

植物源气味化合物与黏虫蛾性信息素的协同作用

杨巧, 郭培, 王高平* (河南农业大学植物保护学院, 河南郑州 450002)

摘要 为提高性信息素对黏虫(*Mythimna separata*)雄成虫引诱活性,从蜜源植物和花的挥发物中选择9种化合物分别与性信息素混合,采用室内“Y”形嗅觉仪行为测定和田间水盆式诱捕器诱捕试验筛选有效的增效剂。结果表明,在4~20 mg范围内,增加植物源化合物剂量对黏虫的引诱效果差异不显著;4 mg的苯甲酸乙酯具有显著提高黏虫性信息的引诱作用。试验结果初步证明苯甲酸乙酯可作为理想的性信息素诱芯增效剂。

关键词 植物源挥发物;性信息素;增效剂;“Y”形嗅觉仪;水盆式诱捕器

中图分类号 S433 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)16-082-03

The Synergism of Plant Volatile Compounds and Sex Pheromones of *Mythimna separata*

YANG Qiao, GUO Pei, WANG Gao-ping* (Plant Protection College, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract Volatile compounds from nectar plant were regarded as potential sex pheromone synergistic agent improving the sex pheromone activity of the *Mythimna separata* luring male moth. Each of the nine volatile compounds was mixed respectively with sex pheromone to verify its synergistic activity by indoor “Y” tube olfactometer behavior test and water pan trap trapping experiments in the field. The results indicated that increasing the plant source of compound within 4-20 mg dose difference was not significant effect on *Mythimna separata* lure, only 4 mg ethyl benzoate significantly increased the attractiveness of the pheromone to male moths. These results suggest that ethyl benzoate can be used as ideal sex pheromone lure core synergistic agent.

Key words Botanical volatile compound; Sex pheromones; Synergistic agent; ‘Y’ tube olfactometer; Water pan traps

自1959年Butenandt等确定家蚕蛾(*Bombyx mori*)性信息素的成分后,昆虫性信息素的研究迅速展开^[1]。昆虫性信息素具有灵敏度高、专一性强、不伤害天敌、不会引起害虫产生抗性等优点,20世纪70年代后,性信息素的使用得到迅猛发展^[2]。植物挥发性化合物在植食性昆虫的寄主定向、产卵、聚集、传粉等行为中发挥着重要作用^[3-4]。昆虫性信息素和植物源挥发物两者都是昆虫重要信息物质,两者协同作用可以调节昆虫的行为。在自然界中,植食性昆虫所接受、感知的往往是植物源挥发物与昆虫信息素的混合物。大量的研究结果证实它们之间的协同作用,Reddy等的室内风洞结果显示,(Z)-乙酸-3-己烯酯、(E)-2-己烯酯、(Z)-3-己烯醇与性信息素的混合物对未交配的雄菜蛾(*Plutella xylostella*)引诱行为达到80%~100%,明显高于仅用性信息素的作用。野外的试验结果也表明,用(Z)-乙酸-3-己烯酯和性信息素以1:1的比例混合所引诱的菜蛾数量为仅用性信息素的6~7倍^[5]。黏虫[*Mythimna separata* (Walker)]主要危害小麦、玉米等农作物,其暴发的时空规律难以预测。2012年,黏虫在华北、东北骤然特大暴发,造成很大产量损失。从蜜源植物和花的挥发性化合物中筛选对黏虫性信息素有增效作用的组分,研究开发引诱效力更高的性诱剂,对于提高黏虫监测水平具有重大意义。鉴于此,笔者研究了9种植物源气味化合物与黏虫蛾性信息素的协同作用,以期筛选出有效的增效剂。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 植物源挥发物。苯甲醛、苯乙醛、苯甲醇、2-苯乙醇、

正丁醇、罗勒烯、 β -蒎烯、苯甲酸乙酯、乙酸苯甲酯9种试剂均购自Sigma化学试剂公司。性信息素组分(Z)-11-十六碳烯醛和(Z)-9-十六碳烯醛均购自上海芸芸化工有限公司,性信息素混合物为(Z)-11-十六碳烯醛和(Z)-9-十六碳烯醛按95:5的比例组成^[6]。

1.1.2 器械与试剂。化合物释放器(诱芯):室内试验诱芯为Hirschmann定量精密玻璃毛细管,长度为32.00 mm、外径为0.68 mm,内径为0.20 mm;室外诱芯所用释放器为带凹槽橡胶塞(中捷四方公司),长度为14.00 mm,外直径为10.00 mm,凹槽内直径为7.00 mm。水盆式诱捕器为中捷四方公司产品。溶剂为分析纯正己烷。

