韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其不同虫态气味的行为反应*

张治军[1**] 李文香[2] 贺 敏[3] 朱晓丹[3] 林文彩[1] 李晓维[1]
郦卫弟[1] 章金明[1] 贝亚维[1] 吕要斌[1**]

（1. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所，杭州 310021；2. 河北北方学院，张家口 075000；
3. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所，北京 100097）

摘 要 **【目的】** 明确韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysiaodoriphaga* Yang *et* Zhang 雌成虫对不同虫态的行为趋性及起作用的活性物质，为开发高效引诱剂诱杀成虫的绿色防控技术提供基础。**【方法】** 采用 Y 型嗅觉仪测定未交配或已交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对 2 龄幼虫、4 龄幼虫、蛹和卵块挥发物的趋性，应用固相微萃取和气-质联用仪对有引诱活性虫态挥发物进行定性和定量分析，然后进一步采用 Y 型嗅觉仪测定不同化学成分及比例对雌虫的引诱活性。**【结果】** 结果表明，未交配或者已交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫明显嗜好 4 龄幼虫，而对 2 龄幼虫、蛹和卵块无明显趋性。韭菜迟眼蕈蚊 4 龄幼虫体表挥发物主要成分是二丙基二硫醚和 2,2-二甲基-1,3-噻烷等二硫化物，前者含量是后者的 10 倍。50 mg 二丙基二硫醚单体对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有明显吸引作用，50 mg 和 5 mg 2, 2-二甲基-1, 3-噻烷单体对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有一定吸引作用；二丙基二硫醚与 2,2-二甲基-1,3-噻烷以 1∶1（50 mg∶50 mg）和 10∶1（50 mg∶5 mg）混合物对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有明显吸引作用；而将二丙基二硫醚和 2, 2-二甲基-1,3-噻烷以 10∶1（50 mg∶5 mg）混合后与 50 mg 二丙基二硫醚单体比较，前者对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫的吸引作用更明显。**【结论】** 韭菜迟眼蕈蚊雌成虫明显嗜好 4 龄幼虫，其体表挥发物二丙基二硫醚等二硫化物对韭菜迟眼蕈蚊雌成虫具有吸引作用，2,2-二甲基-1,3-噻烷对二丙基二硫醚单体吸引韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有增效作用。

关键词 韭菜迟眼蕈蚊，Y-型嗅觉仪，行为反应，挥发性物质

Behavioral responses of female *Bradysiaod oriphaga* Yang *et* Zhang to volatiles of conspecific larvae, pupae and eggs

ZHANG Zhi-Jun[1**] LI Wen-Xiang[2] HE Min[3] ZHU Xiao-Dan[3] LIN Wen-Cai[1]
LI Xiao-Wei[1] LI Wei-Di[1] ZHANG Jin-Ming[1] BEI Ya-Wei[1] LÜ Yao-Bin[1**]

(1. Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China; 3. Institute of Plant Protection and Environment Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the preferences of adult female *Bradysiaodoriphaga* Yang *et* Zhang to volatile compounds emitted by conspecific larvae, pupae and eggs, in order to find more effective lures for trapping, and establishing green control technology for this pest. **[Methods]** The behavioral responses of female *B. odoriphaga* Yang *et* Zhang to volatiles emitted by conspecific 2nd and 4th instar larvae, pupae and eggs were investigated using a Y-tube olfactometer. Volatile substances that attracted female adults were then qualitatively and quantitatively analyzed using solid micro-extraction (SPME) and a Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS). The relative attractiveness of different chemical compounds, and ratios of compounds, to adult females were then determined using a Y-tube olfactometer. **[Results]** Both virgin and mated adult females were significantly attracted to the volatiles emitted by 4th instar larvae, and were not attracted to those emitted by

*资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项（201303027）；国家自然科学基金（31601639）
**通讯作者 Corresponding author，E-mail：zhijunzhanglw@hotmail.com；luybcn@163.com
收稿日期 Received：2016-11-01，接受日期 Accepted：2016-11-10

