

# 常见花香挥发物对大豆田主要鳞翅目害虫的诱捕效果

王树峰<sup>1</sup>, 王 珏<sup>2</sup>, 李慧玲<sup>2</sup>, 李洋洋<sup>2</sup>, 李为争<sup>2\*</sup>

(1. 河南省农业科学院 经济作物研究所, 河南 郑州 450002; 2. 河南农业大学 植物保护学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为了探讨采用花香挥发物对大豆鳞翅目害虫进行生态防控的可行性, 通过田间诱捕试验比较了常见花香挥发物琼脂胶包结样品的诱捕活性。结果表明, 这些样品可以捕获 3 种夜蛾(银纹夜蛾、白条夜蛾、棉铃虫)和 3 种螟蛾(玉米螟、甜菜白带螟和豇豆荚螟), 数量占优势的种类是甜菜白带螟。其中, 对 3 种夜蛾引诱作用最强的是苯乙醛和乙酸苯甲酯组成的二元混合物, 其次是苯乙醛和乙酸苯甲酯单剂。玉米螟成虫主要对二元混合物、苯乙醛和苯乙醇具有趋性。单纯的苯乙醛样品诱捕到的甜菜白带螟数量最多, 显著优于苯乙醛和乙酸苯甲酯组成的二元混合物, 肉桂醛和苯乙醇对甜菜白带螟也有很强的引诱作用。总体来看, 苯乙醛和乙酸苯甲酯以 165  $\mu\text{L}$ : 335  $\mu\text{L}$  混成的二元配方成型于琼脂胶, 有望成为大豆田鳞翅目害虫生态治理的一项有潜力的替代性措施。

**关键词:** 大豆田; 鳞翅目害虫; 花香气味; 诱捕

**中图分类号:** S435.651 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)11-0094-04

## Trapping Effect of Common Floral Volatiles on Major Lepidopteron Pest Species in *Glycine max* Field

WANG Shu-feng<sup>1</sup>, WANG Jue<sup>2</sup>, LI Hui-ling<sup>2</sup>, LI Yang-yang<sup>2</sup>, LI Wei-zheng<sup>2\*</sup>

(1. Institute of Economic Crops, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2. Plant Protection College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** To develop an effective floral-based attractants for ecologically controlling the major moth pests in *Glycine max* field, the study compared the trapping effect of several common floral volatiles formulated in agarose through field trapping experiment. The result showed that these volatiles could catch three noctuid moth species (*Argyrogramma agnata*, *A. albostrigata*, and *Helicoverpa armigera*) and three pyralid moth species (*Ostrinia furnacalis*, *Hymenia recurvalis*, and *Maruca testulalis*), in which *H. recurvalis* was the most abundant species in fall *G. max* field. Among the volatiles, the binary blend of phenylacetaldehyde and benzyl acetate exhibited the strongest attractiveness to the three noctuid species, followed by the single component used alone. The binary blend, phenylacetaldehyde, and phenylethyl alcohol could catch significant numbers of *O. furnacalis* moths. However, *H. recurvalis* moths were caught with the largest number in the traps baited with phenylacetaldehyde alone, which was significantly stronger than the binary blend, and cinnamaldehyde and phenylethyl alcohol also showed somewhat activity to this species. All together, among the test floral volatiles, a binary blend mixed with phenylacetaldehyde and benzyl acetate (165  $\mu\text{L}$ : 335  $\mu\text{L}$ ) and formulated in agarose, could be a promising alternative control measure against multiple co-occurring Lepidopteron pest species.

