



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

胡壮壮¹, 师毅², 李拥虎³, 薛建光³, 王吴彬¹, 钱海涛³, 邢光南¹, 盖钧镒¹

(1. 南京农业大学 大豆研究所/国家大豆改良中心/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室(综合)/作物遗传与种质创新国家重点实验室/江苏省现代作物生产协同创新中心, 江苏 南京 210095; 2. 杨凌翔林农业生物科技有限公司, 陕西 杨凌 712100; 3. 北京中捷四方生物科技股份有限公司, 北京 101102)

摘要:随着大豆“症青”发生面积的逐步扩大,点蜂缘蝽已引起了大豆科研工作者与生产者的高度重视。为探讨高效的点蜂缘蝽诱捕技术,本研究于2019年8月份在安徽省当涂县用不同诱芯、诱捕器及其组合评价聚集信息素对点蜂缘蝽的诱捕效果。方差分析表明:诱芯、诱捕器及其互作间诱捕效果差异都达极显著水平。缓释包诱芯1-2和PVC诱芯2-2显著高于橡胶塞诱芯3-x和空白对照。小船型诱捕器和双向倒漏斗型诱捕器显著高于通用桶型诱捕器和绿色粘虫板。PVC诱芯2-2、缓释包诱芯1-2和小船型诱捕器的组合效果最佳,但小船型诱捕器底部组件粘虫板会粘住点蜂缘蝽导致点蜂缘蝽死亡。缓释包诱芯1-2、PVC诱芯2-2和双向倒漏斗型诱捕器的组合效果次之,且其能诱捕到点蜂缘蝽完整活体,可为进一步研究提供试虫。对诱捕到的昆虫种类分析表明:试验期间诱到的蛾类昆虫相对较多,特别是橡胶塞诱芯3-x对蛾类有较强的引诱效果;不同诱芯、诱捕器都只诱到少量蜂类昆虫;绿色粘虫板较其它诱捕器粘到显著更多的瓢虫类昆虫。PVC诱芯2-2、缓释包诱芯1-2和小船型诱捕器、双向倒漏斗型诱捕器组成的4种组合能引诱到较多点蜂缘蝽,且其它昆虫较少,说明有较高的专一性、实用性。

关键词:大豆;点蜂缘蝽;诱芯;诱捕器;聚集信息素

Study on the Trapping Effect of Different Aggregation Pheromone Lure Cores and Trap Devices Against *Riptortus pedestris* in Soybean Field

HU Zhuang-zhuang¹, SHI Yi², LI Yong-hu³, XUE Jian-guang³, WANG Wu-bin¹, QIAN Hai-tao³, XING Guang-nan¹, GAI Jun-yi¹

(1. Soybean Research Institute of Nanjing Agricultural University/ National Center for Soybean Improvement/Key Laboratory for Biology and Genetic Improvement of Soybean (General), Ministry of Agriculture/ National Key Laboratory for Crop Genetic and Germplasm Enhancement/ Jiangsu Collaborative Innovation Center for Modern Crop Production, Nanjing 210095, China; 2. Yangling Xiang Lin Agricultural and Biotechnology Science Co., Ltd. Yangling 712100, China; 3. Pherobio Technology Co., Ltd., Beijing 101102, China)

Abstract: With the gradual expansion of the area of soybean ‘Zhengqing’, the *Riptortus pedestris* has attracted the attention of soybean science and technology workers and producers. In order to explore the high efficient trapping technique of *Riptortus pedestris*, this study evaluated different lure cores of the aggregation pheromone, trap devices and their combinations in August in Dangtu county, Anhui province. The analysis of variance showed that the trapping effect of trap device, lure core and their interactions reached a very significant level. The slow-release lure core 1-2 and PVC lure core 2-2 were significantly higher than the rubber plug lure core 3-x and blank control. The small boat trap and the two-way inverted funnel trap were significantly higher than the general bucket trap and the green stick board. The combinations of the PVC lure core 2-2 and the slow-release lure core 1-2 and the small boat trap was the best, but *R. pedestris* would be stuck to the sticking plate at the bottom of trap and die. The combinations of the slow-release lure core 1-2 and the PVC lure core 2-2 and two-way inverted funnel trap could capture alive *R. pedestris*, which could provide test insects for further scientific research. The analysis of the species of the trapped insects showed more moth insects were attracted during the whole experiment, especially the rubber plug lure core 3-x had strong attracting effect on moths. Different lures core and trap devices only attracted a small number of bee insects. Green sticky board significantly captures more ladybug insects. The PVC lure core 2-2, the slow-release lurecore 1-2 and the small boat trap, the two-way inverted funnel trap were best combinations which could attract more *R. pedestris* and fewer other insects, indicating a high degree of specificity and practicability.

Keywords: Soybean; *Riptortus pedestris*; Lure core; Trap device; Aggregation pheromone

收稿日期:2019-09-23

基金项目:国家自然科学基金(31571694,31601325);国家重点研发计划(2016YFD0100201,2018YFD0201003);中央高校基本科研业务费专项资金(KYT201801);长江学者和创新团队发展计划(PCSIRT_17R55);教育部111项目(B08025);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);江苏省优势学科建设工程专项;江苏省JCIC-MCP项目。

第一作者简介:胡壮壮(1991-),男,硕士,主要从事大豆抗虫育种研究。E-mail:2018101120@njau.edu.cn。

通讯作者:邢光南(1980-),男,博士,副教授,主要从事大豆抗虫育种和种质资源研究。E-mail:xinggn@njau.edu.cn;

