生产安全、果品质量安全和果园生态环境安全,保障苹果产业的可持续绿色发展。

6.5 苹果害虫区域化绿色治理技术新模式

我国西北黄土高原、环渤海等苹果种植区域内的气候特点、耕作栽培制度、主要害虫发生种类和防治水平等都存在明显差异。因此,如何将研究开发的不同苹果害虫绿色防控新技术和已有的技术措施进行优化组装配套,并经过一系列的田间试验示范进行筛选优化和技术改进,构建形成更为安全、简便、经济、有效的苹果害虫区域化治理技术新模式,这对于提高苹果害虫的治理水平具有重要意义。例如,对山西、山东、陕西、甘肃等地的果树食心虫防控技术模式的研究表明,陕西、山西、甘肃等半干旱果区是“以性诱剂监测种群动态为前提,以地膜覆盖、树干诱集为基础,以性信息素迷向和理化诱杀为核心,以农药减施增效控害技术为保障”的绿色防控技术模式;山东、河北、辽宁、山西引黄灌溉区等半湿润果区则是“以性诱剂监测种群动态为前提,以清园和果实套袋等农业物理防治技术为基

础,以性信息素迷向、理化诱杀和白僵菌等生物防治技术为核心,以农药减施增效控害技术为保障”的绿色防控技术模式,两种不同的技术模式都显著提升了当地果树食心虫的绿色防控技术水平和能力。

参考文献 (References)

- Cao CL, Li X, Wu SR, Tian T, Guo CN, 2014. The population dynamics and spatial distribution of *Lithocolletis ringoniella* in apple orchards. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 23(2): 169–175. [曹春玲, 李鑫, 吴素蓉, 田甜, 郭长宁, 2014. 苹果园金纹细蛾种群动态及空间分布. 西北农业学报, 23(2): 169–175.]
- Chang JP, Wang CG, Zhang JY, Qiao CF, Li ZQ, 2005. Control indicators and forecasting methods of the larvae of *Lithocolletis ringoniella* Mats in apple orchard. *China Fruits*, (2): 37–38. [常聚普, 王长根, 张金勇, 乔趁峰, 李志清, 2005. 苹果园金纹细蛾幼虫防治指标及测报方法. 中国果树, (2): 37–38.]
- Chen C, An KJ, Yang MX, Guo XX, 2016. Dynamics of *Lithocolletis ringoniella* adults in orchards in Shaanxi. *Acta Phytophylacica Sinica*, 43(2): 351–352. [陈川, 安克江, 杨美霞, 郭小侠, 2016. 陕西地区苹果金纹细蛾成虫消长规律的观察. 植物保护学报, 43(2): 351–352.]
- Chen C, Tang ZH, Shi XH, Hui W, Guo XX, 2002. The ecological niche of main pests and natural enemies in grassing apple orchard. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 11(3): 78–82. [陈川, 唐周怀, 石晓红, 惠伟, 郭晓霞, 2002. 生草苹果园主要害虫和天敌的生态位研究. 西北农业学报, 11(3): 78–82.]
- Chen H, Fang C, Xu XL, Wu JX, 2014a. Impact of short-term high temperature on adult survival and fitness of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(6): 696–702.
- Chen H, Xu XL, Li YP, Wu JX, 2014b. Characterization of heat shock protein 90, 70 and their transcriptional expression patterns on high temperature in adult of *Grapholita molesta* (Busck). *Insect Science*, 21(4): 439–448.
- Chen HJ, Cao CJ, Lei YS, Tang J, Pu ZX, Zhang JY, Tu HT, Li XL, 2015. Comparison of control efficiency of mating disruption by using different sex pheromone dispensers against codling moth (*Cydia pomonella*). *Journal of Biosafety*, 24(4): 315–319. [陈汉杰, 曹川建, 雷银山, 唐杰, 蒲振兴, 张金勇, 涂洪涛, 李晓龙, 2015. 不同剂型迷向剂处理对苹果蠹蛾控制效果比较. 生物安全学报, 24(4): 315–319.]
- Chen YG, Wang ZL, 2006. Earwig, a new pest harming bagged

- apples. *Northwest Horticulture: Fruit Tree Special Issue*, (3): 25.
- [谯有光, 王志龙, 2006. 危害套袋苹果的新害虫——蠹蛾. 西北园艺: 果树专刊, (3): 25.]
- Delate K, Friedrich H, 2004. Organic apple and grape performance in the Midwestern U.S. *Acta Horticulturae*, (638): 309–320.
- Delate K, Mckern A, Turnbull R, Walker J, Volz R, White A, Bus V, Rogers D, Cole L, How N, Guernsey S, Johnston J, 2010. Latest trends in insect and disease management in organic apple systems in the Midwestern USA and New Zealand. *Acta Horticulturae*, (873): 243–252.
- Dermauw W, Osborne E, Clark R, Grbi M, Tirry L, Thomas V, 2013. A burst of ABC genes in the genome of the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. *BMC Genomics*, 14(1): 317.
- Du J, Li GW, Xu XL, Wu JX, 2015. Development and fecundity performance of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) reared on shoots and fruits of peach and pear in different seasons. *Environmental Entomology*, 44(6): 1522–1530.
- Du J, Liu YF, Tan SQ, Wu JX, 2013. Control index based on number of adults of *Grapholita molesta* captured by sex pheromone traps. *Acta Phytophylacica Sinica*, 40(2): 140–144. [杜娟, 刘彦飞, 谭树乾, 仵均祥, 2013. 基于性诱剂监测的梨小食心虫防治指标. 植物保护学报, 40(2): 140–144.]
- Du L, Zhu HY, Lu TW, Jiang HX, Zhang RZ, 2012. Crawling behavior of *Cydia pomonella* larvae. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 54–60. [杜磊, 朱虹昱, 鲁天文, 姜红霞, 张润志, 2012. 苹果蠹蛾幼虫爬行特性. 应用昆虫学报, 49(1): 54–60.]
- Du ZH, 2006. Control technologies for overwintering pests on apple tree trunks by using insect-attracting belts. *Northwest Horticulture*, (4): 34–35. [杜志辉, 2006. 利用诱虫带防治苹果树干越冬害虫技术. 西北园艺, (4): 34–35.]
- Fan BY, Wang XQ, Liu WW, Lin WZ, Jia N, 2011. Studies on the economic thresholds of *Carposina sasakii*. *Plant Protection*, 37(4): 91–94. [范保银, 王小奇, 刘薇薇, 林文忠, 贾楠, 2011. 桃小食心虫经济阈值的研究. 植物保护, 37(4): 91–94.]