2nd instar larvae, pupae or eggs. Dipropyl disulfide and 2, 2-dimethyl- 1, 3-dithiane were two main components of larval volatiles and the amount of the former was 10 fold that of the latter. Mated adult females were clearly attracted by 50mg of dipropyl disulfide, and also by 50mg or 5mg of 2, 2-dimethyl- 1, 3-dithiane, but not significantly. Adult females were strongly attracted by 1∶1 (50 mg∶50 mg) and 10∶1(50 mg∶5mg) ratios of dipropyl disulfide : 2, 2-dimethyl- 1,3-dithiane. The 10∶1 (50 mg∶5 mg) ratio of dipropyl disulfide: 2, 2-dimethyl- 1, 3-dithiane was significantly more attractive than 50 mg of dipropyl disulfide. **[Conclusion]** Female *B. odoriphaga* significantly prefer the odor of 4th instar larvae and are attracted by dipropyldisulfide *et al*.disulfides, the attractiveness of which can be increased by the addition of 2, 2-dimethyl- 1, 3-dithiane.

Key words *Bradysia odoriphaga*, Y-tube olfactometer, behavioral response, volatile

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysiaodoriphaga* Yang *et* Zhang，又名韭蛆，属双翅目（Diptera），眼蕈蚊科(Sciaridae)，韭菜迟眼蕈蚊属（杨集昆和张学敏，1985），在我国，东北、西北、华北和华东地区严重发生与危害，而在华中、华南和西南也有零星报道（李文香等，2015）。据统计，韭菜迟眼蕈蚊可为害百合科、菊科、藜科、十字花科、葫芦科和伞形科等 7 科 30 多种蔬菜。其中北方保护地韭菜受害最重，其次为大蒜、洋葱、瓜类和莴苣（冯惠琴和郑方强，1987；何嘉等，2004），其还可为害食用菌（翟旭等，1988；师迎春等，2001）。韭菜迟眼蕈蚊繁殖能力强，世代重叠严重，幼虫群集蛀食寄主地下根茎或鳞茎导致地下部分腐烂，地上植株成墩萎蔫，干枯而死。韭菜迟眼蕈蚊虫口密度大，危害严重时，每墩虫量达千头，造成韭菜减产，甚至绝收等严重经济损失（冯惠琴和郑方强，1987；夏立，1999；薛明，2002）。

有调查发现韭菜迟眼蕈蚊明显嗜好在受到一定危害的韭菜根部聚集危害，且危害程度随密度加大而恶化（卢巧英等，2006；梅增霞和李建庆，2012）。原因可能是韭菜被韭菜迟眼蕈蚊为害后释放挥发物吸引韭菜迟眼蕈蚊成虫聚集产卵（薛明，2002）。另有研究报道蚊子成虫更喜欢在其卵块周围产卵，原因是蚊子卵块释放挥发性物质对雌成虫具有吸引作用（Cabrera and Jaffe，2007；Mihou and Michaelakis，2010），因此我们推测韭菜迟眼蕈蚊自身挥发物对雌成虫的产卵也可能具有吸引作用。迄今为止，尚未见相关报道，本研究测定韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对卵、幼虫和蛹挥发物的行为反应，筛选并鉴定对雌成虫具引诱作用虫态体表挥发物主要成分，为明确韭菜迟眼蕈蚊聚集危害机理，开发高效引诱剂诱杀成虫，建立绿色防控技术体系提供基础。

1　材料与方法

1.1　材料

供试虫源：于 2012 年由天津市植物保护研究所提供，参照周仙红等（2015）方法于人工气候室（江南仪器厂）进行继代饲养。人工气候室设置：温度 25℃，相对湿度 70%，光周期 16L∶8D，光照强度 200 lx。

1.2　实验仪器及溶剂

Y 型嗅觉仪：由 Y 型玻璃管、味源瓶、Teflon 连接管、空气瓶、空气加湿瓶、活性炭过滤装置、空气流量计、光源组成。Y 型玻璃管由两个臂管和一个基管组成，臂管长 10 cm，基管长 12 cm，内径 1.0 cm，两臂管夹角 60°。Y 型玻璃管两个臂管用 Teflon 连接管与味源瓶的进口出口相连，进口通过空气加湿瓶与空气过滤装置连接到标准空气瓶。Y 型玻璃管上前方放置日光灯作为光源，以保证两臂管能获得均匀的光照强度。

固相微萃取装置：固相微萃取柱（柱材料 Polydimethylsiloxane PDMS 、CarboxenTM/ Polydimethylsiloxane CAR/PDMS），购于 Sigma-Aldrich。

气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）：型号 GCMS-QP2010，购于日本岛津公司，毛细管柱型号 RTX-5ms（30 m×0.25 mm，0.25 μm）。