**Key words:** *Glycine max* field; Lepidopteron pests; floral volatile; trapping

收稿日期: 2013-05-17

基金项目: 河南省烟草公司资助项目(2011M04); 国家公益性行业(农业)专项资助项目(201203036); 河南省教育厅科技重点项目(12A210012)

作者简介: 王树峰(1977-), 男, 河南获嘉人, 助理研究员, 主要从事大豆病虫害防治研究。E-mail: wsfx@hotmai.com

\* 通讯作者: 李为争(1978-), 男, 河南洛阳人, 副教授, 博士, 主要从事昆虫化学生态学研究。E-mail: wei-zhengli@163.com

大豆是种植面积较大的经济作物,但大豆田的许多害虫经常严重影响其产量和品质,尤其是银纹夜蛾(*Argyrogramma agnata*)、斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)、豆荚螟(*Maruca testulalis*)、大豆食心虫(*Leguminivora glycinivorella*)等鳞翅目害虫。目前,防治大豆鳞翅目害虫主要是针对幼虫期进行农药防治,造成了严重的“3R”问题。鳞翅目幼虫扩散能力很差,其数量和分布是由扩散能力较强的成虫决定的,而成虫有补充营养习性,主要依靠花香挥发物的指引搜索蜜源寄主,在这些花香挥发物中,带有苯环的芳香族化合物是最为重要的取食信号物质<sup>[1-3]</sup>。由于这种信息通讯自白垩纪晚期以来已经形成,故利用这些气味化合物诱杀成虫极难使害虫产生抗性,该方法成为高效、安全、经济、简易的大豆鳞翅目害虫生态防控方法。

Meagher 研究发现,装有苯乙醛、乙酸苯甲酯和苯甲醛组成的混合物比单用苯甲醛或空白诱捕器捕获到更多的大豆夜蛾(*Pseudoplusia includens*)<sup>[4]</sup>。Dötter 等发现,花中的一些典型化合物如丁香醛的异构体、反- $\beta$ -罗勒烯及芳香族化合物如苯甲醛、苯乙醛或藜芦醚对许多夜蛾具有引诱活性<sup>[5]</sup>。Guédot 等发现,大叶醉鱼草(*Buddleja davidii*)的花能够捕获 12 种夜蛾、6 种螟蛾、2 种尺蛾和 1 种卷叶蛾,其中粉纹夜蛾(*Trichoplusia ni*)和苜蓿银纹夜蛾(*Argyrogramma agnata*)占绝大多数<sup>[6]</sup>。大田试验证实,苯乙醛和芳樟醇对许多夜蛾种类的诱捕有增效作用<sup>[3]</sup>。总之,尽管目前已经报道了许多花香引诱剂的单体或简单配方,但其诱杀害虫数量占害虫自然种群的比例,以及对靶标害虫和有益昆虫的诱杀选择性还有待提高<sup>[7]</sup>。突出表现在 2 个问题上,一是缺乏适于花香挥发物的缓释材料,二是害虫的数量随着时间、空间、作物格局的不同而不同,而研究者每次比较选择的样品量较少,导致这些数据缺乏横向的可比性。

目前,上述缓释剂的问题已经解决,通过采用琼脂胶包结技术可使高挥发性的花香成分野外持效期达到 50 d 以上<sup>[8]</sup>,为花香挥发物单体的系统筛选提供了条件。为此,本研究于 2011 年采用琼脂胶包结法制备了常见的芳香族化合物样品,在大豆田进行了鳞翅目害虫诱捕试验,期望为大豆鳞翅目害虫生态防控提供一定的科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试花香气味物质

供试材料共 14 种,包括 4 种芳香族酯类(水杨酸甲酯、苯甲酸甲酯、苯甲酸乙酯、乙酸苯甲酯)、4 种芳香族醛类(水杨醛、苯甲醛、苯乙醛、肉桂醛)、2 种芳香族醇类(苯甲醇、 $\beta$ -苯乙醇)、2 种单萜醇类(香叶醇、芳樟

醇),以及丁香酚和苯乙酮。其中,苯甲醛、苯甲醇、苯甲酸甲酯、苯乙酮和苯甲酸乙酯购于北京化学试剂公司,乙酸苯甲酯、 $\beta$ -苯乙醇、水杨酸甲酯购于国药集团(上海)化学试剂有限公司,芳樟醇、香叶醇购于 Fluka 公司,肉桂醛、丁香酚、水杨醛购于上海双香助剂厂,苯乙醛购于 Sigma 公司,纯度均在 95%~99%。

