

4 种不同性诱剂对玉米草地贪夜蛾诱集作用

车晋英^{1#}, 陈 华^{1#}, 陈永明^{2*}, 王凤良¹, 卢 鹏³, 朱加萍¹,
张海波¹, 肖留斌⁴, 姜春义¹, 金 玲¹, 朱展飞¹, 张 芳^{3*}

(1. 江苏省盐城市大丰区植物保护站, 盐城 224100; 2. 江苏省盐城市植物保护站, 盐城 224002;
3. 江苏省植物保护植物检疫站, 南京 210009; 4. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210009)

摘要 为准确掌握草地贪夜蛾成虫发生动态, 筛选对当地种群专一性强、灵敏度高的性诱剂, 对深圳百乐宝生物农业科技有限公司(BLB)、宁波纽康生物技术有限公司(NK)、江苏宁录科技股份有限公司(NL)、南京新安中绿生物科技有限公司(XAZL)4 个厂家生产的草地贪夜蛾性诱剂在江苏盐城市大丰区进行田间诱捕效果试验, 探讨草地贪夜蛾性诱剂的使用技术。结果表明: 4 种不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的诱集效果存在明显差异。BLB 诱芯和 NL 诱芯可以有效监测草地贪夜蛾成虫田间发生动态, 羽化高峰期明显, 且峰值日期一致, NK 诱芯诱集的成虫虫峰不明显, XAZL 诱芯零星诱到成虫, 无明显成虫高峰; BLB 诱芯监测期内日均诱蛾量、最高单次诱蛾量、总诱蛾量均显著高于其他 3 种诱芯, 其总诱蛾量达 136.75 头, 分别是 NL 诱芯、NK 诱芯、XAZL 诱芯的 1.47 倍、4.76 倍、10.52 倍; 通过对 BLB 诱芯进行持续 30 d 和持续 60 d 的诱捕对比试验, 发现 BLB 诱芯 1~30 d 内诱捕性能稳定, 诱蛾量大, 31~60 d 内日均诱蛾量、最高单次诱蛾量、总诱蛾量均有所下降且达显著水平, 尤其是 50 d 后诱捕量下降明显。结果表明: BLB 诱芯的诱蛾量大, 能够明显反映出草地贪夜蛾的羽化高峰期, 符合测报要求, 更适合本地区草地贪夜蛾的监测, 使用该诱芯时建议 30 d 更换 1 次。

关键词 草地贪夜蛾; 玉米; 性诱剂; 种群监测; 有效时间

中图分类号: S 435.132 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019611

Trapping effect of four different sex attractants on *Spodoptera frugiperda*

CHE Jinying^{1#}, CHEN Hua^{1#}, CHEN Yongming^{2*}, WANG Fengliang¹, LU Peng³, ZHU Jiaping¹,
ZHANG Haibo¹, XIAO Liubin⁴, JIANG Chunyi¹, JIN Ling¹, ZHU Zhanfei¹, ZHANG Fang^{3*}

(1. Plant Protection and Quarantine Station of Dafeng District, Yancheng City, Jiangsu Province, Yancheng 224100, China; 2. Plant Protection and Quarantine Station of Yancheng, Yancheng 224002, China; 3. Plant Protection and Quarantine Station of Jiangsu Province, Nanjing 210009, China; 4. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210009, China)

Abstract In order to accurately monitor the occurrence dynamics of the adults of *Spodoptera frugiperda*, the attract effect of sex pheromone attractants produced by Shenzhen Bailebao Bio-Agricultural Technology Co., Ltd. (BLB) and Ningbo Newcom Biotechnology Co., Ltd. (NK), Jiangsu Ninglu Technology Co., Ltd. (NL) and Nanjing Xin'an Zhonglü Biotechnology Co., Ltd. (XAZL) were compared in the corn field at Dafeng district of Yancheng city, Jiangsu province. The results showed that the trapping effects of the four sex attractants were significantly different. When the products of BLB and NL were used in monitoring the occurrence dynamics of *S. frugiperda* adult, the peak period of emergence is obvious, and the peak date monitored by the two products is consistent. While the peak date monitored by NK product is not obvious, and the XAZL product attracted very few moths, and there is no obvious adult peak. The daily average moth amount, the maximum moth amount per

