



魏然, 吴俊彦, 张习文, 等. 昆虫信息素应用于害虫绿色防控的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2022(12):95-99.

昆虫信息素应用于害虫绿色防控的研究进展

魏 然^{1,2}, 吴俊彦¹, 张习文¹, 刘显元¹, 杨 树¹, 位昕禹¹, 刁鹤男¹, 崔杰印^{1,2}

(1. 黑龙江省农业科学院 黑河分院, 黑龙江 黑河 164300; 2. 国家土壤质量爱辉观测实验站, 黑龙江 黑河 164300)

摘要:为促进昆虫信息素在害虫防治中广泛应用, 根据近年来国内外相关研究, 综述了昆虫信息素在害虫防治应用方面的研究进展, 其中包括性信息素、聚集信息素、报警信息素及昆虫源利它素等不同种类昆虫信息素在害虫防治中的应用情况; 昆虫信息素在虫情监测、预报、诱杀、干扰交配、与其他防治方法联合使用等方向的应用研究以及影响昆虫信息素诱捕效果的因素等相关研究。

关键词:昆虫信息素; 害虫; 绿色防控

昆虫信息素(Insect Pheromone)是由昆虫分泌并释放体外, 与同种(种内信息素)或异种昆虫(种间信息素)个体之间在觅食、求偶、产卵、自卫等过程中起交流通讯作用的化学物质^[1-2], 其中种内信息素主要包括性信息素(Sexy Pheromones)^[3], 聚集信息素(Aggregation Pheromones)^[4]、报警信息素(Alarm Pheromones)^[5]、示踪信息素(Trail Pheromones)^[6]等, 种间信息素包括利己素(Allomone)、利它素(Kairomone)、协同素(Synomone)及抗性素(Antimone)等^[7]。昆虫信息素生物防治技术是利用昆虫信息素物质干扰、影响昆虫个体间通讯, 以实现诱捕或扰乱害虫交配为目的的一种绿色防控技术。在农业生产防治害虫的过程中大量使用化学杀虫剂会导致害虫产生耐药性, 同时杀伤不同种群天敌, 并造成大量农药残留, 对环境和人类健康安全造成了负面影响^[8-10]。因此绿色环保、无毒无害的昆虫信息素生物防治技术为害虫防治提供了新的方向^[2]。但天然信息素在实际应用中存在着易挥发和氧化快的问题, 而经人工鉴定、提取、合成的信息素化合物则可以规避这些问题, 从而更广泛地在害虫防治中应用^[11]。从人类首次应用昆虫信息素化合物于棉红铃虫(*Pectinophora gossypiella*)害虫防治至今, 该领域研究发展迅速, 目前可应用的昆虫信息素化合物范围十分广泛, 基本覆盖了鳞翅目、鞘翅目、半翅目、等翅目、膜翅目等的主要害虫, 其种类包括昆虫性信息素、聚集信息素、报警信息素以及昆虫源利它素等^[12]。

1 农业害虫绿色防控常应用的昆虫信息素种类

1.1 性信息素

昆虫性信息素是昆虫性成熟后由昆虫性信息素分泌腺产生, 能被同种异性个体接受并产生一定生殖行为反应(如觅偶定向、求偶交配等)的微量化学物质^[13]。从1959年Butenandt等从家蚕体内提取鉴定出第一个昆虫性信息素主要成分蚕蛾醇起, 至今已先后鉴定出2 000多种不同昆虫性信息素^[14]。我国较早便开始了昆虫性信息素研发应用相关研究工作, 文献记载20世纪60年代, 上海昆虫研究所等科研单位便率先进行了昆虫性信息素的提取利用方面的研究^[13]。目前性信息素的研究和应用较广, 在害虫防治中主要应用于虫情监测、大量诱捕、干扰交配以及配合杀虫剂、天敌进行综合防治等用途^[15]。如阿曼古力·吐尼亚孜研究表明应用昆虫性信息素进行苹果蠹蛾虫情监测效果较好^[16]; 孟庆果^[17]的研究结果表明利用性信息素进行迷向可以有有效的防治绿盲蝽。

