生物食诱剂对山东省莒南县花生田夜蛾科成虫监测与诱杀效果的初步评价

卢亚菲[1]， 阚海礼[2]， 李丽莉[1]， 庄乾营[1]，
门兴元[1]， 郭文秀[1*]， 于 毅[1*]

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所，山东省植物病毒学重点实验室，济南 250100；
2. 山东省莒南县农业局，临沂 276600)

摘要 在山东莒南县花生田利用生物食诱剂和性诱剂对常见夜蛾科害虫成虫进行虫情监测，并对食诱剂防控夜蛾科害虫的效果进行研究。食诱剂和性诱剂监测结果表明，花生田棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、黄地老虎、小地老虎等夜蛾科害虫成虫的发生高峰期均出现在7月12日；性诱剂仅能诱捕到雄性成虫，食诱剂可同时诱捕到雌性和雄性成虫，其诱捕到的棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、地老虎雌雄比分别为1∶0.68、1∶5、1∶3和1∶1.4。食诱剂撒施、化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理后第10天花生叶片受害率分别为9.51%、6.73%、6.24%，百株虫量较对照降低68.68%、76.39%、85.87%，食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合应用防控效果优良。

关键词 花生； 夜蛾科； 食诱剂； 种群监测； 诱杀防治

中图分类号： S 433.4 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2019056

Preliminary evaluation of the monitoring and trapping efficacy of biological food attractant on Noctuidae adults in peanut fields in Junan county, Shandong province

LU Yafei[1], KAN Haili[2], LI Lili[1], ZHUANG Qianying[1], MEN Xingyuan[1], GUO Wenxiu[1*], YU Yi[1*]

(1. *Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Jinan* 250100, *China*; 2. *Junan Agriculture Bureau of Shandong Province, Linyi* 276600, *China*)

Abstract The occurrence dynamic of Noctuidae adults were monitored by using biological food attractant and sex pheromone in the peanut fields, Junan county, Shandong province. And the control efficacy of biological food attractant on noctuid moth was evaluated. The results showed that the peak day of occurrence of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera exigua*, *S. litura*, *Agrotis segetum*, *A. ipsilon* was 12th July when monitoring by both food attractant and sexual attractant. Compared with the sexual pheromone only trapping male adults, the ratio of female to male of *H. armigera*, *S. exigua*, *S. litura* and *Agrotis* spp. trapped by food attractant was 1∶0.68, 1∶5, 1∶3 and 1∶1.4, respectively. The damage rates of leaves by noctuid insects in the treatment of food attractant splashing, chemical insecticides application and the combined food attractant in trap box with chemical insecticides were 9.51%, 6.73% and 6.24%, respectively, and the larval reduction were 68.68%, 76.39% and 85.87%, respectively, on 10th day after treatment. The control efficacy of the combined food attractant in trap box with chemical insecticides was the best.

Key words *Arachis hypogaea*; Noctuidae; biological food attractant; population monitoring; trapping efficacy

花生 *Arachis hypogaea* 是世界第四大油料作物[1]，也是我国重要的油料作物与经济作物。我国花生年均总产量约占世界总产量的42.1%，出口总量占世界花生出口贸易总量的25%以上，是世界上最

收稿日期： 2019-01-31 **修订日期**： 2019-04-09
基金项目： 中国农业科学院山东农业科学院科技创新工程协同创新任务(CXGC2016B11)
* 通信作者 E-mail：郭文秀 wenxiu.guo@163.com；于毅 robertyuyi@163.com

大的花生生产国与出口国[2]。山东省花生种植面积 73.3 万～80 万 hm^2,年均总产约 350 万 t,年出口 60 万 t 以上,分别约占全国的 18%、25%和 90%[3],是我国花生的重要产区。作为我国花生生产集约化程度最高的地区[4],山东省花生种植受多种鳞翅目夜蛾科害虫如棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 和地老虎 *Agrotis* spp. 等为害严重[5-7]。