1.1.3 供试昆虫。黏虫:由中国农业科学院植物保护研究所迁飞室提供卵,在(24±1)℃、相对湿度(70±5)%、光暗周期为14:10 h的条件下用玉米叶饲养幼虫,每天更换新鲜玉米叶。幼虫老熟后放在下铺一层3 cm湿润土的盒子内供其化蛹,在蛹期将雌雄分开。羽化黏虫按日龄数分装于纱笼中,喂以10%蜂蜜水。试验用虫为4日龄雄虫。

1.2 方法

1.2.1 植物源挥发物与黏虫性信息素室内协同效果试验。

1.2.1.1 生物测定装置制备。自行设计大型“Y”形管,主管长为100 cm,2支管长为75 cm,内径为20 cm,2支管夹角为60°,主管与支管夹角为150°,主管为放虫管,“Y”形管2支管分别为试验管和对照管,并在各管贴上标签。

1.2.1.2 试验设计。试验以性信息素为对照(CK),性信息素剂量为1 μ l;试验组为植物源挥发物和性信息素按1:4的比例组成,其中性信息素剂量为1 μ l。分别放入“Y”形管的对照管和试验管,将4日龄雄虫放入主管,观察、记录成虫选择方向。

1.2.2 黏虫性信息素增效剂的田间筛选试验。

1.2.2.1 单剂制备。将苯甲醛、苯乙醛、苯甲醇、2-苯乙醇、

基金项目 农业部公益性行业科研专项(201203036)。

作者简介 杨巧(1988-),女,河南濮阳人,硕士研究生,研究方向:昆虫生态学。*通讯作者,副教授,从事昆虫生态学 research。

收稿日期 2015-04-13

正丁醇、罗勒烯、 β -蒎烯、苯甲酸乙酯、乙酸苯甲酯 9 种试剂与正己烷按 1:9 的比例稀释,每个绿色橡胶诱芯剂量为 4 mg。

1.2.2.2 诱芯制备。性信息混合物和单剂分别与正己烷按 1:9 的比例稀释后,制作诱芯。第 1 组试验在 2014 年 4 月进行,试验化合物为初步筛选的 9 种植物气味化合物,每个信息素诱芯(每诱芯 11 mg)加入的植物气味化合物剂量为 4 mg。另设性信息素对照和正己烷对照^[7]。单纯植物气味化合物的诱捕试验采用天然橡胶诱芯剂量为 4 mg。第 2 组试验在 2014 年 9 月进行,试验化合物为苯甲醛、苯乙醛、苯甲酸乙酯、乙酸苯甲酯,每个性信息素诱芯所加入的气味化合物剂量分别为 4、10、20 mg。混合物诱芯组成为苯乙醛(4 mg)与苯甲酸乙酯(4 mg),苯乙醛(4 mg)与乙酸苯甲酯(4 mg),苯甲醛(4 mg)、苯乙醛(4 mg)、苯甲酸乙酯(4 mg)与乙酸苯甲酯(4 mg)。

1.2.2.3 试验设计。试验于河南省农业大学科教园区进行。诱捕用架为特制 2 m 长的铁架,采用水盆式诱捕器。注入 2/3 体积清水,加入适量不加香的洗衣粉,诱芯放置于与水盆配套的伞架中,每个诱芯处理 3 次重复,在盆侧面标记诱芯编号。所有诱芯采用随机排列。每 3 d 田间统计诱捕量,捞出统计过的虫体,及时补水;每 10 d 收集全部诱芯,更换新诱芯并重新排列。

1.3 数据处理 室内“Y”形嗅觉仪测定黏虫对植物源挥发物反应数据采用卡方(X^2)检验,田间试验数据采用 Duncan's s 多重比较进行差异显著性分析;所有数据处理采用 SPASS19.0 软件。

