技 术 与 应 用
Technology & Application

食诱剂与不同诱捕器结合使用对棉铃虫成虫诱捕效果的影响

修春丽[1]， 李国平[2]， 高 宇[1]， 栗爱丽[1]， 陆宴辉[1*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 河南省农业科学院植物保护研究所，郑州 450002）

摘要 为明确不同类型诱捕器对棉铃虫块状食诱剂田间诱捕效果的影响，2018年7月－9月在河北省廊坊市广阳区、河南省新乡市新乡县和原阳县的棉花、大豆、玉米、花生田，利用蛾类诱捕器和三角形诱捕器比较了块状食诱剂对棉铃虫的诱捕效果。结果表明，食诱剂分别与2种诱捕器结合，在4种作物田对棉铃虫成虫均具有明显的诱捕作用；蛾类诱捕器诱集到的棉铃虫成虫数量是三角形诱捕器的1.2～6.5倍。因此，蛾类诱捕器与棉铃虫块状食诱剂结合使用可以更有效诱捕田间棉铃虫成虫。

关键词 棉铃虫； 成虫； 食诱剂； 诱捕器； 诱捕效果

中图分类号： S433.4 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2019068

Trapping efficacy of combined application of food attractants and different traps on *Helicoverpa armigera* moths

XIU Chunli[1]， LI Guoping[2]， GAO Yu[1]， LI Aili[1]， LU Yanhui[1*]

（1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*, *Institute of Plant Protection*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*; 2. *Institute of Plant Protection*, *Henan Academy of Agricultural Sciences*, *Zhengzhou* 450002, *China*）

Abstract The objective of this study was to assess the trapping effectiveness of different traps combined with food attractant to the *Helicoverpa armigera* moths. From July to September 2018, the moth trap and triangle trap with block-shaped food attractant were used in four crop fields in Guangyang district of Langfang (Hebei province), Xinxiang county and Yuanyang county of Xinxiang (Henan province), respectively. Field results showed that *H. armigera* moths were greatly attracted by food attractant combined with both types of traps in cotton, soybean, corn and peanut fields. However, the average number of trapped *H. armigera* moths by moth trap was 1.2－6.5 times higher than that by triangle trap. In conclusion, moth trap is more suitable to be combined with block-shaped food attractant, which can effectively trap *H. armigera* moths in the fields.

Key words *Helicoverpa armigera*; moth; food attractant; trap; trapping efficacy

棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）属鳞翅目夜蛾科，是一种世界范围内的重大农业害虫[1]。近年来，随着农作物种植结构的调整，黄河流域等地区转Bt（*Bacillus thuringiensis*）基因抗虫棉的种植面积大幅下降，我国棉铃虫区域性种群数量逐年上升，在玉米、花生、番茄、辣椒、向日葵等常规寄主作物上的发生为害程度明显加重[2-3]。棉铃虫对化学杀虫剂的抗性问题一直比较突出[1]，目前我国多地棉铃虫种群对部分拟除虫菊酯类药剂仍具有高水平抗性，同时对有机磷类、大环内酯类药剂也有明显的抗性[4-5]。此外，化学杀虫剂大量使用还带来了农田生物多样性下降、水源与土壤污染等诸多其他问题，

收稿日期： 2019－02－20 **修订日期**： 2019－03－23
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0201900)；国家现代农业棉花产业技术体系(CARS-15-19)
* 通信作者 E-mail：yhlu@ippcaas.cn

因此亟须进一步研发环境友好的棉铃虫防控技术。

近年来，基于植食性昆虫嗅觉识别功能与寄主选择习性的行为调控技术，如利用诱集植物、引诱枝把等，已在农作物害虫治理实践中得到了广泛应用[6]。食诱剂是模拟植物气味，人工合成与组配的一种生物诱捕剂，可以有效替代利用诱集植物、引诱枝把等传统的害虫引诱方式，具有可标准化生产、使用方法简单、效果稳定等优点[7]。棉铃虫食诱剂由苯乙醛、水杨酸丁酯、柠檬烯、甲氧基苄醇等多种植物挥发性物质组成[8]，为黏稠液体。使用时，在食诱剂中添加化学杀虫剂，再将混配后的食诱剂通过茎叶滴洒或悬挂方盒诱捕器的方式施用，可引诱害虫成虫前来取食并借助杀虫剂集中快速将其杀灭[9]。食诱技术现已被广泛应用在棉花、玉米、烟草、花生和大豆田防治棉铃虫[3,9]。例如，在新疆伊犁地区，2013 年－2015 年 3 年棉田试验表明，食诱剂对棉铃虫等夜蛾科成虫具有很好的诱杀效果，可明显降低其对棉铃的为害率[10]。在花生田分别采用悬挂食诱剂诱捕盒和食诱剂茎叶滴洒方式诱杀棉铃虫，其单个处理可平均诱杀棉铃虫成虫 1 199 头和 2 658 头，田间幼虫较对照区分别减少 66.67%和 75.22%[11]。以上实例证明，食诱剂可有效诱杀棉铃虫雌雄成虫，减少其后代幼虫的发生数量，减轻其为害程度。