1.3　方法

1.3.1　韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其不同虫态的行为反应　实验前 24 h，挑取灰黑色（即将羽化）

雌、雄蛹分别装在指形管内，蛹羽化后，雌雄配对 24 h 后，取雌成虫作为交配后雌成虫试虫。羽化后未配对雌成虫单独饲养 24 h 后作为未交配雌成虫试虫。将 200 粒卵、200 头 2 龄幼虫、200 头 4 龄幼虫，以及 200 头蛹分别置于 1 个味源瓶作为测试，以不放任何物质的味源瓶内空气作为对照。每处理重复 4 次，每重复测试 30 只雌成虫。选择行为的判断标准：当韭菜迟眼蕈蚊雌成虫停留在 Y 型管基管内 5 min 以上不做任何选择，该试虫记为无反应；当韭菜迟眼蕈蚊雌成虫快速通过 Y 型管基管，并选择任何一个时，记作出选择。每测定 5 头成虫时更换 Y 型管，并用丙酮和双蒸水清洗，高温烘干再用。

1.3.2 韭菜迟眼蕈蚊 **4** 龄幼虫挥发物的提取

将韭菜迟眼蕈蚊的 4 龄幼虫置于干净的玻璃瓶内，瓶口用铝箔纸封口。将以 CAR/PDMS 为柱材料的固相微萃取柱针插入玻璃瓶内，伸出吸附针。用铁架台固定固相微萃取柱柱身，连续萃取 30 min，然后取出。将吸附有挥发物的固相微萃取柱针插进气相色谱-质谱联用 GC-MS 仪的进样口内，伸出吸附针。GC-MS 分析条件如下：气相色谱进样口温度 250℃；载气 He；流量 3 mL/min，柱起始温度 40℃，保持 1 min，以 5 ℃/min 程序升温至 240℃，保持 10 min，不分流进样，柱前压 49.7 kPa。质谱接口温度 250℃，离子源温度 230℃，扫描范围 35~320 amu，溶剂延迟 2 min。

1.3.3 韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其 **4** 龄幼虫挥发物主要组成成分的行为反应 从梯希爱（上海）化成工业发展有限公司购买 1.3.2 中获得 4 龄幼虫挥发物主要成分，按照 1.3.2 中总离子图比例，以不同比例配置诱芯，以诱芯作为味源，按照 1.3.1 的方法，利用 Y 型行为分析仪测定韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对不同组分单体，及其不同比例的混合物作为处理味源的引诱活性。

1.3.4 数据分析 数据处理采用 SPSS 13.0 软件进行，嗅觉仪测定的数据采用二项式分布检验的方法进行检验分析。韭菜迟眼蕈蚊 4 龄幼虫挥发物成分分析鉴定，通过 NIST08 谱图库进行。

2 结果与分析

2.1 韭菜迟眼蕈蚊成虫对其不同虫态的选择性

未交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫明显嗜好 4 龄幼虫（P= 0.00007），而对卵块、2 龄幼虫和蛹无明显趋性（P= 0.5271；P=0.8814；P=1.000）(图 1)。交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对不同虫态的选择性与未交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫的选择结果相同，明显嗜好 4 龄幼虫（P=0.00093），而对卵块、2 龄幼虫和蛹无明显趋性（P=0.5900；P=0.8065；P=0.8658）（图 2）。