盖钧镒(1936-),男,教授,博导,主要从事大豆种质资源与遗传育种研究。E-mail:sri@njau.edu.cn。

点蜂缘蝽(*Riptortus pedestris*)又称白条蜂缘蝽、豆缘蝽象,属半翅目、缘蝽科,卵生害虫,成虫迁飞性强,适应能力强,1年可发生2~3代^[1-3]。寄主植物广泛,主要危害水稻、棉花、桑和大豆等重要粮食、经济作物^[4]。生产中受点蜂缘蝽为害的大豆往往会出现品种正常生育期结束时无荚、少荚或荚而不实并致茎秆叶片常绿等现象,习称“症青”^[5-7]。Li等^[5]研究表明近年来大豆“症青”在河南、山东、安徽等地普遍发生,造成大豆不同程度减产,严重爆发时可造成大面积减产甚至颗粒无收^[6];在河北、江苏、北京、陕西、山西、甘肃、吉林等地均有点蜂缘蝽爆发,且对大豆产量和品质产生严重影响^[5]。高宇等^[7]研究表明大豆“症青”面积正在不断扩大,已呈逐年加重趋势,防控形势日益严峻。目前点蜂缘蝽爆发对黄淮海地区大豆生产造成较大的损失,极大地降低农民的生产积极性,严重威胁中国大豆产业振兴和可持续发展战略^[8],现已成为黄淮海地区大豆生产上急需解决的重要问题。随着大豆“症青”发生面积的逐步扩大,点蜂缘蝽已引起了大豆科技工作者与生产者的高度重视,准确进行虫情监控具有非常重要的意义。

信息素即昆虫体内散发到体外从而引起昆虫产生行为变化的化学物质,是昆虫间起通讯作用的化合物统称,可作为昆虫间交流的化学分子语言^[9]。大致可分为疏散信息素、聚集信息素、警告信息素、追踪信息素、利它素、利己素、协同素、性信息素等^[10],其中性信息素和聚集信息素在农业生产中应用较为广泛。易龙等^[11]研究表明信息素可有效控制烟草斜纹夜蛾数量,降低农药使用量,并建议将性诱技术纳入烟草斜纹夜蛾的绿色防治技术体系之中。焦晋华等^[12]研究了不同诱捕器诱虫效果,并筛选出适宜的诱捕器,以满足梨小食心虫和桃小食心虫成虫爆发时动态监测以及防治要求。耿双双等^[13]认为聚集信息素对雌雄成虫均具有吸引作用。国内外研究表明,聚集信息素的诱捕器诱捕害虫技术可作为害虫预测预报和防治的有效手段,目前已在众多经济作物中用于虫害监控和防治,并逐渐成为生物绿色防控主要途径之一^[14-16]。点蜂缘蝽聚集信息素由成年雄性点蜂缘蝽产生,并吸引同种若虫和成虫^[17-18]。目前国内对点蜂缘蝽聚集信息素诱捕研究较少,国外点蜂缘蝽聚集信息素已应用于点蜂缘蝽的诱捕试验^[19-20]。Leal等^[17]从点蜂缘蝽成虫鉴定并报道聚集信息素主要成分

有:反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯和异丁酸十四酯,以自然比例1:5:1配置成诱芯(总含量100 mg),结果表明引诱效果与10头成年雄虫引诱量相当,其中异丁酸十四酯被认为是聚集信息素的必要组分。Rahman等^[21]研究表明点蜂缘蝽聚集信息素更易吸引雌性成虫。

诱捕器大致可分为容器类、网室类、粘虫板类以及水盆类等类型。容器及网室类诱捕器通常可诱捕活体昆虫,而粘虫板和水盆类诱捕器通常会使昆虫致死,可根据试验需求选择合适的诱捕器。徐淑华等^[22]比较了水盆式、三角型、船型3种诱捕器对蛾类诱捕效果影响,得出船型诱捕器诱蛾效果最好。和伟等^[23]研究多种诱捕器对草地贪夜蛾诱捕效果的影响,结果表明通用桶型诱捕效果最佳。焦晋华等^[12]和俞卓尔等^[24]得出米面蛾诱捕器即粘虫板对印度谷螟和食心虫有较好的诱捕效果。Kim等^[25]研究鱼形诱捕器、对称形诱捕器和锥形诱捕器对点蜂缘蝽的诱捕效果,结果表明对称形诱捕器效果最好,诱捕量分别是锥形诱捕器的6倍,鱼形诱捕器的8倍。

针对国内对点蜂缘蝽聚集信息素研究的空缺,南京农业大学和杨凌翔林农业生物科技有限公司、北京中捷四方生物科技股份有限公司合作开展聚集信息素对点蜂缘蝽的诱捕试验。本研究诱芯采用与Leal等^[17]同样的3种组分、配比及助剂,但设置了3个信息素含量及聚乙烯缓释包、聚氯乙烯PVC管和橡胶塞3种缓释材料以研究信息素浓度和缓释材料对诱捕效果的影响,同时评价不同诱芯和诱捕器对点蜂缘蝽的诱捕效果,筛选出最优诱芯和诱捕器组合,总结点蜂缘蝽虫情监测方法,为大豆“症青”防治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

诱捕试验在安徽省马鞍山市当涂县南京农业大学皖江基地(31°33'4"N,118°37'22"E)进行。试验时间为2019年8月3日-2019年8月29日,试验期间温度在25~38℃,天气持续干旱高温,晚间偶有阵雨大风,下午和傍晚田间可观察到点蜂缘蝽活动但数量不多。

1.2 材料

聚集信息素诱芯:缓释包诱芯1-2、PVC诱芯2-1、PVC诱芯2-2、PVC诱芯2-3和橡胶塞诱芯3-x。诱芯种类、信息素成分、含量及缓释材料如表1所示。

缓释包诱芯 1-2、PVC 诱芯 2-1、PVC 诱芯 2-2 和 PVC 所有诱芯由北京中捷四方生物科技股份有限公司
诱芯 2-3 由杨凌翔林农业生物科技股份有限公司生产，提供。

