

我国昆虫信息素应用技术的概况 及研究展望

崔艮中^{1*} 李粉莲² 薛建光³ 王俊文¹ 张从顺³
张迪⁴ 吕凯飞¹ 马燕¹ 王琳^{1**}

(1. 中捷四方生物科技股份有限公司, 杨凌 712100; 2. 中捷四方(新疆)生物科技股份有限公司, 库尔勒 841000;
3. 中捷四方(北京)生物科技股份有限公司, 北京 101102; 4. 泉州市绿普森生物科技股份有限公司, 泉州 362012)

摘要 昆虫信息素已广泛地用于害虫的监测及防控中,对昆虫信息素产品应用技术的梳理讨论有助于我国昆虫信息素产品的推广和应用。本文抛开昆虫信息素本身,紧紧围绕应用技术中昆虫信息素引诱产品的用量、设置高度、设置位置、产品种类和影响因素,昆虫信息素迷向产品的用量、使用高度、应用面积、使用时间、使用位置和影响因素,以及昆虫信息素产品的评价标准等进行了梳理,并对昆虫信息素应用技术的进一步研究及展望提出了建议,以期对昆虫信息素产品的应用技术在使用效果中发挥更好作用提供借鉴。

关键词 昆虫信息素; 应用技术; 用量; 用法; 应用评价

Progress in research on the application of insect pheromone technology in China

CUI Gen-Zhong^{1*} LI Fen-Lian² XUE Jian-Guang³ WANG Jun-Wen¹
ZHANG Cong-Shun³ ZHANG Di⁴ LÜ Kai-Fei¹ MA Yan¹ WANG Lin^{1**}

(1. Pherobio Technology Co., Ltd., Yangling 712100, China; 2. Xingjiang Pherobio Technology Co., Ltd., Kuerle 841000, China;
3. Beijing Pherobio Technology Co., Ltd., Beijing 101102, China; 4. Quanzhou Lupusen Biotech Co., Ltd., Quanzhou 362012, China)

Abstract Pheromones are widely used to monitor and control insect pests. Without considering specific pheromones, this paper discusses key considerations for deploying insect pheromone attractants, including dosage, height, position, product categories, influencing factors, dispensers, coverage and duration. Suggestions for further research and future prospects for the application of insect pheromones are provided to improve the effectiveness of insect pheromone products.

Key words insect pheromone; applied technology; usage; dosage; application evaluation

昆虫信息素包括昆虫性信息素、聚集信息素和益它素等,其广泛地用于害虫的监测及防控中(闫凤鸣, 2011)。在我国,《昆虫知识》于1975年最早报道了棉铃虫信息素粗提物对棉铃虫的监测防控(湖北省潜江县病虫测报站, 1975; 江西省湖口县病虫测报站, 1975),到2000年(孟宪佐, 2000)、2010年(李咏玲等, 2010)和2022年(刘万才等, 2022; 张真等, 2022)陆续不断

有综述报道昆虫信息素在我国的研究、应用情况,可见昆虫信息素的应用在我国有较早的历史,并且在近年来达到一个新的认识和应用高度。但是,基于研究课题的有限性、自然条件的复杂性和害虫习性的多样性等因素的影响,针对我国昆虫信息素应用技术有必要进行系统性总结讨论,以对今后的研究和应用提供参考。

目前,我国市面上主要的昆虫信息素产品包

*第一作者 First author, E-mail: sinocz@aliyun.com

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: wl8834@126.com

收稿日期 Received: 2022-12-05; 接受日期 Accepted: 2023-01-29

括引诱剂和迷向剂, 产品对应方法为大量诱捕(也称诱捕法或诱杀法)和干扰交配技术(也称迷向法)。性信息素大量诱捕就是采用适量的性信息素诱捕器诱杀雄成虫, 减少雌虫交配的机会, 使其不能有效繁殖后代而达到控制害虫的一种方法(焦晓国等, 2003)。随着农业科学工作者的努力, 目前的引诱剂有了新的产品类型, 不仅仅只是利用昆虫性信息素进行产品的开发, 更多地增加了双性引诱剂和雌性引诱剂的研发, 包括种内信息素、寄主果实挥发物和食物源引诱剂等(林嘉等, 2021)。干扰交配技术是通过在田间高剂量、多位点释放靶标害虫性信息素, 掩盖雌虫释放的性信息素气味, 误导雄虫定位, 无法找到雌虫, 或者是高浓度持久的性信息素刺激, 使得雄虫触角灵敏度下降, 对雌虫的召唤失去反应, 最大限度地降低成虫交配几率, 起到干扰和诱捕的双重作用, 以达到防虫的目的(王付平等, 2019)。相对而言, 引诱剂在我国主要害虫上的研究成熟度比迷向剂更高, 引诱剂在二化螟 *Chilo suppressalis*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、小菜蛾 *Plutella xylostella*、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、玉米螟 *Pyrausta nubilalis*、美国白蛾 *Hyphantria cunea*、松墨天牛 *Monochamus alternatus*、桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 和梨小食心虫 *Grapholita molesta* 等农果林上均取得了较为显著的应用效果, 而迷向剂成熟产品主要是梨小食心虫和苹果蠹蛾等果树常见害虫的防控产品, 其他常见农林类靶标害虫的迷向剂产品有待进一步的开发。

随着引诱剂和迷向剂产品的开发、成熟, 国内学者对昆虫信息素产品的用量用法做了大量的研究, 主要包括引诱产品的用量、设置高度、设置位置、诱捕器种类、诱捕器颜色和植物对引诱产品的影响等, 还包括迷向产品的用量、使用高度、应用面积、使用时间、使用位置和其他影响因素等。但是, 在相同的植物上的靶标害虫防治研究中, 不同的学者在不同的应用场景下, 研究结果有所差异, 有待对昆虫信息素应用技术标准化, 并对不同区域靶标害虫防控技术标准化, 以及对昆虫信息素产品的应用评价指标标准化, 从而利于该技术的推广及绿色农业的发展。

1 昆虫信息素产品的用量用法

1.1 昆虫信息素产品的用量

1.1.1 昆虫信息素引诱产品的用量 昆虫信息素引诱产品用于害虫的诱捕监测和防治, 不同的昆虫信息素引诱产品用量满足不同应用需求(表1)。如针对入侵性害虫美国白蛾根据使用目的不同诱捕器间隔 0.03-50 km 不等, 使其作用单位面积或者单位面积上的用量存在巨大差异(张庆贺等, 1998); 而针对另一种入侵害虫草地贪夜蛾, 由于其迁飞性强等原因主要报道了其在监测种群动态中使用诱芯间隔距离 50 m, 单位面积用量相对固定(何伟等, 2019; 刘杰等, 2019)。

同时, 针对同种害虫、相同使用目的昆虫信息素引诱产品的用量尽可能的规范化, 可以提高其使用性价比和评价效果, 本文梳理了几种重要的农林业害虫引诱产品的应用文献, 发现针对同种害虫的同种目的的引诱产品的使用量普遍存在差异。如林业上, 来自于同一厂家同一型号的松墨天牛引诱剂在 3 篇报道中存在间隔 30、40 和 50 m 的 3 种使用密度, 即单位面积 3 种使用量(马涛等, 2016; 张冬勇等, 2018; 黄文玲, 2020)。在农业上, 二化螟信息素诱捕防治中, 有报道一般大面积应用设置诱捕器 15 个/hm²就可以取得较好防效(郑圣年等, 2000; 陈加多等, 2009; 胡美华等, 2009), 也有学者建议在应用中设置诱捕器密度为 100 个/hm²(梁文勇等, 2014; 许燎原等, 2015)。在果园诱捕橘小实蝇工作中, 其诱捕器的布置密度通常为 60 个/hm²(陆永跃等, 2006; 张艳等, 2013)和 75 个/hm²(陈海东等, 1995; 祁力言等, 2009)皆具有明显诱杀效果, 但是在云南梨园防治橘小实蝇应用中, 赵航等(2019)使用诱捕器为 30 个/hm²的布置密度也可将蛀果率控制在 2%以下。在烟草害虫斜纹夜蛾的防治中, 易龙等(2018)建议在烟田性诱捕器放置密度为 7.5 个/hm², 李文瑜等(2012)建议烟田诱捕器密度以 22.5 套/hm²为宜。

针对二化螟和烟田斜纹夜蛾防治中昆虫信息素诱芯的使用数量, 曾有行业标准和地方标准做出了明确的规定, 如二化螟用量控制在

表 1 昆虫信息素产品的用量
Table 1 The application of insect pheromone products

昆虫信息素产品 Insect pheromone products	靶标害虫 Target pests	适宜用量 Appropriate dosages	参考文献 References
引诱产品 Attractants	美国白蛾 <i>Hyphantria cune</i>	诱捕器间隔 0.03-50 km Trap interval 0.03-50 km	张庆贺等, 1998
	草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i>	诱捕器间隔 50 m Trap interval 50 m	何伟等, 2019; 刘杰等, 2019
	二化螟 <i>Chilo suppressalis</i>	诱捕器密度为 15 个/hm ² Density 15 traps/hm ²	郑圣年等, 2000; 胡美华等, 2009; 陈加多等, 2009
		诱捕器密度为 100 个/hm ² Density 100 traps/hm ²	梁文勇等, 2014; 许燎原等, 2015
	桔小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	诱捕器密度为 60 个/hm ² Density 60 traps/hm ²	陆永跃等, 2006; 张艳等, 2013
		诱捕器密度为 75 个/hm ² Density 75 traps/hm ²	陈海东等, 1995; 祁力言等, 2009
		诱捕器密度为 30 个/hm ² Density 30 traps/hm ²	赵航等, 2019
	斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	诱捕器密度为 7.5 个/hm ² Density 7.5 traps/hm ²	易龙等, 2018
		诱捕器密度为 22.5 个/hm ² Density 22.5 traps/hm ²	李文瑜等, 2012
迷向产品 Dispensers	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	用量为 495-600 根/hm ² Usage 495-600 dispensers/hm ²	牛永浩等, 2021; 金唯新等, 2022
	苹果蠹蛾 <i>Cydia pomonella</i>	用量为 600 根/hm ² Usage 600 dispensers/hm ²	孙圣杰等, 2021

15 个/hm² (郭荣等, 2020), 烟台斜纹夜蛾根据地块实际情况设置 (袁善奎等, 2017)。以上行标和地标的制定时间部分要早于现有报道中的时间, 但现有报道中使用数量仍然存在较大差异, 其原因有待考量。

1.1.2 昆虫信息素迷向产品的用量 我国应用较成熟的昆虫信息素迷向产品主要有梨小食心虫和苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*, 迷向产品的形式以管状迷向散发器 (即迷向丝或迷向管) 为主。梨小食心虫性信息素迷向管在国内田间应用的防治用量较为统一, 用量多为 495-600 根/hm² (牛永浩等, 2021; 金唯新等, 2022)。梨小食心虫和苹果蠹蛾迷向散发器用量的统一为产品的推广应用提供便捷。同时, 也有学者对小菜蛾、甜菜夜蛾、二化螟、棉红铃虫、茶毛虫和落叶松梢蛾等害虫应用迷向技术进行了研究, 产品形式以管状迷向散发器为主, 也有微胶囊、诱芯和喷雾

装置等 (束春娥等, 1987; 王永模等, 2006; 詹国勤等, 2017; 陈国发等, 2019; 徐善忠等, 2019; 林雪等, 2020), 以上涉及产品全部在试验阶段, 未形成商品, 其用量均在摸索中。

1.1.3 关于昆虫信息素产品用量的建议 昆虫信息素引诱产品和昆虫信息素迷向产品的用量除使用数量外, 其信息素含量决定其实际用量。如在梨小食心虫诱捕法防治中, 济南市历城区彩石镇桃园设置 6 个 0.2 mg 诱芯 (Z8-12Ac : E8-12Ac=94 : 6) /盆的诱集效果最好, 平均诱蛾量 (46.75±7.14) 头, 其次是 2 个诱芯/盆 (李丽莉等, 2012)。梨小食心虫迷向管的含药量有 200 mg (公义等, 2022)、240 mg (涂洪涛等, 2012; 金唯新等, 2022) 和 270 mg (刘中芳等, 2016; 朱文雅等, 2020) 等多种不同规格, 较常见的含量为 240 mg。