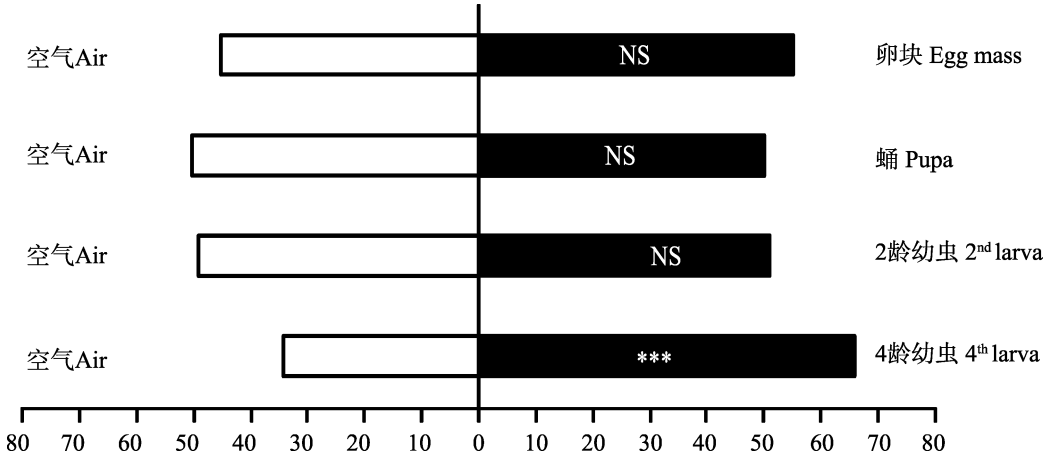

图 **1** 未交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其不同虫态挥发物的行为趋性

Fig. 1 The behavior response of virgin *Bradysia odoriphaga* to volatile of its different stage

***表示差异显著（P＜0.01）；NS 表示差异不显著。下图同。

*** indicates significant difference at 0.01 level, NS indicates no significant difference. The same below.

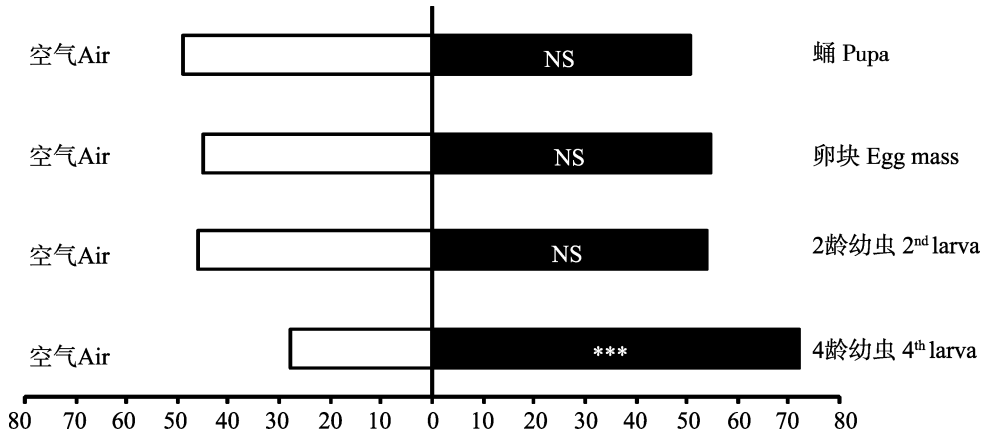

图 2　交配韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其不同虫态的行为趋性

Fig. 2　The behavior response of mated female *Bradysia odoriphaga* to volatile of its different stage

2.2　韭菜迟眼蕈蚊 4 龄幼虫体表挥发物提取分析

韭菜迟眼蕈蚊 4 龄末幼虫体表挥发物总离子图如图 3（A）所示，韭菜迟眼蕈蚊 4 龄末幼虫体表挥发物主要成分保留时间分别为 14.25 min 和 14.50 min 的化合物 a 和化合物 b。经质谱图