表 1 诱芯聚集信息素成分、含量及缓释材料

Table 1 The components and content of aggregation pheromone of the lure core, and the sustained release material			
诱芯种类和编号 Type of lure core and code	信息素成分 Pheromone composition	含量 Pheromone content/mg	缓释材料 Release material
缓释包诱芯 1-2 Slow-release lure core 1-2	反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯、异 丁酸十四酯和助剂	60	聚乙烯缓释袋
PVC 诱芯 2-1 PVC lure core 2-1	反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯、异 丁酸十四酯和助剂	30	聚氯乙烯缓释管
PVC 诱芯 2-2 PVC lure core 2-2	反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯、异 丁酸十四酯和助剂	60	聚氯乙烯缓释管
PVC 诱芯 2-3 PVC lure core 2-3	反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯、异 丁酸十四酯和助剂	90	聚氯乙烯缓释管
橡胶塞诱芯 3-x* Rubber plug lure core 3-x*	未知	未知	橡胶烃类化合物

诱芯种类后第一个数字代表缓释材料,第二个数字代表含量。x 代表含量未知;* 代表该诱芯从国外进口。
The first number behind the lure core represents the release material, the second number represents the content. x represents unknown content;
* means the lure core is imported from abroad.

供试诱捕器包括通用桶型诱捕器、双向倒漏斗型诱捕器、绿色粘虫板和小船型诱捕器 4 种(图 1),均由北京中捷四方生物科技股份有限公司提供。通用桶型诱捕器(图 1A)整体最大高度 239 mm,主体直径 167 mm;双倒漏斗型诱捕器(图 1B)总长 800 mm,主体最大直径 290 mm;绿色粘虫板(图 1C)高 250 mm、宽 300 mm;小船型诱捕器(图 1D)总长 265 mm、宽 215 mm、高 160 mm,底部胶片长 280 mm、宽 220 mm。所有诱芯均放置于诱捕器中部相应固定位置。



A:通用桶型诱捕器; B:双向倒漏斗型诱捕器; C:绿色粘虫板及中间的白色橡胶塞诱芯; D:小船型诱捕器;
E:通用桶形诱捕器顶盖中间诱芯篮中的红色 PVC 诱芯; F:双向倒漏斗型诱捕器中间的白色橡胶塞诱芯; G:小船
型诱捕器中挂在诱芯安置器上的黑色缓释包诱芯; H:小船型诱捕器及诱到的点蜂缘蝽。
A: General bucket trap; B: Two-way inverted funnel trap; C: Green sticky board and white rubber plug lure core in
center; D: Small boat trap; E: Red PVC lure core in the middle of the general bucket trap; F: White rubber plug lure core
in the middle of the two-way inverted funnel trap; G: Black slow release bag lure core hanging on a lure depositer in small
boat trap; H: Small boat trap and trapped *R. pedestris*.

图 1 设置在大豆田间的 4 种诱捕器及诱捕器中诱芯安放位置
Fig. 1 Four traps were set up in soybean field and the position of the lure core in trap

1.3 试验设计

1.3.1 不同诱芯诱捕的预备试验 聚集信息素诱芯为中捷四方公司提供的缓释包诱芯 1-2、PVC 诱芯 2-1、PVC 诱芯 2-2 和 PVC 诱芯 2-3。诱捕器使用通用桶型诱捕器(图 1A),各诱芯分别放置在通用桶形诱捕器顶盖中间的诱芯篮中(图 1E)。通用桶型诱捕器+空白为空白对照。随机区组设计,5 次重复。诱捕器均匀设置在春播大豆田中,诱捕器根据所处位置大豆植株的高度距离地面 1.0 ~ 1.2 m (高于大豆顶端 10 ~ 15 cm),诱捕器间距 13 ~ 15 m。每隔 2 d 按顺时针调换区组内各处理的位置,降低因边际、风力、虫口密度分布不均等造成的误差。春播大豆在 2019 年 4 月 17 日于皖江基地试验田播种,常规田间管理施药,试验开展时大豆处于 R4-R6 期。从 8 月 3 日起,每天早晨、傍晚统计两次桶内(含趴在桶壁四周)的点蜂缘蝽和其他昆虫虫口数量,并清除当天桶内所诱昆虫,带离试验田,共记录 14 d 数据。由于每天诱到的头数少,以每个桶的累积点蜂缘蝽头数作为观察值进行方差分析。

1.3.2 诱芯和诱捕器两因子诱捕试验 不同诱芯诱捕试验中效果较好的缓释包诱芯 1-2 和 PVC 诱芯 2-2 被选用进行诱芯、诱捕器组合评价试验,同时增加了橡胶塞诱芯 3-x,该诱芯主要成分与已知诱芯成分相似,具体含量范围未知,缓释材料主要为橡胶烃类化合物,同时设空白对照。诱捕器包括通用桶型诱捕器(图 1A)、双向倒漏斗型诱捕器(图 1B)、绿色粘虫板(图 1C)和小船型诱捕器(图 1D) 4 种。

每种诱捕器配放缓释包诱芯 1-2、PVC 诱芯 2-2、橡胶塞诱芯 3-x 和空白对照,共 16 种水平组合。通用桶形诱捕器(图 1A)诱芯分别安装在诱捕器顶盖中间的诱芯篮中(图 1E);双向倒漏斗形诱捕器(图 1B)诱芯固定在诱芯安置器上,用细铁丝将安置器固定在诱捕器中间位置(图 1F);绿色粘虫板采用在粘虫板中心钻孔固定管条状诱芯(图 1C),由于缓释包诱芯 1-2 体积较大用细铁丝将缓释包诱芯悬挂于绿色粘虫板中间;小船型诱捕器(图 1D)将诱芯固定在诱芯安置器上,再将安置器一端扣在船顶小孔中使诱芯悬挂于小船型诱捕器内部中间(图 1G)。采用随机区组设计,5 次重复。每个诱捕器均匀设置在夏播大豆田中,各类型诱捕器均距离地面 1.0 ~ 1.2 m (高于大豆顶端 10 ~ 15 cm),诱捕器间距 13 ~ 15 m。每隔 2 d 按顺时针调换区组内各处