花生田是迁飞性害虫南北迁飞的集散地。目前花生田夜蛾科害虫的防治以幼虫始发期喷施氟虫氰[11]、氯虫苯甲酰胺[12]、茚虫威[5]等化学药剂为主。田间大面积喷洒化学农药不仅威胁农业生态安全,使害虫产生抗药性,同时易导致农药残留超标问题,严重影响花生的品质,制约花生产业尤其花生对外贸易的健康发展[5,8,13-14]。因此,建立有效的鳞翅目害虫的绿色防控技术是花生生产中亟待解决的问题。在鳞翅目害虫的绿色防控技术研发中,食诱技术日益受到关注。食诱剂是一种用植食性害虫偏好的食物或者挥发物配制的一类成虫行为调控剂。棉铃虫食诱剂已在澳大利亚、美国、南非等国的棉花、玉米等作物上大规模使用,对多种鳞翅目害虫成虫及后代具有明显的种群控制潜力[15-18]。然而,在我国食诱剂对夜蛾科害虫的防控效果因作物不同而有所不同[18-21],其在花生中的应用研究较少,防控效果有待进一步研究。

对于具有迁飞习性的害虫,其防控关键是掌握成虫迁入花生田的时间。因此,我们在山东省花生主产区—莒南县应用昆虫性诱剂与食诱剂对当地花生田常见夜蛾科害虫(棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、地老虎)进行成虫种群发生动态监测,并依据监测结果利用食诱技术对其进行防控效果研究,以期为花生田夜蛾科害虫的绿色防控提供技术支撑。

1　材料与方法

1.1　试验地点与时间

试验于 2018 年 7 月 4 日至 7 月 22 日在山东省临沂市莒南县涝坡镇张家围村(35°17′15.01″N,118°55′36.06″E)花生田(约 70 hm^2)进行,花生品种为'丰花一号',5 月 20 日－25 日播种。

1.2　供试诱剂、诱捕器及杀虫剂

生物食诱剂奥朗特及其配套的圆盘诱捕器,棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、地老虎性诱芯由深圳百乐宝生物农业技术有限公司生产。与性诱芯配套使用的诱捕器为 16 孔夜蛾类诱捕器,由北京中捷四方生物科技股份有限公司生产。性诱剂诱芯固定在诱捕器上,诱捕器高于作物顶端约 20 cm。

化学药剂:12%甲氧虫酰肼·虫螨腈悬浮剂,由陕西上格之路生物科学有限公司生产。

1.3　夜蛾科害虫成虫发生动态监测

夜蛾科害虫成虫种群动态监测采用性诱剂与食诱剂诱捕两种方式,分两个大区,即性诱剂诱捕区和食诱剂诱捕区,每大区设 3 个重复小区。性诱剂诱捕区:试验面积 1 hm^2,棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、地老虎性诱剂诱捕器各放置 1 个,试验期间不更换诱芯;食诱剂诱捕区:试验面积 13 hm^2,每小区 0.33 hm^2,按五点法放置食诱剂诱捕器,每点面积为 667 m^2,悬挂 3 个诱捕器,每 5 d 更换 1 次食诱剂。

每 2 d 观察记录 1 次试验区内诱集到的成虫数量。分别记录各诱捕器中诱集到的害虫种类、数量等情况,记录完成后清除诱捕器中害虫残体,以防重复计数。

1.4　食诱剂对夜蛾科害虫的防控效果

试验共设食诱剂撒施、化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合 3 个处理:①食诱剂茎叶滴撒区:小区面积为 1 hm^2,3 个重复,食诱剂撒施时间为 2018 年 7 月 13 日、18 日,将食诱剂药液沿垄沟滴撒,每条药液条带长为 50 m,药液条带间隔 30 m。②化学防治区:试验面积 3 hm^2,喷施药剂为 12%甲氧虫酰肼·虫螨腈悬浮剂,施用浓度为 337.5 mL/hm^2,药剂喷施时间 2018 年 7 月 13 日。③食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理区:化学药剂为 12%甲氧虫酰肼·虫螨腈悬浮剂,试验面积为 3 hm^2,食诱剂诱捕盒悬挂时间为 2018 年 7 月 13 日,悬挂标准为 3 个/667 m^2,每 5 d 更换 1 次诱捕盒中的食诱剂,悬挂高度高出作物约 20 cm,同天喷施化学药剂,喷施方式同化学防治处理区。④空白对照区:小区面积为 1 hm^2,3 个重复。