1.2 聚集信息素

昆虫聚集信息素是由昆虫体内产生, 并能被雌、雄两性同种昆虫接收, 引起聚集行为反应的化学物质^[18-19], 其主要成分多为一些烃、醇、醛、酮、酯、酸、酸酐、胺、腈类化合物^[4], 最早提取、鉴定并合成的昆虫聚集信息素是类加州十齿小蠹(*Ips paraconfusus*)信息素的三个组分小蠹烯醇、顺-马鞭草烯醇和小蠹二烯醇^[20]。目前昆虫聚集信息素主要应用于害虫的监测和诱捕, 如Endo等^[21]的研究表明, 聚集信息素可以应用于点蜂缘蝽成虫迁飞监测; 俞艳等^[22]通过试验表明利用聚集信息素大量诱捕可以减轻跳甲对十字花科作物的危害, 减少杀虫剂的使用。

收稿日期: 2022-10-06

基金项目: 黑龙江省农业科学院2021年度科技攻关项目(2021YYF013); 黑河市科技计划指导类项目(HHZD2022A020)。

第一作者: 魏然(1986—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事大豆遗传育种研究工作。E-mail: wr19861023@sina.com。

1.3 报警信息素

昆虫报警信息素是由昆虫体内分泌,引起同种昆虫个体产生逃离行为反应的化学物质^[23]。1972年Bowers等首次从四种蚜虫体内提取鉴定出报警信息素(E)-7,11-二甲基-3-亚甲基十二烷-1,6,10-三烯,简称E β F,该物质是一种不饱和非环状烯烃类化合物,是多种蚜虫报警信息素的主要成分^[24-26]。目前昆虫报警信息素主要利用其驱避效果在各类蚜虫防治中应用,如刘中芳等^[27]通过试验证明在苹果黄蚜发生前施用蚜虫报警信息素12.5% PMDD-Q-05微乳剂可有效驱避该虫,效果持续20 d以上。

1.4 昆虫源利它素

昆虫源利它素由寄主昆虫个体释放并引起捕食性或寄生性天敌个体行为反应的化学物质^[28]。在害虫绿色防治中利用利它素可以使寄生蜂寿命延长、产卵能力增强、产卵更加分散、加强寻找寄主行为,最终提高寄生蜂对害虫的寄生效果^[29],如Lewis等^[30]将可以诱发广赤眼蜂产卵行为的利它素喷施在田间,广赤眼蜂的寄生率明显增加;李正西等^[31]通过田间试验证明,长角广腹细蜂的搜索利它素可激起寄生蜂搜索寄主的行为,从而提高该蜂寄生率。

2 昆虫信息素的应用研究进展

2.1 虫情监测和诱捕

利用可以引发同种昆虫聚集的特性,昆虫性信息素和聚集信息素可应用于虫情监测、预报及诱捕等领域中。虫情监测、预报是害虫防治工作的重要组成和信息基础。2013年我国农业部印发《农业部关于加快推进现代植物保护体系建设的意见》,其中指出完善国家重大病虫害监测预警网络、构建国家和省级农作物病虫害监测预警信息系统以及改善病虫害监测防控手段、大力推广绿色防控技术的必要性^[32]。而昆虫信息素在害虫监测中具有环保、便捷、准确以及成本低的优点,因此利用昆虫信息素进行虫情监测、预报是必然的发展方向^[33]。我国农业部办公厅于2011年印发《关于推进农作物病虫害绿色防控的意见》^[34]、于2013年印发《2013年全国农作物病虫害绿色防控示范区建设方案》^[35]、于2015年印发《2015年农作物病虫害专业化统防统治与绿色防控融合推进试点方案》^[36],这些文件中明确了病虫害绿色防控对保障农业生产安全和农产品质量安全的重大意义。近年来国内各科研单位、团队通过大量实验不断明确不同害虫的信息素化合物的监测、诱捕效