昆虫信息素产品在推广应用中, 为提高其应

用效果和推广效率,建议监管部门关注产品质量的基础上,提供用量即使用数量(微胶囊类的为药量或剂量)给农户或终端使用者。而在此基础上昆虫信息素应用技术中最基本的使用数量有必要进一步研究、规范或普及。

1.2 昆虫信息素产品的用法

1.2.1 昆虫信息素引诱产品的用法 昆虫信息素引诱产品在使用中最先涉及的就是用量,在了解了用量后往往开始关注用法。相较于最基本的用量,使用方法更为复杂,包含产品设置高度、配套装置和使用环境等。信息素引诱剂通常放在诱捕器中使用,诱捕器种类、颜色、高度、诱捕器位置及诱捕期间的环境条件等因素都会影响以信息素为诱饵的诱捕器的雄性捕获量(Reddy *et al.*, 2009, 2012, 2018; Mori and Evenden, 2013),本部分讨论信息素引诱产品诱芯或诱捕器默认为引诱产品放置于诱捕器中。

1.2.1.1 昆虫信息素引诱产品的设置高度 诱

捕器设置高度影响诱捕数量,松墨天牛引诱剂的诱虫量在距地 1.5-4.5 m 范围内,随高度的增加而增多(温小遂等, 2017a)。诱捕器高度对诱捕量的影响随作物变化而不同,应德文(2017)设置高于作物上部 5、15 和 30 cm 3 个高度引诱小菜蛾,当以白菜和甘蓝为寄主时,叶面顶部 15 cm 诱捕效果略优于 5 cm 和 30 cm;以花椰菜为寄主时,诱蛾量随诱捕器放置高度增加而增加。

本文梳理常见害虫昆虫信息素引诱产品的应用高度,同样发现与昆虫信息素产品用量一样,进一步规范信息素使用高度将有助于信息素的推广应用。如不同的果树高度会对性诱捕器的诱集效果会产生明显的影响。昆虫信息素引诱产品的使用高度,需要根据系统化进行研究,既能规范化也能差异化,进而发挥出较佳的应用效果。

1.2.1.2 昆虫信息素引诱产品的设置位置 昆虫信息素引诱产品设置位置影响诱捕数量(表 2)。昆虫信息素引诱剂产品除了需要注意在整个应用区域的位置外,也需要关注小区域内的设置位置。

表 2 昆虫信息素引诱产品的用法
Table 2 The application of attractants

用法方式 Application	靶标害虫 Target pests	适宜用法 Appropriate usage	参考文献 References
高度 Height	美国白蛾 <i>Hyphantria cunea</i>	距离地面 2 m 和 4 m 2 m and 4 m above ground	马喜英, 1995
	桔小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	矮树上为距离地面 0.5 和 1.0 m, 高树上为 1.5 和 2.0 m Low trees: 0.5 and 1.0 m above goround High trees: 1.5 and 2.0 m above ground	林进添等, 2005
	草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i>	距离地面 2.2 m 2.2 m above ground	韩海亮等, 2021
		距地面 1 m 左右或高于植物 20 cm Height: 2.2 m above ground or 20 cm above plant	刘杰等, 2019
位置 Location	斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	边缘区域诱捕量多于中心区域, 上风口多于下风口 Trapping in marginal areas is higher than that in central areas, upwind is higher than downwind	崔巍等, 2009; 吴华新等, 2011; 杨明文等, 2011
	二化螟 <i>Chilo suppressalis</i>	边缘区域诱捕量多于中心区域 Trapping in marginal areas was higher than that in central areas	苏建伟, 1999; 王德好等, 2002; 董本春, 2013;
	柑橘大实蝇 <i>Actrocera minax</i>	树北面诱杀效果最佳 Best effect: The north of the trees	龚碧涯, 2019
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	树西面悬挂诱捕器效果好 Best effect: The west side of trees	李丽莉等, 2012
诱捕器颜色 Traps color	番茄潜叶蛾 <i>Tuta absoluta</i>	蓝色 Blue	张桂芬等, 2021; 谈钺汐等, 2022

1.2.1.3 昆虫信息素引诱产品配套诱捕器的种类 诱捕器的种类以粘胶式和捕集式为主,见表3,如粘胶式的三角型诱捕器、小船型诱捕器和捕集式的蛾类诱捕器、干式诱捕器、桶型诱捕器和天牛诱捕器等见图1(王艳玲等,2016;胡猛等,2017;陈永燕等,2019;蒋晓辉等,2020;冷春蒙等,2020;万霞等,2020;王树明等,2020;周淑香等,2020;郭笑笑等,2021;林兴华等,2021)。粘胶式和捕集式适用的诱捕器类型最早又被叫做饱和型和不饱和型,如三角型诱捕器和小船型诱捕器属于饱和型,桶型诱捕器属于不饱和型(马喜英,1995),通常认为饱和型诱捕器诱虫空间有限,诱虫量不如不饱和型的。目前,针对主要害虫应用的主要诱捕器种类比较统一,诱捕害虫种类、外形与国外所用诱捕器较相似。

针对诱捕器的进一步研究,首要方向是诱捕器的效果筛选,其次是诱捕器经济度或便捷度提升的开发;进而是诱捕器与新技术整合的集成开发。诱捕器的种类也根据其形状命名,其形状也影响其诱捕效果。如针对松墨天牛,十字挡板型诱捕器撞击面积大和接虫漏斗直径大,诱捕量显著高于多层漏斗型诱捕器(郝德君等,2009;刘云鹏等,2018)。针对草地贪夜蛾入侵我国前期的诱捕器筛选试验,在玉米田间桶型诱捕器诱虫效果好于夜蛾诱捕器、夜蛾剪型诱捕器、新型蛾类诱捕器和小夜蛾诱捕器(杨留鹏等,2020)。

在提高诱捕器诱捕效果或降低使用成本的试验中,考虑用网袋或矿泉水瓶替代原塑料集虫袋,北京试验的水瓶诱捕量显著高于塑料袋和网袋,而泉州的塑料袋诱捕量显著高于网袋和水瓶(郭笑笑等,2021)。在提高性信息素监测便捷

表 3 农林害虫常用诱捕器种类
Table 3 Trap types commonly used for agricultural and forest pests

种类 Type	名称 Name
粘胶式 Sticky	三角型(诱捕器)诱虫板 Delta trap
	昆虫信息素小船型(诱捕器)诱虫板 Small wing trap
	昆虫信息素大船型(诱捕器)诱虫板 Large wing trap
	PLT-A 信息素光源诱捕器 Pheromone light trap-A
	PLT-B 信息素光源诱捕器 Pheromone light trap-B
捕集式 Trap	昆虫信息素夜蛾类诱捕器 Noctuid moth trap
	昆虫信息素新型蛾类诱捕器 New noctuid moth trap
	昆虫信息素美国白蛾诱捕器 <i>hyphantria cunea</i> trap
	昆虫信息素通用桶型诱捕器 Bucket trap
	昆虫信息素天牛诱捕器 Beetle trap
	昆虫信息素小蠹虫诱捕器 Bark beetle trap
	昆虫信息素金龟子诱捕器 Scarab trap
	昆虫信息素绿盲蝽诱捕器 Funnel trap for <i>Apolygus lucorum</i>
	蛾类高效诱捕器 Moth trap II
	昆虫信息素新型果实蝇诱捕器 Fruit fly trap II
	昆虫信息素实蝇诱捕器 Fruit fly trap
	昆虫信息素果蝇诱捕器 Macphail trap
	昆虫信息素白蜡窄吉丁诱捕器 <i>Agrilus planipennis</i> trap
	昆虫信息素水盆型诱捕器 Waterpan trap
	PLT-C 智能信息素光源诱捕器 Pheromone light trap-C



图 1 不同种类诱捕器

Fig. 1 Different types of traps

A. 三角型(诱捕器)诱虫板; B. 昆虫信息素小船型(诱捕器)诱虫板; C. 昆虫信息素通用桶型诱捕器; D. 昆虫信息素夜蛾类诱捕器; E. 昆虫信息素新型蛾类诱捕器; F. 昆虫信息素天牛诱捕器; G. 昆虫信息素美国白蛾诱捕器。

A. Triangle traps; B. Small boat traps; C. Universal barrel traps; D. Night moth traps;

E. New moth traps; F. Longicorn traps; G. *Hyphantria cunea* moth traps.

性的工作中,集成物联网技术、计算机技术等,开发出智能性诱监测系统(张哲宇等,2022),减少了工作人员实地查看的工作量,提高了测报工作的效率;目前该类产品的稳定性有待提高,并且需进一步丰富产品种类和降低产品成本。在提高信息素诱捕效率和防治效果的工作中,开发了信息素与特定波段光源相结合的新型信息素光源诱捕器,在小菜蛾、二化螟等害虫上性信息素仅诱捕雄虫的基础上,显著提高了雌成虫的诱捕效果,而对其他害虫的诱捕没有显著增加(高会会等,2020;王俊文等,2022)。以上集成新技术的昆虫信息素新产品有待进一步细化应用技术、丰富产品种类(图2)。

1.2.1.4 昆虫信息素引诱产品配套诱捕器的颜色 诱捕器的颜色也对应用效果产生影响。除了对诱捕量的影响外,对雌雄虫的诱捕比例也有一定的影响,如褐色表现出更强的引诱松墨天牛的能力,且诱得的雌虫数显著高于雄虫数(伍苏然等,2010;陈元生等,2014)。当然,也存在对

颜色不敏感的情况,如王方晓等(2008)研究发现盛虫器为白、蓝、绿和红色对斜纹夜蛾诱捕量无显著性差异。

1.2.1.5 植物对昆虫信息素引诱产品的影响 寄主植物对昆虫信息素引诱产品的应用产生影响。应德文(2017)在小菜蛾引诱效果试验中设置昆虫性信息素诱芯高于作物上部5、15和30 cm 3个高度,结果表明当白菜和甘蓝为寄主时,性诱捕器放置距叶面顶部15 cm处的诱捕效果较好;而在花椰菜为寄主时,诱蛾量随性诱捕器放置高度增加而增加;在3种寄主田块中,白菜田的性诱捕器各高度处理的小菜蛾诱蛾量均高于甘蓝和花椰菜田。寄主植物对昆虫信息素引诱产品的影响除影响信息素诱捕器设置的高低外,还影响引诱效果(张泉荣等,2014)。此外,与寄主植物间作或寄主植物周边的种植环境也影响信息素引诱产品的效果(周宇航等,2020)。在田间试验设置或昆虫信息素引诱产品的开发中,都存在借鉴考虑的必要性。



图 2 与其他技术集成的新型昆虫信息素诱捕器

Fig. 2 New type pheromone trap integrated with other technologies

A. PLT-A 信息素光源诱捕器; B. PLT-B 信息素光源诱捕器; C. PLT-C 智能信息素光源诱捕器;

D. 物联网虫情性诱测报仪; E. AIMLite-A 智能虫情性诱测报仪; F. AIMLite-D 智能虫情性诱测报仪。

A. Type A pheromone light traps; B. Type B pheromone light traps; C. Type C pheromone light traps; D. Automatic insect monitor; E. Type A lite automatic insect monitor; F. Type D lite automatic insect monitor.