但由于黏稠液体型的食诱剂在使用过程中仍需要伴施较高浓度的化学杀虫剂[12]，因而具有潜在的安全性问题，在一定程度上限制了棉铃虫食诱剂的应用范围。为解决以上问题，本试验在棉花、大豆、玉米和花生田，评估了棉铃虫新型块状食诱剂与不同诱捕器结合使用对棉铃虫成虫的诱捕效果，以期发展不使用化学杀虫剂的棉铃虫食诱技术，为棉铃虫的绿色防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

棉铃虫块状食诱剂[8]（长 4.8 cm，宽 4.5 cm，高 0.8 cm；净重 12 g）由深圳百乐宝农业科技有限公司根据本试验要求生产并提供。蛾类诱捕器与三角形诱捕器购自北京中捷四方生物科技股份有限公司。

1.2 试验方法

试验于 2018 年 7 月至 9 月分别在中国农业科学院植物保护研究所河北廊坊科研中试基地的棉花田，中国农业科学院河南新乡县综合试验基地的大豆田，河南省农业科学院河南原阳县现代农业科技试验示范基地的玉米田和花生田开展。

试验中，蛾类诱捕器按照使用说明将 1 块食诱剂用塑料绳固定在诱捕器下方横杆的中间。三角形诱捕器的三面均有粘虫板，将 1 块食诱剂放置在诱捕器底部粘虫板的正中间。在田间，蛾类诱捕器和三角形诱捕器混合放置、随机排列，每 667 m^2 均匀放置诱捕器 3 个，诱捕器放置位置距田块边缘 10 m 以上。其中，棉花田、大豆田中蛾类诱捕器和三角形诱捕器各放置 20 个，诱捕器底部高出作物 20～30 cm。玉米田中两种诱捕器各放置 10 个，诱捕器底部高出密集叶片层 20～30 cm。花生田中两种诱捕器各放置 10 个，诱捕器底部高出作物 40～50 cm。

棉花田先后开展 2 次试验，大豆、玉米和花生田均开展 3 次。每次试验分为两个阶段，共持续半个月。第一阶段：食诱剂放置后的第 7 天调查每个诱捕器中棉铃虫成虫数量，雌性、雄性分别记录数量，调查后，将蛾类诱捕器中的成虫全部倒出并带出田间，将三角形诱捕器中的三块粘虫板统一更换，并将已使用了 7 d 的块状食诱剂再次放置于诱捕器之中，继续第二阶段试验；第二阶段：方法同第一阶段。每次试验更换新的诱捕器和块状食诱剂，重复上述两个阶段的试验。

1.3 数据分析

用 SPSS 20.0 比较蛾类诱捕器和三角形诱捕器的诱捕效果，将同一时期内诱捕到的棉铃虫成虫数量经 $\log_{10}(n+1)$ 转换后，采用成组 t 检验分析差异性。

2 结果与分析

2.1 棉田两种诱捕器的诱捕效果比较

河北廊坊棉田两次试验结果表明，块状食诱剂与蛾类诱捕器结合使用比与三角形诱捕器结合使用诱捕到的棉铃虫成虫数量明显偏高。在第一次试验中，单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为（1.90±0.42）头，极显著高于三角形诱捕器的（0.30±0.13）头（$t=3.68$，$df=38$，$P=0.0007$）（表 1）。其中，单个蛾类诱捕器第一阶段平均诱捕量为（0.95±0.26）头，极显著高于三角形诱捕器的（0.05±0.05）头（$t=3.45$，$df=38$，$P=0.0014$）；第二阶段平均诱捕量为（0.95±0.34）头，与三角形诱捕器的（0.25±0.12）头之间差异不显著（$t=1.91$，$df=38$，$P=0.0629$）（图 1a）。在第二次试验中，单个蛾

