应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(6): 1190−1197. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2016.147

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 嗅觉行为反应*

徐 蕾** 赵彤华 刘培斌 钟 涛 王 哲 许国庆***

（辽宁省农业科学院植物保护研究所，沈阳 110161）

摘 要 **【目的】** 韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang 是韭菜生产中最主要的害虫。通过嗅觉趋性试验测定了 3 龄幼虫和雌虫对多种味源植物的寄主选择性及行为反应，为进一步研发绿色高效的生态防控技术提供理论依据。**【方法】** 利用“Y”型嗅觉仪测定幼虫对健康韭菜、灰霉菌侵染韭菜、平菇、大葱和小白菜等几种寄主植物的嗅觉趋性反应，利用四臂嗅觉仪测定雌虫对健康韭菜、机械损伤韭菜、腐殖质和浸泡大豆 4 种味源材料的行为反应。**【结果】** “Y”型嗅觉仪测定结果表明健康韭菜、平菇和大葱对 3 龄幼虫的引诱作用较强；四臂嗅觉仪测定结果表明韭菜迟眼蕈蚊雌虫对机械损伤韭菜和腐殖质表现出较强趋性。**【结论】** 应用嗅觉仪观测了韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫、雌虫对不同味源材料在不同条件下的定向选择行为，此项工作可为韭菜迟眼蕈蚊植物源引诱剂或驱避剂的进一步研发奠定基础。

关键词 韭菜迟眼蕈蚊，引诱率，“Y”型嗅觉仪，四臂嗅觉仪，行为反应

Olfactory behavioral responses of *Bradysia odoriphaga*

XU Lei** ZHAO Tong-Hua LIU Pei-Bin ZHONG Tao WANG Zhe XU Guo-Qing***

(Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract **[Objectives]** To provide a theoretical and practical basis for developing effective ecological control methods for *Bradysia odoriphaga*, the main insect pest of Chinese chives. **[Methods]** The preferences of 3rd instar larvae for several host plant species were tested in a “Y” tube olfactometer, and the behavioral responses of females to different host plant volatiles were tested in a four-arm olfactometer. **[Results]** The results of the “Y” tube olfactometer test showed that larvae were significantly attracted by intact Chinese chives, oyster mushrooms and spring onions. Females were most attracted to mechanically damaged Chinese chives and humus. **[Conclusion]** The results of this study provide some valuable insights for the development of botanical pheromones for the control of *Bradysia odoriphaga*.

Key words *Bradysia odoriphaga*, attraction rate, “Y” tube olfactory, four-arm olfactometer, behavioural responses

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang，属双翅目 Diptera，长角亚目 Nematocera，眼蕈蚊科 Sciaridae，迟眼蕈蚊属 *Bradysia*（杨集昆和张学敏，1985）。幼虫俗称韭蛆，其寄主范围较广，可危害百合、菊科、十字花科、葫芦科等 7 科 30 多种蔬菜（冯惠琴和郑方强，1987）。北方保护地韭菜受韭蛆为害最重，可周年发生，露地韭菜以春秋两季危害较重（李俊领，2015）。植食性昆虫的生长发育和种群繁衍与其能否准确找到合适的寄主植物以获得足够的营养息息相关，寄主植物的挥发性气味传递着寄主定位、取食、交配产卵、猎物搜寻等重要行为活动的有效信息（Carde and Lee，1989）。昆虫与寄主植物化学信息的联系是有害生物综合治理的重要内容，也是昆虫化学生态学研究的热点。深入了解昆虫的嗅觉行为反应，在理论研究和防治应用