理的位置,降低因边际、风力、虫口密度分布不均等造成的误差。夏播大豆在 2019 年 6 月 17 日于皖江基地试验田播种,常规田间管理施药,试验开展时大豆处于 R1-R4 期。从 8 月 17 日开始每天早晨、傍晚统计两次,并清除当天桶内所诱昆虫,带离试验田,共记录 14 d 数据,并以每个诱捕器的累积点蜂缘蝽头数作为观察值进行方差分析。

1.4 数据分析

对试验所得数据先用 Excel 2010 软件进行整理,后采用 SAS 9.4 软件进行数据统计分析,方差分析采用 PROC GLM 程序进行,采用 Duncan 法分析不同诱芯、诱捕器间的差异显著性,采用 LSMEANS 求不同水平组合的平均数并进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同诱芯诱捕点蜂缘蝽效果的初步分析

方差分析表明:诱芯间 F 值为 7.6,达极显著水平;而区组间 F 值为 1.7,未达显著水平。在春播大豆田的诱芯诱捕试验中只有低聚集信息素含量的 PVC 诱芯 2-1 与空白对照没达到显著水平,说明中、高聚集信息素含量的 PVC 诱芯及中聚集信息素含量的缓释包诱芯对点蜂缘蝽有明显的引诱作用。中聚集信息素含量的 PVC 诱芯 2-2 和缓释包诱芯 1-2 效果最好,分别为 10.4 和 9.6 头,显著高于低聚集信息素含量的 PVC 诱芯 2-1 和空白对照,但与高聚集信息素含量的 PVC 诱芯 2-3 差异未达到显著水平(表 2)。

2.2 诱芯和诱捕器两因子诱捕效果

2.2.1 诱芯和诱捕器两因子的方差分析 结果表明:点蜂缘蝽在诱芯间、诱捕器间、诱芯 \times 诱捕器互作间差异都达极显著水平,区组间差异也达显著水平,说明不同的诱芯、诱捕器都影响对点蜂缘蝽的引诱,且两者间存在互作。蛾类昆虫只在诱芯间达极显著差异,说明不同诱芯对蛾类昆虫引诱能力不同。瓢虫类昆虫和蜂类昆虫分别只在诱捕器间达极显著差异和显著差异,说明本研究诱芯对瓢虫类和蜂类昆虫无影响,而诱捕器对这两类昆虫的捕获能力有差异(表 3)。

2.2.2 不同诱芯诱捕效果 由表 4 可知,诱芯、诱捕器组合诱捕试验中 PVC 诱芯 2-2 和缓释包诱芯 1-2 引诱到的点蜂缘蝽显著高于空白对照,且分别是对照的 15.8 和 16.5 倍,进一步说明其对点蜂缘蝽有明显的引诱作用。新加入的橡胶塞诱芯 3-x 对点蜂缘蝽的引诱作用也显著高于空白对照,但显著

低于 PVC 诱芯 2-2 和缓释包诱芯 1-2。橡胶塞诱芯 3-x 对蛾类昆虫诱捕效果显著高于其它两种诱芯及空白对照,而其它两种诱芯与空白对照无显著差异,说明橡胶塞诱芯 3-x 对蛾类昆虫也有引诱作用。

3 种诱芯与空白对照对瓢虫类和蜂类昆虫引诱无显著差异,且捕获的昆虫数量少。综上 PVC 诱芯 2-2 和缓释包诱芯 1-2 对点蜂缘蝽有较强的引诱作用且对蛾类、瓢虫类和蜂类昆虫无引诱作用。

表 2 诱芯诱捕试验中不同诱芯引诱到的点蜂缘蝽头数

Table 2 The attracted <i>R. pedestris</i> number of different lure core in the lure core entrapment experiment		
诱芯 Lure core	均值 Mean	标准误 Standard error
缓释包诱芯 1-2 Slow-release lure core 1-2	9.6 a	1.5
PVC 诱芯 2-1 PVC lure core 2-1	3.6 bc	1.9
PVC 诱芯 2-2 PVC lure core 2-2	10.4 a	1.6
PVC 诱芯 2-3 PVC lure core 2-3	7.2 ab	1.2
空白对照 Blank control	1.8 c	0.8

同一列数字后的不同小写字母说明诱芯间的差异显著性。下同。
Values within a column followed by different lowercase means significantly different between lure cores at $P = 0.05$. The same below.

表 3 不同诱芯、诱捕器引诱到的昆虫数目的方差分析

Table 3 Variance analysis of attracted insects of different lure cores and traps												
变异来源 Source of variation	点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i>			蛾类 Moth			瓢虫类 Ladybug			蜂类 Bee		
	DF	MS	F	DF	MS	F	DF	MS	F	DF	MS	F
诱芯 Lure core	3	184.4	31.8 **	3	261.8	14.4 **	3	6.6	2.2	3	0.45	0.5
诱捕器 Trap	3	223.8	38.6 **	3	42.2	2.3	3	50.8	17.0 **	3	3.2	3.6 *
诱芯 × 诱捕器 Lure core × Trap	9	42.4	7.3 **	9	19.9	1.1	9	2.4	0.8	9	0.77	0.9
区组 Block	4	18.3	3.2 *	4	22.0	1.2	4	1.2	0.4	4	0.39	0.4
误差 Error	60	5.8		60	18.2		60	3.0		60	0.89	

* 和 ** 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平下显著差异。
* and ** represent significant difference at level of 0.05 and 0.01, respectively.