1.2.2 昆虫信息素迷向产品的用法 国外迷向防治害虫成功的案例包括舞毒蛾 (Lance *et al.*, 2016); 苹果蠹蛾 (Witzgall *et al.*, 2008); 葡萄花翅小卷蛾 (Gordon *et al.*, 2005); 梨小食心虫 (Stelinski *et al.*, 2007), 国内目前采用迷向防治害虫应用较多的有梨小食心虫、苹果蠹蛾等 (马涛等, 2018)。昆虫性信息素迷向法防治害虫并不是一个简单的现象, 它涉及物理学、化学、材料科学、大气学、生物化学、生理学、行为学和生物地理学等, 在实际应用过程中会受到多种因素的影响, 像害虫自身的因素 (种群密度、交配行为及雄虫对信息素反应的灵敏度)、环境因素 (温度、光照、风速和地势位置) 和应用面积的大小等, 若处理不当, 防治效果会大减。害虫种群密度的高、低对迷向作用效果显著影响, 当种群密度较高时, 雄虫和雌虫除了嗅觉外, 还可通过触觉、视觉、听觉或危害空间上相近的区域, 进行随机交配 (马涛等, 2018), 因此迷向的具体使用除用量外, 也需考虑果园面积、场地和田

间虫口密度等一系列使用环境及使用时间、悬挂高度、单一迷向或结合化学农药防治等使用方式的因素影响, 现阶段主要迷向产品的使用方法见表 4。

1.2.2.1 昆虫信息素迷向产品的使用高度 国内管状迷向散发器悬挂高度表述比较多样, 较常见的有 3 种: 第 1 种, 总用量 1/3 的迷向管挂在树冠底部, 总用量 1/3 的迷向管挂在树冠 1/3 高度树杈上, 总用量 1/3 的迷向管悬挂在树冠 2/3 高度树杈上 (宁幸连等, 2014; 李苗等, 2016; 公义等, 2022); 第 2 种, 悬挂于树冠上部 1/3 处 (涂洪涛等, 2012; 周超华等, 2013; 逯改霞和孟世和, 2014; 张伟等, 2014; 张文忠等, 2015; 赵丽君等, 2018; 吴甚妍等, 2020; 朱文雅等, 2020; 黎菊等, 2021; 金唯新等, 2022; 李建军等, 2022); 第 3 种, 直接用高度来表示, 高度的描述包括悬挂迷向散发器距地面 1.5、1.7 和 2 m (张道环等, 2011; 张磊等, 2012; 刘中芳等, 2016; 牛永浩等, 2021; 金唯新等, 2022), 对

表 4 昆虫信息素迷向产品的用法
Table 4 The application of dispenser

用法方式 Application	靶标害虫 Target pests	适宜用法 Appropriate usage	参考文献 References
使用高度 Height	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	总用量 1/3 的迷向管挂在树冠底部, 总用量 1/3 的迷向管挂在树冠 1/3 高度树杈上, 总用量 1/3 的迷向管悬挂在树冠 2/3 高度树杈上 1/3 dispensers are hanging on the bottom of the crown, 1/3 dispensers of the total amounts are hanging on the branch of 1/3 height of the crown, 1/3 dispensers of the total amounts are hanging on the branch of 2/3 height of the crown	公义等, 2022 宁幸连等, 2014 李苗等, 2016
	梨小食心虫、苹果蠹蛾 <i>Grapholita molesta</i> , <i>Cydia pomonella</i>	悬挂于树冠上部 1/3 处 Hung on the upper third of the crown	金唯新等, 2022 朱文雅等, 2020
			黎菊等, 2021 赵丽君等, 2018
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	直接用高度来表示, 高度的描述包括悬挂迷向散发器距地面 1.5、1.7 和 2 m 等 Expressed in terms of height directly, and the description of height includes 1.5, 1.7 and 2 m above the ground	牛永浩等, 2021 刘中芳等, 2016 张道环等, 2011
	苹果蠹蛾等 <i>Cydia pomonella</i> et al.	传统认为迷向应用面积至少在 3 hm ² 以上连片种植的地, 面积越大, 地势越平坦越利于迷向剂气味扩散 It is traditionally believed that the application area of mating disruption is at least more than 3 hm ² in the contiguous planting base, it is better the larger area, and the flatter terrain is better to dispensers volatilization	Cardé et al., 1993 马涛等, 2018
	舞毒蛾 <i>Lymantria dispar</i>	研究认为, 对于面积受到限制的公园、住宅区等, 若虫口密度较低时, 也可采取迷向干扰技术, 像舞毒蛾的雄虫和雌虫在间隔 1 m 的树上进行危害时, 迷向技术可行 According to the study, for parks and residential areas with limited area, if the density of <i>Lymantria dispar</i> is low, the mating disruption can also be adopted. For example, when the male and female of <i>L. dispar</i> damaged in trees apart 1 m, the technique is feasible	Onufrieva et al., 2008
应用面积 Application areas	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	国内应用较多的梨小食心虫管状迷向散发器有报道每处理面积为 2、1、0.13 hm ² 均有迷向效果 It has been reported that dispensers of <i>G. molesta</i> which is widely used in China, has effect in every treated area of 2, 1, 0.13 hm ²	陆爽等, 2017 何超等, 2008; 徐丽荣和蒋礼, 2022
	番茄潜麦蛾 <i>Tuta absoluta</i>	针对番茄潜麦蛾的迷向试验的温室面积在 0.07-0.13 hm ² 左右即有非常好的应用效果, 在应用面积和应用环境上均值得国内现有应用参考 For <i>T. absoluta</i> test, the greenhouse area of dispensers test is about 0.07-0.13 hm ² , which has a very good application effect, and it is worthy of reference in terms of application area and application environment	Cocco et al., 2012

续表 4 (Table 4 continued)

用法方式 Application	靶标害虫 Target pests	适宜用法 Appropriate usage	参考文献 References
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	迷向产品使用上较常见表述为越冬代成虫羽化前，实际应用大多在越冬代成虫羽化前后 The use time of the dispenser is usually expressed as before the emergence of the overwintering generation adult, while the actual application is mostly before and after the emergence of the overwintering generation adult 出于成本、验证等原因考虑，也有相关研究在害虫发生期间开始应用 For reasons of cost, validation, etc., there are also studies that have been applied during pest occurrence	金唯新，2022 何超等，2008；周超华等，2013；朱文雅等，2020
使用位置 Location	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	在应用迷向产品的过程中，为了降低迷向区外围害虫的影响，采用迷向区外围及上风口加倍设置迷向产品的方法 In the process of application of directional products, in order to reduce the influence of pests on the periphery of the directional area, the method of double setting of directional products on the periphery of the directional area and the upwind is adopted	牛永浩等，2021 徐丽荣和蒋礼，2022 姜伟等，2020
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	有其他设置倍数或方式 There are other multiples or ways to set the location	逯改霞和孟世和，2014
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	在桃园应用梨小迷向丝采用三倍悬挂，则将最外围迷向丝悬挂于桃树内侧 Use <i>G. molesta</i> dispensers three times in peach orchard, and use dispensers in the inner part of the peach orchard	张文忠等，2015
	梨小食心虫 <i>Grapholita molesta</i>	有学者采用梨小食心虫微胶囊迷向膏剂时则采用 2 倍、3 倍涂抹，主要目的是为了降低外围干扰 Some scholars use the microcapsule of <i>G. molesta</i> 2 times or 3 times, the main purpose is to reduce the peripheral interference	高越等，2016 李晓龙等，2013

于不同高度之间对比的研究报道较少，以上不同表达在生产应用中并不能完全被种植者掌握，在遇到迷向效果不好的时候，悬挂高度仍然是被首要讨论的问题，有研究认为，挥发器设置高度应和害虫交配活动的位置一致（杨新玲，2017）。因此，需要结合不同条件进行规范化。

1.2.2.2 昆虫信息素迷向产品的应用面积 传统认为迷向应用面积至少在 3 hm² 以上连片种植的基地（Cardé *et al.*, 1993），面积越大，地势越平坦越利于迷向剂气味扩散（马涛等，2018）。但基于我国实际种植情况，以上要求较难满足，基于此我们也讨论了不同应用面积下迷向产品的效果。研究认为，对于面积受到限制的公园、住宅区等，若虫口密度较低时，也可采取迷向干

扰技术，像舞毒蛾的雄虫和雌虫在间隔 1 m 的树上进行危害时，迷向技术可行（Onufrieva *et al.*, 2008）。并且针对国内应用较多的梨小食心虫管状迷向散发器有报道每处理面积为 2、1 和 0.13 hm²（何超等，2008；陆爽等，2017；徐丽荣和蒋礼，2022）均有迷向效果，为现有小面积种植区应用迷向散发器提供理论支撑。并且 Cocco 等（2012）的报道中针对番茄潜麦蛾的迷向试验的温室面积在 0.07-0.13 hm² 左右即有非常好的应用效果，在应用面积和应用环境上均值得国内现有应用参考。

1.2.2.3 昆虫信息素迷向产品的使用时间 迷向产品使用上较常见表述为越冬代成虫羽化前，实际应用大多在越冬代成虫羽化前后（金

唯新等, 2022)。并且出于成本、验证等原因考虑, 也有相关研究在害虫发生期间开始应用(何超等, 2008; 周超华等, 2013; 苏俊平等, 2017; 朱文雅等, 2020), 均取得了较好效果。因此, 迷向产品在使用时除在越冬代成虫羽化前应用较大限度减少化学农药使用外, 在其他时期也可根据产品特性及害虫习性、发生情况使用。

1.2.2.4 昆虫信息素迷向产品的使用位置 在应用迷向产品的过程中, 为了降低迷向区外围害虫的影响, 采用迷向区外围及上风口加倍设置迷向产品的方法(乔岩等, 2016; 王科峰等, 2016; 姜伟等, 2020; 牛永浩等, 2021; 金唯新等, 2022; 李建军等, 2022; 徐丽荣和蒋礼, 2022)。也有其他倍数或方式的位置设置方法, 如逯改霞和孟世和(2014)在桃园应用梨小迷向丝采用三倍悬挂, 张文忠等(2015)则将最外围迷向丝悬挂于桃树内侧, 也有学者采用梨小食心虫微胶囊迷向膏剂时则采用2倍或3倍涂抹(李晓龙等, 2013; 高越等, 2016), 主要目的也都是为了降低外围干扰。

1.2.2.5 昆虫信息素迷向产品使用效果的其他影响因素 作物的单植或混栽会影响迷向产品的使用效果, 如单植梨园的梨小食心虫迷向效果好于梨和苹果的混栽果园(刘中芳等, 2016)。信息素分子在田间扩散受风力的影响较大, 风力过大或过小都会影响信息素的扩散范围, 从而影响迷向效果(杨新玲, 2017)。虫口密度影响迷向防治的最终结果, 当种群密度较高时, 雄虫和雌虫除了嗅觉外, 还可通过触觉、视觉、听觉或危害空间上相近的区域, 进行随机交配(Nakano *et al.*, 2015), 不过没有在信息素迷向应用中比较系统的种群密度高低的评价方法。多次交配的害虫在迷向应用时, 应较早使用迷向, 以提前降低雄虫对雌虫信息素的灵敏度, 降低多次交配的机会(Cardé *et al.*, 1993), 对于农药方面的影响, 国外有观点认为, 迷向与传统相结合使用杀虫剂, 杀虫剂可减少初始种群或作为迷向的辅助。评估干扰交配是否成功时, 减少传统杀虫剂的使用是一个额外的考虑因素(Cardé and Minks, 1995), 目前针对信息素应用的害虫交配次数指

导信息素迷向应用的内容报道较少。随着剂型的丰富, 信息素的使用器械等也逐渐成为影响信息素使用效果的重要因素, 如微胶囊飞机防治信息素迷向产品的应用技术有待进一步研究(帕尔哈提·吾吐克, 2014)。

2 昆虫信息素产品的应用评价

昆虫信息素引诱产品和迷向产品从应用的角度进行评价, 首先关注的是产品本身。如引诱类产品关注诱捕量, 迷向产品关注迷向率, 以及相关的持效期(屈振刚等, 2010; 木尼热·买买提等, 2022)。进一步关注的是产品的效果, 关注诱捕或迷向降低交配后对落卵量(侯有明等, 2001; 吴华新等, 2011)、卵孵化率(王迎春等, 2019)和幼虫数等(王艳玲等, 2016; 程英等, 2019)。而在监测应用中性诱剂产品的专一性也是其评价指标之一(陈永燕等, 2019; 杨留鹏等, 2020)。诱捕防治中聚集信息素或食物源一类的引诱剂诱捕成虫的雌雄比也是一项评价指标(徐真旺等, 2020)。

关注虫情指标后, 有必要进一步关注害虫在信息素防治后的危害情况, 这时需要根据靶标害虫的特性选择指标。如二化螟作为钻蛀类害虫需要关注枯鞘防效、白穗防效(戈峰等, 2002; 文萍等, 2022)、枯心防效(苏建伟等, 1999, 2003)等指标; 梨小食心虫同样作为钻蛀类害虫需要关注折梢率和蛀果率(牛永浩等, 2021; 公义等, 2022); 小菜蛾作为食叶类害虫关注被害株数(李爱平等, 2007); 对于美国白蛾, 关注其危害的网幕数量(胡猛等, 2017); 对于林业上蛀干害虫, 关注死株率等(温小遂等, 2017b)。