收稿日期: 2019-11-08 修订日期: 2019-11-15

基金项目: 江苏现代农业产业技术体系(JATS[2019]330); 江苏省农业科技自主创新项目(CX(19)2004); 草地贪夜蛾迁飞规律和防控技术产品研究(CX(19)2004)

* 通信作者 E-mail: 陈永明 cym1199@126.com; 张芳 427718415@qq.com
为并列第一作者

day and total moth amount were significantly higher than the other three products during the monitoring period. The total amount of moth attracted by the BLB lure was 136.75 individuals, which were 1.47 times, 4.76 times and 10.52 times of that the NL, NK and XAZL attractants. The trapping performance of BLB lure was stable within first 30 d. However, the daily average moth amount, the maximum moth amount per day and the total moth amount were all significantly decreased during the second 30 d, especially after 50 days. The results showed that the BLB lure is more suitable for the monitoring of *S. frugiperda* in this area. It is recommended to replace it every 30 days.

Key words *Spodoptera frugiperda*; corn; sex attractant; population monitoring; effective time

昆虫信息素(insect pheromones)又称昆虫外激素,是一种微量化学信息物质,其在同种昆虫个体求偶、觅食、栖息、产卵、自卫等过程中起关键作用^[1]。昆虫信息素主要包括性信息素(sex pheromones)、聚集信息素、示踪信息素、报警信息素^[2],其中性信息素具有高度的专一性,不仅可以对靶标害虫的发生期与发生量进行预测预报,有助于指导用药、提高农药使用效率,还能引诱并杀灭靶标雄虫,显著降低靶标害虫的种群数量,减少作物经济损失^[3-4],因此,在害虫绿色防控中被称为第三代绿色农药^[5]。性诱剂是人工合成的性信息素,同样能被同种异性个体的感受器接受^[6-7],并引起异性个体产生一定行为反应或生理效应^[8]。昆虫性引诱剂对中性昆虫、天敌不会造成危害,并且具有灵敏度高、无毒、无污染等特点,这使它成为现代预测、防治害虫的首选方法^[9-10]。使用性诱剂进行测报、防治时,在监测空间内设置诱捕器。诱捕器一般由诱芯、诱捕器两部分组成^[11]。对监测空间捕获到昆虫的种类、密度及数量进行统计学分析^[12]可为科学防虫、治虫提供依据。我国农业科研工作者已先后在多种害虫上开展了应用性信息素预测预报和防治技术研究。

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)又称秋黏虫,属鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属,是一种原产于美洲热带亚热带地区的世界性重大害虫^[13],具有寄主范围广、迁飞能力强、繁殖速率快、为害程度重等特点。2019年1月草地贪夜蛾侵入我国云南省西南地区后迅速向东向北扩散蔓延^[14],截至6月中旬我国已有21个省区发现其为害玉米等作物。5月24日在江苏省宜兴市发现省内首例草地贪夜蛾,6月20日盐城市大丰区首次查见草地贪夜蛾幼虫,截至11月8日,江苏13个区市,68个县(市、区)均发现草地贪夜蛾为害。我国独特的地理位置、丰富的植物资源、适宜的气候条件等因素促使草地贪夜蛾在我国将呈现周年常态化发生态势,因此草地贪夜蛾的防控工作将是一项长期的重大