表 4 不同诱芯引诱到昆虫数的多重比较

Table 4 Multiple comparisons of attracted insects by different lure cores				
诱芯 Lure core	点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i>	蛾类 Moth	瓢虫类 Ladybug	蜂类 Bee
缓释包诱芯 1-2 Slow-release lure core 1-2	6.3 a	2.9 b	1.0 a	0.7 a
PVC 诱芯 2-2 PVC lure core 2-2	6.6 a	1.7 b	2.1 a	0.8 a
橡胶塞诱芯 3-x Rubber plug lure core 3-x	2.4 b	9.4 a	1.0 a	0.6 a
空白对照 Blank control	0.4 c	2.1 b	1.0 a	0.5 a

2.2.3 不同诱捕器诱捕效果 由表 5 可知,小船型诱捕器诱捕的点蜂缘蝽显著高于其它 3 种诱捕器,其次双向倒漏斗型诱捕器显著高于通用桶型诱捕器和绿色粘虫板,而通用桶型诱捕器和绿色粘虫板间无显著差异。4 种诱捕器捕获的蛾类昆虫无显著差异。绿色粘虫板捕获的瓢虫类昆虫显著高于其

它 3 种诱捕器。有胶片的小船型诱捕器捕获的蜂类昆虫显著强于无胶片的通用桶型诱捕器和双向倒漏斗型诱捕器,而与有胶片的绿色粘虫板无显著差异。试验所选 4 种不同的诱捕器空白对照之间只对瓢虫类诱捕有一定差异,绿色粘虫板显著高于通用桶型诱捕器和双向倒漏斗型诱捕器(表 6)。

表 5 不同诱捕器引诱到昆虫数的多重比较

Table 5 Multiple comparisons of insects attracted by different traps

诱捕器 Trap device	点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i>	蛾类 Moth	瓢虫类 Ladybug	蜂类 Bee
小船型诱捕器 Small boat trap	8.5 a	3.1 a	0.8 b	1.1 a
通用桶型诱捕器 General bucket trap	1.9 c	4.2 a	0.2 b	0.3 b
绿色粘虫板 Green stick board	1.1 c	2.7 a	3.6 a	0.9 ab
双向倒漏斗型诱捕器 Two-way inverted funnel trap	4.2 b	6.0 a	0.5 b	0.3 b

表 6 不同诱芯、诱捕器组合捕获的昆虫数的多重比较

Table 6 Multiple comparisons of insects attracted by different lure core and trap combinations

诱芯 Lure core	诱捕器 Trap device	点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i>	蛾类 Moth	瓢虫类 Ladybug	蜂类 Bee
空白对照 Blank control	小船型诱捕器	0.8 de	2.2 cd	1.0 cd	0.8 b
	通用桶型诱捕器	0.2 e	1.6 cd	0.2 d	0 b
	绿色粘虫板	0 e	2.0 cd	2.4 bc	0.8 b
	双向倒漏斗型诱捕器	0.4 e	2.4 cd	0.2 d	0.2 b
缓释包诱芯 1-2 Slow-release lure core 1-2	小船型诱捕器	13.8 a	2.6 cd	0.8 cd	0.8 b
	通用桶型诱捕器	3.0 cde	2.4 cd	0.2 d	0.4 b
	绿色粘虫板	1.8 cde	1.0 d	2.8 bc	1.0 ab
	双向倒漏斗型诱捕器	6.4 b	5.4 bed	0 d	0.4 b
PVC 诱芯 2-2 PVC lure core 2-2	小船型诱捕器	15.4 a	0.8 d	1.0 cd	2.0 a
	通用桶型诱捕器	3.0 cde	2.2 cd	0.2 d	0.2 b
	绿色粘虫板	1.8 cde	2.2 cd	5.6 a	1.0 ab
	双向倒漏斗型诱捕器	6.2 b	1.4 d	1.6 bed	0 b
橡胶塞诱芯 3-x Rubber plug lure core 3-x	小船型诱捕器	4.0 bc	6.8 bc	0.2 d	0.6 b
	通用桶型诱捕器	1.2 cde	10.4 ab	0 d	0.4 b
	绿色粘虫板	0.6 e	5.6 bed	3.6 ab	0.6 b
	双向倒漏斗型诱捕器	3.8 bed	14.6 a	0 d	0.6 b

2.2.4 诱芯、诱捕器组合效果 由表 6 可知,PVC 诱芯 2-2、缓释包诱芯 1-2 和小船型诱捕器组合诱捕的点蜂缘蝽显著高于其它所有组合,平均诱到的点蜂缘蝽分别达 15.4 和 13.8 头,且这两个组合间无显著差异。PVC 诱芯 2-2、缓释包诱芯 1-2 和双向倒漏斗型诱捕器组合诱捕的点蜂缘蝽数较多,只与橡胶塞诱芯 3-x 和小船型诱捕器、双向倒漏斗型诱捕器组合无显著差异,和其它组合达显著差异。橡胶塞诱芯 3-x 和双向倒漏斗型诱捕器组合诱捕的蛾类昆虫最多,只与橡胶塞诱芯 3-x 和通用桶型诱捕器组合无显著差异,显著高于其它组合。PVC 诱芯 2-2 和绿色粘虫板组合诱捕的瓢虫类昆虫最多,只与橡胶塞诱芯 3-x 和绿色粘虫板组合无显著差异,显著高于其它组合。PVC 诱芯 2-2 和小船型诱捕器组合诱捕的蜂类昆虫最多,只与 PVC 诱芯 2-2、缓释包诱芯 1-2 和绿色粘虫板组合无显著差异,显著高于

其它组合,但其诱捕的蜂类昆虫绝对量还是较低。综上所述,PVC 诱芯 2-2、缓释包诱芯 1-2 和小船型诱捕器组合诱捕点蜂缘蝽效果最好,且对其它昆虫的诱捕能力较低。