试验处理后第 5 天和第 10 天,以小区为单位分别对花生叶片受害情况及田间幼虫发生数量进行调查。花生叶片受害情况:五点法取样,每点随机调查 10 枝花生枝条,从顶端自上而下调查 28 片叶的受害情况,记录受害叶片数,计算花生叶片受害率。幼虫

发生数量：五点法取样，每点面积为 1 m²，统计花生叶片上夜蛾科幼虫数量，计算虫口减退率和百株虫量。

1.5 数据处理

幼虫虫口减退率、叶片受害率按照如下公式计算。百分数均经平方根反正弦 arcsin($X^{1/2}$)转换后用 SPSS 19.0 进行方差分析，不同处理之间采用 Tukey 检验进行多重比较($P<0.05$)，两组数据之间的比较采用 Independent t-tests($P<0.05$)。

$$叶片受害率=\frac{受害花生叶片数}{调查花生总叶片数}\times 100\%;$$

$$幼虫虫口减退率=\frac{(对照区新增幼虫数-处理区新增幼虫数)}{对照区新增幼虫数}\times 100\%。$$

2 结果与分析

2.1 花生田夜蛾科害虫成虫发生动态监测

利用性诱剂和食诱剂对花生田夜蛾科害虫成虫发生动态进行监测的结果(图 1)表明，成虫高峰期均出现在 7 月 12 日。性诱剂可诱集到棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和小地老虎，4 种害虫高峰期单个性诱剂诱捕器的诱捕量分别为 136、184、37、2 头，甜菜夜蛾于 7 月 20 日又出现小高峰。食诱剂可诱集到棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和黄地老虎，高峰期单个诱捕器诱捕到的棉铃虫、黄地老虎分别是 139.5、43.5 头，而甜菜夜蛾、斜纹夜蛾成虫数量均不足 10 头。

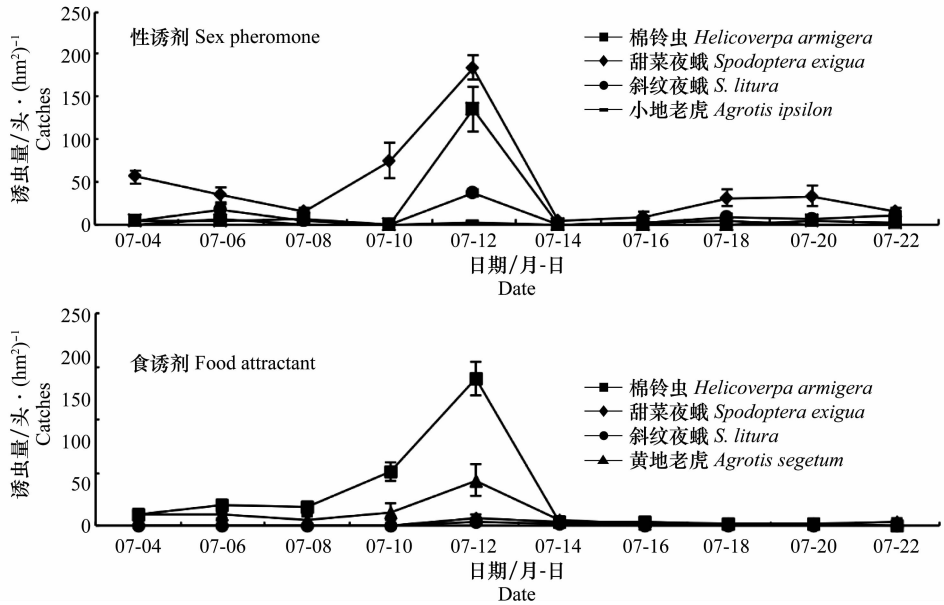


图 1 性诱剂、食诱剂诱捕的夜蛾科成虫种群动态

Fig. 1 Population dynamics of noctuid adults monitored by food attractant and sex pheromone