2 结果与分析

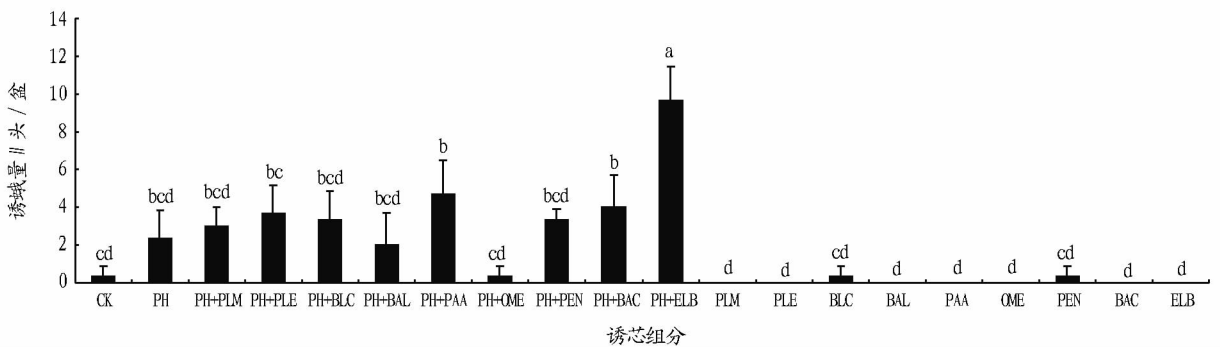
2.1 植物源挥发物与性信息素混合对黏虫雄成虫的室内引诱效果 由表 1 可知,在性信息素中加入苯甲酸乙酯后增效效果极显著。苯甲醛作为增效剂效果显著,但不如苯甲酸乙酯。苯甲醇和苯乙醛具有一定引诱作用,但效果不太明显。罗勒烯和 β -蒎烯具有一定趋避作用,且罗勒烯趋避作用显著。

表 1 黏虫成虫对不同配对组的气味源的趋向选择反应

| 诱芯 | 选择虫数//头 | | 测试虫数 头 | X^2 值 (显著性) |
|-------------|---------|-----|-----------|--------------------|
| | 处理组 | 对照组 | | |
| 乙酸苯甲酯 | 15 | 15 | 30 | 0.03 ^{ns} |
| 苯甲酸乙酯 | 24 | 6 | 30 | 9.63 ^{**} |
| 罗勒烯 | 9 | 21 | 30 | 4.03 [*] |
| β -蒎烯 | 11 | 19 | 30 | 1.63 ^{ns} |
| 正丁醇 | 14 | 16 | 30 | 0.03 ^{ns} |
| 2-苯乙醇 | 14 | 16 | 30 | 0.03 ^{ns} |
| 苯甲醇 | 17 | 13 | 30 | 0.30 ^{ns} |
| 苯乙醛 | 18 | 12 | 30 | 0.83 ^{ns} |
| 苯甲醛 | 21 | 9 | 30 | 4.03 [*] |

注: ** 表示对照与处理差异极显著($P < 0.01$), * 表示差异显著($P < 0.05$), ns 表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 单个植物源挥发物与黏虫性信息素混和在大田的引诱效果 由图 1 可知,苯甲醛、苯乙醛、苯甲醇、2-苯乙醇、正丁醇、罗勒烯、 β -蒎烯、苯甲酸乙酯、乙酸苯甲酯 9 种植物源单剂无引诱效果,而苯甲酸乙酯作为增效剂有显著效果,与性信息素化合物比较具有显著性差异($P < 0.05$)。苯乙醛和乙酸苯甲酯有微弱增效作用,但与性信息素比较无显著性差异。



注: PH. 黏虫性信息素; PLM. 苯甲醇; PLE. 2-苯乙醇; BLC. 正丁醇; BAL. 苯甲醛; PAA. 苯乙醛; OME. 罗勒烯; PEN. β -蒎烯; BAC. 乙酸苯甲酯; ELB. 苯甲酸乙酯。柱上不同小写字母表示差异显著 (Duncan's s 多重比较)。

图 1 植物气味化合物与性信息素化合物的田间诱蛾量(郑州)

2.3 不同剂量植物源挥发物与性信息混合的引诱作用 结果表明,4 mg 苯甲酸乙酯显著提高性信息素的引诱效果,在 4~20 mg 范围内,随着植物源挥发物剂量的增加,诱蛾量呈现降低趋势,但差异不显著(图 2)。

2.4 多个植物源挥发物与黏虫性信息素混合的引诱效果 配制了苯乙醛(4 mg)与苯甲酸乙酯(4 mg),苯乙醛(4 mg)与乙酸苯甲酯(4 mg),苯甲醛(4 mg)、苯乙醛(4 mg)、苯甲酸乙酯(4 mg)与乙酸苯甲酯(4 mg)混合物,结果表明:各混合物组成未显著提高黏虫性信息素的引诱作用(图 2),不