3 讨 论

3.1 不同诱芯对诱捕效果的影响

信息素组分选择、配比、剂量、有效范围及缓释材料均会对点蜂缘蝽诱捕量产生影响。Mizutani 等^[26]总结出点蜂缘蝽聚集信息素组分含量有 5 种,分别为反-2-己烯基-顺-3-己烯酸酯、反-2-己烯基-反-2-己烯酸酯、异丁酸十四酯、异丁酸十八酯和反-2-己烯酸己烯酯,不同选择及配比均有不同诱捕效果。Park 等^[27]在大豆田对点蜂缘蝽(*R. pedestris*)采用标记重捕法研究聚集信息素诱芯有效范围及对大豆产量的影响,结果表明单个诱捕器覆盖面积为

385 ~ 770 m², 诱捕器放置点对诱捕量没有显著影响, 而诱捕器总数量与诱捕量成线性关系, 大量诱捕在一定程度上可以降低籽粒危害率。本研究中由北京中捷四方生物科技股份有限公司提供的缓释包诱芯 1-2 和 PVC 诱芯 2-2 引诱点蜂缘蝽的持续时间长, 诱捕到的点蜂缘蝽头数多且引诱专一性强, 说明 60 mg 的含量最佳, 这与 Rahman 等^[28] 研究一致; 同时说明聚乙烯材质缓释包和聚氯乙烯材质 PVC 管释放速率相似, 两种缓释材料都可使用。缓释包诱芯 1-2 和 PVC 诱芯 2-2 可在点蜂缘蝽预测中推广应用, 对探索防治大豆“症青”有促进作用。

3.2 不同诱捕器对诱捕效果的影响

不同诱捕器诱捕效果的研究很多, 如 Paik 等^[29] 研究了桶形诱捕器、鱼形诱捕器、粘虫板和塑料杯诱捕器对点蜂缘蝽诱捕效果, 结果表明鱼形诱捕器诱捕效果最好, 其次为桶形诱捕器, 粘虫板和塑料杯形诱捕器效果最差。沈兆鹏等^[30] 发现菲洛康 1C 型诱捕器对印度谷螟诱虫量略高于三角形诱捕器。Kehat 等^[31] 提出非黏板型诱捕器对苹果蠹蛾 (*Cydia pomonell*) 的诱捕效果好于黏性诱捕器的观点。Hoover 等^[32] 发现改变诱捕器长度, 如增加多漏斗形诱捕器的漏斗数量, 诱捕黑条小木蠹 (*Trypodendron lineatum*) 的效果随着诱捕器长度的上升而提高, 直到增长至 16 个漏斗长度, 诱捕效果才不再增长。本研究中诱捕器可分为容器类和粘虫板类两类。粘虫板类诱捕器包括小船型诱捕器和绿色粘虫板, 两者都有胶性粘虫板, 点蜂缘蝽被粘后不易逃脱。容器类诱捕器包括通用桶型诱捕器和双向倒漏斗型诱捕器(对称形)。对点蜂缘蝽的诱捕数量分析表明诱虫效果小船型诱捕器最好, 双向倒漏斗型诱捕器次之, 总体表现两种诱捕器各有所长, 两者显著高于通用桶型诱捕器和绿色粘虫板。绿色粘虫板效果不好, 可能是点蜂缘蝽对绿色不喜欢。另绿色粘虫板是垂直的, 而小船型诱捕器底部白色粘虫板是水平放置的, 可能水平放置更易于粘住点蜂缘蝽。水平方向开口的双向倒漏斗型诱捕器诱捕效果也好于垂直方向开口的通用桶型诱捕器, 说明点蜂缘蝽可能在水平方向上活动更多, 从而水平方向上更易捕捉点蜂缘蝽。

3.3 环境条件对诱捕效果的影响

造成诱虫差异除了诱芯及诱捕器外还受很多外界环境因素影响, 如诱捕器颜色、高度、放置密度、作物生育期、雷雨天气、大风、天敌以及人工操

作不当等因素均可影响诱虫。Bacca 等^[33] 研究发现咖啡潜叶蛾 (*Leucoptera coffeella*) 在诱捕器间距小于 10 m 时会产生干扰, 从而影响诱捕效果。商胜华等^[34] 研究表明在贵州典型的山地丘陵地貌条件下, 对斜纹夜蛾诱捕器间距一般设置在 30 ~ 50 m 为宜、虫量中等及以下发生区域以 50 m 最佳。潘和平^[35] 研究发现诱捕器放置密度为 15 个·hm⁻² 时诱捕斜纹夜蛾和烟青虫数量最多; 诱捕器进虫口高于烟株 30 cm 时诱捕效果最好。本研究过程中未遭受极端天气等环境影响, 试验区域诱捕虫量总体表现平稳, 未发现点蜂缘蝽大量为害情况。另用摄像头在田间清楚地拍摄到有鸟类落在小船型诱捕器上觅食点蜂缘蝽, 从而减少了诱到的点蜂缘蝽头数, 因此本研究在每天早晨、傍晚统计两次点蜂缘蝽头数, 这在以后的诱捕试验中也需注意。

3.4 聚集信息素诱芯及相应诱捕器未来可能的应用方向

聚集信息素及诱捕器在害虫诱杀和监测等绿色防控中具有广阔应用前景^[36]。点蜂缘蝽聚集信息素诱芯及相应诱捕器的应用方向可能有以下 3 个方面。第一方面, 用 PVC 诱芯 2-2 或缓释包诱芯 1-2 和小船型诱捕器组合专一性地监测田间点蜂缘蝽虫口密度和动态变化; 第二方面, 用缓释包诱芯 1-2 或 PVC 诱芯 2-2 和双向倒漏斗型诱捕器组合专一性地活捉点蜂缘蝽用于大豆对点蜂缘蝽抗性等的进一步研究; 第三方面, 探索直接用于生物防治, 通过 PVC 诱芯 2-2 或缓释包诱芯 1-2 和小船型诱捕器组合专一性诱杀点蜂缘蝽结合其它防治措施减少田间虫口密度, 但聚集信息素能否降低田间虫口密度仍需进一步深入研究。Rahman 等^[28] 研究表明在大豆田中聚集信息素诱捕器没有减少点蜂缘蝽数量, 而且也没有降低大豆危害率。Rahman 等^[37] 进一步发现聚集信息素诱捕器会增加大豆田点蜂缘蝽成虫对大豆的侵染。由于试验期间点蜂缘蝽整体较少, 聚集信息素诱捕器具体防治效果和防治方法还需进一步验证探索。