类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(26.05±3.00)头,极显著高于三角形诱捕器的(4.00±0.64)头(t=7.18, df=38, P<0.000 1)(表 1)。其中,单个蛾类诱捕器第一和第二阶段平均诱捕量分别为(8.50±1.31)头和(17.55±2.04)头,分别极显著高于三角形诱捕器第一阶段的(2.40±0.46)头(t=4.40,df=38,P<0.000 1)和第二阶段的(1.60±0.54)头(t=7.56,df=38,P<0.000 1)(图 1b)。

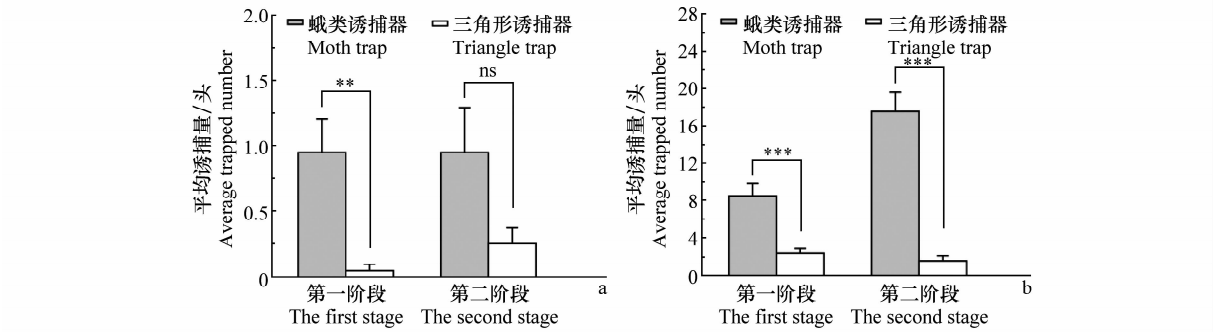
表 1　不同作物田两种诱捕器对棉铃虫成虫的诱捕数量[1)]

Table 1　Amount of *Helicoverpa armigera* moths trapped by two types of traps in different crop fields

次数 Times	诱捕器类型 Trap type	诱捕成虫数量/头·诱捕器$^{-1}$ Average number of trapped moths			
		棉花 Cotton	大豆 Soybean	玉米 Corn	花生 Peanut
第一次	蛾类诱捕器 Moth trap	(1.90±0.42)*	(16.05±1.84)*	(7.00±1.16)*	(5.80±1.08)*
The first trial	三角形诱捕器 Triangle trap	(0.30±0.13)	(7.20±1.10)	(4.10±0.59)	(2.80±0.77)
第二次	蛾类诱捕器 Moth trap	(26.05±3.00)*	(6.70±1.07)*	(2.70±0.47)ns	(3.60±0.78)ns
The second trial	三角形诱捕器 Triangle trap	(4.00±0.64)	(2.20±0.45)	(2.30±0.56)	(2.40±0.64)
第三次	蛾类诱捕器 Moth trap	—	(4.40±0.70)*	(5.80±2.04)ns	(11.80±2.97)*
The third trial	三角形诱捕器 Triangle trap	—	(2.70±0.38)	(2.50±0.69)	(3.90±1.00)

1) 表中数据为平均值±标准误。星号 * 表示同一作物田、同一次试验中蛾类诱捕器与三角形诱捕器的累计诱捕量有显著差异(成组 t 检验,P<0.05);ns 则表示无显著差异(成组 t 检验,P>0.05)。

Data (mean±SE) with the asterisk are significantly different between two traps in the same experiment in each crop field (unpaired t-test, P<0.05), and ns means no significant difference (unpaired t-test, P>0.05).



a: 第一次试验; b: 第二次试验。图中数据为平均值±标准误。图中星号表示同一阶段蛾类诱捕器和三角形诱捕器的平均诱捕量存在显著差异(成组t检验, * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001); ns表示无显著差异(成组t检验, P>0.05)。下同