- Fan JB, Wu ZW, Shang SQ, Aikeranmu·Mijiti, Zhang YL, Wang D, 2015. Optimization of semi-artificial diet and temperature for rearing the codling moth *Cydia pomonella* (L.). *Acta Phytophylacica Sinica*, 42(1): 45–50. [樊江斌, 吴正伟, 尚素琴, 艾克然木·米吉提, 张雅林, 王敦, 2015. 苹果蠹蛾半人工饲料与饲养温度的优化. 植物保护学报, 42(1): 45–50.]
- Fan RJ, Liu WC, Feng XD, Wu JX, Li JC, Li LL, Yu Q, Yang XL, Yang WH, Wen YD, Qin YX, 2011. NY/T 2039-2011 Rules for Investigation and Forecast Technology of the Pear Fruit Moth (*Grapholitha molesta* Busck). Beijing: China Agriculture Press. 1–2. [范仁俊, 刘万才, 冯晓东, 仵均祥, 李建成, 李丽莉, 庾琴, 杨秀丽, 杨万海, 文耀东, 秦引雪, 2011. NY/T 2039-2011 梨小食心虫测报技术规范. 北京: 中国农业出版社. 1–2.]
- Fan RJ, Zhang RX, Gao Y, Yu Q, Guo GM, 2010. Control effect of cypermethrin ME on *Carposina sasakii*. *China Plant Protection*, 30(4): 35–36, 47. [范仁俊, 张润祥, 高越, 庾琴, 郭贵明, 2010. 高效氯氰菊酯 ME 对苹果桃小食心虫防治效果研究. 中国植保导刊, 30(4): 35–36, 47.]
- Feng YT, Yu Q, Wang Z, Liu ZF, Xie YP, Fan RJ, 2012. Susceptibility of *Aphis citricola* von der Goot to seven insecticides in Yuncheng Shanxi. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 40(11): 1214–1216. [封云涛, 庾琴, 王振, 刘中芳, 谢映平, 范仁俊, 2012. 山西运城地区苹果黄蚜对 7 种杀虫剂的敏感性. 山西农业科学, 40(11): 1214–1216.]
- Gan EY, Li XF, Yu H, Wu ZW, Xu L, Zhang YL, Wang D, 2011. Virulence determination for three native *Cydia pomonella* granulovirus strains and their control effect in field. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 39(10): 119–122. [甘恩宇, 李晓峰, 于欢, 吴正伟, 徐利, 张雅林, 王敦, 2011. 3 株苹果蠹蛾颗粒体病毒本土株的毒力测定与田间防效. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 39(10): 119–122.]
- Graf B, Hopli HU, Hohn H, Blaise PH, 2002. Sopra: a forecasting tool for insect pests in apple orchards. *Acta Horticulturae*, (584): 207–214.
- Guo LN, Zhang N, Xie XC, 2015. Influence of rearing density on longevity and fecundity of adult *Grapholita molesta* (Busck). *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 43(7): 109–114. [郭丽娜, 张南, 解幸承, 2015. 成虫饲养密度对梨小食心虫寿命及生殖力的影响. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 43(7): 109–114.]
- Guo XR, Gong ZJ, Zhao T, Zheng XJ, 2004. The outbreak dynamic of adult of oriental fruit moth and codling moth monitored by male pheromone. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 33(1): 31–32. [郭线茹, 巩中军, 赵特, 郑晓军, 2004. 利用雌性信息素监测梨小食心虫和苹小卷叶蛾成虫发生动态. 河南农业科学, 33(1): 31–32.]
- Han JC, Xu Q, Liu HP, Liu YJ, 2002. Resistance monitoring of *Aphis pomi* (DeGeer) to organophosphorus insecticides. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2(3): 220–222. [韩巨才, 徐琴, 刘慧平, 刘毅建, 2002. 苹果黄蚜对常用有机磷杀虫剂的抗性监测. 山西农业大学学报(自然科学版), 22(3): 220–222.]

- Hao BF, Xu CX, He LM, Jiao R, Yu LC, 2011. Study on occurrence of oriental fruit moth in eastern Hebei. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(3): 30–32. [郝宝锋, 许长新, 贺丽敏, 焦蕊, 于丽辰, 2011. 冀东地区梨小食心虫发生规律研究. 河北农业科学, 15(3): 30–32.]
- Haseli A, Wyss E, Weibel F, Zingg D, Boos M, 2000. Control of the aphid (*Eriosoma lanigerum*) in organic apple cultivation. Experience from three years of experiments using direct and indirect measures. 9 Internationaler Erfahrungsaustausch Über Forschungsergebnisse Zum Ökologischen Obstbau: BeitrAge Zur Tagung Vom 01 Bis 0202-an Der Lvwo Weinsberg. 45–52.
- Hern A, Dom S, 2004. A female specific attractant for the codling moth, *Cydia pomonella*, from apple fruit volatiles. *Naturwissenschaften*, 91(2): 77–80.
- Hong B, Wang YL, Zhao HY, 2012. Suitable distribution area of *Eriosoma lanigerum*(Hausmann) in China and related affecting factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 23(4): 1123–1127. [洪波, 王应伦, 赵惠燕, 2012. 苹果绵蚜在中国适生区预测及发生影响因子. 应用生态学报, 23(4): 1123–1127.]
- Jaastad G, Roen D, Nornes L, 2001. Field evaluation of *Bacillus thuringiensis* against lepidopterans in Norwegian apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 100(3): 347–353.
- Kong J, Wang HY, Zhao BG, Ren YD, Liu YX, Chen HJ, Shan LN, Wang AC, 1999. Study on ecological regulation system of the pest control in apple orchard. *Acta Ecologica Sinica*, 21(5): 789–794. [孔建, 王海燕, 赵白鸽, 任应党, 刘玉霞, 陈汉杰, 单林娜, 王安超, 1999. 苹果园主要害虫生态调控体系的研究. 生态学报, 21(5): 789–794.]
- Landolt PJ, Brumley JA, Smithhisler CL, Biddick LL, Hofstetter RW, 2000. Apple fruit infested with codling moth are more attractive to neonate codling moth larvae and possess increased amounts of (E, E)-a-farnesene. *Jouanal of Chemical Ecology*, 26(7): 1685–1699.
- Lei X, Li D, Li Z, Zalom FG, Gao L, Shen Z, 2012. Effect of host plants on developmental time and life table parameters of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae) under laboratory conditions. *Environmental Entomology*, 41(2): 349–354.
- Li DX, Lei XH, Xu YC, Li Z, Gao LW, 2014. Effects of brief exposure to high temperature on the growth, development and reproduction of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(2): 218–225. [李定旭, 雷喜红, 徐艳彩, 李政, 高灵旺, 2014. 短时高温对桃小食心虫生长发育与繁殖的影响. 昆虫学报, 57(2): 218–225.]