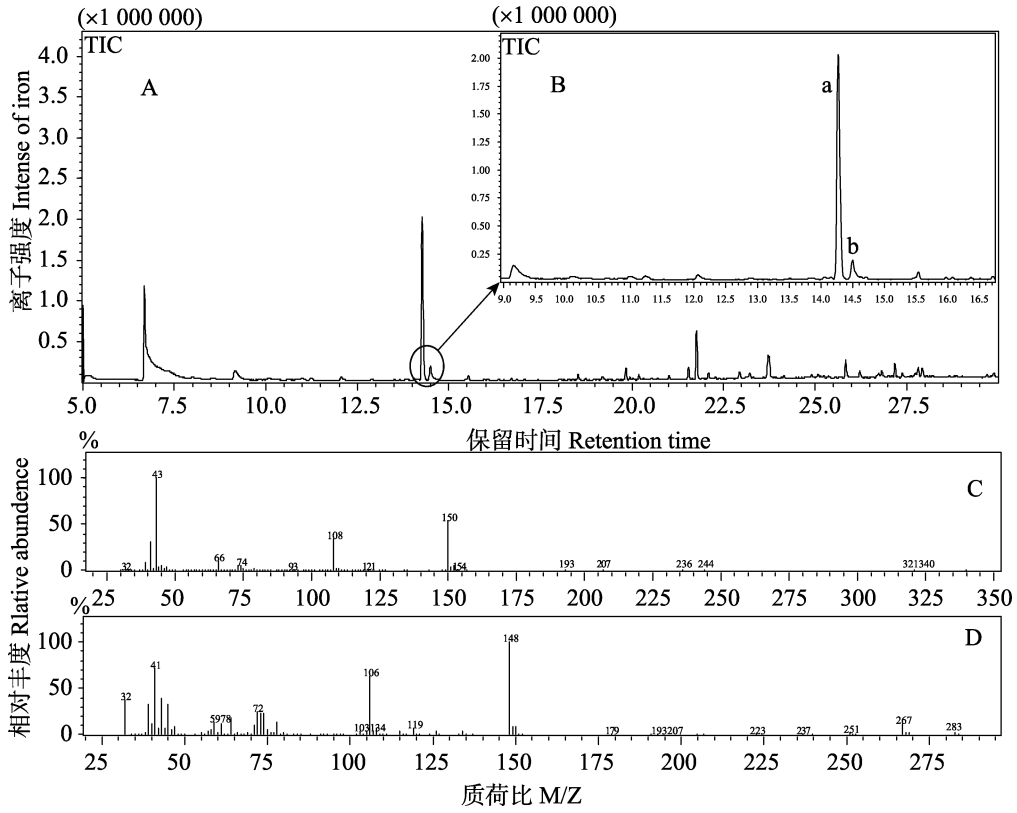

图 3　韭菜迟眼蕈蚊 4 龄幼虫体表挥发物总离子图和质谱图

Fig. 3　Total iron chromatographic and mass spectrum of volatiles of *Bradysia odoriphaga* 4th larva

A. 虫体挥发物总离子图；B. 化合物 a. 二丙基二硫醚和化合物，b. 2,2-二甲基-1,3-噻烷离子图；C. 化合物 a. 二丙基二硫醚质谱图；D. 化合物 b. 2,2-二甲基-1,3-噻烷质谱图。

A. Total iron chromatographic of body order; B. Ion chromatographic of compound a. dipropyl disulfide and compound, b. 2,2-dimethyl- 1,3-dithiane; C. Mass spectrum of compound a. dipropyl disulfide; D. Mass spectrum of compound b. 2,2-dimethyl-1,3-dithiane.

（图 3：C，D）分析，化合物 a 为二丙基二硫醚，化合物 b 为 2,2-二甲基-1,3-噻烷，二者都为二硫化物，前者含量是后者的 10 倍。

2.3 挥发物对韭菜迟眼蕈蚊成虫的吸引作用

韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对 4 龄幼虫体主要挥发物标样的行为反应结果如图 4 所示，50 mg 二丙基二硫醚单体对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有明显吸引作用（P=0.0036），50 mg 和 5 mg 2,2-二甲基-1,3-噻烷单体对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有一定吸引作用（P= 0.235 和 P= 0.896）。将二丙基二硫醚与 2,2-二甲基-1,3-噻烷以 1∶1（50 mg∶50 mg）和 10∶1（50 mg∶5 mg）混合后对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有明显吸引作用（P= 0.0054 和 P= 0.0037）。将二丙基二硫醚和 2,2-二甲基-1,3-噻烷以 10∶1（50 mg∶5 mg）混合后与 50 mg 二丙基二硫醚单体比较，前者对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫的吸引作用更强（P= 0），可见 2,2-二甲基-1,3-噻烷 5 mg 对二丙基二硫醚单体吸引韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有增效作用。