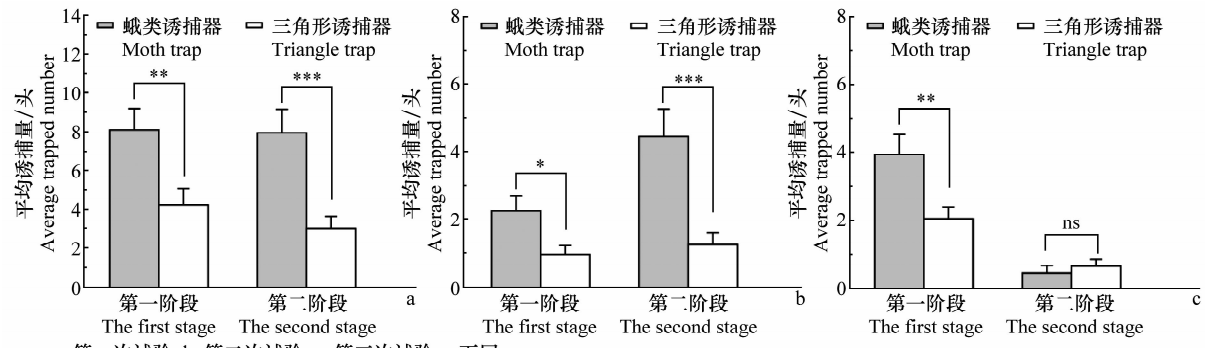
a: The first trial; b: The second trial. The asterisk indicates significant difference between two traps in the same period (unpaired t-test, * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001). The ns means no significant difference (unpaired t-test, P>0.05). The same applies below

图 1　棉田不同诱捕器对棉铃虫成虫的诱捕效果

Fig. 1　Trapping efficacy of different traps on *Helicoverpa armigera* moths in cotton field

2.2　大豆田两种诱捕器的诱捕效果比较

河南新乡大豆田 3 次试验结果表明,块状食诱剂与蛾类诱捕器结合比与三角形诱捕器结合诱捕到的棉铃虫成虫数量明显偏高。在第 1 次试验中,单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(16.05±1.84)头,极显著高于三角形诱捕器(7.20±1.10)头(t=4.12, df=38, P=0.000 2)(表 1)。其中,第一阶段单个蛾类诱捕器的平均诱捕量为(8.10±1.10)头,极显著高于三角形诱捕器的(4.20±0.86)头(t=2.79, df=38, P=0.008 3);第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(7.95±1.21)头,极显著高于三角形诱捕器的(3.00±0.64)头(t=3.61, df=38, P=0.000 9)(图 2a)。在第 2 次试验中,单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(6.70±1.07)头,极显著高于三角形诱捕器的(2.20±0.44)头(t=3.89, df=38, P=0.000 4)(表 1)。单个蛾类诱捕器第一和第二阶段平均诱捕量分别为(2.25±0.45)头和(4.45±0.82)头,分别极显著高于三角形诱捕器第一阶段的(0.95±0.27)头(t=2.48, df=38, P=0.017 8)和第二阶段的(1.25±0.35)头(t=3.59, df=38, P=0.000 9)(图 2b)。在第 3 次试验中,单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(4.40±0.70)头,显著高于三角形诱捕器(2.70±0.38)头(t=2.14, df=38, P=0.038 5)(表 1)。第一阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(3.95±0.58)头,极显著高于三角形诱捕器的(2.05±0.34)头(t=2.84, df=38, P=0.007 2);第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(0.45±0.22)头,与三角形诱捕器的(0.65±0.21)头之间差异不显著(t=0.65, df=38, P=0.516 8)(图 2c)。



a: 第一次试验; b: 第二次试验; c: 第三次试验。 下同
a: The first trial; b: The second trial; c: The third trial. The same applies below

图 2 大豆田不同诱捕器对棉铃虫成虫的诱捕效果

Fig. 2 Trapping efficacy of different traps on *Helicoverpa armigera* moths in soybean field

2.3 玉米田两种诱捕器的诱捕效果比较

河南原阳县玉米田三次试验结果表明，块状食诱剂与蛾类诱捕器结合比与三角形诱捕器结合诱捕到的棉铃虫成虫数量整体偏高。在第一次试验中，单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(7.00±1.16)头，显著高于三角形诱捕器(4.10±0.59)头($t=2.23$，$df=18$，$P=0.039\ 1$)(表 1)。其中，第一阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(1.80±0.44)头，显著高于三角形诱捕器的(0.70±0.26)头($t=2.14$，$df=18$，$P=0.046\ 0$)；第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(5.20±1.03)头，与三角形诱捕器的(3.40±0.56)头之间差异不显著($t=1.53$，$df=18$，$P=0.142\ 5$)(图 3a)。在第二次试验中，单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(2.70±0.47)头，而三角形诱捕器的诱捕量为(2.30±0.56)头，两者差异不显著($t=0.55$，$df=18$，$P=0.591\ 4$)(表 1)。第一阶段和第二阶段两种诱捕器的平均诱捕量都比较相近，没有显著差异(第一阶段：$t=0.55$，$df=18$，$P=0.592\ 1$；第二阶段：$t=3.59$，$df=18$，$P=0.999\ 9$)(图 3b)。在第三次试验中，单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(5.80±2.04)头，与三角形诱捕器(2.50±0.69)头之间差异不显著($t=1.54$，$df=18$，$P=0.142\ 2$)(表 1)。第一和第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量分别为(2.00±0.71)头和(3.80±1.72)头，与三角形诱捕器的(0.90±0.35)头和(1.60±0.62)头之间的差异均不显著(第一阶段：$t=1.38$，$df=18$，$P=0.183\ 5$；第二阶段：$t=1.21$，$df=18$，$P=0.243\ 8$)(图 3c)。