2.2 食诱剂诱集夜蛾科害虫雌雄虫比例

性诱剂专一性强，仅能诱集单一种类害虫；而食诱剂具有多样性，可同时诱集多种害虫。性诱剂诱捕区仅能诱集到夜蛾科雄虫，对雌虫无诱捕作用，在试验期间单个性诱剂诱捕器诱集到的棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、小地老虎雄虫个体数量平均值分别为 34、47、9、2 头。食诱剂诱捕小区，食诱剂诱捕到的棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、黄地老虎雌、雄成虫比例分别为 1∶0.68、1∶5、1∶3、1∶1.4(图 2)。

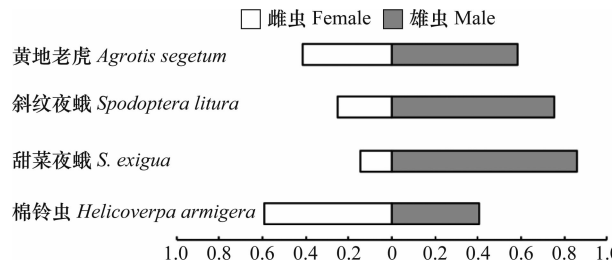


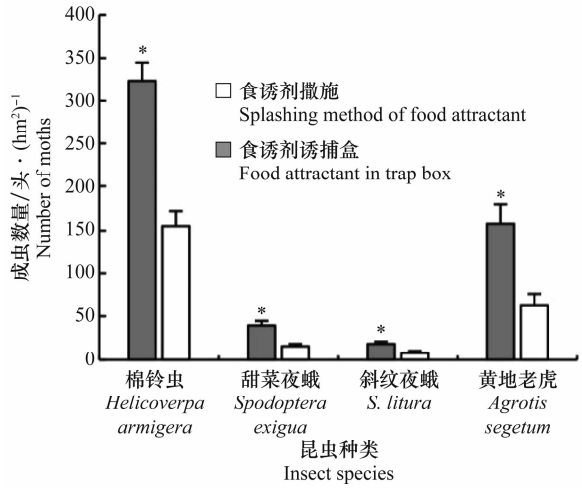
图 2 食诱剂单个诱捕小区诱集的夜蛾科成虫雌、雄虫比例

Fig. 2 Proportion of the trapped female and male Noctuidae moth per trap in food attractant area

2.3 食诱剂不同施用方式对夜蛾科害虫成虫的诱集效果

食诱剂诱捕盒技术与食诱剂撒施均能诱集到大量成虫(图 3)，且两者差异显著(棉铃虫：$F=0.154$，$df=4$，$P<0.001$；甜菜夜蛾：$F=2.483$，$df=4$，$P<$

0.001;斜纹夜蛾:$F=0.001$,$df=4$,$P<0.001$;黄地老虎:$F=0.286$,$df=4$,$P<0.001$)。食诱剂撒施诱集到棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、黄地老虎的成虫数量分别为 324、41、19、156 头,明显多于食诱剂诱捕盒技术,分别为 2.11、2.41、2.45、2.42 倍,表明食诱剂撒施方式更适用于夜蛾科成虫防控。



* 表示两种食诱剂使用方式所诱捕的成虫数量之间存在显著差异(P <0.05, t-test)

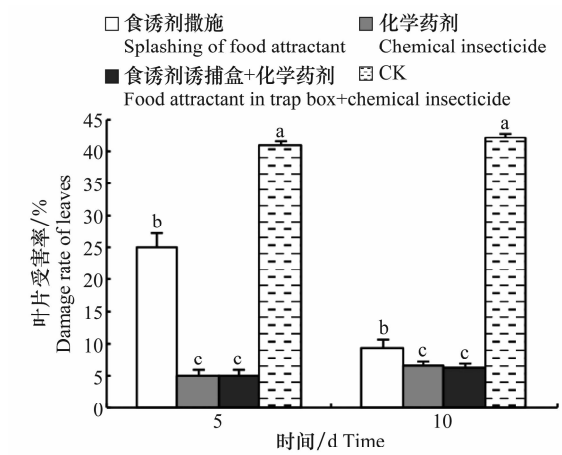
* indicated that there was significant difference between the food attractant application methods of splashing and trap box (P<0.05, t-test)