果,其中段云等^[37]通过试验比较了性信息素诱捕器和测报灯对劳氏黏虫的诱捕效果,结果表明性信息素诱捕器诱捕数量远高于测报灯;叶占峰等^[38]针对地理差异对棉铃虫性信息素通讯系统的影响,在长江流域、黄河流域以及新疆地区进行了比较分析,分析结果表明内地不同种群棉铃虫性信息素通讯系统基本一致,而新疆和内地棉铃虫种群存在一定的差异,这意味着该地区棉铃虫性信息素组分最佳比例有所差异,该研究结果为开发和使用区域针对性的棉铃虫性信息素诱芯提供了重要参考;闫秀等^[39]成功利用点蜂缘蝽聚集信息素进行监测明确了点蜂缘蝽的主要寄主作物;于海利等^[40]通过不同昆虫性信息素配方诱捕试验,筛选出针对桃小食心虫和金纹细蛾监测效果最好的配方,并确定桃小食心虫和金纹细蛾单一诱芯的诱蛾效果均极显著高于复合诱芯;渠成等^[41]通过风洞试验和田间试验对8种不同配方草地贪夜蛾性信息素进行诱捕效果筛选,试验结果表明信息素三种化合物顺-9-十四碳烯乙酸酯、顺-11-十六碳烯乙酸酯和反-7-十二碳烯乙酸酯按照100:1:1比例配置,对草地贪夜蛾诱捕效果最好;耿双双等^[42]研究发现西花蓟马和花蓟马聚集信息素主要成分相同,为(R)-lavandulyl acetate和neryl(S)-2-methylbutanoate,当两种化合物剂量为10 000 ng,比例为1:8时对西花蓟马成虫的引诱效果最佳,当化合物剂量为5 000 ng,比例为1:4时对花蓟马成虫的引诱效果最佳;陈青等^[43]对比了12种不同聚集信息素对橡胶小蠹虫的诱捕效果,结果表明(S)-(-)-小蠹烯醇、(S)-(+) -小蠹二烯醇、(4S)-顺式-马鞭草烯醇诱捕效果最好。该领域研究文献记载丰富,由于篇幅有限,无法一一列举,这些研究可以确定针对不同害虫的不同昆虫信息素以及不同配方的防治效果,为昆虫信息素害虫绿色防控应用提供重要的信息参考和技术支撑。

2.2 干扰交配

利用昆虫性信息素干扰害虫交配又称迷向防治,目前多用于鳞翅目害虫防治,主要是通过微胶囊、迷向丝、蜡滴、空气纤维等迷向缓释载体将人工合成高浓度性信息素弥散在环境中,干扰雄虫定位、识别未交配雌虫,最终导致雌雄虫交配几率下降,下一代虫口基数降低^[44-46]。相比其他害虫防治方法,迷向防治具有专一性高、成本低、无污染的优点,近年来被广泛应用于农作物害虫绿色防控中,并受到了科研人员的更多关注。其中金唯新等^[47]连续4年使用迷向丝防治梨小食心虫,

并同时进行监测调查,结果表明多年迷向防治可以有效降低梨小食心虫种群发生数量,最高迷向率可达 94.37% 以上;徐达勋等^[48]通过迷向试验明确了昆虫性信息素可以有效降低苹果园桃小食心虫的发生数量,迷向密度与迷向丝悬挂高度的互作效应显著影响了桃小食心虫的诱蛾量与迷向率;吾买尔江·拜克力^[49]的研究表明通过无人机喷施苹果蠹蛾微胶囊迷向剂,迷向率为 99.27%,可有效降低苹果蠹蛾种群数量。利用昆虫性信息素干扰害虫交配对于害虫绿色防控有着显著的效果,但也存在着用量大、成本高的缺点,这导致迷向防治的应用难度较大,但从害虫绿色防控角度来看,该方法具有很好的发展前景。

2.3 害虫趋避

利用昆虫报警信息素的趋避效果可引起某些害虫产生逃离行为,以降低该害虫虫口数量,达到防治作用,目前主要应用于各类蚜虫防治。魏波等^[50]的研究证明蚜虫报警信息素反- β -法尼烯对无翅蚜的驱避作用强于有翅蚜;李时荣等^[51]的试验表明反- β -法尼烯含量为 $10 \text{ ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$ 时对麦长管蚜趋避效果最佳;刘英杰等^[52]研究了反- β -法尼烯对马铃薯田间的桃蚜、棉蚜、马铃薯长管蚜种群数量变动的影响,结果表明,反- β -法尼烯处理后植株上的蚜虫数量显著低于对照。