4 结 论

本研究旨在寻找一种监测和捕捉大豆田间点蜂缘蝽的高效方法, 以解决在大豆实际生产中常出现的“症青”现象, 确保大豆的高产优质绿色生产。研究表明点蜂缘蝽聚集信息素的最佳诱芯为 PVC 诱芯 2-2 和缓释包诱芯 1-2, 信息素含量为 60 mg, 遴选出最佳诱杀诱捕器为小船型诱捕器, 活捉诱捕器

为双向倒漏斗型诱捕器以及最佳诱芯－诱捕器组合为 PVC 诱芯 2-2、缓释包诱芯 1-2 和小船型诱捕器。这些诱芯－诱捕器组合对点蜂缘蝽诱虫的专一性强,有望降低监测点蜂缘蝽成本,提高监测效率,从而有利于预测大豆症青的发生,为点蜂缘蝽和大豆症青绿色防治技术的研究提供参考。

参考文献

[1] 谢皓,陈立军,韩俊,等.大豆害虫点蜂缘蝽的危害特点与防治方法[J].大豆科技,2016,11(3):1674-3547. (Xie H, Chen L J, Han J, et al. Damage characteristics and control methods of *Riptortus Pedestris* (Fabriciusin) soybean[J]. Soybean Science and Technology, 2016, 11(3): 1674-3547.)

[2] 陈菊红,崔娟,唐佳威,等.温度对点蜂缘蝽生长发育和繁殖的影响[J].中国油料作物学报,2018,40(4):579-584. (Chen J H, Cui J, Tang J W, et al. Effects of temperature on the growth and development of *Riptortus pedestris* Fabricius[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2018, 40(4): 579-584.)

[3] 陈菊红,崔娟,张金平,等.温度胁迫对点蜂缘蝽成虫呼吸代谢关键酶活性的影响[J].昆虫学报,2018,61(9):1003-1009. (Chen J H, Cui J, Zhang J P, et al. Effects of temperature on the activities of key enzymes related to respiratory metabolism in *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Coreidae) adults[J]. Acta Entomologica Sinica, 2018, 61(9): 1003-1009.)

[4] 储一宁.点蜂缘蝽危害桑树初报[J].云南农业科技,1998(2):89-90. (Chu Y N. A preliminary report on the damage of the *Riptortus Pedestris* on mulberry trees[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 1998(2): 89-90.)

[5] Li K, Zhang X X, Guo J Q, et al. Feeding of *Riptortus pedestris* on soybean plants, the primary cause of soybean staygreen syndrome in the Huang-Huai-Hai river basin[J]. The Crop Journal, 2019, 7(3): 360-367.

[6] 齐永悦,赵春霞,邵维仙,等.廊坊地区大豆点蜂缘蝽的发生与防治技术[J].现代农村科技,2017(9):34. (Qi Y Y, Zhao C X, Shao W X, et al. The occurrence and control techniques of the leaf beetle from soybean in Langfang area[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2017(9): 34.)

[7] 高宇,史树森.大豆“荚而不实”型“症青”与蝽类害虫为害的相关性及防控策略[J].大豆科学,2019,38(4):650-655. (Gao Y, Shi S S. The relationship between staygreen syndrome in soybean and stink bugs and preventive strategy[J]. Soybean Science, 2019, 38(4): 650-655.)

[8] 韩天富.中国现代农业产业可持续发展战略研究(大豆分册)[M].北京:中国农业出版社,2016. (Han T F. Strategy of sustainable development modern agriculture industry of China (Soybean volume) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016.)

[9] Wilson E O, Bossert W H. Chemical communication among animals[J]. Recent Progress Hormone Research, 1963, 19(3):

673-716.

[10] 李葵,曾鑫年,王瑞霞,等.信息化合物对昆虫行为的影响及其在害虫防治中的应用[J].广东农业科学,2008(7):85-89. (Li L, Zeng X N, Wang R X, et al. Influence of semiochemicals on insect behavior and their application in pest management [J]. Guangdong Agriculture Science, 2008(7): 85-89.)

[11] 易龙,田俊岭,邱妙文,等.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[J].中国农学通报,2018,34(31):147-151. (Yi L, Tian J L, Qiu M W, et al. Densities and types of traps against *Spodoptera litura*: Trapping and control effects in tobacco field[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(31): 147-151.)

[12] 焦晋华,武志强.不同性信息素诱捕器诱捕规律和效果研究[J].山西果树,2018(4):7-8,11. (Jiao J H, Wu Z Q. Study on trapping regularity and effect with different sex pheromone trapping devices[J]. Shan Xi Fruit Trees, 2018(4): 7-8, 11.)

[13] 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. (Geng S S, Li X W, Zhang J M, et al. Field testing of aggregation pheromones of *Frankliniella occidentalis* and *F. intonsa* (Thysanoptera: Thripidae) and their roles in inter specific interaction [J]. Acta Entomologica Sinica, 2017, 60(12): 1447-1456.)

[14] 王玉洁,赵冬香,曹海鹏.小蠹虫信息素的研究与应用现状[J].华东昆虫学报,2007(4):299-303. (Wang Y J, Zhao D X, Cao H P. Research and application status of bark beetle information compounds[J]. East China Journal of Entomology, 2007(4): 299-303.)