任务^[15]。

草地贪夜蛾是一种新入侵的重大害虫,生产上急需建立有效的预测、防控技术体系。化学农药具有速效性、高效性,是目前草地贪夜蛾应急防控工作的主要手段^[16],但是不合理使用带来的“3R”问题已对人类本身和生态环境造成了严重威胁^[17-18],而通过昆虫性引诱剂对草地贪夜蛾进行预测和防治相对于单一使用化学农药有很大的优势。草地贪夜蛾传入我国时间较短,其性引诱剂在我国的研究、使用较晚,目前尚处于摸索阶段,且昆虫信息素存在地域差异、不同地区种群敏感度不同^[19],因此性引诱剂在不同地区诱虫效果也存在差异。本文研究了不同生产厂家的性引诱剂田间对草地贪夜蛾的引诱效果以及性引诱剂的有效诱捕时间,旨在筛选出最适合在本地区使用、诱集效果最佳的性引诱剂,并明确在夏季高温状态下性引诱剂的最佳更换周期,以期在草地贪夜蛾性引诱剂的科学使用,准确掌握草地贪夜蛾发生规律、科学防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试玉米品种为‘东单60’,辽宁东亚种业有限公司。2019年5月15日播种,试验期间玉米为喇叭口期至收获期。

供试诱芯分别为深圳百乐宝生物农业科技有限公司(BLB)、宁波纽康生物技术有限公司(NK)、江苏宁录科技股份有限公司(NL)、南京新安中绿生物科技有限公司(XAZL)4个厂家生产的草地贪夜蛾PVC毛细管诱芯。

供试诱捕器采用深圳百乐宝生物农业科技有限公司草地贪夜蛾专用黄色桶型卡扣诱捕器。

1.2 试验方法

试验在江苏省盐城市大丰经济开发区同圣村的玉米地中进行。试验地为砂壤土,pH 7.5,有机质含量1.43%,土壤肥力中等。每个诱捕器配置1枚

诱芯,置于距地面 150 cm。

1.2.1 不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的田间诱集作用

试验设 4 种诱芯处理,每处理 1 个小区,4 次重复,共 16 个小区。各小区随机区组排列。为了避免诱芯间相互影响,不同处理小区间设 30 m 无处理隔离带。每小区面积 667 m²,放置 1 个性诱剂诱捕器。于 7 月 21 日放置诱捕装置,隔 30 d 各小区统一更换诱芯。7 月 24 日进行第一次调查,随后每 3 d 调查 1 次至 9 月 25 日结束,持续 60 d。每日 8:00 记录收集器中的虫口数量,并清除收集到的草地贪夜蛾。

1.2.2 性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的有效诱捕时间试验

选择深圳百乐宝生物农业科技有限公司生产的草地贪夜蛾 PVC 毛细管诱芯,试验设置 30 d 更换诱芯与不更换对比处理。试验时间、小区设置及调查方法同前,其中 8 月 23 日调查结束后,小区不更换诱芯,与田间诱集作用试验中 BLB 诱芯 30 d 更换小区进行对比试验。

1.3 数据处理

监测期间每 3 d 调查 1 次,每次记录数据即为单次诱蛾量,监测期单次诱蛾量总和即总诱蛾量。

日均诱蛾量=总诱蛾量/监测总天数。

试验数据采用 Excel 2007、DPS 软件处理,Duncan 氏新复极差法进行多重比较,Student *t* 检验进行差异性检测。性诱剂诱芯更换时间对草地贪夜蛾的田间诱集效果影响的试验中,分别计算诱芯更换前(7 月 24 日至 8 月 23 日)和更换后(8 月 26 日至 9

月 25 日)诱蛾数量。

2 结果与分析

2.1 不同性诱剂对草地贪夜蛾的田间诱集作用

4 种不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的田间诱集量有明显差异,但反映出的种群动态趋势基本相同(图 1)。由图 1 可以看出,监测期间草地贪夜蛾共出现两个成虫羽化高峰期。BLB 诱芯、NL 诱芯诱集的草地贪夜蛾成虫有明显的羽化高峰,且两种诱芯监测到的峰值日期一致,两个羽化高峰期的峰值日期分别为 8 月 8 日与 9 月 13 日。NK 诱芯诱集草地贪夜蛾出现虫峰,但是峰值日期不明显,XAZL 诱芯零星诱到成虫,未出现明显虫峰。