- Li DX, Wang HW, Wang JY, Kang ZK, Dong JF, Shen ZR, 2016. Life tables of the laboratory population of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 53(7): 773–779. [李定旭, 王红伟, 王佳阳, 康熙奎, 董钧锋, 沈佐锐, 2016. 桃小食心虫在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫学报, 53(7): 773–779.]
- Li GW, Du J, Li YP, Wu JX, 2015. Identification of putative olfactory genes from the oriental fruit moth *Grapholita molesta* via an antennal transcriptome analysis. *PLoS ONE*, 10(11): e0142193.
- Li LL, Zhang SC, Zhang AS, Zhou XH, Men XY, Zhuang QY, Yu Y, 2013. Biological characteristics of *Beauveria bassiana* and its virulence to overwintering larvae of *Carposina niponensis* Walsingham. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 318–323. [李丽莉, 张思聪, 张安盛, 周仙红, 门兴元, 庄乾营, 于毅, 2013. 球孢白僵菌筛选及其对桃小食心虫越冬幼虫致病力研究. 中国生物防治学报, 29(2): 318–323.]
- Li SC, Sun XM, Yang YB, Liu XF, Liu SY, Wang AX, 2005. Effects of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura against *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm. *China Fruits*, (4): 30–31. [李师昌, 孙学明, 杨兴波, 刘晓芬, 刘胜元, 王爱兴, 2005. 松毛虫赤眼蜂防治苹果小卷叶蛾试验. 中国果树, (4): 30–31.]
- Li T, Cai B, Song W, Xu W, Zhao Q, Long QH, Bo WJ, Liu FX, Han YC, Li WD, Lin MG, 2013. Morphological and molecular identification of larvae of *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae). *Plant Quarantine*, 27(4): 58–61. [李腾, 蔡波, 宋文, 徐卫, 赵清, 龙琼华, 卜文俊, 刘福秀, 韩玉春, 李伟东, 林明光, 2013. 苹果蠹蛾幼虫的形态与分子鉴定. 植物检疫, 27(4): 58–61.]
- Li X, Li XW, Zhao ZG, Li J, Ma RY, Nie LY, 2011. Approach to improvement of using the sex pheromone lure of *Carposina niponensis* (Lepidoptera: Carposinidae). *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 31(3): 213–216. [李霞, 李先伟, 赵志国, 李捷, 马瑞燕, 聂磊云, 2011. 桃小食心虫性诱芯合理有效使用方法的研究. 山西农业大学学报:自然科学版, 31(3): 213–216.]
- Li XL, Xia GN, He JC, Jia YH, Chen HJ, Li F, Xu ZH, Liu XL, Wang CL, 2013. Control effects of a dual sex pheromone cream on the oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. *Plant Protection*, 39(6): 147–152. [李晓龙, 夏国宁, 何建川, 贾永华, 陈汉杰, 李锋, 许泽华, 刘晓丽, 王春良, 2013. 复合式膏体迷向剂对梨小、桃小食心虫的防控效果. 植物保护, 39(6): 147–152.]
- Li YX, Li DL, 2009. Application effect of insect-attracting belts in apple orchards. *Northern Fruits*, (4): 53–54. [李永霞, 李调莲, 2009. 诱虫带在果园的使用效果. 北方果树, (4): 53–54.]
- Liang LN, Zhang W, Ma GM, Hoffmann AA, Ma CS, 2014. A single hot event stimulates adult performance but reduces egg survival

- in the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta*. *PLoS ONE*, 9(12): e116339.
- Lin XP, Wang CP, Li X, Liu Y, Meng F, Xu L, Zhang JL, Lin P, Wang Y, 2010. Establishment and die-out of hawthorn spider mite experimental population in single apple leaf. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 38(11): 193–200. [林晓丽, 汪成平, 李鑫, 柳颖, 孟芳, 许玲, 张京理, 林萍, 王勇, 2010. 苹果单叶片山楂叶螨实验种群的建立与消亡. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 38(11): 193–200.]
- Liu CZ, Wang G, Wang WX, Zhou SR, 2002. Spatial pattern of *Tetranychus urticae* population in apple tree garden. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13(8): 993–996. [刘长仲, 王刚, 王万雄, 周淑荣, 2002. 苹果园二斑叶螨种群的空间格局. 应用生态学报, 13(8): 993–996.]
- Liu JL, Li QY, Xue XL, Zhang JT, Ma RY, 2015. Synthesis and field activity of sex pheromone components of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 31(2): 268–272. [刘金龙, 李庆燕, 薛小连, 张金桐, 马瑞燕, 2015. 梨小食心虫性信息素主要成分的化学合成与田间活性试验. 中国生物防治学报, 31(2): 268–272.]
- Liu JX, Hu MY, Han JC, Liu HP, Zhong GH, 2004. Resistance of *Tetranychus viennensis* Zacher to acaricides and synergistic effect of pesticide combinations. *Acta Phytophylacica Sinica*, 31(2): 199–204. [刘金香, 胡美英, 韩巨才, 刘慧平, 钟国华, 2004. 山楂叶螨抗药性及混配增效作用. 植物保护学报, 31(2): 199–204.]
- Liu SH, Wang AR, Kuang PS, Cao KQ, 2000. Orchard-oriented decision support system for pest control on apple and pear. *Journal of Plant Protection*, 27(4): 302–306. [刘书华, 王爱茹, 邝朴生, 曹克强, 2000. 面向果园的苹果、梨病虫害防治决策支持系统. 植物保护学报, 27(4): 302–306.]
- Liu WX, Ran HF, Lu ZY, Liu XX, Li JC, Zhang QW, Sheng CF, 2014. Trapping effect of sex attractant and sugar-vinegar liquid on *Grapholitha molesta* in peach orchards. *China Plant Protection*, 34(10): 43–47. [刘文旭, 冉红凡, 路子云, 刘小侠, 李建成, 张青文, 盛承发, 2014. 性诱剂与糖醋液组合对桃园梨小食心虫的诱捕效果研究. 中国植保导刊, 34(10): 43–47.]
- Liu YF, Yu HL, Wu JX, 2013. Phototaxis of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to LED lights and related affecting factors. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(3): 735–741. [刘彦飞, 于海利, 仵均祥, 2013. 梨小食心虫对 LED 光的趋性及影响因素的研究. 应用昆虫学报, 50(3): 735–741.]
- Liu YY, Luo JC, Zhou ZX, Wei YH, 2012. Life tables of the experimental population of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) at different temperatures. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(3): 205–210. [刘月英, 罗进仓, 周昭旭, 魏玉红, 2012. 不同温度下苹果蠹蛾实验种群生命表. 植物保护学报, 39(3): 205–210.]
- Liu YY, Zhao WW, Ma L, Li X, Lv YL, Xu HZ, 2009. Preliminary study on species and spatial distribution of parasitic wasps of *Lithocolletis ringoniellain* in apple orchard. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 18(5): 93–97. [刘玉玉, 赵微微, 马丽, 李鑫, 吕永磊, 徐浩智, 2009. 苹果园金纹细蛾寄生蜂种类及空间分布调查. 西北农业学报, 18(5): 93–97.]