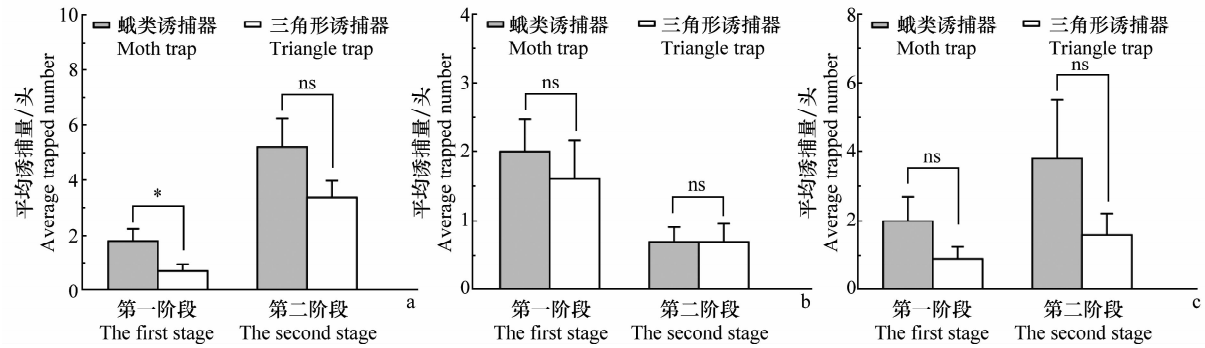


图 3 玉米田不同诱捕器对棉铃虫成虫的诱捕效果

Fig. 3 Trapping efficacy of different traps on *Helicoverpa armigera* moths in corn field

2.4 花生田两种诱捕器的诱捕效果比较

河南原阳县花生田三次试验结果表明，块状食诱剂与蛾类诱捕器结合比与三角形诱捕器结合诱捕到的棉铃虫成虫数量偏高。在第一次试验中，单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(5.80±1.08)头，显著高于三角形诱捕器的(2.80±0.77)头($t=2.26$，$df=18$，$P=0.036\ 8$)(表 1)。其中，第一阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(1.90±0.50)头，显著高于三角形诱捕器的(0.70±0.26)头($t=2.11$，$df=18$，$P=0.048\ 7$)；第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(3.90±1.01)头，与三角形诱捕器的(2.10±0.64)头之间差异不显著($t=1.51$，$df=18$，$P=0.148\ 3$)(图

4a)。在第二次试验中,单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(3.60±0.78)头,而三角形诱捕器为(2.40±0.64)头,两者差异不显著(t=1.20,df=18,P=0.247 7)(表 1)。其中,第一阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量为(2.90±0.69)头,与三角形诱捕器的(1.30±0.45)头之间没有显著差异(t=1.94,df=18,P=0.067 8);第二阶段两种诱捕器的平均诱捕量也没有显著差异(t=0.68,df=18,P=0.504 2)(图 4b)。在第三次试验中,单个蛾类诱捕器两个阶段的累计诱捕量为(11.80±2.97)头,显著高于三角形诱捕器(3.90±0.99)头(t=2.53,df=18,P=0.021 1)(表 1)。其中,第一阶段两种诱捕器的平均诱捕量相近,差异不显著(t=0.21,df=18,P=0.836 2);第二阶段单个蛾类诱捕器的平均诱捕量为(9.70±2.96)头,显著高于三角形诱捕器的(2.00±0.79)头(t=2.51,df=18,P=0.021 8)(图 4c)。