4 种不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的田间诱集效果也有明显差异(表 1)。各诱芯日均诱蛾量各不相同,BLB 诱芯日均诱蛾量达 2.28 头,显著高于其他 3 种诱芯($P<0.05$),其次是 NL 诱芯,日均诱蛾量为 1.55 头,NK 诱芯与 XAZL 诱芯最低,分别为 0.48 头、0.22 头;最高单次诱蛾量最高的为 BLB 诱芯(24.50 头),显著高于其他 3 种诱芯($P<0.05$),NL 诱芯最高诱蛾量也较高(14.25 头),NK 诱芯与 XAZL 诱芯最高诱蛾量偏低,分别为 4.75 头、1.25 头;4 种不同性诱剂诱芯在整个监测期间总诱蛾量分别为 BLB 诱芯(136.75 头) $>$ NL 诱芯(93.00 头) $>$ NK 诱芯(28.75 头) $>$ XAZL 诱芯(13.00 头),BLB 诱芯诱蛾量最大,分别为 NL 诱芯、NK 诱芯、XAZL 诱芯的 1.47 倍、4.76 倍、10.52 倍。由此可见,BLB 诱芯诱蛾效果最好,NL 诱芯次之。

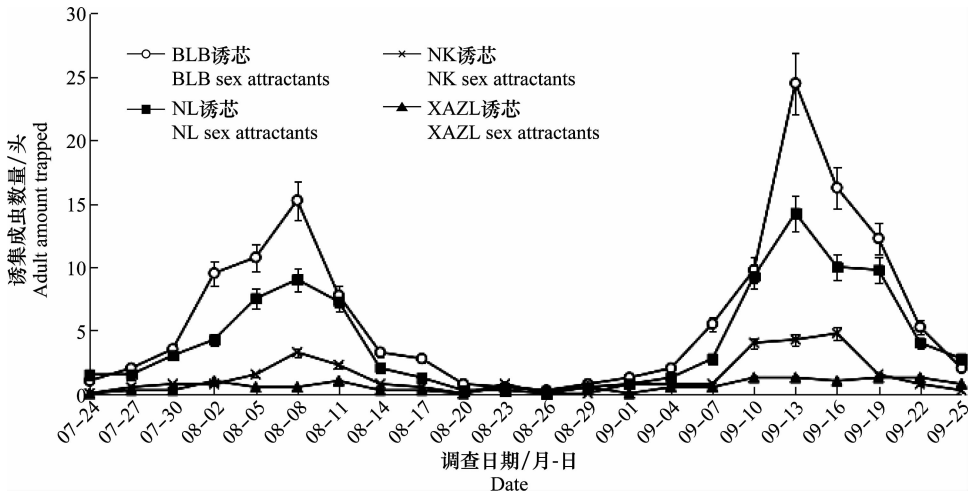


图 1 4 种诱芯对草地贪夜蛾的田间诱集动态

Fig. 1 Dynamics of field trapping of four sex attractants against *Spodoptera frugiperda*

表 1 4 种不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的田间诱集效果¹⁾

Table 1 Field trapping effect of four sex attractants on *Spodoptera frugiperda*

诱芯种类 Type of lure	日均诱蛾量/头 No. of daily average male moth	最高单次诱蛾量/头 Maximum no. of male moth	总诱蛾量/头 No. of total male moth
BLB 诱芯 BLB sex attractants	(2.28±0.12)a	(24.50±1.71)a	(136.75±7.87)a
NK 诱芯 NK sex attractants	(0.48±0.04)c	(4.75±0.48)c	(28.75±2.63)c
NL 诱芯 NL sex attractants	(1.55±0.10)b	(14.25±0.85)b	(93.00±6.77)b
XAZL 诱芯 XAZL sex attractants	(0.22±0.03)c	(1.25±0.25)d	(13.00±1.22)c

1) 表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
The data in the table is the mean±standard error. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$).