作为重要的绿色防控产品, 对昆虫信息素产品应用的评价, 还关注到了多方面的效益。如防控成本, 综合评价一定时间内产品本身的成本和投入的人工量(陈沐荣等, 2002); 经济效益, 如有报道桃园用迷向丝与对照园每667 m²增加收入532元, 并且通过减少农药、降低污染, 提升生态效益(张道环等, 2011); 在生态效益方面, 还包括对生态环境的保护, 如除诱捕到松墨天牛成虫外, 松墨天牛携带松材线虫量也是衡量

引诱剂优劣的重要指标,诱杀松墨天牛减少松材线虫病,有助于保护生态环境(王义平等,2012)。

在一些对昆虫信息素的评价工作中,也会遇到一些评价指标上的讨论。如诱蛾比或诱蛾率,通常在自然开放条件下无法准确统计出靶标害虫数量,因此无法进行准确计算。但在稍加限制的条件下也可以进行评价,如在固定的室内模拟自然条件释放固定数量的害虫,或在进行几种诱芯筛选时几种诱芯诱捕总数,即可作为诱蛾率的基数,得出准确的诱蛾比(张桂芬等,2021)。因此,昆虫信息素引诱产品和迷向产品的一些评价指标需要在一定的试验设计基础上进行评价。

此外,需要注意的是昆虫信息素产品的防效评价,不能完全参照农药尤其是防治幼虫的药剂的调查方法或指标。如,要求试验药剂与对照药剂在施药后保持一致的调查时间就较难做到,且如果试验药剂为针对幼虫的药剂调查指标也很难做到一致(袁善奎等,2017)。

3 地理种群对昆虫信息素应用的影响

昆虫信息素通讯系统会由于长期的地理隔离、寄主植物或气候条件等差异产生变异分化(Unbehend *et al.*, 2014; Bacquet *et al.*, 2016)。如最早报道的欧洲玉米螟,它的2个性信息素型种群完全不同,在欧美广泛分布的危害玉米的种群以反11-十四碳烯乙酸酯(E11-14:OAc)和顺11-十四碳烯乙酸酯(Z11-14:OAc)3:97的比例进行雌雄间化学通讯(Z型)(Klun, 1975);而危害艾蒿的种群这2种成分的比例是96:4(E型)(Kochansky *et al.*, 1975)。在我国同样存在地理种群导致信息素不同的情况,如海南、广西、广东及云南等地甘蔗二点螟存在形态大小上的不同;同一批次诱芯在这些地区进行诱蛾试验,诱蛾活性差异很大(胡玉伟等,2013)。并且,已有多种重要害虫被报道出地理种群的信息素差异,如棉铃虫(Gao *et al.*, 2020)、草地贪夜蛾(Cañas-Hoyos *et al.*, 2017)、小菜蛾(Koshihara and Yamada, 1980)和小地老虎(Xiao *et al.*, 2011)。基于此,在昆虫信息素产品监测或防控

害虫的过程中,如果排除了产品质量、使用方法的问题后,仍存在应用效果的问题,可以考虑地理种群的影响进而进行一定的验证。

4 讨论与展望

从以上叙述中可以看出,昆虫信息素产品在我国商品化至今,已经在研究和生产中得以较多应用,其应用技术尤其是重点、重大害虫的昆虫信息素的应用技术也得到了一定程度的关注。但同样可以发现,针对昆虫信息素产品应用技术的研究有待进一步加强。

1)昆虫信息素产品应用技术的系统性研究。围绕某些重大害虫的信息素,不同报道中都会涉及其应用技术。但通常其应用技术仅作为其使用方法得以报道,或一项研究中仅能关注到某一害虫信息素应用技术中的某点或某几点,如崔巍等(2009)对斜纹夜蛾性信息素诱捕器田间应用技术的研究,虽然是一篇专门针对性信息素诱捕的研究,但仅一篇文章的篇幅包含的技术要点仍有拓展空间;万霞(2020)的研究是针对美国白蛾信息素林间诱捕的应用技术的硕士毕业论文,但硕士论文的篇幅也只够包含美国白蛾性信息素应用技术的一部分。随着昆虫信息素的基础研究日益发展,昆虫信息素绿色防控技术越来越多被关注和需要的,有必要针对重大、重要害虫开展昆虫信息素应用技术的专项研究,统一筹划,开展系统性的研究工作。

2)昆虫信息素产品应用技术的普及化。虽然昆虫信息素产品的推广工作已经持续多年,参与到全国范围内针对果树、农田和林业的大部分主要害虫的绿色防控工作中。但由于昆虫信息素应用技术本身的复杂性,目前为止到终端用户层面的昆虫信息素产品的应用技术仍不够普及。试验示范工作中,在系统掌握应用技术基础上,有必要在示范昆虫信息素产品的同时,普及应用技术,发挥昆虫信息素产品的最佳效果。

3)昆虫信息素产品应用技术的与时俱进。随着技术水平的提高,昆虫信息素产品本身随着信息素组分鉴定的更精准,或植物挥发物(Sans *et al.*, 2016; Domínguez *et al.*, 2019)等对昆虫

信息素的引诱效果的影响挖掘的更充分,或者地理种群的信息素差异被更加系统的研究;又或者如物联网技术等交叉技术已经应用到昆虫信息素产品中,都对昆虫信息素产品的应用提出新的课题。因此,昆虫信息素产品的应用技术需要与时俱进,不断完善。

合适的昆虫信息素应用技术配合相应的昆虫信息素产品发挥较好的产品效果,而好的昆虫信息素产品效果需要在一定的应用场景中得以体现。如美国舞毒蛾阻隔带项目的整体方案中利用性信息素诱捕确定种群边界进而确定阻隔带的边界(Sharov *et al.*, 1995),并且舞毒蛾性信息素诱捕和迷向防治产品均作为该项目方案的重要组成部分;笔者所在团队整合迷向、诱捕和生物农药等产品技术形成方案,参加了新疆香梨、苹果和红枣上开展的连续3年的生态健康果园建设工作。综上,昆虫信息素产品在今后的应用中期望在整体解决方案或集成应用中发挥作用。

参考文献 (References)

- Bacquet PMB, Jong MAD, Brattström O, Wang HL, Molleman F, Molleman F, Heuskin S, Lognag G, Löfstedt C, Brakefield PM, Vanderpoorten A, 2016. Differentiation in putative male sex pheromone components across and within populations of the african butterfly *bicyclus anynana* as a potential driver of reproductive isolation. *Ecology and Evolution*, 6(17): 6064–6084.
- Cañas-Hoyos N, Lobo-Echeverri T, Saldamando-Benjumea CI, 2017. Chemical composition of female sexual glands of *Spodoptera frugiperda* 1 corn and rice strains from Tolima, Colombia. *Southwestern Entomologist*, 42(2): 375–394.
- Cardé RT, Neto AM, Staten RT, Koch U, Farbert P, 1993. Evaluation of communication disruption in the pink bollworm in field wind tunnels. *Bulletin OILB/SROP*, 16(10): 23–28.
- Cardé RT, Minks AK, 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and constraints. *Annual Review of Entomology*, 40: 559–585.
- Chen GF, Wang P, Zhang JS, Gu TJ, Zhou DB, Chen YJ, 2019. Controlling *Coleophora dahurica* (Falkovitsh) by mating disruption with dispensers of two densities. *Forest Pest and Disease*, 38(3): 29–31. [陈国发, 王鹏, 张军生, 顾铁军, 周德宝, 陈玉杰, 2019. 两种释放器密度对兴安落叶松鞘蛾干扰交配防治试验. 中国森林病虫, 38(3): 29–31.]
- Chen HD, Zhou CQ, Yang PJ, Liang GQ, 1995. Population dynamics of *Bactrocera cucurbitae* Coquillett, *Bactrocera dorsalis* Hendel and *Bactrocera tau* Walker in Guangzhou. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(4): 348–354. [陈海东, 周昌清, 杨平均, 梁广勤, 1995. 瓜实蝇, 桔小实蝇, 南瓜实蝇在广州地区的种群动态. 植物保护学报, 22(4): 348–354.]
- Chen JD, Zhang DM, Whang FX, Wu JJ, Whang LY, Zhang L, 2009. Effect of different density and height of sex attractant traps on trapping *Chilo suppressalis* in *Zizania latifolia* fields. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2009(16): 60–61. [陈加多, 张德明, 王福兴, 吴金金, 王凌云, 张雷, 2009. 性诱剂诱捕器不同放置密度和高度对诱杀茭田二化螟成虫的效果. 长江蔬菜, 2009(16): 60–61.]
- Chen MR, Yu HB, Fang TS, 2002. Comparison of trapping effect between two kinds of attractants on *Monochamus alternatus*. *Forest Pest and Disease*, 2002(6): 3–4. [陈沐荣, 余海滨, 方天松. 两种引诱剂诱捕松墨天牛效果比较. 中国森林病虫, 2002(6): 3–4.]
- Chen YS, Luo ZD, Lai FS, Luo HW, Liu H, 2014. Screening test of attractant and trap color of *Monochamus alternatus* Hope. *China Plant Protection*, 34(12): 44–46. [陈元生, 罗致迪, 赖福胜, 罗惠文, 刘晖, 2014. 松褐天牛引诱剂及诱捕器色泽筛选试验. 中国植保导刊, 34(12): 44–46.]
- Chen YY, Yang YJ, Li PS, Pu SQ, Zhao QY, Xiao HL, Zhou Q, 2019. Trapping effect of four sex attractants on *Spodoptera frugiperda* and their field application in Zhaotong. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2019(S01): 46–48. [陈永燕, 杨毅娟, 李平松, 普松权, 赵庆友, 肖华兰, 周庆, 2019. 4种性诱剂对昭通市草地贪夜蛾的诱捕效果及田间应用初探. 云南农业科技, 2019(S01): 46–48.]
- Cheng Y, Yang XJ, Jian XM, Xue YY, Zhou YH, Li FL, 2019. Effects of insect sex pheromone on monitoring, prevention and control to *Spodoptera litura* Fabricius. *Guizhou Agricultural Sciences*, 47(12): 48–51. [程英, 杨小娟, 蹇孝敏, 薛艳艳, 周宇航, 李凤良, 2019. 昆虫性信息素对辣椒斜纹夜蛾发生的监测及防控效果. 贵州农业科学, 47(12): 48–51.]
- Cocco A, Deliperi S, Delrio G, 2012. Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. *Journal of Applied Entomology*, 137(1/2): 16–28.
- Cui W, Zheng YL, Yao ST, Wang X, Pang BP, Lou YG, 2009. Application techniques of traps with sex pheromone of *Spodoptera litura* in the field. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 97–101. [崔巍, 郑永利, 姚士桐, 汪霞, 庞保平, 娄永根, 2009. 斜纹夜蛾性信息素诱捕器田间应用技术. 昆虫知识, 46(1): 97–101.]