- Liu ZF, Li X, Shi GC, Gao Y, Zhang PJ, Yang J, Fan JB, Fan RJ, 2017a. The occurrence dynamics and chemical control measures of two scale insect species occurred in orchards in the south of Shanxi province. *Journal of Fruit Science*, 34(9): 1185–1191. [刘中芳, 李霞, 史高川, 高越, 张鹏九, 杨静, 樊建斌, 范仁俊, 2017a. 晋南果园 2 种介壳虫发生规律与药剂防治研究. 果树学报, 34(9): 1185–1191.]
- Liu ZF, Gao Y, Shi GC, Zhang PJ, Fan JB, Yang J, Lu JJ, Fan RJ, 2017b. Oviposition preference of *Grapholitha molesta* (Busck) to different kinds of substrates. *Plant Protection*, 43(5): 124–127. [刘中芳, 高越, 史高川, 张鹏九, 樊建斌, 杨静, 陆俊娇, 范仁俊, 2017b. 梨小食心虫对不同基质的产卵选择性. 植物保护, 43(5): 124–127.]
- Liu ZF, Gao Y, Shi GC, Fan JB, Yang J, Zhang PJ, Fan RJ, 2017c. The comprehensive control technologies of *Carposina sasakii*. *Agricultural Knowledge: Fruits and Vegetables*, (4): 16–18. [刘中芳, 高越, 史高川, 樊建斌, 杨静, 张鹏九, 范仁俊, 2017c. 桃小食心虫综合防控技术. 农业知识: 瓜果菜, (4): 16–18.]
- Liu ZF, Wang Z, Yu Q, Feng YT, Gao Y, Zhang RX, Fan RJ, 2014. Synergism of organosilicone to chlorantraniliprole against the egg of oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Fruit Science*, 31(1): 96–100. [刘中芳, 王振, 庾琴, 封云涛, 高越, 张润祥, 范仁俊, 2014. 氯虫苯甲酰胺添加有机硅对梨小食心虫卵的增效作用. 果树学报, 31(1): 96–100.]
- Liu ZF, Yu Q, Gao Y, Shi GC, Wang BX, Fan RJ, 2016. Mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in pear orchard. *Chinese Journal of Biological Control*, 32(2): 155–160. [刘中芳, 庾琴, 高越, 史高川, 王冰霞, 范仁俊, 2016. 梨园梨小食心虫性信息素迷向防治技术. 中国生物防治学报, 32(2): 155–160.]
- Liu ZF, Zhang PJ, Gao Y, Fan JB, Yang J, Zhou SR, Shi GC, Fan RJ, 2018. Trapping effects and application technology of different insect-attracting belts for the overwintering pests on apple tree

- trunks. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(4): 509–513. [刘中芳, 张鹏九, 高越, 樊建斌, 杨静, 周世荣, 史高川, 范仁俊, 2018. 不同诱虫带对苹果树干越冬害虫的诱集效果和应用技术. *中国生物防治学报*, 34(4): 509–513.]
- Lv TT, Xu BQ, Abudukeyoumu Kader, Wang D, 2013. The enhancement on *Cydia pomonella* Granulovirus virulence by prokaryotic expressed BtCry1Ab. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(3): 469–472. [吕婷婷, 徐兵强, 阿不都克尤木·卡德尔, 王敦, 2013. BtCry1Ab 原核表达产物与苹果蠹蛾颗粒体病毒协同增效初探. *中国生物防治学报*, 29(3): 469–472.]
- Mayila-Tulafu, Yu JN, Chen WM, Aisaiti-Aibibula, He XJ, Xiong ML, 2009. Control effect of different insecticides with spraying crown and watering roots on woolly apple aphid in Ili. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 46(6): 1270–1273. [玛依拉·吐拉甫, 于江南, 陈卫民, 艾赛提·艾比布拉, 何小菊, 熊梅乐, 2009. 伊犁河谷几种药剂喷雾、灌根防治苹果绵蚜效果. *新疆农业科学*, 46(6): 1270–1273.]
- Meng SD, Li X, Gan JM, 2018. The occurrence and control situation and standardized management of *Lithocolletis ringoniella* in apple orchards in the Loess Plateau of China. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 47(1): 67–72. [孟山栋, 李鑫, 甘家铭, 2018. 黄土高原苹果金纹细蛾发生、防治现状及标准化管理. *河南农业科学*, 47(1): 67–72.]
- Morgan D, Solomon MG, 2010. Pest-man: a forecasting system for apple and pear pests. *Eppo. Bulletin*, 23(4): 601–605.
- Mou SM, Liu ZD, Kong FH, Gao XW, Shi AJ, Qiu YQ, 2002. Studies on apple yield loss rate and economic threshold caused by *Aphis citricola*. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 33(1): 87–88. [牟少敏, 刘忠德, 孔繁华, 高兴文, 时爱菊, 邱玉芹, 2002. 苹果黄蚜危害苹果经济损失和经济阈值的研究. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 33(1): 87–88.]
- Niu YH, Hua L, Xiang JY, 2006. Establishment and analysis of life table for experimental population of *Tetranychus urticae* Koch on apple plant. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 34(3): 108–110. [牛永浩, 花蕾, 相建业, 2006. 二斑叶螨实验种群生命表的组建与分析. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 34(3): 108–110.]
- Pang XY, Ma DY, Duan YL, Cai C, 2015. Effects of three botanical insecticides on *Aphis citricola* and the synergy evaluation of TMSO. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 38(4): 311–315. [庞晓燕, 马德英, 段玉林, 蔡超, 2015. 3 种植物源农药对苹果绣线菊蚜的药效及四硅氧烷增效作用评价. *新疆农业大学学报*, 38(4): 311–315.]
- Pavlidis N, Tseliou V, Riga M, Nauen R, Van Leeuwen T, Labrou NE, Vontas J, 2015. Functional characterization of glutathione S-transferases associated with insecticide resistance in *Tetranychus urticae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121: 53–60.
- Peng B, Si SD, Luan BH, Wang KW, Wang YZ, 2010. Monitoring the resistance of *Aphis citricola* in Shandong province. *China Fruits*, (5): 48–54. [彭波, 司树鼎, 栾炳辉, 王可伟, 王英姿, 2010. 山东省主要苹果产区苹果黄蚜抗药性水平监测. *中国果树*, (5): 48–54.]
- Pote JM, Nielsen AL, Gut L, Grieshop MJ, 2016. Organic management of apple flea weevil, a reemergent pest of commercial apples. *Organic Agriculture*, 6(3): 203–213.