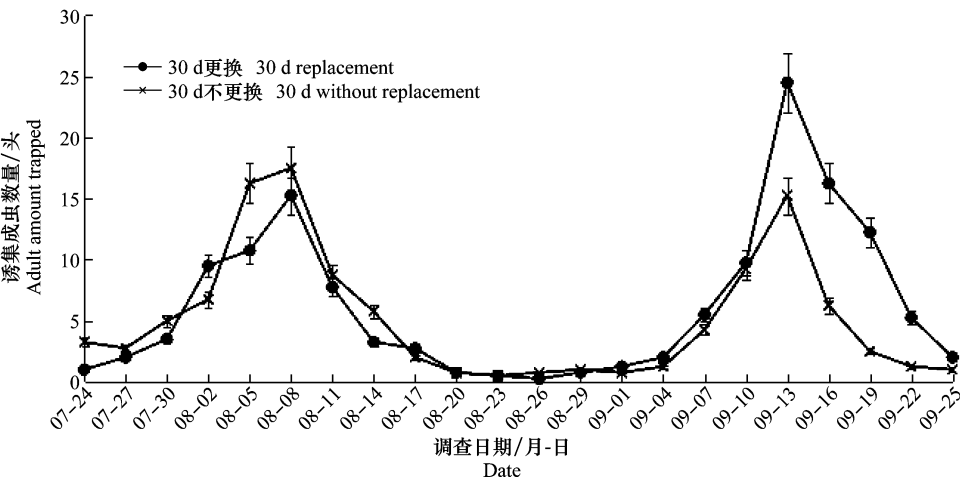


图 2 性诱剂诱芯不同更换时间对草地贪夜蛾的田间诱集动态

Fig. 2 Dynamics of field trapping of *Spodoptera frugiperda* with different replacement time of sex attractants

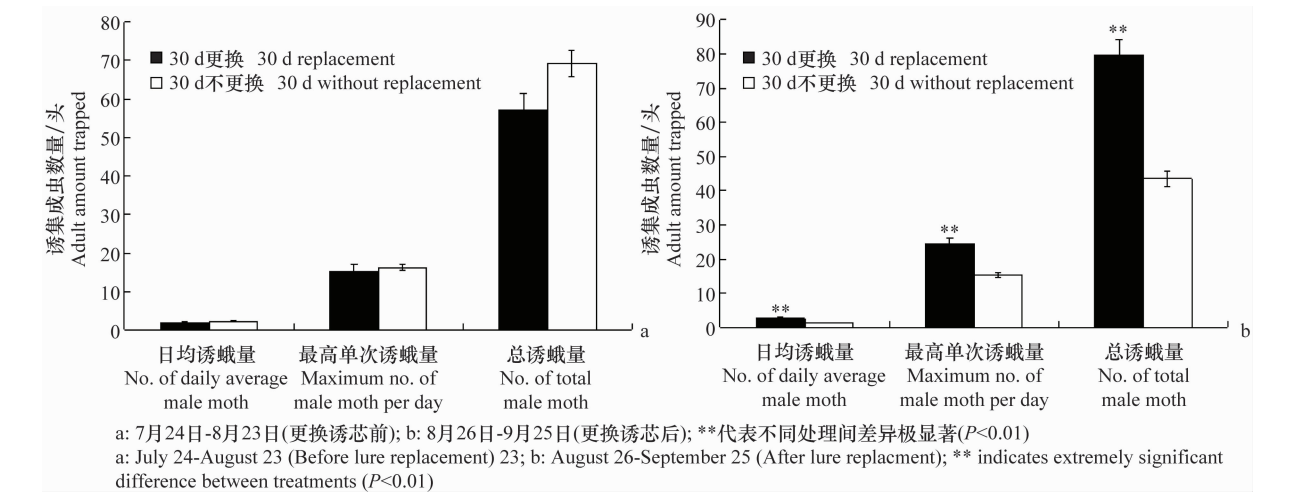


图 3 性诱剂诱芯不同更换时间对草地贪夜蛾的田间诱集效果

Fig. 3 Effect of replace and non-replace of sex attractant on field trapping efficacy against *Spodoptera frugiperda*

2.2 不同性诱剂诱芯对草地贪夜蛾的有效诱捕时间

BLB 诱芯能够对草地贪夜蛾成虫进行有效监测,为进一步明确其有效诱捕时间,对 30 d 更换诱芯和 30 d 不更换诱芯进行对比试验,结果如图 2 所

示。7 月 24 日开始调查,8 月 23 日前,两组处理诱蛾量及峰期相对一致。8 月 23 日其中一组处理更换诱芯,直到 9 月 10 日,两组处理诱蛾量均处于同一水平;9 月 13 日两组处理虫峰均达到峰值,但是最大诱蛾量更换诱芯后明显高于未更换诱芯,达极显