*资助项目 Supported projects：国家公益性行业科研专项经费项目（201303027-09）

**第一作者 First author，E-mail：syxlei81@126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：XGQ66@126.com

收稿日期 Received：2016-11-01，接受日期 Accepted：2016-11-10

方面都具有重要研究价值和意义。国外学者对韭菜迟眼蕈蚊嗅觉反应研究较多的集中于成虫触角上的嗅觉感器（Slifer，1970；Alter *et al.*，1981；Zacharuk and Shields，1991；Gnatzy *et al.*，2013）。嗅觉仪是用于测定植物挥发性气味对害虫及天敌趋性反应的常用工具。薛明等（2002，2004）先后利用“Y”型嗅觉仪测定了韭菜迟眼蕈蚊成虫对韭菜植株、大蒜素、大蒜乙醇提取物、多硫化钙 4 种挥发性物质以及韭菜、大蒜、大葱和圆葱 4 种寄主植物的嗅觉反应，结果发现不同种类和不同剂量味源物质对成虫的引诱率差异显著，而 4 种寄主植物对成虫表现出的不同程度的吸引作用则认为是由韭菜迟眼蕈蚊嗅觉系统和触角的超微结构引起的。选取韭菜、大蒜、圆葱、生菜、西葫芦、白菜等 13 种韭菜地下茬蔬菜作物，分别测定其对幼虫和成虫的引诱率，结果试虫对韭菜表现出的趋性最强；但由于成虫和幼虫在取食、产卵等行为习性上的差异，幼虫对更多种类的寄主植物表现出嗅觉趋性（张鹏等，2015）。陈澄宇等（2014）利用“Y”型嗅觉仪测定了成虫对苯并噻唑的嗅觉反应，结果发现苯并噻唑对韭菜迟眼蕈蚊有强烈的引诱作用和毒杀效果，对于韭蛆的田间监测与防治有良好的应用前景。

本研究分别利用“Y”型嗅觉仪和四臂嗅觉仪测定韭菜迟眼蕈蚊幼虫和成虫对几种寄主及非寄主植物味源的趋性行为反应，探索幼虫和成虫对不同植物的嗅觉选择机制，为揭示韭菜迟眼蕈蚊与寄主植物之间的化学联系、开展韭菜迟眼蕈蚊化学生态学研究以及开发新的天然生物杀虫活性物质进而实现高效、绿色防控提供新的思路和途径。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

在北镇市中安镇韭菜棚内采集韭菜迟眼蕈蚊幼虫，带回辽宁省农业科学院植物保护研究所实验室内（温度为（25 ± 1）℃，湿度为（70 ± 5）%，光照 L∶D =14∶10），用辽宁省农业科学院植物保护研究所院内温室大棚自种的无公害韭菜作饲料继代饲养 30 代以上作为试验种群，按试验要求取不同发育时期做备用试虫。

1.2　供试材料

处理味源材料准备如下：健康韭菜、大葱、平菇、小白菜均采自辽宁省农科院试验基地，挑拣并称取 2 g 鲜重的无病虫健康苗株，从近地表处切断根茎，断口处用 Parafilm 封口膜裹紧备用；霉变韭菜是从基地挑拣并称取 2 g 鲜重的被灰霉菌侵染、表面覆盖有灰霉病斑的韭菜苗株；机械损伤韭菜是选取 2 g 健康韭菜叶片，用直径为 0.5 cm 的打孔器打 10 个孔，形成机械损伤，每隔 30 min 更换处理叶片以保证挥发物的持续释放；浸泡大豆是称取无病虫为害的大豆粒 2 g 在自来水中浸泡 24 h 后切成小块，在沸水中浸泡 3 min 后取出，用滤纸吸干表面水分，冷却至室温（（25 ± 1）℃）后备用；腐殖质商品名为“无土育苗营养基质”，由沈阳凡宇园艺科技有限公司生产。

1.3　试验方法

1.3.1　韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫趋性测试　为便于供试幼虫爬行，在“Y”型管内壁均匀倒入 1% 的琼脂薄层，以保持管内湿度；调节气体流量计控制通过两臂的气流速度均为 300 mL/min，打开日光灯（8 W）并保证光线均匀。挑选健康活泼的 3 龄幼虫，单头用湿润软毛笔尖由出气口送入基部管内，观察其行为反应，根据试验设计，先后记录特定时间间隔后逆风爬行进入处理味源臂、对照味源臂及滞留在“Y”型管基部中的虫量，计算引诱率。当试虫穿越两臂交叉点 0.5 cm 即认为已做出趋性选择；每组处理 40 头，每测试 20 头用 95%乙醇清洗生测装置，并在烘干后调换两臂位置，以消除两臂不对称可能带来的误差；每测试 20 头交换一下进气管，以降低光线、气流等因素带来的误差，且测试环境尽量保证空气洁净、光线均匀、通风良好。利用“Y”型嗅觉仪进行嗅觉趋性反应试验的味源材料组合设定为：健康韭菜-平菇；霉变韭菜-空气；霉变韭菜-健康韭菜；健康韭菜-大葱；大葱-小白菜。