- Disease and Insect Monitoring and Reporting Station in Hukou county, of Jiangxi Province, 1975. Brief report on sex pheromone test of *Pectinophora gossypiella* (Saunders). *Entomological Knowledge*, 12(1): 27. [江西省湖口县病虫测报站, 1975. 红铃虫性信息素试验简报. 昆虫知识, 12(1): 27.]
- Domínguez A, López S, Bernabé A, Guerrero Á, Quero C, 2019. Influence of age, host plant and mating status in pheromone production and new insights on perception plasticity in *Tuta absoluta*. *Insects*, 10(8): 256.
- Dong BC, Wang XQ, Li XG, Li Y, Meng LB, Zhang MK, 2013. Trapping effect of sex attractants on *Chilo suppressalis*. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 41(27): 11012–11015. [董本春, 王晓蕾, 李晓光, 李岩, 孟令斌, 张明坤, 2013. 利用性诱剂诱杀二化螟的效果研究. 安徽农业科学, 41(27): 11012–11015.]
- Gao HH, Zha GX, Yang PJ, Shen Q, Li ZH, Zhang J, Wang YC, 2020. Effect of different sex attractants on trapping *Plutella xylostella*. *Shanghai Vegetable*, 2020(4): 61–62, 77. [高会会, 查国贤, 杨平俊, 沈晴, 李正辉, 张鼎, 王亚川, 2020. 不同性诱剂诱捕小菜蛾效果试验. 上海蔬菜, 2020(4): 61–62, 77.]
- Gao K, Torres-Vila LM, Zalucki MP, Li Y, Griepink F, Heckel DG, Groot AT, 2020. Geographic variation in sexual communication in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Pest Management Science*, 76(11): 3596–3605.
- Gao Y, Guo RF, Shi GC, Liu ZF, Zhang PJ, Ma SG, Feng YT, Fan RJ, 2016. Study on using pheromone paste to disrupt mating of *Grapholitha molesta* (Busck). *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 44(1): 70–73. [高越, 郭瑞峰, 史高川, 刘中芳, 张鹏九, 马四国, 封涛涛, 范仁俊, 2016. 梨小食心虫迷向膏剂的田间应用研究. 山西农业科学, 44(1): 70–73.]
- Ge F, Wang CP, Chen XF, Liu XH, 2002. The control effectiveness of rice stem borer, *Chilo suppressalis*, with synthetic sex pheromone in the middle area of Guizhou province. *Guizhou Agricultural Sciences*, 30(5): 13–14. [戈峰, 王常平, 陈小飞, 刘向辉, 2002. 二化螟性信息素诱杀剂在贵州稻区诱蛾的效果. 贵州农业科学, 30(5): 13–14.]
- Gong BY, Liu H, Xiao FL, Xiang M, Liu J, Yang SZ, LiXX, Duan KP, Xiong XF, 2019. The effects of different sticky glues, food lures and hanging positions, on the effectiveness of sticky spheres for trapping adult *Bactrocera (Tetradacus) minax* (Enderlein). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(4): 840–845. [龚碧涯, 刘慧, 肖伏莲, 向敏, 刘娟, 杨水芝, 李先信, 段科平, 熊先福, 2019. 粘虫胶, 食物诱芯和悬挂位置对诱杀球诱杀柑橘大实蝇的影响. 应用昆虫学报, 56(4): 840–845.]
- Gong Y, Wu HB, Wei SJ, Yang QM, 2022. Control effect of sex pheromones on *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption mating disruption in peach orchard. *China Fruits*, 2022(7): 62–65. [公义, 武海斌, 魏书军, 杨勤民, 2022. 性迷向丝防治桃园梨小食心虫的试验效果. 中国果树, 2022(7): 62–65.]
- Gordon D, Zahavi T, Anshelevich L, Harel M, Ovadia S, Dunkelblum E, Harari AR, 2005. Mating disruption of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae): Effect of pheromone formulations and concentrations. *J. Econ. Entomol.*, 98: 135–142.
- Guo R, Du YJ, Zhong L, Feng B, Chen LL, Xu X, Huang LS, Wang CR, Zhang CG, Zheng ZY, Zheng HB, Zhang WM, Shi CH, Chang JP, 2020. NCode of practice for pest control by Insect sex pheromone-lepidopteran pests in rice crops. Y/T 3686–2020. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. [郭荣, 杜永均, 钟玲, 冯波, 陈立玲, 徐翔, 黄立胜, 王春荣, 张晨光, 郑兆阳, 郑和斌, 张万民, 石春华, 昌建平, 2020. 昆虫信息素防治技术规程-水稻鳞翅目害虫. NY/T 3686–2020. 北京: 中华人民共和国农业农村部.]
- Guo XX, Dai KS, Li J, Wang SK, Xu MW, Wang L, 2021. Effect of three insect collecting devices on the trap of *Spodoptera litura*. *Zhejiang Agricultural Science*, 62(9): 1821–1823. [郭笑笑, 代克松, 李君, 汪诗凯, 徐明旺, 王琳, 2021. 3种集虫装置对斜纹夜蛾诱捕器效果的影响. 浙江农业科学, 62(9): 1821–1823.]
- Han HL, Chen B, Zheng XS, Zhao FC, Yao XM, Shi CH, Xu HX, Lv ZX, Wang GY, 2021. Trapping efficacy and influencing factors of sex attractants on the trapping of *Spodoptera frugiperda* in fresh corn field. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 23(5): 930–937. [韩海亮, 陈斌, 郑许松, 赵福成, 姚晓明, 石春华, 徐红星, 吕仲贤, 王桂跃, 2021. 不同性诱剂对鲜食玉米田草地贪夜蛾的诱捕效果及影响因子研究. 农药学学报, 23(5): 930–937.]
- Hao DJ, Fan BQ, Tang JG, Wang Y, Ma FL, 2009. Screening of attractants for *Monochamus alternatus* and its attraction effects. *Journal of Northeast Forestry University*, 37(11): 86–87. [郝德君, 樊斌琦, 唐进根, 王焱, 马凤林, 2009. 松墨天牛引诱剂的筛选及其引诱作用东北林业大学学报, 37(11): 86–87.]
- He C, Qin YC, Zhou TC, Hua L, Zhang R, 2008. Experiment of mating disruption control *Grapholitha molesta* Busck by using sex pheromone. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 17(5): 3. [何超, 秦玉川, 周天仓, 花蕾, 张锐, 2008. 应用性信息素迷向法防治梨小食心虫试验初报. 西北农业学报, 17(5): 3.]
- He W, Zhao SY, Ge SS, Jiang YY, Zhao XC, Wu KM, 2019. Population prediction method using sexual trapping for *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 45(4): 48–53. [和伟, 赵胜园, 葛世帅, 姜玉英, 赵新成, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾种群性诱测报方法研究. 植物保护, 45(4): 48–53.]

- Hou YM, Pang XF, Liang GW, You MS, 2001. Control effect of sex attractants on *Plutella xylostella* (Linnaeus) population in vegetable greenhouses. *Chinese Journal of Biological Control*, 17(3): 121–125. [侯有明, 庞雄飞, 梁广文, 尤民生, 2001. 性诱剂对蔬菜大棚小菜蛾种群的控制效应. 中国生物防治, 17(3): 121–125.]
- Hu M, Cai XW, Zhang ZM, Gao YG, Li SG, Wang AJ, 2017. Monitoring and control experiments of overwintering adults of *Hyphantria cunea* (Drury) in Jining region. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2017(13): 103–104. [胡猛, 蔡宪文, 张正猛, 高玉国, 李胜国, 王安静, 2017. 济宁地区美国白蛾越冬代成虫的监测与防治试验. 现代农业科技, 2017(13): 103–104.]
- Hu MH, Yu C, Shen XG, Chen JD, Chen MH, Lv WJ, 2009. Preliminary report on the application of sex attractants to control *Chilo suppressalis* in *Zizania latifolia* fields. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2009(16): 62–64. [胡美华, 俞朝, 沈学根, 陈加多, 陈孟华, 吕文君, 2009. 茭白田应用性诱剂防治二化螟试验初报. 长江蔬菜, 2009(16): 62–64.]
- Hu YW, Guan CX, Lin MJ, Li JH, Wen LY, 2013. Geographical variation of sex pheromone of *Chilo infuscatellus*. *Sugarcane and Canesugar*, 2013(3): 15–18. [胡玉伟, 管楚雄, 林明江, 李继虎, 温莉茵, 2013. 甘蔗二点螟性信息素地理变异假说. 甘蔗糖业, 2013(3): 15–18.]
- Huang WL, 2020. Monitoring population dynamics of *Monochamus alternatus* and the effect of climate factors using pheromone trapping method. *Forest Pest and Disease*, 39(6): 19–23. [黄文玲, 2020. 利用诱捕法监测松墨天牛种群动态及气象因子的影响. 中国森林病虫, 39(6): 19–23.]
- Jiang W, Li FJ, Sun LP, Lv DW, 2020. Studies on the application in sweet cherry orchards of sex pheromone *Grapholita molesta* mating disruption technology. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2020(4): 175–176. [姜伟, 李福江, 孙琳鹏, 吕大伟, 2020. 梨小食心虫迷向丝在甜樱桃园的应用. 农业科技通讯, 2020(4): 175–176.]
- Jiang XH, Wang ZC, Yao JF, Xu CF, Li YL, 2020. Correspondence analysis of quantitative distribution of *Monochamus alternatus* and environmental factors at middle and low elevation area of Mount Huangshan. *Forest Pest and Disease*, 39(2): 16–19. [蒋晓辉, 王昭成, 姚剑飞, 许成芳, 李昱龙, 2020. 黄山中低海拔区域松林松墨天牛虫口数量分布与环境因子分析. 中国森林病虫, 39(2): 16–19.]
- Jiao WG, Xuan WJ, Wang HT, Su JW, Sheng CF, 2003. Advances in the use of sex pheromone of control *Chilo suppressalis*. *Entomological Knowledge*, 40(3): 193–199. [焦晓国, 宣维健, 王红托, 苏建伟大, 盛承发, 2003. 水稻二化螟性信息素防治研究进展. 昆虫知识, 40(3): 193–199.]
- Jin WX, Gao H, Wan CD, Wang RY, 2022. Application effect in peach orchard in Yangshan area of sex pheromone *grapholthita molesta* mating disruption technology. *Journal of Smart Agriculture*, 2022(4): 32–35. [金唯新, 高寒, 万成东, 王汝艳, 2022. 梨小食心虫迷向丝在阳山地区桃园中的应用效果. 智慧农业导刊, 2022(4): 32–35.]
- Klun JA, 1975. Insect sex pheromones: Intraspecific pheromonal variability of *Ostrinia nubilalis* in north America and Europe. *Environmental Entomology*, 4(6): 891–894.
- Kochansky J, Cardé RT, Liebheer J, Roelofs WL, 1975. Sex pheromone of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in New York. *Journal of Chemical Ecology*, 1(2): 225–231.
- Koshihara T, Yamada H, 1980. Attractant activity of the female sex pheromone of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), and analogue. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 24(1): 6–12.
- Lance DR, Leonard DS, Mastro VC, Walters ML, 2016. Mating disruption as a suppression tactic in programs targeting regulated lepidopteran pests in US. *J. Chem. Ecol.*, 42: 590–605.
- Leng CM, Yuan XQ, Zhou JH, Hou W, Guo YJ, Shi CX, Li JS, Li YP, 2020. Control effect of three green control techniques on *Plutella xylostella*. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 29(8): 7. [冷春蒙, 袁向群, 周靖华, 侯伟, 郭彦君, 时春喜, 刘俊松, 李怡萍, 2020. 3 种绿色防控技术对小菜蛾的防治效果. 西北农业学报, 29(8): 7.]
- Li AP, Hao NX, Zhang YX, Wu AQ, Dong R, Li XJ, 2007. Control experiment of *Plutella xylostella* with sex pheromone. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 35(10): 44–45. [李爱平, 郝乃香, 张永祥, 武艾卿, 董瑞, 李晓娟, 2007. 小菜蛾性诱剂田间控害试验. 山西农业科学, 35(10): 44–45.]
- Li J, Xu WD, Zhu CH, Jia HZ, Lu Q, 2021. Control effect of sex pheromones on *Grapholita molesta* Busck by using mating disruption in pear garden northern Zhejiang. *China Plant Protection*, 41(9): 62–70. [黎菊, 徐伟东, 朱晨辉, 贾怀志, 陆强, 2021. 浙北梨园性信息素迷向法对梨小食心虫的防效. 中国植保导刊, 41(9): 62–70.]
- Li JJ, Zhou LY, Zhang JY, Zhang C, Ao TG, 2022. Preliminary test report of *Grapholita molesta* Busck observation of occurrence regularity and using mating disruption controlling in apple orchard Tongliao city. *Forestry Science & Technology*, 47(2): 23–25. [李建军, 周宇利, 张嘉益, 张超, 敖特根, 2022. 通辽市塞外红苹果果园梨小食心虫发生规律观察及应用迷向丝防控试验初报. 林业科技, 47(2): 23–25.]
- Li LL, Zhang SC, Zhang SC, Zhang AS, Men XY, Yu Y, 2012.