著水平($P < 0.01$)(图 3),对更换诱芯前(图 3a:7 月 24 日—8 月 23 日)的诱蛾量进行分析发现,两组处理日均诱蛾量、最高单次诱蛾量与总诱蛾量均无显著差异,更换诱芯后(图 3b:8 月 26 日—9 月 25 日),日均诱蛾量与总诱蛾量均高于未更换处理,且均达极显著水平($P < 0.01$)。可见 BLB 诱芯 30 d 后诱蛾量有所减少,连续放置 50 d 以后,诱集效果明显下降。

3 结论与讨论

试验结果表明,4 种不同生产厂家的性诱剂在江苏盐城地区对草地贪夜蛾均具有一定的诱集效果,其中,深圳百乐宝生物农业科技有限公司、江苏宁录科技股份有限公司生产的性诱剂对草地贪夜蛾灵敏度高,诱捕成虫数量大,峰期明显,能准确地反映出种群的发生趋势,更适合在本地区田间生产应用。和伟等^[20]通过研究也发现深圳百乐宝生物农业科技有限公司性诱剂“诱陷多”对草地贪夜蛾诱捕效果较好,且配合桶型诱捕器使用最佳。宁波纽康生物科技有限公司生产的性诱剂诱集到的草地贪夜蛾成虫数量较少,虽出现峰值,但蛾峰不明显。南京新安中绿生物科技有限公司生产的性诱剂诱捕到的草地贪夜蛾成虫数量较少,未出现明显虫峰,其诱集效果需进一步验证。草地贪夜蛾 6 月 20 日在大丰首次发现,应用性诱剂监测,草地贪夜蛾在本地区发生可持续至 10 月中旬,期间出现两个成虫高峰期分别在 8 月上旬和 9 月中旬,该研究掌握了草地贪夜蛾的发生动态,可用于预测预报,及时指导防治。通过试验还发现,深圳百乐宝生物农业科技有限公司(BLB)诱芯 1~30 d 内诱捕性能稳定,诱蛾量大,31~60 d 内诱捕量有所下降,尤其是 50 d 后诱捕量下降明显,生产上使用该诱芯时建议 30 d 后及时更换。

草地贪夜蛾的发生与为害给世界玉米生产带来严重威胁,在美国曾造成玉米产量损失约 32%^[21]。2016 年传入非洲,最高每年导致 2 060 万 t 的玉米产量损失,占该区域玉米总产量的 53%^[22]。草地贪夜蛾的低龄幼虫(1~3 龄)取食叶片,高龄幼虫(4~6 龄)钻蛀玉米心叶取食^[23],钻蛀心叶后隐蔽性强,防治也更困难^[21,24],因此准确预测预报草地贪夜蛾的低龄幼虫期对精准防控至关重要。首先使用性诱

剂能够及时准确监测草地贪夜蛾成虫发生动态,提前预报低龄幼虫发生高峰和发生程度,及时制订防治策略,选择正确药剂适期防控,提高化学防治效果。其次生产中还可利用性诱剂诱杀草地贪夜蛾雄虫,降低基数,减少交配几率,从而减少下代幼虫发生量,降低化学农药使用量,是一种绿色环保的有效措施。近年来,国内外利用性信息素迷向技术在粮食、果树、蔬菜等领域成功防治害虫的报道越来越多,防治面积也越来越大^[25]。Chen 等^[26]2014—2016 年间在中国东北地区开展了亚洲玉米螟的性信息素田间迷向试验,迷向干扰效果较好,为各地区利用性信息素迷向法防治玉米田害虫提供了参考,小菜蛾^[27]、梨小食心虫^[28]迷向技术也不断成熟,这为利用性诱技术防控草地贪夜蛾提供了新的研究方向。