- Qin QH, 2008. Causes and control measures of apple red mite. *Shanxi Fruits*, (1): 32–34. [秦庆红, 2008. 苹果红蜘蛛暴发的原因及防治对策. *山西果树*, (1): 32–34.]
- Qin XH, Ma DC, Zhang Y, Li GH, Wang P, 2006. Damage of coding moth in Northwest China. *Plant Quarantine*, 20(2): 95–96. [秦晓辉, 马德成, 张煜, 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.]
- Qiu W, Wang YN, Du XL, Guo JY, Cao KQ, 2013. Evaluation of the efficacy of thiamethoxazine on *Aphis citricola* at three different application methods. *China Fruits*, (2): 41–43. [仇微, 王亚南, 杜晓蕾, 郭江洋, 曹克强, 2013. 噻虫嗪 2 种施药方式对苹果黄蚜的药效评价. *中国果树*, (2): 41–43.]
- Ran HF, Lu ZY, Liu WX, Qu ZG, Li JC, 2013. The sex ratio, circadian emergence rhythm and activity patterns of adult oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1524–1531. [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 屈振刚, 李建成, 2013. 梨小食心虫成虫性比、日羽化节律及活动规律. *应用昆虫学报*, 50(6): 1524–1531.]
- Riga M, Myridakis A, Tsakireli D, Morou E, Stephanou E, Nauen R, Thomas V, Douris V, Vontas J, 2015. Functional characterization of the *Tetranychus urticae* CYP392A11, a cytochrome P450 that hydroxylates the METI acaricides cyenopyrafen and fenpyroximate. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 65: 91–99.
- Shang SQ, Zheng KF, Zhang XH, 2015. The functional response of *Amblyseius barkeri* to *Tetranychus urticae*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 42(3): 316–320. [尚素琴, 郑开福, 张新虎, 2015. 巴氏钝绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应. *植物保护学报*, 42(3): 316–320.]
- Shen JR, Li MF, Chen NZ, Wang JJ, Wan FH, 2011. Cloning and analysis of the expression characteristics under heat stress of Hsp90 gene in the codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(11): 1236–1248. [申

- 建茹, 李明福, 陈乃中, 王进军, 万方浩, 2011. 苹果蠹蛾热激蛋白 Hsp90 基因的克隆及热胁迫下的表达分析. 昆虫学报, 54(11): 1236–1248.]
- Shen JR, Liu WX, Wan FH, Zhang SQ, 2012. Characterization of the *Cydia pomonella* granulovirus CpGV-CJO1 from northwest China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 96–103. [申建茹, 刘万学, 万方浩, 张芬琴, 2012. 苹果蠹蛾颗粒体病毒 CpGV-CJO1 的分离和鉴定. 应用昆虫学报, 49(1): 96–103.]
- Song YQ, Xie XC, Dong JF, Wu JX, 2014. cDNA cloning, expression profiling and binding properties of odorant-binding protein GmolOBP3 in the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(3): 274–285. [宋月芹, 解幸承, 董钧锋, 仵均祥, 2014. 梨小食心虫气味结合蛋白 GmolOBP3 的 cDNA 克隆、表达谱及结合特性分析. 昆虫学报, 57(3): 274–285.]
- Su JP, Yu HL, Ding Q, Liu XX, Xu HL, 2018. Effect of sex attractant of *Cydia pomonella* on *Grapholita molesta*. *Practical Forestry Technology*, (7): 40–42. [苏俊平, 于海利, 丁倩, 刘小侠, 徐环李, 2018. 苹果蠹蛾性诱剂对梨小食心虫性诱剂诱集效果的影响. 林业科技通讯, (7): 40–42.]
- Tan T, Gong SX, Zhao XQ, Li XY, Shi AX, Li XD, Zhao GH, Zhang L, Chen AD, 2008. Population dynamic of *Eriosoma lanigerum* and its damage to apple trees. *Journal of Yunnan University (Natural Sciences)*, (S1): 94–99. [谭挺, 龚声信, 赵雪晴, 李向永, 石安宪, 李迅东, 赵高慧, 张龙, 谌爱东, 2008. 苹果绵蚜的发生规律及其防治指标. 云南大学学报: 自然科学版, (S1): 94–99.]
- Tian YW, Chen Y, Wang XQ, Li QJ, 2014. Feature vectors determination for pest detection on apple based on hyperspectral imaging. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30(12): 132–139. [田有文, 程怡, 王小奇, 栗庆吉, 2014. 基于高光谱成像的苹果虫害检测特征向量的选取. 农业工程学报, 30(12): 132–139.]
- Tu HT, Zhang JY, Zhang M, Chen HJ, 2018. Comparison of different dosages of sex pheromone for disrupting the mating of *Adoxophyes orana*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(3): 489–496. [涂洪涛, 张金勇, 张蒙, 陈汉杰, 2018. 不同剂量信息素缓释迷向剂防治苹小卷叶蛾的比较. 应用昆虫学报, 55(3): 489–496.]
- Wang C, Gao LW, Bi YG, Shen ZR, Wang ZG, 2013. Construction and application of web-based forecasting model system for fruit carnivorous insect. *China Plant Protection*, 33(5): 41–46. [汪辰, 高灵旺, 毕拥国, 沈佐锐, 王志刚, 2013. 基于 Web 的果树食心虫预测模型库系统的构建与应用. 中国植保导刊, 33(5): 41–46.]
- Wang CX, Zhang XP, Yue CY, 2014. Comparison of trapping efficiency of different sex pheromone lure for codling moth (*Cydia pomonella*). *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 42(27): 9341–9341. [王成祥, 张新平, 岳朝阳, 2014. 不同性信息素诱芯对苹果蠹蛾的诱捕效果比较. 安徽农业科学, 42(27): 9341–9341.]
- Wang HT, Wang PS, Si SD, Luan BH, Wang YZ, 2012. Resistance monitoring of different *Panonychus ulmi* populations to four acaricides in Shandong province. *Journal of Fruit Science*, 29(6): 1083–1087. [王洪涛, 王培松, 司树鼎, 栾炳辉, 王英姿, 2012. 山东地区不同苹果全爪螨种群对 4 种杀螨剂的抗性检测. 果树学报, 29(6): 1083–1087.]
- Wang P, Yu Y, Men XY, Zhang SC, Zhang AS, Xu YY, Li LL, 2011. Dynamics of cold-resistance substances in overwintering cocooned and non-cocooned larvae of the peach fruit moth, *Carposina niponensis* Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(3): 279–285. [王鹏, 于毅, 门兴元, 张思聪, 张安盛, 许永玉, 李丽莉, 2011. 越冬过程中桃小食心虫结茧和裸露幼虫体内耐寒性物质动态变化. 昆虫学报, 54(3): 279–285.]