- Effects of several factors on trapped quantity of *Grapholitha molesta* with sex pheromone. *Shandong Agricultural Sciences*, 44(7): 95–97. [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.]
- Li M, Wang YH, Han KK, Xu XJ, Xie Y, 2016. Effect and analysis of applying sex pheromone mating disruption to control *Grapholitha molesta* in peach orchard. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 62(7): 43–45. [李苗, 王亚红, 韩魁魁, 许晓静, 谢媛, 2016. 应用性信息素迷向技术防治桃园梨小食心虫的效果与分析. 陕西农业科学, 62(7): 43–45.]
- Li WY, Yang MW, Ya P, He YS, Peng GQ, Zhang DX, Li HM, 2012. Effects of different density of chemical pheromones to control tobacco cutworm moth *Spodoptera litura*. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 40(27): 13363–13366. [李文瑜, 杨明文, 亚平, 何元胜, 彭桂清, 张道祥, 李红梅, 2012. 不同密度化学信息素控制烟草斜纹夜蛾的效果. 安徽农业科学, 40(27): 13363–13366.]
- 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 YL, Han FS, Zhang JT, 2010. Review on insect sex pheromone. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(6): 51–54. [李咏玲, 韩福生, 张金桐, 2010. 昆虫性信息素研究综述. 山西农业科学, 38(6): 51–54.]
- Liang WY, Zhou HG, Zhao LW, Xu LY, Wang SL, Liu GL, Lin YF, 2014. Control effect of *Chilo suppressalis* with its lures. *Zhejiang Agricultural Science*, 2014(8): 1220–1221. [梁文勇, 周华光, 赵丽稳, 许燎原, 王仕伦, 刘桂良, 林亚芬, 2014. 二化螟诱芯对水稻二化螟的防治效果. 浙江农业科学, 2014(8): 1220–1221.]
- Lin J, Yang DQ, Hao XX, Cai PM, Ji QE, 2021. Advance on the attractants of Tephritid fruit flies. *Journal of Environmental Entomology*, 43(6): 1398–1407. [林嘉, 杨德庆, 郝旭兴, 蔡普默, 季清娥, 2021. 实蝇引诱剂研究进展. 环境昆虫学报, 43(6): 1398–1407.]
- Lin JT, Zeng L, Lu GY, Liang GW, 2005. Study on influence of the height and location on the methyl eugenol to attract oriental fruit fly males. *Plant Protection*, 31(2): 67–69. [林进添, 曾玲, 陆永跃, 梁广文, 2005. 高度和地点对性引诱剂诱集桔小实蝇雄虫效果的影响. 植物保护, 31(2): 67–69.]
- Lin X, Zhang GJ, Chen H, Yan WS, Nie QY, Li FK, Chen G, 2020. Application of sex pheromone in monitoring and control of *Spodoptera exigua*. *Vegetables*, 2020(11): 47–51. [林雪, 张桂娟, 陈虹, 严文胜, 聂清燕, 李福凯, 陈刚, 2020. 性信息素在甜菜夜蛾监测与防控中的应用. 蔬菜, 2020(11): 47–51.]
- Lin ZH, Yang ZL, Wei LL, Zheng HF, Li HX, Huang GP, 2021. Study on dynamic monitoring and control techniques of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Lincang city. *Yunnan Agricultural and Technology*, 2021(1): 9–11. [林兴华, 杨子林, 韦丽莉, 郑红芳, 李海仙, 黄光平, 2021. 临沧市番茄潜麦蛾动态监测与防控技术研究. 云南农业科技, 2021(1): 9–11.]
- Liu J, Jiang YY, Liu WC, Li YH, Zeng J, Yang QB, 2019. Investigation and forecast techniques of *Spodoptera frugiperda*. *China Plant Protection*, 39(4): 44–47. [刘杰, 姜玉英, 刘万才, 李亚红, 曾娟, 杨清坡, 2019. 草地贪夜蛾测报调查技术初探. 中国植保导刊, 39(4): 44–47.]
- Liu WC, Li ZD, Zhu XM, Du YJ, 2022. Development and application of insect sex pheromone technology in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 38(4): 803–811. [刘万才, 刘振东, 朱晓明, 杜永均, 2022. 我国昆虫性信息素技术的研发与应用进展. 中国生物防治学报, 38(4): 803–811.]
- Liu YP, Wang AZ, Xie CX, Zheng HY, Gao Y, XU LL, 2018. Comparative trial on high efficiency trap for *Monochamus alternatus*. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology*, 45(1): 14–18. [刘云鹏, 王爱忠, 解春霞, 郑华英, 高悦, 徐丽丽, 2018. 松褐天牛高效诱捕器的筛选比较试验. 江苏林业科技, 45(1): 14–18.]
- Liu ZF, Yu Q, Gao Y, Shi GC, Wang BX, Fan RJ, 2016. Prevention and control technology of sex pheromones on *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption in pear garden. *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.]
- Lu GX, Meng SH, 2014. The insecticide and cure of sex pheromones on *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption emitter (siphonate) in peach orchard. *Deciduous Fruits*, 46(2): 37–38. [速改霞, 孟世和, 2014. 性信息素迷向发散器(迷向管)对桃园梨小食心虫的驱避防治效果. 落叶果树, 46(2): 37–38.]
- Lu S, Zhu MM, Wu W, Zhang GX, Wang C, Wu BM, 2017. Study on the effect of mating disruption on the control of *Carposinanoniponensis walsingham*. *China Plant Protection*, 37(1): 3. [陆爽, 朱敏敏, 武雯, 张顾旭, 王春, 吴宝明, 2017. 性信息素迷向法防控桃树梨小食心虫效果研究. 中国植保导刊, 37(1): 3.]
- Lu YY, Zeng Y, Liang GW, Lin JT, Yu X, Xu YX, 2006.

- Improvement of the monitoring technique of, *Bactroera dorsalis*, males by sex attractant. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(1): 123–126. [陆永跃, 曾玲, 梁广文, 林进添, 于鑫, 许益镌, 2006. 对性引诱剂监测桔小实蝇雄成虫技术的改进. 昆虫知识, 43(1): 123–126.]
- Ma T, Lin N, Zhou LL, Shi XH, Zhou QH, Wang C, Sun ZH, Chen XY, He YR, Wen XJ, 2018. Research progress and application prospect of insect sex pheromone mating disruption. *Forest Research*, 31(4): 172–178. [马涛, 林娜, 周丽丽, 史先慧, 周秋宏, 王偲, 孙朝辉, 陈晓阳, 何余容, 温秀军, 2018. 性信息素迷向干扰防控害虫的研究进展及应用前景. 林业科学研究, 31(4): 172–178.]
- Ma T, Liu ZT, Sun CH, Wei XJ, Zhang FP, Wang JB, 2016. Monitoring *Monochamus alternatus* population dynamics with APF- I attractant in Yunnan. *Forest Pest and Disease*, 35(2): 21–23. [马涛, 刘志韬, 孙朝辉, 温秀军, 张飞萍, 王剑波, 2016. APF-I 型引诱剂监测松墨天牛种群动态试验. 中国森林害虫, 35(2): 21–23.]
- Ma XY, 1995. Experiment on the luring of synthetic sex pheromone of *Hyphantria cunea*. *Journal of Liaoning Forestry Science & Technology*, 1995(3): 38–39. [马喜英, 1995. 人工合成美国白蛾性信息素诱虫试验. 辽宁林业科技, 1995(3): 38–39.]
- Maimaiti MNR, Tuya SY, Shataer ADL, Wusiman AHJ, 2022. Analysis of fruit planting area attractant technology of attractant of *Grapholitha molesta* and *Grapholita funebrana* sex pheromone. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 59(4): 942–949. [木尼热·买买提, 索银·图雅, 阿地力·沙塔尔, 阿洪江·吾斯曼, 2022. 果树种植区梨/李小食心虫性引诱剂应用技术分析. 新疆农业科学, 59(4): 942–949.]
- Meng XZ, 2000. Advances in research and application of insect pheromones in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 37(2): 75–84. [孟宪佐, 2000. 我国昆虫信息素研究与应用的进展. 昆虫知识, 37(2): 75–84.]
- Mori BA, Evenden ML, 2013. Factors affecting pheromone-baited trap capture of male *Coleophora deauratella*, an invasive pest of clover in Canada. *Journal of Economic Entomology*, 106(2): 844–854.
- Nakano R, Takanashi T, Surlykke A, 2015. Moth hearing and sound communication. *Journal of Comparative Physiology A*, 201(1): 111–121.
- Ning XL, He CJ, Zhang L, 2014. Effect and analysis of sex pheromone mating disruption prevention and cure *Grapholita molesta* in peach orchard. *Shanxi Fruits*, 2014(4): 8–10. [宁幸连, 贺春娟, 张璐, 2014. 性信息素迷向技术对桃园梨小食心虫的防治效果与分析. 山西果树, 2014(4): 8–10.]
- Niu YH, Shou PY, Guo YJ, Tao XS, Wu LL, 2021. Analysis on the control efficiency of disrupting mating method to *grapholitha molesta* in different orchards. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 49(11): 1336–1339. [牛永浩, 首鹏云, 郭彦君, 陶新社, 吴亮亮, 2021. 迷向法在不同果园防治梨小食心虫效果分析. 山西农业科学, 49(11): 1336–1339.]
- Onufrieva KS, Thorpe KW, Hickman AD, Leonard DS, Mastro VC, Roberts EA, 2008. Gypsy moth mating disruption in open landscapes. *Agricultural and Forest Entomology*, 10(3): 175–179.
- Paerhati W, Zhang L, Zhu HF, Li SQ, Fan RJ, Wang T, Zhao T, 2014. Experiments of aerial control against *Grapholitha molesta* with microencapsulated mating disruption. *Protection Forest Science and Technology*, 2014(6): 11–14. [帕尔哈提·吾吐克, 张磊, 主海峰, 李世强, 范仁俊, 王滔, 赵腾, 2014. 微胶囊迷向剂飞机防治梨小食心虫试验. 防护林科技, 2014(6): 11–14.]
- Qi LY, Luo ZX, Jiang QG, Feng XH, Zhu JT, Xie CR, Dai HG, 2009. Establishment of integrated control system of *Bactrocera dorsalis* in Wuxi. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2009(1): 130–131. [祁力言, 罗智心, 蒋巧根, 封兴华, 朱江涛, 谢昌仁, 戴华国, 2009. 无锡地区橘小实蝇综合防治体系的建立. 江苏农业科学, 2009(1): 130–131.]
- Qianjiang County Disease and Insect Reporting Station of Hubei Province, 1975. Preliminary report on extraction and application of sex hormones from *Pectinophora gossypiella*(Saunders) by soil method. *Chinese Bulletin of Entomology*, 12(1): 25–27. [湖北省潜江县病虫测报站, 1975. 红铃虫性激素土法提取及应用初报. 昆虫知识, 12(1): 25–27.]
- Qiao Y, Dong J, Wang PS, Yue J, Zhang BC, Zhao K, Hao HL, Yang JG, 2016. Control effect of mating disruption technology by using sex pheromone on *Graapholitha molesta*. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 45(4): 98–101. [乔岩, 董杰, 王品舒, 岳瑾, 张保常, 赵昆, 郝海利, 杨建国, 2016. 性信息素迷向技术对梨小食心虫的防治效果. 河南农业科学, 45(4): 98–101.]
- Qu ZG, Sheng SM, Wang HT, Sheng CF, Li JC, 2010. Comparison of trapping effects of two kinds of *Grapholita molesta* Busck attractants. *Journal of Heibei Agricultural Sciences*, 14(2): 30–31, 35. [屈振刚, 盛世蒙, 王红托, 盛承发, 李建成, 2010. 梨小食心虫性诱剂 2 类诱芯的桃园田间诱蛾效果比较. 河北农业科学, 14(2): 30–31, 35.]
- Reddy GV, Cruz ZT, Guerrero A, 2009. Development of an efficient pheromone-based trapping method for the banana root borer *Cosmopolites sordidus*. *J. Chem. Ecol.*, 35(2009): 111–117.
- Reddy GV, Gadi N, Taianao AJ, 2012. Efficient sex pheromone trapping: Catching the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius*. *J. Chem. Ecol.*, 38(2012): 846–853.