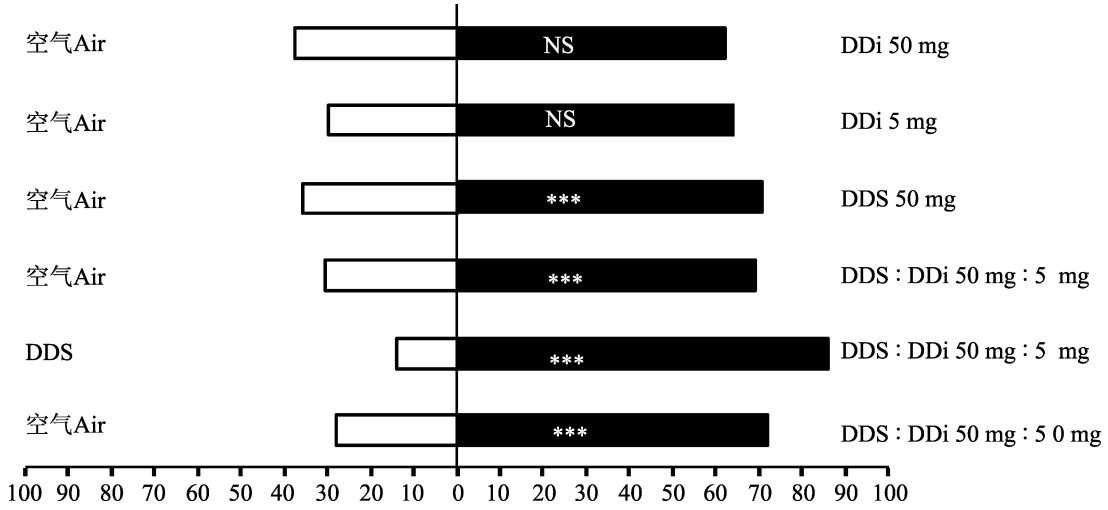

图 4 韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫对 4 龄幼虫体表主要挥发物的行为趋性

Fig. 4 The behavior response of mated female *Bradysia odoriphaga* to main volatiles of 4th larva

DDS: 二丙基二硫醚 Dipropyl disulfide；DDi: 2, 2-二甲基-1,3-噻烷 2, 2-dimethyl-1, 3-dithiane.

3 讨论

韭菜迟眼蕈蚊在田间呈聚集危害，密度越大为害越重（卢巧英等，2006；梅增霞和李建庆，2012）。该原因可能有二，一是韭菜迟眼蕈蚊成虫飞行能力较弱，活动范围窄；另一方面韭菜迟眼蕈蚊可能更喜欢在韭菜受害部位产卵（杨峰山等，2015）。昆虫雌虫找寻合适产卵场所过程主要受化学和物理信号影响，化学信号主要包括来源于植物、昆虫本身或者两者共同散发的挥发性物质（张贺贺等，2015）。韭菜迟眼蕈蚊更喜欢聚集在被危害过的韭菜植株部位产卵，除了受到被危害后韭菜挥发物吸引作用（薛明，2002）以外，韭菜迟眼蕈蚊自身挥发物对雌成虫产卵也具有吸引作用。本文研究结果表明，韭菜迟眼蕈蚊 4 龄幼虫对雌成虫具有明显吸引作用，且 4 龄幼虫体表挥发物主要成分体表挥发物主要成分是二丙基二硫醚和 2,2-二甲基-1,3-噻烷等二硫化物；50 mg 二丙基二硫醚单体、二丙基二硫醚与 2,2-二甲基-1,3-噻烷以 1∶1（50 mg∶50 mg）和 10∶1（50 mg∶5 mg）混合后对韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有明显吸引作用；2,2-二甲基-1,3-噻烷 5 mg 对二丙基二硫醚单体吸引韭菜迟眼蕈蚊交配雌成虫具有增效作用。与韭菜迟眼蕈蚊同属双翅目的果蝇和蚊子成虫分别对其雄虫和卵块，具有明显行为趋性，并且证明果蝇雄虫和蚊子卵块释放对各自成虫具有吸引作用的聚集信息素（Cabrera and Jaffe，2007；Mihou and

Michaelakis，2010）。

目前韭菜迟眼蕈蚊的防治主要采用化学农药（慕卫等，2002；李慧等，2015），因长期单一使用化学农药灌根防治，导致该害虫抗药性升高，不但增加杀虫剂使用量，而且导致韭菜农药残留严重超标，导致“毒饺子”事件等食品安全事故频发（辛爱梅和海文，2000）。近年来在韭菜迟眼蕈蚊无公害防治方面也开展了大量工作，已取得一定进展。利用不同颜色粘胶板及灯光诱杀韭菜迟眼蕈蚊成虫（郑建秋等，2005；武志波和戎青彬，2012；杨峰山等，2015）。利用植物源或微生物源，以及昆虫生长调节剂和病原线虫等生物药剂开展生物防治等（孙瑞红等，1994；杨怀文和张刚应，1999；陈建明等，2006；孙瑞红和李爱华，2007）。在本研究结果基础上，开发基于二丙基二硫醚和 2,2-二甲基-1,3-噻烷等二硫化物挥发物的韭菜迟眼蕈蚊高效引诱剂，建立基于菜韭菜迟眼蕈蚊高效引诱剂诱杀成虫的绿色防控技术，为丰富和升级菜韭菜迟眼蕈蚊防治技术体系，保障食品安全提供基础。

参考文献 (References)

Cabrera M, Jaffe K, 2007. An aggregation pheromone modulates lekking behavior in the vector mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(1): 1–13.