2.4 联合防治

昆虫信息素害虫绿色防控技术有着良好的兼容性,可以搭配化学、生物杀虫剂、天敌等不同方法联合防治,提高害虫防治效果。江苏省如东县以昆虫信息素诱杀、释放赤眼蜂和种植香根草为核心技术,配合生物农药形成集成防治方法,对水稻二化螟、大螟、稻纵卷叶螟防效均达 90% 以上,可完全代替化学防治^[53];昆明市阳宗海风景名胜区综合采用“昆虫信息素诱杀同时搭配施用苦参·印楝素+苏云金杆菌+甲维盐”的综合防控措施防治草地贪夜蛾,施药 1 次后第 3 天、第 7 天和第 10 天,虫口减退率分别为 93.56%、91.88% 和 88.52%^[54];河北省故城县夏玉米田应用昆虫信息素和诱虫灯诱杀,赤眼蜂、中红侧沟茧蜂寄生,苏云金杆菌、白僵菌感染毒杀形成集成防治方法,对玉米螟和棉铃虫有着较好的防治效果,大幅度降低了农药使用量、提高了防治效果^[55]。谷彦冰等^[56]通过试验证明 3 种不同杀虫剂搭配 5% 蚜虫报警信息素乳油对桃蚜的防效显著好于单独使用杀虫剂。陈爱松等^[57]的试验结果表明新型 12.5% CAU1204 蚜虫报警信息素微乳剂与杀虫剂吡虫

啉搭配使用可显著提高对核桃黑斑蚜的防治效果。由上述研究可知以昆虫信息素为基础的联合防治技术具有防治效果好、专一性强、可减少化学药剂使用的优点,是害虫绿色防治的重要研究方向,具有很好的推广应用前景。

3 昆虫信息素应用效果的影响因素

除信息素化合物本身外,影响昆虫信息素害虫防治效果的因素,还包括诱捕器、载体材料、周边环境等因素。谈钺汐等^[58]通过使用性信息素田间诱捕番茄潜叶蛾,确定使用蓝色诱捕器、诱捕器悬挂高度为 40~60 cm 时对番茄潜叶蛾诱捕效果最好;王安柱等^[59]比较了船形、三角形、水盆形 3 种性信息素诱捕器对梨小食心虫的诱捕效果,发现船型诱捕器效果最佳;胡壮壮等^[60]通过田间点蜂缘蜡聚集信息素诱捕效果试验,比较了不同诱捕器和缓释材料对诱捕效果的影响,研究表明不同缓释材料、诱捕器与诱捕效果差异达极显著水平,其中缓释包诱芯和 PVC 诱芯诱捕量显著高于橡胶塞诱芯,小船型诱捕器和双向倒漏斗型诱捕器诱捕量显著高于通用桶型诱捕器和绿色粘虫板;阎伟等^[61]比较了诱捕器高度、颜色对红棕象甲聚集信息素诱捕效果的影响,结果表明诱捕器置于地面诱捕效果最好,而红色和黑色诱捕器诱捕效果优于其他颜色诱捕器;韩海亮等^[62]进行玉米田间草地贪夜蛾诱捕效果比较试验,以明确草地贪夜蛾性诱装置最佳使用方案,结果表明草地贪夜蛾专用诱捕器搭配 BLB 性诱芯诱捕效果最好,悬挂高度应高于玉米植株,诱捕器最佳间距为 30 m。某些植物挥发物可以提高昆虫信息素的诱集效果^[63],蒋世雄等^[64]通过田间试验评价了植物挥发物对黏虫性信息素诱捕效果的影响,试验结果表明单一植物挥发物对黏虫的吸引力很小,但苯乙醛、 β -石竹烯、Z-3-己烯基乙酸酯与性信息素组合配方的诱捕量是单独使用性信息素的 1.8 倍;和小娟等^[65]的研究证明寄主植物挥发物顺-3-己烯乙酸酯和乙酸己酯可以有效提高性信息素对梨小食心虫雄虫的诱捕效果。因此昆虫信息素害虫绿色防控技术的效果并不仅取决于信息素本身,明确配套装置、辅助材料及实施环境的契合度也是实施昆虫信息素害虫绿色防控必不可少的工作。