图 3　单个试验小区内不同食诱剂使用方式诱集的夜蛾科成虫数量

Fig. 3　Number of moths trapped with different food attractant methods in test plot

2.4　食诱剂防控对花生叶片受害率的影响

采用食诱剂防控夜蛾科害虫后花生叶片受害率见图 4。食诱剂撒施、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理以及化学防治处理的花生叶片受害率在第 5 天和第 10 天时均显著低于空白对照(5 d:25.15%、5.04%、5.17%,$F=187.953$,$df=3,8$,$P<0.001$;10 d:9.51%、6.24%、6.73%,$F=748.536$,$df=3,8$,$P<0.001$),且化学防治处理以及食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理的花生叶片受害率显著低于食诱剂撒施区(5 d:$F=187.953$,$df=3,8$,$P<0.001$;10 d:$F=748.536$,$df=3,8$,$P<0.001$);化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理的花生叶片受害率之间无显著差异,叶片受害率均随时间的延长而增加;处理后第 10 天时的叶片受害率较第 5 天分别增加了 30.17%和 23.81%,而食诱剂撒施处理的花生叶片受害率随时间的延长而降低,处理后第 10 天时的花生叶片受害率较第 5 天降低了 62.14%,可见食诱剂处理的持效性较好。



柱上不同的小写字母表示同一调查时间不同处理的叶片受害率之间存在显著差异(P<0.05, Tukey test)。下同

Different letters on the bars indicated that there was significant differences between treatments on the same day (P<0.05, Tukey test). The same below

图 4　各处理在处理后 5 d、10 d 时的花生叶片受害率

Fig. 4　Rate of damaged leaves caused by noctuid insects in different treatments at 5th and 10th day after treatment

2.5　食诱剂防控对花生百株虫量的影响

各处理及对照的夜蛾科幼虫的百株虫量依次为:空白对照>食诱剂撒施>化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理(图 5)。化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理之间无显著差异,但均显著低于食诱剂撒施处理(5 d:$F=58.263$,$df=3,8$,$P<0.001$;10 d:$F=7.747$,$df=3,8$,$P=0.009$),所有处理均显著低于空白对照。食诱剂撒施、化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理的百株虫量均随时间的延长而降低,3 种处理在 10 d 时的百株虫量较 5 d 时分别减少了 23.87%、16.84%、19.86%。

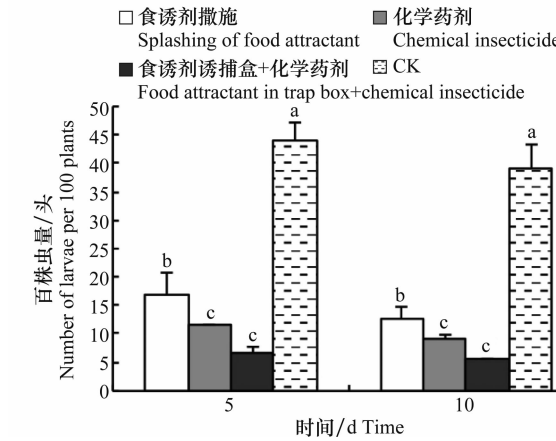


图 5　不同处理在处理后 5 d、10 d 时夜蛾科害虫幼虫的百株虫量

Fig. 5　Larvae number of noctuid insects per 100 plants in different treatments at 5th and 10th day after treatment