Chen JM, Chen ZQ, Yu XP, Zheng XS, Chen LZ, Zhang JF, Determination on the toxicity of 9 kinds safety insecticides to the larvae of *Anomalacor polenta* Motschulsky and *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang in the laboratory. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 18(5): 321–324. [陈建明, 陈忠其, 俞晓平, 郑许松, 陈列忠, 张珏锋, 2006. 九种无公害农药对铜绿金龟子和韭菜迟眼蕈蚊的毒力测定. 浙江农业学报, 18(5): 321–324.]

Feng HQ, Zheng FQ, 1987. Studies on the occurrence and control of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang. *Journal of Shandong Agricultural University*, 18(1): 71–80. [冯惠琴, 郑方强, 1987. 韭蛆发生规律及防治研究. 山东农业大学学报, 18(1): 71–80.]

Li H, Zhao YH, Wang QH, Han JK, Liu F, Mu W, 2015. Comparison of systemic activity of neonicotioid insecticides in leeks and its toxicity to larvae of *Bradysia odoriphaga* (Sciaridae: Diptera). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 17(2): 156–162. [李慧, 赵云贺, 王秋红, 韩京坤, 刘峰, 慕卫, 2015. 新烟碱类杀虫剂在韭菜中的内吸性及其对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的毒力比较. 农药学学报, 17(2): 156–162.]

Li WX, Yang YT, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhang YJ, 2015. Research progress on *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang (Sciaridae: Diptera). *Plant Protection*, 41(5): 8–12. [李文香, 杨玉婷, 吴青君, 徐宝云, 王少丽, 张友军, 2015. 韭菜迟眼蕈蚊研究进展. 植物保护, 41(5): 8–12.]

Lu QY, Zhang WX, Guo WL, Zhang Y, 2006. A primary study on distributing phase and sampling methods of *Bradysia odoriphaga* larva in chinese chive field. *Acta Agricultturae Boreali-occidentalis Sinica*, 15(2): 75–77. [卢巧英, 张文学, 郭卫龙, 张毅, 2006. 韭菜迟眼蕈蚊幼虫田间分布型及抽样技术研究初报. 西北农业学报, 15(2): 75–77.]

Mei ZX, Li JQ, 2012. Spatial distribution pattern and sampling technique of *Bradysia odoriphaga* larva. *Hubei Agricultural Sciences*, 51(6): 1128–1130, 1141. [梅增霞, 李建庆, 2012. 韭菜迟眼蕈蚊幼虫的空间格局及抽样技术. 湖北农业科学, 51(6): 1128–1130, 1141.]

Mihou AP, Michaelakis AN, 2010. Oviposition aggregation pheromone for *Culex mosquitoes*: Bioactivity and synthetic approaches. *Hellenic Plant Protection Journal*, (3): 33–56.

Mu W, Ding Z, He MH, Zhang J, 2002. Bioassay technique of *Bradysia odoriphaga* and control to larcae and adults by insecticides. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 17(S1): 12–16. [慕卫, 丁中, 何茂华, 张晶, 2002. 韭菜迟眼蕈蚊的生测方法及防治药剂研究. 华北农学报, 17(S1): 12–16.]

Sakuma M, Fukami H, 1990. The aggregation pheromone of the *German cockroach, Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blatellidae): isoaltion and identification of the attractant components of the pheromone. *Applied Entomology and Zoology*, 25: 355–368.

Schaner AM, Jackson LL, 1992. (Z)-10-Heptadecen-2-one and other 2-ketones in the aggregation pheromone blend of *Drosophila martensis*, *D.buzatii*, and *D.srido*. *Chemical Ecology*, (18): 53–64.

Shi YC, Zheng JQ, Zhang Y, Shen GY, 2001. Primary report of edible fungus pest in suburbs of Bejing. *Plant Protection Technology and Extension*, 21(8): 18–19. [师迎春, 郑建秋, 张芸, 沈国印, 2001. 京郊食用菌主要有害生物调查简报. 植保技术与推广, 21(8): 18–19.]