引诱率的计算方法如下：

$$引诱率（\%）=\frac{味源管中试虫数量}{供测试虫总量}\times 100。$$

1.3.2 韭菜迟眼蕈蚊成虫趋性测试 四臂嗅觉仪用一个可移动的玻璃盖板封闭，中心区是试虫放口和气泵接口，其他为 4 个反应区（对应四臂），分别与味源瓶或对照瓶相连，测试时其中 2 个对角作为处理区，另外 2 个作为对照区。在温度为（25 ± 1）℃，湿度为（70 ± 5）%，光照 L∶D=14∶10 的室内条件下用真空抽气泵抽取气体，先经过活性炭装置过滤，后经蒸馏水加湿后从四臂吹入中心区内，用流量计控制每臂空气流速均匀一致。测试逐头进行，每头试虫测定时间为 10 min，统计滞留于各反应区的试虫数量（停留 4 min 以上计作 1 次，并记为试虫趋向该味源，同时终止试验）。每测试 5 头试虫调换嗅觉仪装置，同时更新味源植物，以此消除客观因素对试虫嗅觉选择行为的影响；每组处理测定结束后，用无水乙醇清洁生测装置，烘干后待用，以便消除残余气味。

1.4 数据统计

将 3 龄幼虫、成虫嗅觉趋性反应中的引诱率进行 $\arcsin(y/300)^{1/2}$ 反正弦转换后，应用 SPSS for Windows 15.0 软件对同一组数据利用卡方（χ^2）检验对统计结果进行显著性分析，未做出选择的试虫不列入统计分析。

2 结果与分析

2.1 韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫趋性测试

由图 1 可见，平菇对韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫的引诱率明显高于健康韭菜植株。10 min 后平菇和健康韭菜的引诱率差异不显著（χ^2 = 0.64）；45 min 后，平菇引诱率达到 27.96%，健康韭菜引诱率为 8.69%，二者在 P < 0.05 水平上差异显著（χ^2 = 3.11）。整个测试阶段韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对平菇气味表现的趋性始终高于对健康韭菜的趋性。在观察 180 min 后试虫趋性趋于稳定，平菇引诱率始终保持在健康韭菜引诱率的 4.3~5.0 倍，且在 P < 0.01 水平上差异显著（180、210、240 min 后 χ^2 分别为 7.26、8.77 和 8.24）。

由图 2 可见，韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对霉变韭菜的取食趋性在调查 30 min 以内引诱率均无