同混合物诱芯差异不显著。

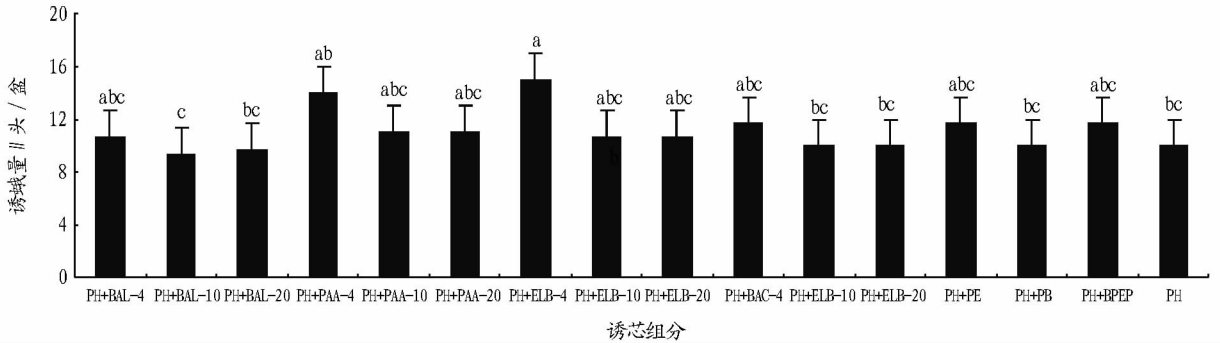
3 结论与讨论

陆生植物与植食性昆虫在长期的进化过程中形成了复杂的互作关系^[6-8],在植物-植食性昆虫-天敌三者关系中,植物气味起重要作用^[9]。自然界中,一些植物可以强烈地引诱雌雄两性蛾子^[10],羽衣甘蓝 (*Brassica oleracea* var. *acephala*) 可以诱集小菜蛾产卵^[11],芜菁 (*B. rapa*) 可以有效诱集甘蓝卷心象鼻虫 (*Ceutorhynchus obstrictus*)^[12]。杨树树枝把对许多夜蛾类雌雄蛾都有引诱作用,郭线茹等已从中鉴定

出一些诱虫活性物质,杨树枝把的诱虫作用在于其释放的挥发性次生物质^[13-18]。

该研究发现所选取的 9 种植物源挥发物单剂无任何引诱活性。苯甲酸乙酯作为植物气味化合物的一个组分,对黏

虫性引诱剂具有协同作用,且引诱效果大于性信息素和苯甲酸乙酯两者之和。在一定范围内,增加植物源单剂剂量,引诱效果差异不显著。室内试验苯甲醛作为增效剂具有显著效果,田间试验显著性不差异。



注:PH. 黏虫性信息素;BAL. 苯甲醛;PAA. 苯乙醛;ELB. 苯甲酸乙酯;BAC. 乙酸苯甲酯;PE. 4 mg PAA + 4 mg ELB;PB. 4 mg PAA + 4 mg BAC; BPEP. 4 mg BAL + 4 mg PAA + 4 mg ELB + 4 mg BAC。柱上不同小写字母表示差异显著 (Duncan's 多重比较)。

图 2 不同剂量植物挥发物与性信息素混合的田间诱蛾量 (郑州)

总体上看,性引诱剂对黏虫雌蛾的引诱效果欠佳,绝对数量不大。其原因可能是:①人工合成性信息素组分缺少雌蛾释放的性信息素微量组分。②目前黏虫的监测主要采用灯光、糖酒醋液和雷达监测等方法^[19],性信息素的应用少、研究薄弱,该试验依据汪新文等^[6]研究分析配成的黏虫性信息素有可能不是最准确的。黏虫性信息素及其增效剂的研究、试验有待进一步开展。

参考文献

- [1] BUTENANDT A, BEEKMANN R, STAMM D, et al. Über den sexual lockstoff des seidenspinners *Bombyx mori* Reidanstellung und konstitution[J]. Z Naturforsch B, 1959, 14: 283 - 284.
- [2] 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.
- [3] REDDY V P, GUERRERO A. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals[J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(5): 253 - 261.
- [4] LANDOLT P J, PHILLIPS T W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects[J]. Annual Review of Entomology, 1997, 42: 371 - 391.
- [5] REDDY G V P, CUERRERO A. Behavioral responses of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to green leaf volatiles of *Brassica oleracea* subsp. capitata[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48: 6025 - 6029.
- [6] 汪新文, 刘孟英. 利用超微量技术分析粘虫单腺体信息素的化学组成[J]. 昆虫学报, 1997, 40(2): 22 - 27.
- [7] 沈幼莲, 高扬, 杜永均. 植物气味化合物与斜纹夜蛾性信息素的协同作