- Wang P, Yu Y, Xu YY, Li LL, Zhang AS, Men XY, Zhang SC, Zhou XH, 2014. Effects of different host plants on the cold-resistant substances in overwintering larvae of *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(5): 1513–1517. [王鹏, 于毅, 许永玉, 李丽莉, 张安盛, 门兴元, 张思聪, 周仙红, 2014. 寄主植物对桃小食心虫越冬幼虫耐寒性物质的影响. 应用生态学报, 25(5): 1513–1517.]
- Wang PY, Qi LM, Sun XG, Sun LG, Qu RY, 2009. Selectivity of branches from the various apple varieties by *Eriosoma lanigerum* with volatiles from the branches. *Scientia Silvae Sinicae*, 45(8): 91–95. [王平彦, 亓玲美, 孙绪良, 孙垒光, 曲若轶, 2009. 苹果绵蚜对不同苹果品种枝条的选择及与挥发物的关系. 林业科学, 45(8): 91–95.]
- Wang X, Zhao F, Li J, He RP, 2012. Technique of the *Carposina sasakii* breeding with *Zizyphus jujuba* fruit. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 40(10): 1088–1090. [王旭, 赵飞, 李捷, 贺润平, 2012. 利用枣果饲养桃蛀果蛾技术. 山西农业科学, 40(10): 1088–1090.]
- Wang YG, Li X, Feng WT, 2012. The population spatial distribution of *Tetranychus viennensis* in apple orchards from September to November. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 21(11): 197–202. [王亚国, 李鑫, 冯文涛, 2012. 苹果园山楂叶螨 9–11 月种群空间分布. 西北农业学报, 21(11): 197–202.]
- Wang YH, Xi DF, Du JM, Fan DS, 2018. Effects of sex pheromone on the reduction of pesticide using for the control of *Lithocolletis*

- ringoniella Mats. *China Plant Protection*, 38(4): 44–47. [王亚红, 奚道峰, 杜君梅, 范东晟, 2018. 苹果金纹细蛾性信息素控害减药应用研究. *中国植保导刊*, 38(4): 44–47.]
- Wang YR, Li YP, Cheng WN, Wu JX, Gan LL, 2011. The improvement of rearing techniques on *Grapholita molesta* (Busck) in laboratory. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 20(11): 197–201. [王艳蓉, 李怡萍, 成卫宁, 仵均祥, 甘赖莉, 2011. 梨小食心虫室内饲养技术的改进. *西北农业学报*, 20(11): 197–201.]
- Wang YY, Ji XH, Wu YS, Mao ZQ, Jiang YM, Peng FT, Wang ZQ, Chen XS, 2015. Research progress of cover crop in Chinese orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 26(6): 1892–1900. [王艳廷, 冀晓昊, 吴玉森, 毛志泉, 姜远茂, 彭福田, 王志强, 陈学森, 2015. 我国果园生草的研究进展. *应用生态学报*, 26(6): 1892–1900.]
- Wei SJ, Cao LJ, Gong YJ, Shi BC, Wang S, Zhang F, Guo XJ, Wang YM, Chen XX, 2015. Population genetic structure and approximate Bayesian computation analyses reveal the southern origin and northward dispersal of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in its native range. *Molecular Ecology*, 24(16): 4094–4111.
- Wei YH, Luo JC, Liu YY, Zhou ZX, Zhang DW, 2014. Circadian rhythm of adult eclosion, oviposition and hatching in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Plant Protection*, 40(3): 143–146. [魏玉红, 罗进仓, 刘月英, 周昭旭, 张大为, 2014. 苹果蠹蛾羽化产卵及卵孵化的昼夜节律. *植物保护*, 40(3): 143–146.]
- Xiong Q, Zhu YM, Cao TW, Li J, Xue JL, Xie YP, Wang QL, Du XD, 2012. Biological characteristics of the entomopathogenic fungus of *Carposina sasakii*, *Beauveria bassiana* strain TST05. *Plant Protection*, 38(2): 87–91. [熊琦, 朱永敏, 曹天文, 李捷, 薛皎亮, 谢映平, 王全亮, 杜仙当, 2012. 桃小食心虫病原菌—球孢白僵菌 TST05 菌株生物学特性研究. *植物保护*, 38(2): 87–91.]
- Xirena Y, Li X, Wu W, 2014. Development and implementation of remote image recognition system for *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). *Jiangsu Agricultural Sciences*, 42(6): 375–377. [希仁娜·亚森, 李湘, 吴炜, 2014. 苹果绵蚜远程图像识别系统的开发与实现. *江苏农业科学*, 42(6): 375–377.]
- Xu J, Jiang HX, Aliya, Guo JM, Zhang RZ, 2012. Growth and patterns of population decline in *Cydia pomonella* adults in Gansu, Xinjiang and Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 89–95. [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.]
- Xu JJ, Feng HZ, Li CM, Tuerxun, Wang L, Li ZG, He J, Guo WC, 2014. Effect of releasing *Trichogramma* to control the *Cydia pomonella* (L.) and *Grapholita molesta* (Busck). *Chinese Journal of Biological Control*, 30(5): 690–695. [许建军, 冯宏祖, 李翠梅, 吐尔逊, 王兰, 李志刚, 何江, 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.]
- Xu Q, Han JC, Liu HP, Liang BL, Zhang YM, Li RM, 2002. Resistance monitoring of *Aphis pomi* DeGeer from Shanxi province to pyrethroids. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 22(1): 39–41. [徐琴, 韩巨才, 刘慧平, 梁宝莲, 张映玫, 李如梅, 2002. 山西苹果黄蚜对菊酯类杀虫剂的抗性监测. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 22(1): 39–41.]
- Xue ZG, Li X, Sun C, Chen JJ, Liu JJ, 2013. Establishment of woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*) experimental population in. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 22(1): 188–193. [薛振国, 李鑫, 孙闯, 陈建建, 刘建军, 2013. 苹果绵蚜试验种群的建立. *西北农业学报*, 22(1): 188–193.]
- Yan WT, Qiu GS, Zhou YS, Zhang HJ, Chen HJ, Zhang P, Liu CL, Zheng YC, 2011. Spatial distribution pattern and time series dynamics of *Panonychus ulmi* Koch in an apple orchard of Liaoning Province, Northeast China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(11): 3053–3059. [闫文涛, 仇贵生, 周玉书, 张怀江, 陈汉杰, 张平, 刘池林, 郑运成, 2011. 苹果全爪螨的空间分布格局及时序动态. *应用生态学报*, 22(11): 3053–3059.]
- Yang J, Liu ZF, Fan JQ, Wu YP, Ma RY, Fan RJ, 2016. Genetic variation and population structure of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* in Shanxi, a major pome fruits growing region in North China. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(4): 1131–1137.