Sun RH, Li AH, Han RC, Cao L, Liu XL, 2004. Factors affecting the control of *Bradysia odoriphaga* with entomophathogenic nematode Heterorhabditisindica LN2. *Natural Enemies of Insects*, 26(4): 150–154. [孙瑞红, 李爱华, 韩日畴, 曹莉, 刘秀玲, 2004. 昆虫病原线虫 Heterorhabditisindica LN2 品系防治韭菜迟眼蕈蚊的影响因素研究. 昆虫天敌, 26(4): 150–154.]

Sun RH, Li AH, 2007. Studies on combination effect of entomophathogenic nematode H06 and insecticide against *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 9(1):

66–70. [孙瑞红, 李爱华, 2007. 昆虫病原线虫 H06 与化学杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊的联合作用. 农药学学报, 9(1): 66–70.]

Wu ZB, Rong QB, 2012. Primary report the efficiency of of *Bradysia odoriphaga* control by three different color trap boards. *Modern Agriculture Technology*, (23): 55. [武志波, 戎青彬. 2012. 三种颜色粘虫胶板防治韭蛆试验初报. 现代农业科技, (23): 55]

Xi AM, Liu HW, 2000. Investigation and analysis of 36 incidences of Organic phosphorus pesticide poisoning in leeks. *Career and Health*, 16(8): 46. [辛爱梅, 刘海文, 2000. 36 例韭菜有机磷中毒调查分析. 职业与健康, 16(8): 46.]

Xia L, 1999. The occurrence and controlling measures of *Bradysia odoriphaga* in the field. *Sientia Agricultura Sinica*, 3(10): 28. [夏立, 1999. 大蒜田韭菜迟眼蕈蚊的发生与防治. 河南农业科学, 3(10): 28.]

Xue M, 2002. Study on the insecticides of controlling *Bradysia odoriphaga* and unpolluting vegetable. *Pesticide*, 41(5): 29–31. [薛明, 2002. 韭菜迟眼蕈蚊无公害治理药剂的研究. 农药, 41(5): 29–31.]

Yang HW, Zhang GY, 1990. Infectivity of the entomophathogenic nematode, *Heterorhabditis* sp. D1 to *Bradysia odoriphaga* (Sciaridae: Diptera). *Chinise Jourmnal of Biological Control*, 6(3): 110–112. [杨怀文, 张刚应, 1990. 异小杆线虫 D1 对韭菜迟眼蕈蚊侵染力的研究. 生物防治通报, 6(3): 110–112.]

Yang JK, Zhang XM, 1985. Notes on the Fragrant onion gnats with descriptions of two new species of bradysia (Sciaridae: Diptera). *Acta Agricultural University Pekinensis*, 11(2): 153–157. [杨集昆, 张学敏, 1985. 韭菜蛆的鉴定韭菜迟眼蕈蚊属二新种(双翅目: 眼蕈蚊科). 北京农业大学学报, 11(2): 153–157.]

Yang FS, Xu ZH, Lu HG, Li C, Liu CG, 2015. Studies *Bradysia odoriphaga* laying eggs in different hosts and its phototaxis to LED. *China Vegetables*, (7): 45–48. [杨峰山, 徐振华, 鲁红刚, 李超, 刘春光, 2015. 韭菜迟眼蕈蚊在不同寄主上产卵及对 LED 光趋性的研究. 中国蔬菜(7): 45–48.]

Zhang HH, Chen JH, Ji Q'E, Luo MJ, 2015. Overview in the study and application of the influencing factors on oviposition behavior of insects. *Journal of Environmental Entomology*, 37(2): 432–440. [张贺贺, 陈家骅, 季清娥, 骆米娟. 2015. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概述. 环境昆虫学报, 37(2): 432–440.]

Zhai X, Zhong JX, Guo DM, 1998. Primary report of research on *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang (Sciaridae: Diptera). *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(4): 212–215. [翟旭, 仲济学, 郭大鸣, 1988. 韭菜迟眼蕈蚊研究初报. 昆虫知识, 25(4): 212–215.]

Zhou XH, Zhang SC, Zhuang QY, Zhang AS, Li LL, Men XY, Zhai YF, Yu Y, 2015. Screening and evaluation of the artificial diets of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang (Sciaridae: Diptera). *Acta Entomologica Sinica*, 58(11): 1245–1252. [周仙红, 张思聪, 庄乾营, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 翟一凡, 于毅, 2015. 韭蛆人工饲料配方筛选及饲养效果比较. 昆虫学报, 58(11): 1245–1252.]