- Reddy GV, Shrestha G, Miller DA, Oehlschlager AC, 2018. Pheromone-trap monitoring system for pea leaf weevil, *Sitona lineatus*: Effects of trap type, lure type and trap placement within fields. *Insects*, 9(3): 75.
- Sans A, Moran M, Riba M, Guerrero A, Roig J, Gemenio C, 2016. Plant volatiles challenge inhibition by structural analogs of the sex pheromone in *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *European Journal of Entomology*, 113(2016): 579–586.
- Sharov AA, Roberts EA, Liebhold AM, Ravlin FW, 1995. Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) spread in the central Appalachians: Three methods for species boundary estimation. *Environmental Entomology*, 24(6): 1529–1538.
- Shu CE, Cao CY, Zhang YX, 1987. Field experiment on the interference of microencapsulated sex pheromone of *Pectinophora gossypiella* (Saunders). *Chinese Journal of Biological Control*. 3(3): 106–108. [束春娥, 曹赤阳, 张永孝, 1987. 棉红铃虫微胶囊性信息素干扰棉红铃虫交配的大田试验. 中国生物防治学报, 3(3): 106–108.]
- Stelinski LL, Miller JR, Ledebuhr R, Siegert P, Gut LJ, 2007. Season-long mating disruption of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) by one machine application of pheromone in wax drops (SPLAT-OFM). *J. Pest Sci.*, 80(2): 109–117.
- Su JW, Xuan WJ, Sheng CF, Ge F, 2003. The sex pheromone of rice stem borer, *Chilo suppressalis* in paddy fields: Suppressing effect of mass trapping with synthetic sex pheromone. *Chinese J. Rice Sci.*, 17(2): 78–81. [苏建伟, 宣维健, 盛承发, 戈峰, 2003. 水稻二化螟性信息素技术: 大量诱捕二化螟的防治效果研究. 中国水稻科学, 17(2): 78–81.]
- Su JW, Xuan WJ, Wang HT, Sheng CF, 1999. Large scale trapping the male moth of overwinter generation of stalk borer *Chilo suppressalis* Walker by sex pheromones. *Plant Protection*, 25(2): 1–3. [苏建伟, 宣维健, 王红托, 盛承发, 1999. 应用二化螟性诱剂大面积诱捕越冬代雄蛾. 植物保护, 25(2): 1–3.]
- Sun JP, Yu HL, Feng ZB, Xu HL, 2017. Control effect of eccentricism on pear carpenter. *Practical Forestry Technology*, 2017(10): 55–56. [苏俊平, 于海利, 冯增贝, 徐环李, 2017. 迷向法对梨小食心虫的防治效果. 林业实用技术, 2017(10): 55–56.]
- Sun SJ, Ren AH, Wang XX, Yang XL, Li HW, Li Z, Liu XX, 2021. Control of pear fruit borers using sex pheromone diffuser and releasing *Trichogramma dendrolimi* on. *Chinese Journal of Biological Control*, 37(1): 102–109. [孙圣杰, 任爱华, 王晓祥, 杨雪琳, 李浩文, 李贞, 刘小侠, 2021. 利用迷向散发器和释放松毛虫赤眼蜂对梨树蛀果害虫的防控效果. 中国生物防治学报, 37(1): 102–109.]
- Tan YX, Fu KY, Jia ZZ, Li AM, Ding XH, Tuerxun AHMT, Feng HZ, Guo WC, 2022. Evaluation of trapping effect of trap color, hanging height and position on *Tuta absoluta* (Meyrick). *Xinjiang Agricultural Sciences*, 59(5): 1144–1155. [谈钰汐, 付开赞, 贾尊尊, 李爱梅, 丁新华, 吐尔逊·阿合买提, 冯宏祖, 郭文超, 2022. 诱捕器颜色、悬挂高度与位置对番茄潜叶蛾诱捕效果评价. 新疆农业科学, 59(5): 1144–1155.]
- Tu HT, Zhang JY, Chen HJ, Guo XH, 2012. Experiments on mating disruption control of *Grapholita molesta* by using sex pheromone in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 29(2): 286–290. [涂洪涛, 张金勇, 陈汉杰, 郭小辉, 2012. 应用性信息素缓释剂迷向防治桃树梨小食心虫研究. 果树学报, 29(2): 286–290.]
- Unbehend M, Hänniger S, Vásquez GM, Juárez ML, Reisig D, McNeil JN, Meagher RL, Jenkins DA, Heckel DG, Groot AT, Newcomb RD, 2014. Geographic variation in sexual attraction of *Spodoptera frugiperda* corn- and rice-strain males to pheromone lures. *PLoS ONE*, 9(2), e89255.
- Wan X, 2020. Study on applied fundamental technology of trapping in the forestry of *Hyphantria cunea*. Master dissertation. Hangzhou: Zhejiang A&F University. [万霞, 2020. 美国白蛾林间诱捕的应用基础技术研究. 硕士学位论文. 杭州: 浙江农林大学.]
- Wang DH, Wang SX, Fei MH, Shu GJ, Zhang EJ, Ju CT, Zhang Y, Tai XY, Han YK, Yang Y, 2002. Effect of Sex attractant on second generation of *Chilo suppressalis*. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 30(3): 396–397. [王德好, 王松详, 费铭海, 舒贵俊, 张恩建, 瞿成桃, 张煜, 邵祥友, 韩永康, 杨云, 2002. 二化螟性诱剂大面积诱捕2代雄蛾的效果. 安徽农业科学, 30(3): 396–397.]
- Wang FP, Zhang L, Li YH, Cui ZJ, Luo Y, Su YL, 2019. Advances on research and application on mating disruption of *Grapholita molesta*. *China Fruits*, 2019(5): 12–15. [王付平, 张丽, 李拥虎, 崔章静, 罗尧, 苏延乐, 2019. 梨小食心虫迷向技术研究及应用进展. 中国果树, 2019(5): 12–15.]
- Wang FX, Yang KH, Zhang XQ, Cheng XS, 2008. The effect of sex pheromone trap of *Spodoptera litura*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(2): 300–302. [王方晓, 杨可辉, 张秀衢, 程新胜, 2008. 斜纹夜蛾性诱剂的诱蛾效果. 昆虫知识, 45(2): 300–302.]
- Wang JW, Zhang WM, Zhang XW, Xu MW, Qu LL, Zhang D, Guo JY, Wang L, 2022. Comparison of trapping effects of PLT pheromone light source trap and conventional trap on *Chilo suppressalis*. *Agricultural Science and Technology Communication*, 2022(1): 131–133. [王俊文, 张万民, 张选文, 徐明旺, 屈丽莉, 张丹, 郭进有, 王琳, 2022. PLT 信息素光源诱捕器与常规性诱捕器对二化螟诱捕效果对比. 农业科技通讯, 2022(1): 131–133.]
- Wang KF, Zhang Y, Shen YC, Lu Y, Pan B, Gong WL, Wang YH,

2016. Studies on the application technology of sex pheromone against *Grapholitha molesta* Busck. *Pesticide Science and Administration*, 37(5): 43–46. [王科峰, 张怡, 沈迎春, 陆彦, 潘斌, 龚卫良, 王亚虹, 2016. 梨小食心虫迷向丝防治桃树梨小食心虫迷向技术探究. *农药科学与管理*, 37(5): 43–46]
- Wang SM, Feng F, Wang TZ, Wang KH, Pu Q, Song X, Pu HM, 2020. Trapping effect of different traps on *Tuta absoluta* (Meyrick). *Yunnan Agricultural and Technology*, 2020(3): 21–22. [王树明, 冯凡, 王田珍, 王坤红, 普群, 宋星, 普华明, 2020. 不同诱捕器对番茄潜叶蛾诱集效果试验. *云南农业科技*, 2020(3): 21–22.]
- Wang YC, Li LY, Gong XJ, Cao XY, Xiong YY, Huang F, Luo F, 2019. Experiment on trapping effects of different sex-attractants on *Prodenia litura* in tea garden. *Tianjin Agricultural Sciences*, 25(3): 81–83. [王迎春, 李兰英, 龚雪蛟, 曹馨月, 熊元元, 黄蕃, 罗凡, 2019. 性诱剂对茶园斜纹夜蛾的诱捕效果试验. *天津农业科学*, 25(3): 81–83.]
- Wang YL, Lei GP, Sun XJ, 2016. Sexual traps for the control of *Hyphantria cunea*. *Xiandai Horticulture*, 2016(21): 14–15. [王艳玲, 雷改平, 孙新杰, 2016. 性诱捕器诱杀防治美国白蛾试验. *现代园艺*, 2016(21): 14–15.]
- Wang YM, Ge F, Liu XH, Wang LJ, Feng F, 2006. Field experiments for controlling the tea tussock moth, *Euproctis pseudoconspersa*, by mating disruption with sex pheromone. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(1): 60–63. [王永模, 戈峰, 刘向辉, 王利军, 冯峰, 2006. 应用性信息素迷向法防治茶毛虫的田间试验. *昆虫知识*, 43(1): 60–63.]
- Wang YP, Guo R, Zhang Z, 2012. Comparison and analysis on attracting effects of four kinds of Chinese trapping attractants on *Monochamus alternatus*. *Journal of Beijing Forestry University*, 34(3): 142–144. [王义平, 郭瑞, 张真, 2012. 4种国产引诱剂对松墨天牛诱捕效果的比较分析. *北京林业大学学报*, 34(3): 142–144.]
- Wen P, Luo YY, Hu PP, Chen YK, 2022. The control effect of PVC long acting solid inducer on *Chilo suppressalis*. *China Plant Protection*, 42(1): 56–58. [文萍, 罗永阳, 胡平平, 陈运康, 2022. PVC 长效固体诱芯对水稻二化螟的防效. *中国植保导刊*, 42(1): 56–58.]
- Wen XS, Liao SL, Xiao B, Xiao ZY, Shi MQ, Liu JS, Tang YL, 2017a. Study on the applied technology of panel traps baited with APF- I attractant to catch the *Monochamus alternatus* adults. *Journal of Environmental Entomology*, 39(5): 1155–1160. [温小遂, 廖三腊, 肖斌, 肖忠优, 施明清, 刘继生, 唐艳龙, 2017a. APF- I 型松墨天牛引诱剂的应用技术研究. *环境昆虫学报*, 39(5): 1155–1160.]
- Wen XS, Yu AL, Tang YL, Liao SL, Shi MQ, 2017b. Comparison of the effect of four attractants on the interforest entrapment of *Monochamus alternatus* Hope. *Forest Research*, 30(5): 765–770. [温小遂, 喻爱林, 唐艳龙, 廖三腊, 施明清, 2017b. 4种引诱剂林间诱捕松墨天牛效果比较. *林业科学研究*, 30(5): 765–770.]
- Witzgall P, Stelinski L, Gut L, Thomson D, 2008. Codling moth management and chemical ecology. *Annu. Rev. Entomol.*, 53: 503–522.
- Wu HX, Zheng YL, Han MH, Jiang KJ, Wu JX, 2011. Large-scale application of mass trapping of *Spodoptera litura* with sex pheromone and evaluation of its control efficiency in the cabbage field. *Plant Protection*, 37(1): 138–141. [吴华新, 郑永利, 韩敏晖, 蒋开杰, 吴降星, 2011. 大面积应用性信息素诱捕甘蓝斜纹夜蛾及田间控害效果. *植物保护*, 37(1): 138–141.]
- Wu SR, Wang K, Yuan SR, Guo YG, Xiao C, 2010. Influence of traps of different shapes and colors on the trapping effect on *Monochamus alternatus* Hope. *Forest Pest and Disease*, 29(1): 5–7. [伍苏然, 王凯, 袁素蓉, 郭亚纲, 肖春, 2010. 诱捕器形状及颜色对松墨天牛诱捕效果的影响. *中国森林病虫*, 29(1): 5–7.]
- Wu SY, Shen ZJ, Fang MH, Hong WY, Wo LF, Liu T, Deng JY, 2020. Control effect of sex pheromones on *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption in yellow peach orchard. *China Plant Protection*, 40(4): 52–54. [吴甚妍, 沈志杰, 房明华, 洪文英, 沃林峰, 刘涛, 邓建宇, 2020. 性信息素迷向丝在黄桃园梨小食心虫防控中的应用效果. *中国植保导刊*, 40(4): 52–54.]
- Xiao W, Honda H, Matsuyama S, 2011. Monoenyl hydrocarbons in female body wax of the yellow peach moth as synergists of aldehyde pheromone components. *Applied Entomology and Zoology*, 46(2): 239–246.
- Xu LR, Jiang L, 2022. Study on *Grapholitha molesta* Busck law of occurrence and mating disruption of trellised pear orchard in the “Two arm Forward”. *South China Fruits*, 51(5): 178–181. [徐丽荣, 蒋礼, 2022. “双臂顺行式”棚架梨园梨小食心虫发生规律及迷向效果研究. *中国南方果树*, 51(5): 178–181.]
- Xu LY, Zhao LW, Liu GL, Zhou HG, Liang WY, 2015. Study on the effect of lure on rice *Chilo suppressalis*. *China Plant Protection*, 35(5): 40–42. [许燎原, 赵丽稳, 刘桂良, 周华光, 梁文勇, 2015. 性诱芯防治水稻二化螟效果探析. *中国植保导刊*, 35(5): 40–42.]
- Xu SZ, Xiao MH, Wei ZH, Xu SY, Xiao YH, Kanng HB, 2019. Application of sex pheromone mating interference technique in rice pest control. *China Plant Protection*, 39(8): 48–51. [徐善忠, 肖明徽, 韦赵海, 徐绍益, 肖瑜红, 康宏波, 2019. 性信息素交配干扰技术在水稻害虫防治中的应用. *中国植保导刊*,