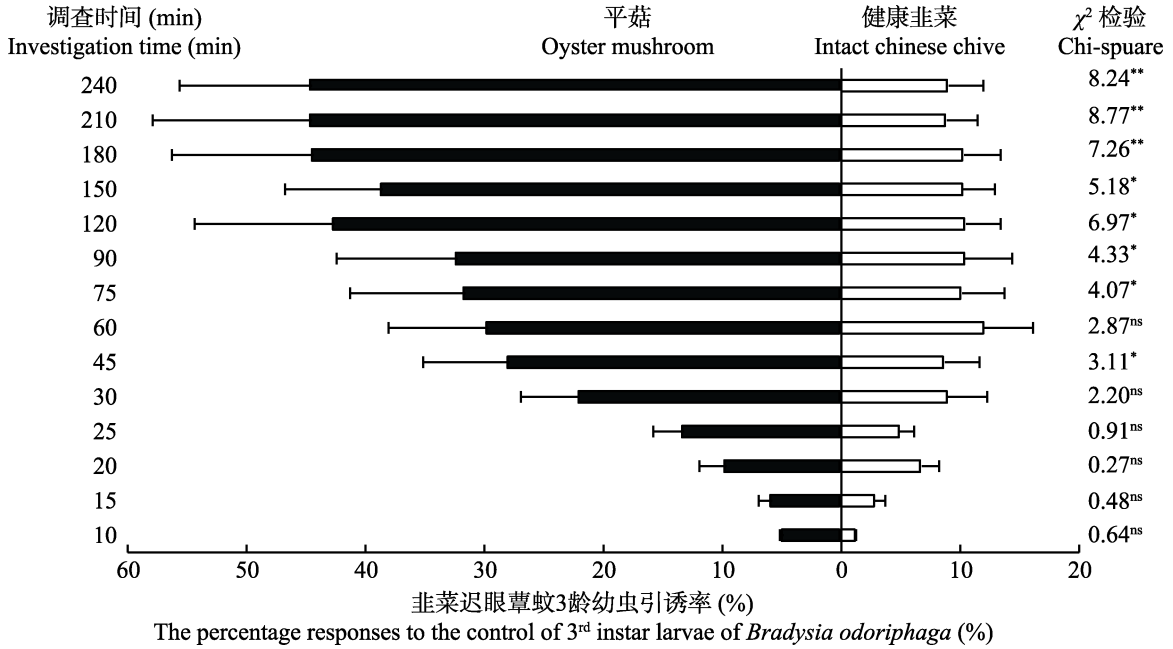

图 1 韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对健康韭菜和平菇挥发物的行为反应

Fig. 1 Responses of 3rd instar of *Bradysia odoriphaga* volatiles from intact chinese chive and oyster mushroom

χ^2 检验中的*和**分别表示在 P=0.05 和 P=0.01 水平差异显著，ns 表示差异不显著。下图同。

* and ** indicates significant difference at 0.05 and 0.01 levels by χ^2 test, respectively; ns indicates no significant difference. The same below.

显著差异；在 45 min 后，空白对照对试虫的引诱率逐渐高于霉变韭菜。在观察时长延至 90 min 时对照区与处理区引诱率分别为 22.44%和 8.39%，二者在 $P < 0.05$ 水平上差异显著（$\chi^2 = 3.03$）。可见韭菜迟眼蕈蚊幼虫会在短时间内被霉变韭菜散发出的挥发性气味吸引，但这种引诱力会逐渐减弱。

由图 3 可见，韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对健康韭菜的取食趋性明显高于霉变韭菜。在观察的前 15 min 内，霉变韭菜对试虫的引诱率均为 0，而健康韭菜方向的平均引诱率为 3.92%，二者差异不显著；观察 20~90 min 内，健康韭菜与霉变韭菜差异均不显著；观察 120 min 时，健康韭菜方向引诱率最高达到 17.33%，与霉变韭菜（引

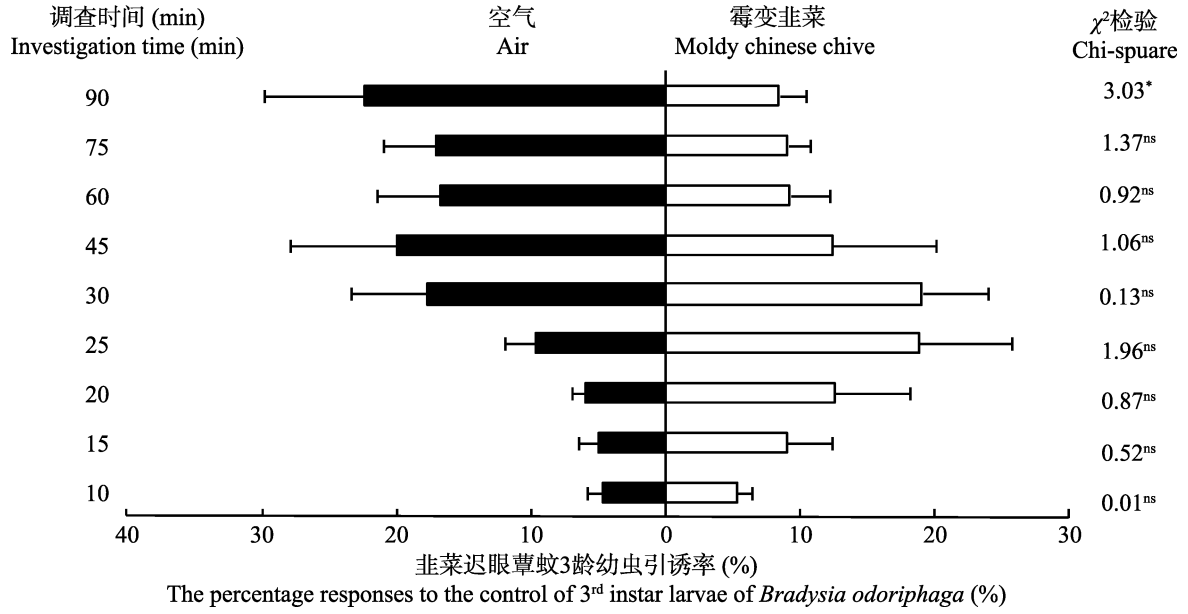

图 2　韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对霉变韭菜和空气的行为反应

Fig. 2　Responses of 3rd instar of *Bradysia odoriphaga* volatiles from moldy chinese chive and air