- Yang XF, Feng N, Liu YF, Fan F, Ma CS, Wei GS, 2013. Effects of different colour backgrounds on spawning biology of *Grapholita molesta*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 40(3): 200–204. [杨小凡, 冯娜, 刘玉峰, 范凡, 马春森, 魏国树, 2013. 颜色背景对梨小食心虫成虫产卵生物学的影响. *植物保护学报*, 40(3): 200–204.]
- Yin HL, Liu XQ, Ma RY, Li PP, 2010. Study on the spatial pattern and sampling technique of *Carposina niponensis* population. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(6): 43–45. [尹河龙, 刘贤谦, 马瑞燕, 李盼盼, 2010. 桃小食心虫种群空间分布型及抽样技术研究. *山西农业科学*, 38(6): 43–45.]
- Yin WD, Yan WT, Qiu GS, Zhang HJ, Ma CS, 2012. Age-stage two-sex life tables of the experimental population of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) on apples *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* golden delicious. *Acta Entomologica*

- Sinica*, 55(10): 1230–1238. [殷万东, 闫文涛, 仇贵生, 张怀江, 马春森, 2012. 苹果全爪螨在吉尔吉斯与金冠苹果上的实验种群两性生命表. 昆虫学报, 55(10): 1230–1238.]
- Yu Q, Fan RJ, Liu ZF, Feng YT, Zhang PJ, Guo GM, Zhang RX, 2016. Effects of droplet density, spraying volume and spraying equipment on efficacy of abamectin microemulsion against *Panonychus ulmi* in apple tree. *Journal of Fruit Science*, 33(1): 81–87. [庾琴, 范仁俊, 刘中芳, 封云涛, 张鹏九, 郭贵明, 张润祥, 2016. 雾滴密度、药液量和器械对苹果全爪螨防效的影响. 果树学报, 33(1): 81–87.]
- Zhai H, Chen R, Xue XM, Wang JZ, 2017. Mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in apple orchards without bagging. *Deciduous Fruits*, 49(1): 35–36. [翟浩, 陈汝, 薛晓敏, 王金政, 2017. 信息素迷向法防治不套袋苹果园的梨小食心虫. 落叶果树, 49(1): 35–36.]
- Zhai H, Zhang Y, Li XJ, Ma YN, Yu XM, Wang JZ, Xue XM, Fan K, 2017. Occurrence of *Carposina sasakii* Matsumura in high density planting with dwarf rootstocks in apple trees. *Plant Protection*, 43(5): 169–173. [翟浩, 张勇, 李晓军, 马亚男, 余贤美, 王金政, 薛晓敏, 范昆, 2017. 苹果矮砧密植栽培模式下桃小食心虫发生规律. 植物保护, 43(5): 169–173.]
- Zhang B, Peng Y, Zhao XJ, Hoffmann AA, Li R, Ma CS, 2016. Emergence of the overwintering generation of peach fruit moth (*Carposina sasakii*) depends on diapause and spring soil temperatures. *Journal of Insect Physiology*, 86: 32–39.
- Zhang C, Long XY, Zhao LL, Meng H, Ma RY, 2012. Investigation on parasitic insect natural enemies of oriental fruit moth in Jinzhong. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 40(4): 389–392. [张纯, 尤希宇, 赵龙龙, 孟豪, 马瑞燕, 2012. 晋中梨小食心虫寄生性天敌昆虫调查. 山西农业科学, 40(4): 389–392.]
- Zhang DW, Luo JC, Zhou ZX, Wei YH, Liu YY, 2015. Genetic diversity analysis of different geographical populations of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) in Gansu Province. *Plant Protection*, 41(5): 94–99. [张大为, 罗进仓, 周昭旭, 魏玉红, 刘月英, 2015. 甘肃省苹果蠹蛾不同地理种群遗传多样性分析. 植物保护, 41(5): 94–99.]
- Zhang GH, Li YP, Xu XL, Chen H, Wu JX, 2012. Identification and characterization of two general odorant binding protein genes from the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck). *Journal of Chemical Ecology*, 38(4): 427–436.
- Zhang HJ, Yan WT, Sun LN, Zhang QW, Qiu GS, 2014. Effects of four apple varieties on the development and fecundity of the peach fruit moth *Carposina sasakii*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(5): 519–523. [张怀江, 闫文涛, 孙丽娜, 张青文, 仇贵生, 2014. 不同苹果品种对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响. 植物保护学报, 41(5): 519–523.]
- Zhang JY, Chen HJ, Tu HT, 2014. Experiments of releasing *Scolothrips takahashi* to control *Tetranychus viennensis* in cages. *Journal of Fruit Science*, 31(5): 922–926. [张金勇, 陈汉杰, 涂洪涛, 2014. 塔六点蓟马对山楂叶螨的控制效果. 果树学报, 31(5): 922–926.]
- Zhang JY, Tu HT, Wu ZJ, Li QS, Chen HJ, 2016. Biological characteristics of *Scolothrips takahashii* Prisenner, a natural enemy of mites. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 71–75. [张金勇, 涂洪涛, 吴兆军, 李巧双, 陈汉杰, 2016. 叶螨天敌塔六点蓟马生物学特性的研究. 应用昆虫学报, 53(1): 71–75.]
- Zhang PJ, Gao Y, Shi GC, Liu ZF, Feng YT, Fan RJ, 2016. Effect of different pesticide sprayers on beat-cyfluthrin EW for controlling the peach fruit moth (*Carposina niponensis* Walsingham) in orchard. *Journal of Fruit Science*, 33(7): 850–856. [张鹏九, 高越, 史高川, 刘中芳, 封云涛, 范仁俊, 2016. 不同药械对高效氟氯氰菊酯水乳剂防治苹果园桃小食心虫的影响. 果树学报, 33(7): 850–856.]
- Zhang RM, Zhou HX, Yu Y, 2012. Population dynamics and spatial distribution of *Eriosoma lanigerum* and its enemies in the different types of apple orchards. *Plant Quarantine*, 26(4): 27–30. [张瑞明, 周洪旭, 于毅, 2012. 不同类型果园苹果绵蚜及其天敌种群动态和空间分布. 植物检疫, 26(4): 27–30.]
- Zhang S, Wang X, Chen P, Li DC, Liu YJ, 2018. Occurrence of major pests and natural enemies in late period of apple orchards. *Shandong Agricultural Sciences*, 50(5): 115–118. [张硕, 王晓, 陈鹏, 李东超, 刘永杰, 2018. 苹果园后期主要害虫及其天敌发生情况. 山东农业科学, 50(5): 115–118.]
- Zhang T, Hao SH, Tian X, Zhang X, 2005. Stereoselective synthesis of the sex pheromone of *Laspeyresia pomonella*, *E*, *E*-8, 10-dodecadienol-1. *Journal of Northwest Forestry University*, 20(1): 150–152. [张涛, 郝双红, 田暄, 张兴, 2005. 苹果蠹蛾性信息素 *E*, *E*-8, 10-十二碳二烯-1-醇的立体选择性合成. 西北林学院学报, 20(1): 150–152.]