4 展望

近年来随着国家对农业病虫害绿色防控的重视程度和人们对饮食、环境安全的关注日益提升,减少化学药剂使用成为农业发展必然趋势,昆虫

信息素害虫绿色防控技术因具备无毒无害,不伤害天敌、不破坏环境等优点而被提倡应用。但因单独采用昆虫信息素诱杀害虫相比传统化学药剂成本相对较高,在生产中使用具有局限性,因此发展以昆虫信息素为核心,利用其诱集效果,搭配不同防治方法形成集成绿色防控技术是目前应更多关注的研究方向。并且昆虫信息素诱捕效果受信息素配方、载体、诱捕器等多因素影响,开展相关研究明确针对不同农业害虫诱捕的信息素最佳组分、比例、剂量、契合的诱捕器以及诱捕器布置方法,形成使用标准,可以提高并稳定防控效果,为昆虫信息素广泛应用奠定技术基础。

参考文献:

- [1] 杜家伟.昆虫信息素及其应用[M].北京:中国林业出版社,1988.
- [2] 高长启,孙守慧,宋福强,等.昆虫信息素及其在害虫防治中的应用[J].吉林林业科技,2001(1):1-4,17.
- [3] 张岩,刘敬泽.昆虫的性信息素及其应用[J].生物学通报,2003(12):7-10.
- [4] 姜勇,雷朝亮,张钟宁.昆虫聚集信息素[J].昆虫学报,2002(6):822-832.
- [5] 孙志娟.蚜虫报警信息素生物合成的来源及其分子机制[J].北京:中国农业大学,2018.
- [6] HOPPE H,方兵兵.示踪外激素对大蜂螨识别内外勤蜂的影响[J].中国养蜂,1991(5):41-43.
- [7] 张学祖.植物、植食性昆虫及捕食者种间化学信息物质[J].昆虫知识,1994(1):52-55.
- [8] 张丽阳,刘承兰.昆虫抗性机制及抗性治理研究进展[J].环境昆虫学报,2016,38(3):640-647.
- [9] 肖达,郭晓军,王甦,等.三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定[J].环境昆虫学报,2014,36(6):951-958.
- [10] 王根林,孟颖.高效液相色谱法测定吡虫啉杀虫剂中4种关键杂质残留量[J].理化检验(化学分册),2021,57(6):533-536.
- [11] 郑丽霞,吴兰花,余玲,等.昆虫类信息素研究进展及应用前景[J].植物保护学报,2018,45(6):1185-1193.
- [12] SHOREY H H,KAAER S,GASTON L K. Sex pheromones of lepidoptera development of a method for pheromonal control of *Pectinophora gossypiella* in cotton [J]. Journal of economic entomology,1974,67(3): 347-350.
- [13] 刘万才,刘振东,朱晓明,等.我国昆虫性信息素技术的研发与应用进展[J].中国生物防治学报,2022,38(4):803-811.
- [14] 刘路,周琼.昆虫性信息素的研究及其应用[J].华中昆虫研究,2013(9):323-329.
- [15] 王留洋,杨超霞,郭兵博,等.昆虫性信息素研究进展与应用前景[J].农药学报,2022,24(5):997-1016.
- [16] 阿曼古力·吐尼亚孜,阿瓦古丽·艾买提,安尼瓦尔·库尔班,等.阿克苏阿瓦提县苹果蠹蛾消长规律的研究[J].江苏农业科学,2019,47(8):120-123.
- [17] 孟庆果.性信息素迷向散发器对苹果园绿盲蝽防治效果调查[J].果树资源学报,2022,3(6):20-22,32.
- [18] 赵博光,张松山.国外昆虫聚集信息素研究概况[J].南京林业大学学报(自然科学版),1993(1):84-90.
- [19] 段东平.昆虫信息素代替农药的研究状况及应用[J].农业与技术,2012,32(3):3-4.
- [20] 赵玉民,王艳军,陈国发,等.小蠹聚集信息素研究与应用的进展[J].内蒙古林业科技,2011,37(3):55-60.