2.6 食诱剂防控对花生幼虫虫口减退率的影响

各处理下幼虫的虫口减退率在第 5 天和第 10 天时差异显著(图 6)。虫口减退率依次为:食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合>化学防治>食诱剂撒施(5 d:$F=201.89$,$df=2,6$,$P<0.001$;10 d:$F=92.78$,$df=2,6$,$P<0.001$)。处理后第 10 天,食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理的虫口减退率最大(85.87%),食诱剂撒施处理的虫口减退率为 67.40%。食诱剂撒施诱集到的棉铃虫、黄地老虎、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾成虫的数量分别为 324、156、41 头和 0 头。食诱剂撒施、化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理在第 10 天时的虫口减退率均高于第 5 天时的减退率,分别比第 5 天时增加了 8.69%、3.41%、1.11%。

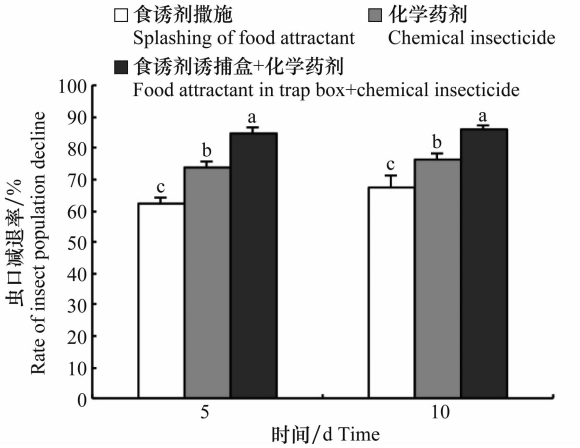


图 6 不同处理在 5 d、10 d 时夜蛾科害虫幼虫的虫口减退率

Fig. 6 Larval reduction rate in different treatments at 5th and 10th day after treatment

3 结论与讨论

对花生田夜蛾科害虫进行有效防控的关键在于掌握成虫迁入的准确时间。性诱技术作为传统的农业监测技术已被广泛应用于鳞翅目害虫成虫的种群动态监测和田间预测预报[13,22-26]。本研究中食诱剂监测到的棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、黄地老虎的发生高峰期与性诱剂监测到的一致,表明食诱剂同样可作为花生田鳞翅目夜蛾科害虫成虫的有效监测技术,用于花生田棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾等夜蛾科害虫成虫发生动态监测,指导花生田夜蛾科害虫防治。学者在研究棉铃虫食诱剂[18]和盲蝽成虫食诱剂[19]的田间诱捕效果时也得到相同的结果。与性诱剂的专一性不同,食诱剂利用成虫对食物的趋性原理诱捕成虫,具有一定广谱性,能够同时对花生田多种夜蛾科害虫进行有效监测,并且通过诱集到的雌雄成虫的比值可推断迁飞性害虫的迁入和迁出的变化情况,弥补性诱剂只能监测雄成虫的不足。

本文试验结果表明,食诱剂撒施、化学防治、食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合处理 3 种方法对花生田夜蛾科害虫均起到很好的防治效果,处理后花生受害率、幼虫虫口数量大幅度降低,其中食诱剂诱捕盒技术与化学防治组合应用的防治效果最佳,化学防治次之,此结论与学者研究发现,在棉铃虫中等发生程度下,通过食诱剂撒施处理田间幼虫发生程度可降到防治指标以下,故可不进行化学防治[18-19]的结论一致。因此,建议对田间成虫进行监测,在棉铃虫等夜蛾科害虫大量发生年份,在成虫发生高峰期采用食诱剂诱捕盒技术结合化学防治,而在中等发生年份仅选用食诱剂撒施技术进行防治即可。

用食诱剂直接诱杀成虫的技术可作为有效防控花生田夜蛾科害虫的绿色技术,该技术改变了传统的单纯依靠化学药剂防治幼虫的策略,减少了农药喷洒对农田的污染,为在花生田大面积诱杀迁飞性害虫提供了技术支撑。

参考文献

[1] SHARMA M,GUPTA S K,MONDAL A K. Production and trade of major world oil crops [M]// GUPTA S. Technological innovations in major world oil crops, volume 1: Breeding. New York: Springer New York,2012:1-15.

[2] 綦亚伟. 山东省花生出口问题研究[D]. 淄博:山东理工大学,2017.