- 39(8): 48–51.]
- Xu ZW, Wang F, Xiang ZZ, Fan XZ, 2020. Comparison of trapping efficacy of three attractants to *Monochamus alternatus* adults. *Plant Protection*, 46(3): 231–235. [徐真旺, 王芳, 项作周, 范祥祯, 2020. 3 种引诱剂对松褐天牛成虫引诱效果比较. 植物保护, 46(3): 231–235.]
- Yan FM, 2011. *Chemical Ecology*. Beijing: Science Press. 53–55. [闫凤鸣, 2011. 化学生态学(第二版). 北京: 科学出版社. 53–55.]
- Yang LP, Song ZX, Li YH, Wang L, Yu WJ, Wang SK, Xu HH, Zhang ZX, 2020. Evaluation of the trapping effect of different types of attractant lures and traps combinations on *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Environmental Entomology*, 42(6): 1344–1350. [杨留鹏, 宋紫霞, 李拥虎, 王琳, 余伟杰, 汪诗凯, 徐汉虹, 张志祥, 2020. 不同类型性诱剂诱芯及诱捕器组合对草地贪夜蛾诱集效果评价. 环境昆虫学报, 42(6): 1344–1350.]
- Yang MW, He YS, Zhang KM, Pen GQ, Wang JM, Xu YL, 2011. Control of tobacco cutworm moth *Spodoptera litura* (Lepidoptera, Noctuidae) by mass trapping with the synthetic pheromone lures. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 39(28): 17314–17316. [杨明文, 何元胜, 张开梅, 彭桂清, 王继明, 许银莲, 2011. 性信息素诱杀技术控制烟草斜纹夜蛾研究. 安徽农业科学, 39(28): 17314–17316.]
- Yang XL, 2017. Guidelines for the scientific use of biopesticides. *Journal of Pesticide Science*, 19(1): 113. [杨新玲, 2017. 生物农药科学使用指南. 农药学学报, 19(1): 113.]
- Yi L, Tian JL, Qiu MW, Chen YM, Ye YL, Deng HB, 2018. Densities and types of traps against *Spodoptera litura*: Trapping and control effects in tobacco field. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 34(31): 147–151. [易龙, 田俊岭, 邱妙文, 陈永明, 叶延林, 邓海滨, 2018. 不同密度及类型的诱捕器对烟田斜纹夜蛾诱捕和防治效果影响. 中国农学通报, 34(31): 147–151.]
- Ying DW, 2017. Attraction effect of traps with different height on *Plutella xylostella* on three hosts. *China Plant Protection*, 37(9): 62–63. [应德文, 2017. 不同高度性诱捕器对 3 种寄主上小菜蛾的引诱效果. 中国植保导刊, 37(9): 62–63.]
- Yuan SK, Gou XJ, Du YJ, Yang J, Nie XD, Li S, Wang ZH, 2017. NY/T3093.2-2017 Guidelines for field efficacy trials of insect semiochemicals against pests-Part 2: Mating disruptor against agricultural insects. NY/T3093.2-2017. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. [袁善奎, 郭晓军, 杜永均, 杨峻, 聂东兴, 李姝, 王泽华, 2017. 昆虫化学信息物质产品田间药效试验准则-第 2 部分: 昆虫性迷向素防治农业害虫. NY/T3093.2-2017. 北京: 中华人民共和国农业农村部.]
- Zhan GQ, Jin J, Xie YT, Xu JK, Jin YQ, Chen X, 2017. Study on the control effect of *Plutella xylostella* dispensers. *Chinese Horticulture Abstracts*, 33(8): 40–42. [詹国勤, 金军, 谢鋈韬, 徐加宽, 金燕强, 陈新, 2017. 小菜蛾迷向丝防治小菜蛾的效果研究. 中国园艺文摘, 33(8): 40–42.]
- Zhang DH, Yue LJ, Wang XL, Liu XR, Jiang J, 2011. Using mating disruption on *Grapholitha molesta* Busck of peach production. *Northern Fruits*, 2011(6): 11–12. [张道环, 岳兰菊, 王学良, 刘显荣, 蒋进, 2011. 梨小食心虫性信息素迷向在桃树生产上的应用. 北方果树, 2011(6): 11–12.]
- Zhang DY, Xi LL, Yu F, Wu LP, Xu J, Liu XM, 2018. Comparisons on field trapping effect of F2 and APF-1 on *Monochamus alternatus*. *Zhejiang for Sci. Technol.*, 38(6): 73–76. [张冬勇, 席璐璐, 余峰, 吴利平, 徐俊, 刘晓明, 2018. F2 型和 APF-1 持久型引诱剂对松墨天牛的林间诱捕效果比较. 浙江林业科技, 38(6): 73–76.]
- Zhang GF, Zhang YB, Liu WX, Zhang F, Xian XQ, Wan FH, Feng XD, Zhao JN, Liu H, Liu WC, Zhang XM, Li QH, Wang SM, 2021. Effect of trap color and position on the trapping efficacy of *Tuta absoluta*. *Scientia Agricultura Sinica*, 54(11): 2343–2354. [张桂芬, 张毅波, 刘万学, 张帆, 洗晓青, 万方浩, 冯晓东, 赵静娜, 刘慧, 刘万才, 张晓明, 李庆红, 王树明, 2021. 诱捕器颜色和悬挂高度对番茄潜叶蛾诱捕效果的影响. 中国农业科学, 54(11): 2343–2354.]
- Zhang L, Zhang J, Liu ZJ, Zhu HF, Bi SJ, Xiao F, 2012. Technology of sex pheromone to prevent *Grapholitha molesta* in ecological healthy orchard. *Protection Forest Science and Technology*, 2012(5): 21–23. [张磊, 张俊, 刘忠军, 主海峰, 毕司进, 肖飞, 2012. 生态健康果园中梨小食心虫信息素迷向防治技术研究. 防护林科技, 2012(5): 21–23.]
- Zhang QH, Chu D, Zhu LH, Qi K, Han GS, Shuji C, Nishikuno, Liu X, Xing JG, 1998. Application techniques of synthetic sex pheromone in *Hyphantria cunea*. *Plant Quarantine*, 12(2): 65–69. [张庆贺, 初冬, 朱丽虹, 戚凯, 韩国生, 千田修治, 二宫保男, 刘侠, 邢景光, 1998. 美国白蛾性信息素应用技术的研究. 植物检疫, 12(2): 65–69.]
- Zhang QR, Chen X, Jiang PH, Cheng J, 2014. Trapping effect of sex pheromone on (*Spodoptera litura*). *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 42(2): 7409, 7494. [张泉荣, 陈新, 蒋萍华, 程佳, 2014. 应用性信息素诱捕斜纹夜蛾效果研究. 安徽农业科学, 42(2): 7409, 7494.]
- Zhang W, He YY, Wang XB, 2014. Trial using mating disruption prevention and cure *Grapholitha molesta* Busck. *Hebei Fruits*, 2014(5): 14–16. [张伟, 何元英, 王小兵, 2014. 迷向法防治梨小食心虫试验. 河北果树, 2014(5): 14–16.]
- Zhang WZ, Zhang CY, Shi HK, Zhang JZ, Cui XL, Guan W, 2015.

- The apply effect of *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption in peach orchard of Pinggu Beijing. *Northern Fruits*, 2015(2): 9–10. [张文忠, 张承胤, 史贺奎, 张金株, 崔晓岚, 关伟, 2015. 梨小食心虫迷向丝在北京平谷地区桃园的应用效果. 北方果树, 2015(2): 9–10.]
- Zhang Y, Lin MG, Wang XJ, Li F, Shi J, Zeng L, 2013. Effect of methyleugenol and protein bait additives with different insecticides on *Bactrocera dorsalis*. *South China Fruits*, 42(3): 72–74. [张艳, 林明光, 汪兴鉴, 黎奋, 石晶, 曾玲. 2013. 甲基丁香酚和蛋白饵剂添加不同杀虫剂诱杀桔小实蝇的效果. 中国南方果树, 42(3): 72–74.]
- Zhang Z, Wang HB, Chen GF, Kong XB, Zhang SF, Liu F, 2022. Application of semiochemicals in insect pest monitoring. *Acta Entomologica Sinica*, 65(3): 351–363. [张真, 王鸿斌, 陈国发, 孔祥波, 张苏芳, 刘福, 2022. 信息化学物质在害虫监测中的应用. 昆虫学报, 65(3): 351–363.]
- Zhang ZY, Sun GJ, Yang BJ, Liu SH, Lv J, Yao Q, Tang J, 2022. Pheromone-baited intelligent monitoring system of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) based on machine vision and deep learning. *Acta Entomologica Sinica*, 65(8): 1045–1055. [张哲宇, 孙果稼, 杨保军, 刘淑华, 吕军, 姚青, 唐健, 2022. 基于机器视觉和深度学习的稻纵卷叶螟性诱智能监测系统. 昆虫学报, 65(8): 1045–1055.]
- Zhao H, Li HY, Shen JB, Ding XS, Zheng QL, Zi YB, 2019. Study on the effect of sex pheromone on controlling fruit fly and fruit moth in pear orchard in Dali, Yunnan. *China Plant Protection*, 39(6): 59–63. [赵航, 李宏玉, 沈嘉彬, 丁学双, 郑全利, 字迎彪, 2019. 云南大理应用性信息素防治梨园橘小实蝇及梨小食心虫的效果研究. 中国植保导刊, 39(6): 59–63.]
- Zhao LJ, Zheng Q, Wang DY, Ma WB, 2018. The control effect of mating disruption on *Grapholitha molesta* Busck. *Jouranal of Northern Agriculture*, 46(2): 73–75. [赵丽君, 郑强, 王道勇, 马文斌, 2018. 迷向技术对梨小食心虫的防治效果. 北方农业学报, 46(2): 73–75.]
- Zheng SN, Hu ZB, Fang ZP, Zhou DC, Wang GZ, Qi CY, 2000. Trapping effect of different traps for *Chilo suppressalis*. *Anhui Agri. Sci. Bull.*, 6(5): 49–50. [郑圣年, 胡召彬, 方志鹏, 周德春, 王桂芝, 戚传勇, 2000. 二化螟性诱剂不同诱盆的诱蛾效果. 安徽农学通报, 6(5): 49–50.]
- Zhou CH, Huang DH, Xu L, Xie J, 2013. Control Effects of sex pheromones on *Grapholitha molesta* Busck by using mating disruption. *Biological Disaster Science*, 36(2): 3. [周超华, 黄冬华, 徐雷, 谢杰, 2013. 用迷向丝防治梨小食心虫效果研究. 生物灾害科学, 36(2): 3.]
- Zhou SX, Li LJ, Lu X, Wang QH, Luan L, 2020. The effect of trapping type and hanging height on the trapping effect of *Chilo suppressalis*. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 45(2): 32–35. [周淑香, 李丽娟, 鲁新, 王秋华, 栾丽, 2020. 诱捕器类型和悬挂高度对二化螟诱集效果的影响. 东北农业科学, 45(2): 32–35.]
- Zhou YH, Li FL, Li WH, Jin JX, Cheng Y, 2020. Effects of trap crop and sex attractants-attractants combination on trapping on *Prodenia litura* on pepper. *Guizhou Agricultural Sciences*, 48(10): 50–53. [周宇航, 李凤良, 李文红, 金剑雪, 程英, 2020. 诱集植物和性诱剂及引诱剂组合对辣椒斜纹夜蛾的诱集效果. 贵州农业科学, 48(10): 50–53.]
- Zhu WY, Zhang Y, Li T, 2020. Investigation on occurrence regularity and mating disruption effect of *Grapholitha molesta* adults in pear orchards of Yuncheng city. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 48(8): 1298–1300. [朱文雅, 张烨, 李唐, 2020. 运城市梨园梨小食心虫成虫发生规律与迷向效果调查. 山西农业科学, 48(8): 1298–1300.]