不同厂家生产的诱芯人工合成信息素化合物的成分、含量、浓度配比不同,且不同地区的草地贪夜蛾种群对诱芯敏感度不同,因此不同性诱剂在不同地区诱杀的专一性与灵敏度存在较大差异^[29]。草地贪夜蛾诱芯产品有 2~4 种组分,其中使用 3~4 种性信息素成分的诱芯中往往会添加(Z)-11-十二烯-1-醇乙酸酯(Z11-16:AC),这类产品田间对草地贪夜蛾诱虫量大,但同时也会诱到大量其他夜蛾科成虫^[30]。当使用不含 Z11-16:AC 的 2 个组分诱芯时,能够提高诱芯的专一性,但诱虫量会大幅减少。南京新安中绿生物科技有限公司提供的性诱剂为 2 组分草地贪夜蛾诱芯产品,这可能是其诱蛾数量较少的重要原因。如何既保证诱芯专一性,又提高诱集效果,是下一步性诱剂研发企业的主攻方向。此外,诱芯诱捕效率还可能受诱捕器类型、放置密度及悬挂点的作物、风速、温度、湿度等相关因素影响,刘双禄等^[31]、李宏图等^[32]研究发现诱捕器的类型及放置密度不同,诱蛾效果差异极显著。郑永利等^[33]研究了诱芯对害虫种群的诱捕效果与田间虫口密度、气象因子、防治药剂等因素的关系。因此需继续开展草地贪夜蛾性诱剂的试验示范,进一步完善草地贪夜蛾性诱剂应用技术。

用性诱剂监测和防治害虫具有专一、高效、环保、无污染、不伤害天敌等特点,符合农业高质量发展及绿色防控的要求。近年来,应用性信息素监测并指导防治害虫已在很多领域广泛应用,但是大面

积诱捕防治害虫成功的报道很少^[34],通常认为,性信息素的诱捕效率随昆虫种群密度的增加而降低^[35],且性信息素大面积防治的成本和管理代价过高,长期用于害虫控制并不可取,因此可融合到综合防治之中,即在草地贪夜蛾重发的田块或年份,采取性信息素和化学防治相结合,达到最好的防治效果。此外,草地贪夜蛾刚迁入我国其发生规律等尚不明,在明确发生动态的同时,需进一步探究大面积推广使用性信息素诱杀草地贪夜蛾的可能性。