### 1.2 诱芯制备与大田诱捕试验

14 种供试花香挥发物的使用剂量均为 500  $\mu$ L,另外还制备了由苯乙醛(165  $\mu$ L)和乙酸苯甲酯(335  $\mu$ L)组成的二元混剂。将各成分分别添加到 8 mL 玻璃瓶中,加入 0.5% 熔融态琼脂胶 6 mL,混匀,降至室温即成为凝胶样固体,置于 4  $^{\circ}$ C 冰箱中备用<sup>[8]</sup>。

诱捕试验于 2011 年 9 月 25 日至 10 月 19 日在河南农业大学科教园区大豆田进行,试验田地地势平坦,肥力均匀。诱捕器为绿色塑料水盆(24 cm),间距 25 m,悬挂在 1.5 m 高的三脚架上,盆中加适量水和洗衣粉,悬挂诱芯(离水面 1~3 cm)并在盆侧标记。采用完全随机设计,包括二元混合物和空白对照(CK)诱捕器在内共 16 个处理,每个处理重复 3 次。每隔 2 d 记录一次诱捕害虫的种类和数量,经过 3 次调查后,将诱捕器位置重新随机化调整 1 次。

### 1.3 统计分析

诱捕试验结束后,将诱捕对象按照种类分别进行统计分析,将同一样品在不同日期诱捕到的对象按照种类分别进行累计。Shapiro-Wilk 检验和 Levene 检验发现,原始诱捕数据不满足正态性和方差齐性要求,故将各害虫种类原始诱捕数据经  $\sqrt{X+0.5}$  转换后进行方差分析。针对样品对诱捕量影响显著( $P < 0.05$ )的种类,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。所有统计分析在 SPSS 19.0 软件上进行。

## 2 结果与分析

本次试验主要诱捕到 3 种夜蛾(银纹夜蛾、白条夜蛾、棉铃虫)和 3 种螟蛾(玉米螟、甜菜白带螟和豇豆荚螟),至于其他种类,可能由于试验实施季节原因仅诱捕到零星数量,未作统计分析。从表 1 可以看出,不同的花香挥发物对银纹夜蛾、白条夜蛾、棉铃虫、玉米螟和甜菜白带螟的诱捕量均产生极显著影响( $F_{\text{银纹夜蛾}} = 114.41$ ,  $F_{\text{白条夜蛾}} = 48.59$ ,  $F_{\text{棉铃虫}} = 15.82$ ,  $F_{\text{玉米螟}} = 8.07$ ,  $F_{\text{甜菜白带螟}} = 65.53$ ,  $F_{0.01} = 2.65$ ),但对重要蛀荚害虫豇豆荚螟的诱捕量影响没有达到显著水平( $F_{\text{豇豆荚螟}} = 1.79$ ,  $F_{0.05} = 1.99$ ),故未对该种类进一步做多重比较分析。

表 1 不同花香挥发物样品对大豆田主要鳞翅目害虫诱捕量影响的方差分析

误差来源	害虫种类(因变量)	Ⅲ类平方和	自由度	均方	F 值	显著性
样品之间	银纹夜蛾	250.28	15	16.69	114.41	0.00
	白条夜蛾	230.03	15	15.34	48.59	0.00
	棉铃虫	34.24	15	2.28	15.82	0.00
	玉米螟	21.34	15	1.42	8.07	0.00
	甜菜白带螟	2 365.79	15	157.72	65.53	0.00
	豇豆荚螟	6.74	15	0.45	1.79	0.08
随机误差	银纹夜蛾	4.67	32	0.15		
	白条夜蛾	10.10	32	0.32		
	棉铃虫	4.62	32	0.14		
	玉米螟	5.64	32	0.18		
	甜菜白带螟	77.02	32	2.41		
	豇豆荚螟	8.04	32	0.25		
校正总和	银纹夜蛾	254.94	47			
	白条夜蛾	240.13	47			
	棉铃虫	38.86	47			
	玉米螟	26.98	47			
	甜菜白带螟	2 442.82	47			
	豇豆荚螟	14.79	47			