[3] 戴良香,康涛,张冠初,等. 地膜覆盖方式对花生田土壤含水量、温度及产量的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(8):72-77.

[4] 王才斌. 实施理性栽培,推进山东花生生产可持续发展[J]. 花生学报,2018,47(1):74-76.

[5] 邢健. 防治花生田三种食叶害虫高效药剂的筛选[D]. 泰安:山东农业大学,2016.

[6] 公义. 山东省花生病虫草害发生现状及绿色防控技术的推广应用[J]. 陕西农业科学,2017,63(9):62-66.

[7] 秦胜楠,管晓志,鞠倩,等. 山东莱西花生产区昆虫群落基本结构及多样性研究[J]. 昆虫知识,2018,55(2):294-303.

[8] 冯国明. 花生害虫的分类高效防治[J]. 农药市场信息,2011(12):42.

[9] 陈小姝,杨富军,曲明静,等. 吉林花生有害生物种类调查及发生危害[J]. 花生学报,2017,46(2):68-72.

[10] 陈四龙,程增书,宋亚辉,等. 高产高油花生品种的光合与物质生产特征[J]. 作物学报,2019,45(2):276-288.

[11] 陈太春,冯志珍,王梦怡,等. 几种药剂防治甘蓝甜菜夜蛾田间防效试验[J]. 西北园艺(蔬菜),2015(5):43-44.

[12] 周孚美. 不同化学药剂对烟青虫和斜纹夜蛾的防治效果[J]. 安徽农业科学,2016,44(16):167 - 169.
[13] 赵安平,马国生,王美入. 4 种性诱剂对甜菜夜蛾诱集效果及种群动态分析[J]. 中国瓜菜,2018,31(9):39 - 42.
[14] EBRAHIMI L, SHIRI M, DUNPHY G B. Effect of entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, on survival and plasma phenoloxidase activity of *Helicoverpa armigera* (Hb) (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory conditions [J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2018, 28(1): 12.
[15] GREGG P C, SOCORRO A P D, HAWES A J, et al. Developing bisexual attract-and-kill for polyphagous insects: ecological rationale versus pragmatics [J]. Journal of Chemical Ecology, 2016, 42(7): 666 - 675.
[16] 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.
[17] 陆宴辉. 农业害虫植物源引诱剂防治技术发展战略[M]// 吴孔明. 中国农业害虫绿色防控发展战略. 北京:科学出版社,2016:120 - 132.
[18] 修春丽,栗爱丽,路伟,等. 棉铃虫食诱剂的田间诱捕效果[J]. 应用昆虫学报,2018(1):44 - 48.
[19] 窦术英,修春丽,张建萍,等. 盲蝽成虫食诱剂的田间诱捕效果[J]. 植物保护,2017,43(4):239 - 242.
[20] 公义,孙淑建,徐兆春,等. 生物食诱剂对西兰花田夜蛾科害虫的诱杀效果[J]. 中国植保导刊,2017,37(8):58 - 60.
[21] 王生才,朱宇波,邓小强,等. 食诱剂'塔巴可'对桂阳烤烟主要害虫防效初探[J]. 作物研究,2018(1):69 - 72.
[22] ADLUNG K G. Field tests on the attraction of male nun moths (*Lymantria monacha* L.) and gypsy moths (*Lymantria dispar* L.) to GYPLURE, a synthetic sex attractant[J]. Journal of Applied Entomology, 1964, 54: 304 - 309.
[23] MEAGHER R L. Collection of soybean looper and other noctuids in phenlacetaldehyde-baited field traps [J]. Florida Entomologist, 2001, 84(1): 154 - 155.
[24] YU Qing, ZHAO Jinlong, ZHOU Yanhua. Effects of different setting heights of noctuid trappers on trapping tobacco noctuids [J]. Plant Diseases & Pests, 2014(6): 13 - 15.
[25] 梁旭文. 花生的田间管理及病虫害防治策略分析[J]. 农技服务,2016,33(2):111.
[26] 郑亚萍,吴正锋,王春晓,等. 棕壤花生镁营养特性对不同耕作措施的响应[J]. 核农学报,2018,32(12):2406 - 2413.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 233 页)