- [21] ENDO N,WADA T,SASAKI R. Seasonal synchrony between pheromone trap catches of the bean bug,*Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae) and the timing of invasion of soybean fields[J]. Appl Entomol Zool,2011,46(4):477-482.
- [22] 俞艳,王连华,黄俭,等.跳甲聚集信息素对黄曲条跳甲的田间防效研究[J].上海蔬菜,2020(1):56-57.
- [23] 汪世新,杨益众.蚜虫报警信息素的研究进展[J].昆虫知识,1992(4):247-251.
- [24] BOWERS W S,NAULT L R,WEBB R E,et al. Aphid alarmpheromone: isolation, identification, synthesis [J]. Science,1972,177(4054):1121-1122.
- [25] 秦耀果,杨朝凯,凌云,等.蚜虫报警信息素(E)- β -farnesene 及其类似物的生物活性和作用机制研究进展[J].农药学报,2019,21(Z1):643-659.
- [26] 杨超霞,魏长平,张云慧,等.报警信息素 E β F 在蚜虫防控中的研究进展[C]//陈万权.中国植物保护学会 2019 年学术年会论文集.北京:中国农业科学技术出版社,2019:131-135.
- [27] 刘中芳,孙晓婷,杨新玲,等.蚜虫报警信息素 12.5% PMDD-Q-05 微乳剂对苹果黄蚜的作用效果研究[J].中国果树,2020(6):80-84,90.
- [28] 欧晓明.昆虫利它素的研究现状及展望[J].江苏农药,2001(1):13-17.
- [29] 高文财,邢飞,任炳忠.昆虫利它素的研究概况[J].吉林师范大学学报(自然科学版),2005(1):36-38.
- [30] LEWIS W J,JONES R L,SPARKS A N. A host-seeking stimulant for the egg parasite *Trichogramma evanescens*: its source and a demonstration of its laboratory and field activity[J]. Annals of the Entomological Society of America,1972,65(5):1087-1089.
- [31] 李正西,陈常铭,唐明远.长角广腹细蜂的搜索利它素[J].昆虫学报,1993,36(1):45-50.
- [32] 农业部关于加快推进现代植物保护体系建设的意见[J].中华人民共和国农业部公报,2013(6):4-7.
- [33] 王郁,邱乐忠.昆虫信息素的应用及前景[J].福建农业科技,2011(2):48-50.
- [34] 农业部办公厅印发《关于推进农作物病虫害绿色防控的意见》[J].中国植保导刊,2011,31(6):5-6.
- [35] 农业部办公厅.农业部办公厅关于印发《2013 年全国农作物病虫害绿色防控示范区建设方案》的通知[J].中华人民共和国农业部公报,2013(4):33-35.
- [36] 农业部办公厅.农业部办公厅《2015 年农作物病虫害专业化统防统治与绿色防控融合推进试点方案》[J].中华人民共和国农业部公报,2015(4):54-56.
- [37] 段云,李怡萍,李慧玲,等.两种诱捕方式对河南原阳越冬代劳氏黏虫的诱捕效果[J].中国植保导刊,2022,42(6):33-35,55.
- [38] 叶占峰,廖辉,刘晓龙,等.棉铃虫不同地理种群性信息素通讯系统的比较分析[J].中国生物防治学报,2020,36(5):663-671.