参考文献

- [1] 王丽坤,郑乐贵,程敬丽,等.红火蚁信息素及其在化学防治中的应用研究进展[J].农药学学报,2015,17(5):497-504.
- [2] 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.
- [3] CHEN R Z, KLEIN M G, SHENG C F, et al. Mating disruption or mass trapping, compared with chemical insecticides, for suppression of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae) in northeastern China [J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(5):1828-1838.
- [4] 蔡晓明,李兆群,潘洪生,等.植食性害虫食诱剂的研究与应用[J].中国生物防治学报,2018,34(1):8-35.
- [5] 马涛,林娜,周丽丽,等.性信息素迷向干扰防控害虫的研究进展及应用前景[J].林业科学研究,2018,31(4):172-182.
- [6] HULL J J, KAJIGAYAR, IMAIK, et al. The *Bombyx mori* sex pheromone biosynthetic pathway is not mediated by cAMP [J]. Journal of Insect Physiology, 2007, 53:782-793.
- [7] 郭娜娜,李成功,郑园园,等.昆虫性信息素的研究进展[J].国际药学研究杂志,2014,41(3):325-328.
- [8] 郭晓军,肖达,王甦,等.大面积连片应用性迷向素对桃园梨小食心虫的防控效果[J].环境昆虫学报,2017,39(6):1242-1249.
- [9] MILUCH C E, DOSDALL L M, EVENDEN M L. The potential for pheromone-based monitoring to predict larval populations of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in canola (*Brassica napus* L.) [J]. Crop Protection, 2013(45):89-97.
- [10] 田厚军,王前梁,杨广,等.昆虫化学信息物质及其在害虫综合治理上的应用[J].华东昆虫学报,2009,18(2):139-147.
- [11] 刘玉秀,孟宪佐.黄斑卷蛾雄蛾对性信息素的行为反应[J].昆虫学报,2002,45(4):436-440.
- [12] 王涛,任艳玲,杨茂发,等.贵州兴义实蝇类昆虫多样性特征[J].昆虫学报,2015,58(5):569-578.
- [13] 程东美,黄江华,徐汉虹,等.50g/L虱螨脲乳油对草地贪夜蛾的室内活性和田间药效研究[J].环境昆虫学报,41(5):974-978.
- [14] 杨学礼,刘永昌,罗茗钟,等.云南省江城县首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾[J].云南农业,2019(1):72.
- [15] 陈万斌,李玉艳,王孟卿,等.草地贪夜蛾的昆虫病原微生物资源及其应用现状[J].植物保护,2019,45(6):1-9.
- [16] 赵胜园,杨现明,杨学礼,等.8种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果[J].植物保护,2019,45(4):74-78.
- [17] ARMES N J, WIGHTMAN J A, JADHAV D R, et al. Status of insecticide resistance in *Spodoptera litura* in Andhra Pradesh, India [J]. Pesticide Science, 1997, 50(3):240-248.
- [18] 徐红星,郑许松,田俊策,等.我国水稻害虫绿色防控技术的研究进展与应用现状[J].植物保护学报,2017,44(6):925-939.
- [19] 李文香,杨玉婷,吴青君,等.韭菜迟眼蕈蚊研究进展[J].植物保护,2015,41(5):8-12.
- [20] 和伟,赵胜园,葛世帅,等.草地贪夜蛾种群性诱测报方法研究[J].植物保护,2019,45(4):48-53.
- [21] 吴超,张磊,廖重宇,等.草地贪夜蛾对化学农药和Bt作物的抗性机制及其治理技术研究进展[J].植物保护学报,2019,46(3):503-513.
- [22] 马千里,吴吉英子,宋紫霞,等.与美国对比分析草地贪夜蛾在我国危害发展趋势[J].环境昆虫学报,2019,41(5):929-936.
- [23] 郭井非,何康来,王振营.草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策[J].应用昆虫学报,2019,56(3):361-369.
- [24] 李永平,张帅,王晓军,等.草地贪夜蛾抗药性现状及化学防治策略[J].植物保护,45(4):14-19.
- [25] 马涛,林娜,周丽丽,等.性信息素迷向干扰防控害虫的研究进展及应用前景[J].林业科学研究,2018,31(4):172-182.
- [26] CHEN R Z, JOW C K, KLEIN M G, et al. Sex pheromone dosages and release point densities for mating disruption of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae) in NE China corn fields [J]. Environmental Entomology, 2017, 46(4):916-925.
- [27] 陆宴辉,赵紫华,蔡晓明,等.我国农业害虫综合防治研究进展[J].应用昆虫学报,2017,54(3):349-363.
- [28] 刘中芳,庾琴,高越,等.梨园梨小食心虫性信息素迷向防治技术[J].中国生物防治学报,2016,32(2):155-160.
- [29] 姚士桐,郑永利,张勇勇,等.几种斜纹夜蛾性诱剂田间诱杀作用的初步研究[J].植物保护,2007,33(4):127-129.
- [30] 江幸福,张蕾,程云霞,等.草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J].植物保护,2019,45(1):12-18.
- [31] 刘双禄,苏志芳,王海伟,等.不同性诱剂诱捕器类型与剂量对亚洲玉米螟的诱蛾效果[J].安徽农业科学,2016,44(30):93-94.
- [32] 李宏图,章钦印,李德鹏,等.不同密度诱捕器对烟草害虫的诱杀效果[J].湖南农业科学,2015(3):34-36.
- [33] 郑永利,王国荣.不同性诱剂对甜菜夜蛾雄蛾诱捕效果的研究[J].江西农业学报,2007(10):69-71.
- [34] 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].农药学学报,2018,20(4):425-438.
- [35] 苏建伟,肖能文,戈峰.昆虫雌性信息素在害虫种群监测和大量诱捕中的应用与讨论[J].植物保护,2005,31(5):78-82.

(责任编辑:杨明丽)