[2] 关秀敏,董保信,曹欣然,等. 转基因抗虫棉种植面积变化对花生田棉铃虫种群影响[J]. 应用昆虫学报,2016,53(4):851 - 855.
[3] 陆宴辉,姜玉英,刘杰,等. 种植业结构调整增加棉铃虫的灾变风险[J]. 应用昆虫学报,2018,55(1):19 - 24.
[4] 张帅. 2016 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊,2017,37(3):56 - 59.
[5] 全国农业技术推广服务中心. 2017 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊,2018,38(4):52 - 56.
[6] 陆宴辉,张永军,吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略[J]. 生态学报,2008,28(10):5113 - 5120.
[7] 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.
[8] 陆宴辉,王立颖,吴孔明,苏敏,李晶晶. 一种棉铃虫食诱剂. 201810041165. 1[P]. 2018 - 06 - 08.
[9] 陆宴辉. 农业害虫植物源引诱剂防治技术发展战略[M]// 吴孔明. 中国农业害虫绿色防控发展战略. 北京:科学出版社,2016:120 - 132.
[10] 李红平. 食诱剂诱杀棉铃虫成虫在伊犁地区的推广应用现状及建议[J]. 农业工程技术,2016,36(5):39.
[11] 孔德生,孙明海,赵艳丽,等. 性诱剂和生物食诱剂对花生田棉铃虫的防控效果及效益分析[J]. 山东农业科学,2016,48(4):102 - 105.
[12] LIU Yongqiang, GAO Yu, LIANG Gemei, et al. Chlorantraniliprole as a candidate pesticide used in combination with the attracticides for lepidopteran moths [J/OL]. PLoS ONE, 2017, 12(6): e0180255.
[13] 修春丽,栗爱丽,路伟,等. 棉铃虫食诱剂的田间诱捕效果[J]. 应用昆虫学报,2018,55(1):44 - 48.
[14] FARRÉ M, FERNANDEZ J, PAÉZ M I, et al. Analysis and toxicity of methomyl and ametryn after biodegradation [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2002, 373(8): 704 - 709.
[15] 张万民,可欣. 澳宝丽食诱剂诱杀玉米害虫种类和数量效果研究[J]. 辽宁农业科学,2016(4):85 - 87.
[16] 公义,孙淑建,徐兆春,等. 生物食诱剂对西兰花田夜蛾科害虫的诱杀效果[J]. 中国植保导刊,2017,37(8):58 - 60.
[17] 郑庆伟. 中国农科院合作研发的新一代蛾类害虫诱捕器问世[J]. 农药市场信息,2015(13):46 - 47.
[18] RANGER C M, GORZLANCYK A M, ADDESSO K M, et al. Conophthorin enhances the electroantennogram and field behavioural response of *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae) to ethanol [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2014, 16(4): 327 - 334.
[19] 吴孔明. 中国农业害虫绿色防控发展战略[M]. 北京:科学出版社,2016.
[20] 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.
[21] 李建成,潘文亮,张小风,等. 新疆棉田释放中红侧沟茧蜂对棉铃虫的防治效果[J]. 中国棉花,2004(9):17 - 19.
[22] 于惠林,张永军,孙国军,等. 棉铃虫天敌中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 对不同处理棉花的趋性行为反应[J]. 应用与环境生物学报,2006(6):809 - 813.
[23] 秦启联,程清泉,郑建峰,等. 科云牌棉铃虫核型多角体病毒生物农药的规模化生产和应用[J]. 生物技术通报,2008(S1):467 - 470.
[24] WU Kongming, LU Yanhui, FENG Hongqiang, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin containing cotton [J]. Science, 2008, 321(5896): 1676 - 1678.
[25] 刘文旭,马爱红,路子云,等. 释放中红侧沟茧蜂对玉米、辣椒田棉铃虫的防治效果[J]. 应用昆虫学报,2018,55(1):39 - 43.

(责任编辑:杨明丽)