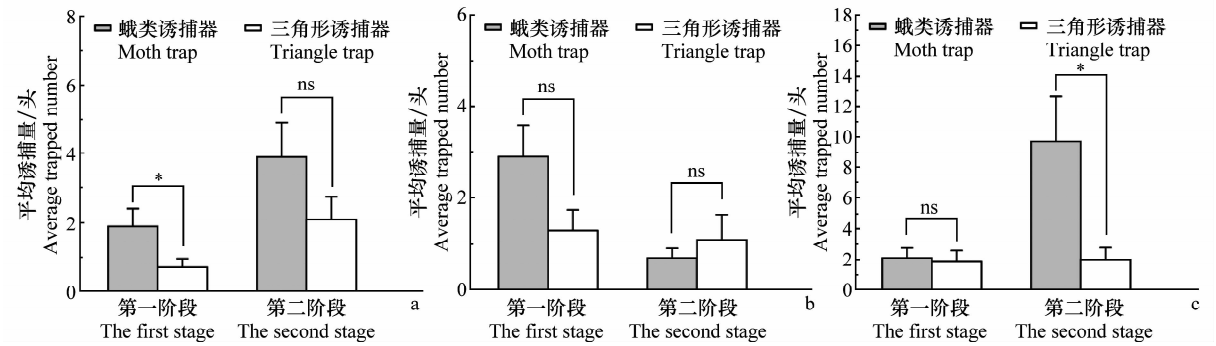


图 4　花生田不同诱捕器对棉铃虫成虫的诱捕效果

Fig. 4　Trapping efficacy of different traps on *Helicoverpa armigera* moths in peanut field

3　讨论

现阶段棉铃虫食诱剂通常为黏稠液体,主要使用方法包括诱盒法和撒施法。将添加化学杀虫剂混匀后的食诱剂倒入放置在田间的专用诱捕盒内或直接撒施在作物叶片表面,吸引田间棉铃虫成虫来取食以达到诱杀成虫的目的[13]。棉铃虫食诱剂常用的伴施杀虫剂为灭多威,该药剂对哺乳动物和鱼类等毒性高[14]。最新研究发现,氯虫苯甲酰胺可作为替代灭多威的化学药剂,但其使用浓度比较高,同样存在潜在的安全性问题,且成本昂贵[12]。本试验将食诱剂加工成块状,与现有害虫诱捕器结合使用,在 4 种作物田均可有效诱捕棉铃虫成虫。本试验未在食诱剂中添加任何化学杀虫剂,依靠块状食诱剂对棉铃虫的吸引作用和蛾类诱捕器的捕获功能将棉铃虫成虫吸引至诱捕器内。另外,该方法食诱剂不直接与作物接触,避免了液体食诱剂撒施在植物表面可能造成的污染和残留等问题。

本试验结果显示,棉铃虫成虫发生量偏高时,块状食诱剂与蛾类诱捕器结合使用的效果优于发生量低的时候,例如棉田第 2 次试验的第二阶段单个蛾类诱捕器平均诱捕量达到 10 头以上,而三角形诱捕器诱捕量不到 2 头;然而成虫发生量较低的时候,如棉田第 1 次试验的第二阶段两种诱捕器平均诱捕量均低于 1 头,无显著差异。三角形诱捕器中的粘虫板在使用过程中存在许多缺点,比如会沾上成虫的鳞片、灰尘、易受雨水冲刷等,导致后期黏性差,诱捕效果明显降低;而蛾类诱捕器的诱捕效果始终比较稳定,同时具有可重复使用的优点。棉铃虫块状食诱剂持效期在 30 d 以上,且不受下雨等气候因素的影响。块状食诱剂与蛾类诱捕器结合使用可以持续有效地诱杀棉铃虫成虫。

棉铃虫食诱剂是一种广谱性生物食诱剂,对其他夜蛾科害虫如黏虫、地老虎等以及金龟子等也有明显的诱杀作用[15-16]。蛾类诱捕器也对多种鳞翅目害虫具有明显的诱捕功能[17]。因此,块状食诱剂与诱捕器结合使用可能对其他鳞翅目害虫也具有明显的诱捕效果,需进一步评估。

棉铃虫食诱剂可诱杀雌雄成虫从而降低下一代的虫源基数[3],但仍需加强食诱剂与其他绿色防控技术的结合。实际生产中,需将食诱剂与性诱剂、诱虫灯等成虫行为调控技术产品结合使用[3,18-20],以达到大量诱杀成虫,显著降低田间落卵量的效果。同时,加强与棉铃虫核型多角体病毒 NPV、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday 等幼虫防控技术的综合使用[21-25],以推进棉铃虫绿色防控技术的创新集成和应用。

参考文献

[1]　郭予元. 棉铃虫的研究[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

(下转 253 页)

[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)