- [39] 闫秀,李耀发,安静杰,等.河北省点蜂缘蝽早春寄主种类调查[C]//陈万权.植物健康与病虫害防控.北京:中国农业科学技术出版社,2020:63.
- [40] 于海利,张林林,张国辉,等.桃小食心虫与金纹细蛾不同性诱芯的诱蛾效果[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(10):121-125.
- [41] 渠成,李冰,王然,等.草地贪夜蛾性诱剂配方筛选与田间应用效果评价[J].中国植保导刊,2022,42(2):73-76.
- [42] 耿双双,李晓维,章金明,等.西花蓟马和花蓟马聚集信息素田间引诱试验及其在种间互作中的作用[J].昆虫学报,2017,60(12):1447-1456.
- [43] 陈青,梁晓,伍春玲,等.12种聚集信息素对橡胶小蠹虫的诱捕效果[J].热带作物学报,2019,40(12):2432-2439.
- [44] 王安佳,张开心,梅向东,等.昆虫性信息素及其类似物干扰昆虫行为的机理和应用研究进展[J].农药学报,2018,20(4):425-438.
- [45] 张志东,税静,贺利业,等.性信息素迷向技术在泸州地区防控不同鳞翅目害虫的田间推广应用评价[J].农业科技通讯,2021(3):237-241.
- [46] 封传红,张志东,贾勇,等.性信息素迷向技术在害虫绿色防控中的应用[J].四川农业科技,2020(7):31-33.
- [47] 金唯新,姜义平,沈斐,等.多年迷向防治对桃园梨小食心虫的控制作用评估[J].中国生物防治学报,2022,38(2):360-366.
- [48] 徐达勋,张庆瑞.性信息素迷向剂对苹果园桃小食心虫的防效评价[J].中国果树,2022(9):12-15,19.
- [49] 吾买尔江·拜克力.无人机喷施微胶囊迷向剂防治苹果蠹蛾、梨小食心虫效果初探[J].新疆农业科技,2021(3):22-24.
- [50] 魏波,陈宝源,张小娇,等.桃蚜对报警信息素和烟草挥发物的电生理和行为反应[J].应用昆虫学报,2020,57(1):173-180.
- [51] 李时荣,尚哲明,刘德广,等.麦长管蚜对蚜害诱导小麦挥发物及蚜虫报警信息素的行为反应[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(10):94-100,110.
- [52] 刘英杰,迟宝杰,林芳静,等.反- β -法尼烯对马铃薯蚜虫及其天敌的生态效应[J].应用生态学报,2016,27(8):2623-2628.
- [53] 姜海平,郭荣,朱凤,等.江苏如东水稻病虫害绿色防控技术集成与应用[J].中国植保导刊,2018,38(11):45-49.
- [54] 李昂,刘丁予.昆明阳宗海玉米草地贪夜蛾绿色综合防控技术应用研究[J].云南农业科技,2022(4):43-45,47.
- [55] 陈秀双,崔栗,贾彦华.绿色防控技术在夏玉米田的应用与效果[J].河北农业科学,2014,18(1):69-71.
- [56] 谷彦冰,张永军,谢微,等.蚜虫报警信息素对不同药剂防治桃蚜增效作用研究[J].农业与技术,2018,38(23):28-31.
- [57] 陈爱松,秦耀果,段玉林,等.新型蚜虫报警信息素类似物CAU1204微乳剂对核桃黑斑蚜的田间药效评价[J].新疆农业科学,2017,54(4):700-706.
- [58] 谈钊汐,付开资,贾尊尊,等.诱捕器颜色、悬挂高度与位置对番茄潜叶蛾诱捕效果评价[J].新疆农业科学,2022,59(5):1144-1155.
- [59] 王安柱,李东鸿,梁婷婷,等.3种性诱剂诱捕器对桃园梨小食心虫诱捕试验[J].西北农业学报,2012,21(11):203-206.
- [60] 胡壮壮,师毅,李拥虎,等.不同聚集信息素诱芯及诱捕器对大豆田间点蜂缘蝽诱捕效果研究[J].大豆科学,2020,39(2):288-296.
- [61] 阎伟,刘丽,李朝绪,等.诱捕条件对红棕象甲聚集信息素田间效果的影响[J].环境昆虫学报,2015,37(5):1003-1007.
- [62] 韩海亮,陈斌,郑许松,等.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[J].农药学报,2021,23(5):930-937.
- [63] 巩雪芳,谢寿安,车显荣,等.昆虫信息素与寄主挥发物在绿色防控中的关系及研究进展[J].陕西林业科技,2018,46(5):91-98.
- [64] 蒋世雄,张蕾,程云霞,等.植物挥发物对黏虫性诱剂引诱效果的影响[J].植物保护,2019,45(6):138-144.
- [65] 和小娟,相会明,王怡,等.两种寄主植物挥发物对梨小食心虫性信息素的增效作用[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(12):854-860.

Research Progress on Application of Insect Pheromone to Green Prevention and Control of Pest

WEI Ran^{1,2}, WU Jun-yan¹, ZHANG Xi-wen¹, LIU Xian-yuan¹, YANG Shu¹, WEI Xin-yu¹, DIAO He-nan¹, CUI Jie-yin^{1,2}

(1. Heihe Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe 164300, China; 2. National Soil Quality Aihui Observation, Heihe 164300, China)

Abstract: In order to promote the wide application of insect pheromones in pest control, this paper reviewed the research progress of insect pheromones in pest control basing on the relevant researches at home and abroad in recent years, including sexy pheromones, aggregation pheromones, alarm pheromones and insect-derived kairomone. Application of insect pheromones in pest monitoring, forecasting, trapping, mating interference, combined use with other control methods, and related research on the factors affecting the trapping effect of insect pheromones.

Keywords: insect pheromone; insect pest; green prevention and control