- 用[J]. 昆虫学报, 2009, 52(12): 1290 - 1297.
- [8] 康乐. 植物对昆虫的化学防御[J]. 植物学通报, 1995, 12(4): 22 - 27.
- [9] 赵卓, 刘国东, 刘克文, 等. 昆虫与植物协同关系的研究概况[J]. 吉林师范大学学报: 自然科学版, 2004(3): 4 - 7.
- [10] 吴名全. 植物-植食性昆虫-天敌相互关系中化学物质的变化[J]. 宜春学院学报, 2003, 25(2): 71 - 74.
- [11] 杜永均, 严福顺. 植物挥发性次生物质在植食性昆虫-寄主植物和昆虫天敌关系中的作用机理[J]. 昆虫学报, 1994, 37(2): 233 - 249.
- [12] CHA D H, NOJIMA S, HESLER S P, et al. Identification and field evaluation of grape shoot volatiles attractive to female grape berry moth (*Paralobesia viteana*) [J]. J Chem Ecol, 2008, 34: 1180 - 1189.
- [13] MITCHELL E R, HU G, JOHANOWICZ D. Management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage using collar as a trap crop [J]. Hort Science, 2000, 35(5): 875 - 879.
- [14] CARCAMO H A, DUNN R, DOSDALL L M, et al. Managing cabbage seedpod weevil in canola using a trap crop—A commercial field scale study in western Canada [J]. Crop Protection, 2007, 26: 1325 - 1334.
- [15] 郭予元. 棉铃虫的研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [16] 付新华, 雷朝亮, 王香萍, 等. 加拿大杨树树叶气味对棉铃虫的引诱作用[J]. 昆虫天敌, 2001, 23(1): 22 - 25.
- [17] 郭线茹, 原国辉, 郑启伟, 等. 黑杨萎蔫叶片萃取物对蛾类成虫诱集活性的研究[J]. 华北农学报, 2001, 16(4): 104 - 108.
- [18] DICKENS J C, SMITH J N, LING D M. Green leaf volatiles enhance sex attractant pheromone of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* [J]. Chemocology, 1993, 4: 175 - 177.
- [19] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 我国粘虫研究现状及发展趋势[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 881 - 889.

(上接第 38 页)

- [3] 杜婷婷, 黄秋花. 组蛋白赖氨酸甲基化在表观遗传调控中的作用[J]. 遗传, 2007(4): 387 - 392.
- [4] 李兰岚, 饶力群, 范适, 等. RNAi 技术及其在植物中的应用研究进展[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2005(4): 313 - 318.
- [5] SIMS III R J, NISHIOKA K, REINBERG D. Histone lysine methylation: A signature for chromatin function[J]. Trends in Genetics, 2003, 19(11): 629 - 639.
- [6] 姜玲, 谢青轩, 魏婷婷, 等. BraSDG8 RNA 干扰载体的构建及其对拟南芥的遗传转化[J]. 湖南农业科学, 2012(7): 21 - 23.
- [7] 夏志强, 何奕昆, 鲍时来, 等. 植物开花的组蛋白甲基化调控分子机理[J]. 植物学通报, 2007(3): 275 - 283.
- [8] 李红梅, 任艳, 魏艳丽, 等. 拟南芥开花时间的分子遗传调控[J]. 山东科学, 2007(1): 48 - 53.

- [9] 田筱青, 房静远. 组蛋白甲基化研究进展[J]. 生物化学与生物物理进展, 2006(6): 511 - 516.
- [10] HE Y H. Control of the transition to flowering by chromatin modifications [J]. Mol Plml, 2009, 2(4): 554 - 564.
- [11] 宋江华, 曹家树. 植物 SET 蛋白[J]. 细胞生物学杂志, 2007(3): 384 - 388.
- [12] 谢青轩, 彭琦, 刘春林. 白菜型油菜 *BraSDG8* 基因的克隆与序列分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2011(4): 372 - 375.
- [13] YU Y, BU Z Y, SHEN W S, et al. An update on histone lysine methylation in plants[J]. Progress in Natural Science, 2009, 19(4): 407 - 413.
- [14] STEINMETZ A, SHEN W H. Di- and tri- but not monomethylation on histone H3 lysine 36 marks active transcription of genes involved in flowering time regulation and other processes in *Arabidopsis thaliana* [J]. Molecular and Cell Biology, 2008, 28: 1348 - 1360.