多重比较结果(表 2)表明,对银纹夜蛾引诱作用最强的花香挥发物是苯乙醛和乙酸苯甲酯组成的二元混合物,试验期间 3 个诱捕器共捕获 210 头,与其他处理之间均存在显著差异;其次是苯乙醛,捕获 141 头,其与剩下的引诱剂处理间也存在显著差异。此外,乙酸苯甲酯、苯乙醇、肉桂醛 3 种物质与对照相比也表现出显著的引诱作用。上述 5 个处理的诱捕量占银纹夜蛾总诱捕量的 92.38%。苯甲醇、芳樟醇和水杨酸甲酯的诱捕量尽管也与对照有显著差异,但诱捕效果非常微弱,除此之外的其他成分对于银纹夜蛾的诱捕而言均是无效的。针对白条夜蛾诱捕量的多重比较分析表明,诱捕量最大的处理仍然是苯乙醛和乙酸苯

甲酯组成的二元混合物(169 头),其次是苯乙醛(134 头)和乙酸苯甲酯(100 头),这 3 个处理的诱捕量占总诱捕量的 82.75%。肉桂醛和苯乙醇诱捕效果较弱,其他成分对白条夜蛾没有诱捕活性。对棉铃虫的引诱活性仍以二元混合物最好,其次是苯乙醛,乙酸苯甲酯和苯甲醇也有微弱的引诱活性。玉米螟成虫主要对二元混合物、苯乙醛和苯乙醇具有趋性,其他样品的引诱效果均与对照差异不显著。单纯的苯乙醛样品诱捕到的甜菜白带螟数量最多(2 467 头),显著优于苯乙醛和乙酸苯甲酯组成的二元混合物(958 头),肉桂醛和苯乙醇也有很强的引诱力,诱捕量分别达到 628 头和 332 头,其他处理与对照诱捕器差异不显著。

表 2 不同花香挥发物样品对大豆田主要鳞翅目害虫诱捕量影响的多重比较

花香挥发物样品	鳞翅目害虫种类				
	银纹夜蛾	白条夜蛾	棉铃虫	玉米螟	甜菜白带螟
苯乙醛	141b	134a	28b	18a	2 467a
苯乙醛+乙酸苯甲酯	210a	169a	42a	26a	958b
肉桂醛	18e	26c	6cde	4b	628c
苯乙醇	33d	30c	6cde	14a	332d
乙酸苯甲酯	83c	100b	13c	0b	92e
苯甲酸甲酯	3g	0d	2ef	1b	88ef
苯甲酸乙酯	1g	3d	2ef	2b	46efg
丁香酚	1g	2d	2ef	0b	61efg
苯甲醇	10ef	4d	8cd	2b	52efg
苯甲醛	0g	2d	0f	1b	18fg
水杨醛	2g	1d	1ef	3b	14g
苯乙酮	1g	6d	1ef	2b	41efg
水杨酸甲酯	9f	3d	5def	1b	29efg
芳樟醇	10ef	3d	3def	4b	77efg
香叶醇	1g	1d	0f	0b	17fg
CK	2g	3d	1ef	0b	25efg

注:同列不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

总之,秋季大豆田数量上占优势地位的害虫种类是甜菜白带螟,2 种同属于金翅夜蛾亚科的种类(银纹夜蛾和白条夜蛾)对花香气味的趋性非常相似。就花香挥发物的诱虫谱分析而言,花中最为普遍存在的气味物质苯乙醛及其与乙酸苯甲酯组成的混剂对这些种类均有引诱活性,而另一种普遍存在的花香气味物质苯乙醇能够诱捕除棉铃虫之外的其他种类,肉桂醛能够引诱银纹夜蛾、白条夜蛾和甜菜白带螟。乙酸苯甲酯是茉莉花典型的气味物质,能够引诱 3 种夜蛾,而与之结构相似的苯甲酸甲酯和苯甲酸乙酯则对鳞翅目任何种类都没有引诱活性。