[15] 陈辉.信息素在小蠹综合治理中应用的现状与展望[J].西北林学院学报,2002,17(2):60-63. (Chen H. The present situation and prospect of the application of pheromones in comprehensive control of bark beetle[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(2): 60-63.)

[16] Ross D W, Niwa C G. Using aggregation and antiaggregation pheromones of the Douglas-fir beetle to produce snags for wildlife habitat[J]. Western Journal of Applied Forestry, 1997, 12(2): 52-54.

[17] Leal W S, Higuchi H, Mizutani N, et al. Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae): Conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue[J]. Journal of Chemical Ecology, 1995, 21(7): 973-985.

[18] Endo N, Wada T, Higuchi N, et al. Ambiguous response of *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae) to different blends of its aggregation pheromone components[J]. Applied Entomology and Zoology, 2005, 40(1): 41-45.

[19] Numata H, Matsui N, Hidaka T. Male adults attract conspecific adults in the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae)[J]. Applied Entomology and Zoology, 1986, 25: 144-145.

[20] Alim M A, Lim U T. Refrigerated eggs of *Riptortus pedestris* (He-

miptera: Alydidae) added to aggregation pheromone traps increase field parasitism in soybean[J]. Journal of Economic Entomology, 2011, 104(6): 1833-1839.

[21] Rahman M M, Lim U T. Females of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) in reproductive diapause are more responsive to synthetic aggregation pheromone[J]. Journal of Economic Entomology, 2016, 109(5): 2082-2089.

[22] 徐淑华, 任利平, 李育静. 不同诱捕器对小菜蛾的诱捕效果比较[J]. 青海农技推广, 2016(4): 49-51. (Xu S H, Ren L P, Li Y J. Comparison of trapping effects of different traps on *Plutella xylostella* [J]. Qinghai Agro-Technology Extension, 2016 (4): 49-51.)

[23] 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(4): 48-53. (He W, Zhao S Y, Ge S S, et al. Study on the method of population traits estimation of *Spodoptera frugiperda* [J]. Plant Protection, 2019 (4): 48-53.)

[24] 俞卓尔, 邓建宇, 汪中明, 等. 不同性信息素配方、诱捕器类型与不同来源诱芯对印度谷螟诱捕效果的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(11): 86-91. (Yu Z R, Deng J Y, Wang Z M, et al. Effects of different sex pheromone formulations, trap types and lure sources on the capture of *Plodia interpunctella* [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33 (11): 86-91.)

[25] Kim J. Development of a new shape of pheromone trap for the bean bug, *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydiae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2012, 47(2): 153-156.

[26] Mizutani N, Wada T, Higuchi H, et al. A component of a synthetic aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae), that attracts an egg parasitoid, *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 1997, 32(3): 504-507.

[27] Park C G, Yum K H, Jun J K. Damage reduction effect and attracted distance by aggregation pheromone trap of the bean bug, *Riptortus pedestris* (Fabricius), (Hemiptera: Alydidae) in soybean fields[J]. Korean Journal of Economic Entomology, 2012, 51(4): 411-419.

[28] Rahman M M, Lim U T. Evaluation of aggregation and alarm pheromones of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) as a push-pull strategy in soybean fields[J]. Applied Entomology and Zoology, 2017, 52: 469-479.

[29] Paik C H, Lee G H, Oh Y J, et al. Pheromone trap type and height for attracting of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) in soybean field[J]. Korean Journal of Economic Entomology, 2009, 48(1): 59-65.

[30] 沈兆鹏, 陈丽珍, 孙宝根. 储粮昆虫信息素及其捕器的试验[J]. 粮食储藏, 1994(4): 3-6. (Shen Z P, Chen L Z, Sun B G. Experiments on stored food insect pheromones and their traps [J]. Food Storage, 1994(4): 3-6.)

[31] Kehat M, Anshelevich L, Dunkelum E, et al. Sex pheromone traps for monitoring the codling moth: Effect of dispenser type, and field aging of dispenser, pheromone dose and type of trap on male captures [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1994, 70(1): 55-62.

[32] Hoover S E R, Lindgren B S, Keeling C I, et al. Enantiomer preference of *Trypodendron lineatum* and effect of pheromone dose trap length on response to lineatin-baited traps in interior British Columbia [J]. Journal of Chemical Ecology, 2000, 26 (3): 667-677.

[33] Bacca T, Lima E R, Pigango M C, et al. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2006, 119 (1): 39-45.

[34] 商胜华, 茶正雄, 陈兴江, 等. 贵州烟田斜纹夜蛾性诱剂诱捕器设置密度初探. 植物保护, 2018, 44(6): 141-144. (Shang S H, Cha Z X, Chen X J, et al. The suitable density of placing sex attractant traps to control *Spodoptera litura* in tobacco fields in Guizhou [J]. Plant Protection, 2018, 44(6): 141-144.)

[35] 潘和平. 诱捕器不同放置密度和高度对烤烟斜纹夜蛾与烟青虫的诱捕效果研究[J]. 现代农业科技, 2018(20): 109-112. (Pan H P. Study on the effects of different density and height of traps on the ensnaring of *Spodoptera litura* and *Helicoverpa assulta* of flue-cured tobacco [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2018(20): 109-112.)

[36] 高宇, 陈菊红, 史树森. 大豆害虫点蜂缘蝽研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(5): 804-815. (Gao Y, Chen J H, Shi S S. Research progress on soybean stink bug (*Riptortus pedestris*) [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2019, 41 (5): 804-815.)

[37] Rahman M M, Kim E, Kim D, et al. Use of aggregation pheromone traps increases infestation of adult *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) in soybean fields[J]. Pest Management Science, 2018, 74(11): 2578-2588.