- Zhang WB, Qian F, Jia YH, Yue HF, Lai ZP, Cao JQ, 2018. Trapping Effect of different combination among sex pheromone lures on apple insect pests. *Northern Horticulture*, (22): 70–74. [张文斌, 钱丰, 贾育恒, 岳虎锋, 来召萍, 曹军强, 2018. 不同性诱剂组合对苹果害虫的诱集效果. 北方园艺, (22): 70–74.]
- Zhang YQ, 2013. Occurrence regularity of *Lithocolletis ringoniella* in apple orchards of Longdong, Gansu Province and its reasons for ascending into dominant population. *China Fruits*, (5): 69–72. [张玉琴, 2013. 甘肃陇东苹果园金纹细蛾发生规律及上升成优势种群的原因调查. 中国果树, (5): 69–72.]

- Zhao F, Li P, Li J, Liu ZF, Zhao ZH, Wang W, Ma CS, Wang HP, Li LL, Zhang HJ, Cao TW, Guo XJ, Du FP, Fan RJ, Guo RF, 2015. NY/T 60-2015 Rules for Integrated Control of the Peach Fruit Moth (*Carposina sasakii* Matsumura). Beijing: China Agriculture Press. 2-3. [赵飞, 李萍, 李捷, 刘中芳, 赵中华, 王强, 马春森, 王洪平, 李丽莉, 张怀江, 曹天文, 郭晓君, 杜凤沛, 范仁俊, 郭瑞峰, 2015. NY/T 60-2015 桃小食心虫综合防治技术规程. 北京: 中国农业出版社. 2-3.]
- Zhao MF, Tao M, Ma J, Huang WJ, Chen GH, Li Q, 2014. Study on the difference of apple aphid hazard on different apple varieties. *Northern Horticulture*, (14): 125-128. [赵铭福, 陶玫, 马钧, 黄文静, 陈国华, 李强, 2014. 苹果绵蚜在不同苹果品种上为害的差异性研究. 北方园艺, (14): 125-128.]
- Zhao N, Yu Y, Zhang AS, Men XY, Zhou XH, Zhuang QY, Zhang SC, Xu YY, Li LL, 2014. Occurrence regularity and chemical control of *Carposina sasakii* Matsumura in Laiwu City. *Plant Protection*, 40(1): 169-172. [赵楠, 于毅, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 庄乾萱, 张思聪, 许永玉, 李丽莉, 2014. 莱芜地区桃小食心虫发生规律及药剂防治效果. 植物保护, 40(1): 169-172.]
- Zhao WW, Ma L, Liu YY, Li X, Lei JF, 2009. Spatial dynamics of *Tetranychus viennensis* in apple crown in July-October. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 24(4): 135-139. [赵微微, 马丽, 刘玉玉, 李鑫, 雷金繁, 2009. 苹果树冠山楂叶螨 7-10 月空间动态分析. 西北林学院学报, 24(4): 135-139.]
- Zhao XQ, Chen AD, Li XD, Gong SX, Li XY, Shi AX, 2012. Occurrence and damage of a new apple pest, *Schizoneurella indica*. *Plant Protection*, 38(4): 181-184. [赵雪晴, 谌爱东, 李迅东, 龚声信, 李向永, 石安宪, 2012. 苹果新害虫-印度小裂绵蚜的发生与为害. 植物保护, 38(4): 181-184.]
- Zhao XQ, Chen AD, Li XY, Zhao GH, Gong SX, 2011. Effect of cover crops on populations of insect pests and natural enemies in apple orchards. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(4): 470-478. [赵雪晴, 谌爱东, 李向永, 赵高慧, 龚声信, 2011. 生草对苹果主要害虫与天敌种群发生的影响. 中国生物防治学报, 27(4): 470-478.]
- Zheng JW, Du J, Liu J, Wang SB, Li YP, Wu JX, 2009. Investigation on insect pest and plant disease damaging apple trees and their dynamics in Tianshui, Gansu. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 18(2): 293-298. [郑坚武, 杜娟, 刘箫, 王守宝, 李怡萍, 仵均祥, 2009. 天水苹果病虫害种类及发生动态调查研究. 西北农业学报, 18(2): 293-298.]
- Zheng Y, Peng X, Li, GM, Pan HY, Dorn S, Chen MH, 2013. High genetic diversity and structures populations of the oriental fruit moth in its range of origin. *PLoS ONE*, 8(11): e78476.
- Zheng Y, Qiao XF, Wang K, Dorn S, Chen MH, 2015. Population genetics affected by pest management using fruit-bagging: a case study with *Grapholita molesta* China. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 156(2): 117-127.
- Zhou HX, Guo JY, Wan FH, Yu Y, 2010. Natural control of *Aphelinus mali* on *Eriosoma lanigerum* and the parasitoid's overwintering protection measures. *Acta Phytophylacica Sinica*, 37(2): 153-158. [周洪旭, 郭建英, 万方浩, 于毅, 2010. 日光蜂对苹果绵蚜的自然控制作用及其保护和利用. 植物保护学报, 37(2): 153-158.]
- Zhou XH, Li G, Chen H, Qu SJ, Zhang SC, Zhai YF, Yu Y, Zheng FQ, Zhang AS, 2016. The study on developmental duration, developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Environmental Entomology*, 38(3): 634-639. [周仙红, 李刚, 陈浩, 曲树杰, 张思聪, 翟一凡, 于毅, 郑方强, 张安盛, 2016. 苹果绵蚜小蜂发育历期、发育起点温度和有效积温的研究. 环境昆虫学报, 38(3): 634-639.]
- Zhu J, Li CG, Shen YN, Zhang M, Chen JH, Zhu JW, Li Y, Jiang WH, 2016. Insecticide resistance status of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* in China. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 18(4): 447-452. [祝菁, 李晨歌, 沈雅楠, 张濛, 陈金华, 朱佳伟, 李焯, 姜卫华, 2016. 苹果绵蚜田间种群的抗性监测. 农药学报, 18(4): 447-452.]
- Zhu WY, Lian ML, Li T, Zhang Y, 2015. Effects of refrigerating time and age on emergence in *Trichogramma dendrolimi* under low temperature development. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 43(11): 1489-1491. [朱文雅, 连梅力, 李唐, 张焯, 2015. 低温发育下冷藏时间和虫期对松毛虫赤眼蜂羽化的影响. 山西农业科学, 43(11): 1489-1491.]
- Zhu YF, Ma R, Zhang WX, Wen JB, 2010. A preliminary discussion on taxis of *Cydia pomonella* (Linnaeus) adults to the different wavelength of black light lamp. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 33(6): 506-508. [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.]