### 3 讨论

自白垩纪晚期以来,芳香族化合物一直是许多夜蛾种类与显花植物的花发生通讯的关键信息化合物<sup>[3-4,9]</sup>,因此,花香引诱剂具有作用谱广、雌雄兼诱、不易使害虫产生抗性的优点。本次诱捕试验结果表明,苯乙醛和乙酸苯甲酯组成的混合花香引诱剂对危害大豆的银纹夜蛾、白条夜蛾、棉铃虫、甜菜白带螟和玉米螟等农业害虫有广谱引诱活性,其中苯乙醛的引诱活性已经被广泛报道<sup>[1-3,10-13]</sup>。本试验还表明,侧链最短的 2 种芳香族化合物苯甲醛和苯甲醇对各种鳞翅目害虫均没有引诱活性,而此前许多报道认为这 2 种物质对许多夜蛾有引诱作用<sup>[4-5,10]</sup>。这可能是试验环境中害虫种类的多样性与分布的差异所致。未来需要将本试验筛选到的一些活性成分进行进一步的配方设计,寻找能够整体控制大豆田重大鳞翅目害虫的最优化花香引诱剂,尤其是可以将我国数学家王元、方开泰研发的配方均匀设计方法应用于该领域的研究<sup>[14]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Cunningham J P, Moore C J, Zalucki M P, *et al.* Learning, odour preference and flower foraging in moths[J]. *Journal of Experimental Biology*, 2004, 207: 87-94.
- [2] Cunningham J P, Moore C J, Zalucki M P, *et al.* Insect odour perception; Recognition of odour components by flower foraging moths[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2006, 273: 2035-2040.
- [3] Meagher R L, Landolt P J. Binary floral lure attractive to velvetbean caterpillar adults (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. *Florida Entomologist*, 2010, 93(1): 73-79.
- [4] Meagher R L. Trapping noctuid moths with synthetic floral volatile lures[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2002, 103: 219-226.
- [5] Dötterl S, Wolfe L M, Jürgens A. Qualitative and quantitative analyses of flower scent in *Silene latifolia*[J]. *Phytochemistry*, 2005, 66: 203-213.
- [6] Guédot C, Landolt P J, Smithhisler C L. Odorants of the flowers of butterfly bush, *Buddleja davidii*, as possible attractants of pest species of moths[J]. *Florida Entomologist*, 2008, 91(4): 576-582.
- [7] Dötterl S, Schächler I. Flower scent of floral oil-producing *Lysimachia punctata* as attractant for the oil-bee *Macropis fulvipes*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2007, 33: 441-445.
- [8] Li W Z, Yuan G H, Sheng C F, *et al.* Active compounds in *Populus nigra* L. wilted leaves responsible for attracting *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae) and new agarosectin formulation [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2005, 129: 557-562.
- [9] 李为争. 黑杨萎蔫叶片诱蛾机理分析与棉铃虫成虫引诱剂配方筛选[D]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [10] Haynes K F, Zhao J Z, Latif A. Identification of floral compounds from *Abelia grandiflora* that stimulate upwind flight in cabbage looper moths[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1991, 17(3): 637-646.
- [11] Heath R R, Landolt P J, Dueben B, *et al.* Identification of floral compounds in night blooming jasmine attractive to cabbage looper moths[J]. *Environmental Entomology*, 1992, 21(4): 854-859.
- [12] Landolt P J, Smithhisler C L. Characterization of the floral odor of Oregon grape: Possible feeding attractants for moths[J]. *Northwest Science*, 2003, 77: 81-86.
- [13] Landolt P J, Adams T, Zack R S. Field response of alfalfa looper and cabbage looper moths (Lepidoptera: Noctuidae, Plusiinae) to single and binary blends of floral odorants[J]. *Environmental Entomology*, 2006, 35: 276-281.
- [14] 李云雁, 胡传荣. 试验设计与数据分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 240-257.