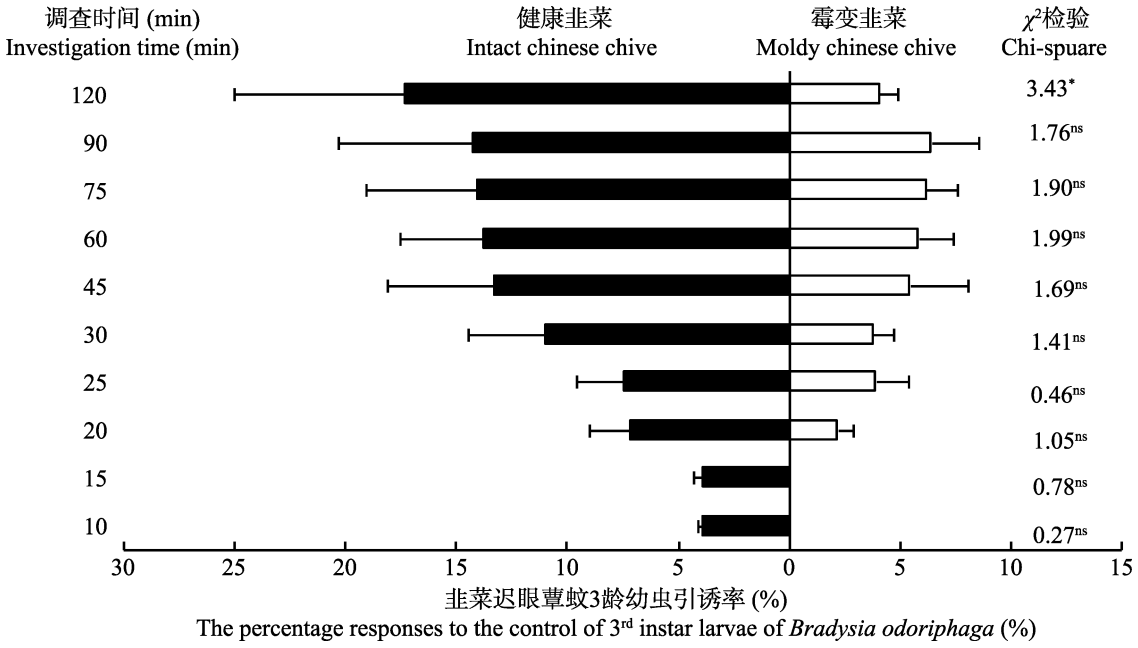

图 3　韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对霉变韭菜和健康韭菜的行为反应

Fig. 3　Responses of 3rd instar of *Bradysia odoriphaga* volatiles from intact chinese chive and moldy chinese chive

诱率为 4.01%) 相比差异显著 ($P < 0.05$, $\chi^2 = 3.43$)。可见，与被真菌侵染的霉变韭菜相比，韭菜迟眼蕈蚊幼虫更加偏好健康韭菜植株。

由图 4 可见，韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对健康韭菜的取食趋性明显高于大葱。在观察 30 min 以内，健康韭菜引诱率与大葱相比均无显著差异；观察 45 min 后，健康韭菜引诱率与大葱相比在 $P < 0.05$ 水平差异显著（$\chi^2 = 3.57$）；在观察 120 min 时，健康韭菜引诱率达到 30.26%，是大葱方向（引诱率 5.08%）的 6 倍，且在 $P < 0.05$ 水平上差异显著（$\chi^2 = 6.47$)。可见与大葱相比，韭菜的气味对韭菜迟眼蕈蚊幼虫取食具有更强的引诱作用。

由图 5 可见，韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对大葱

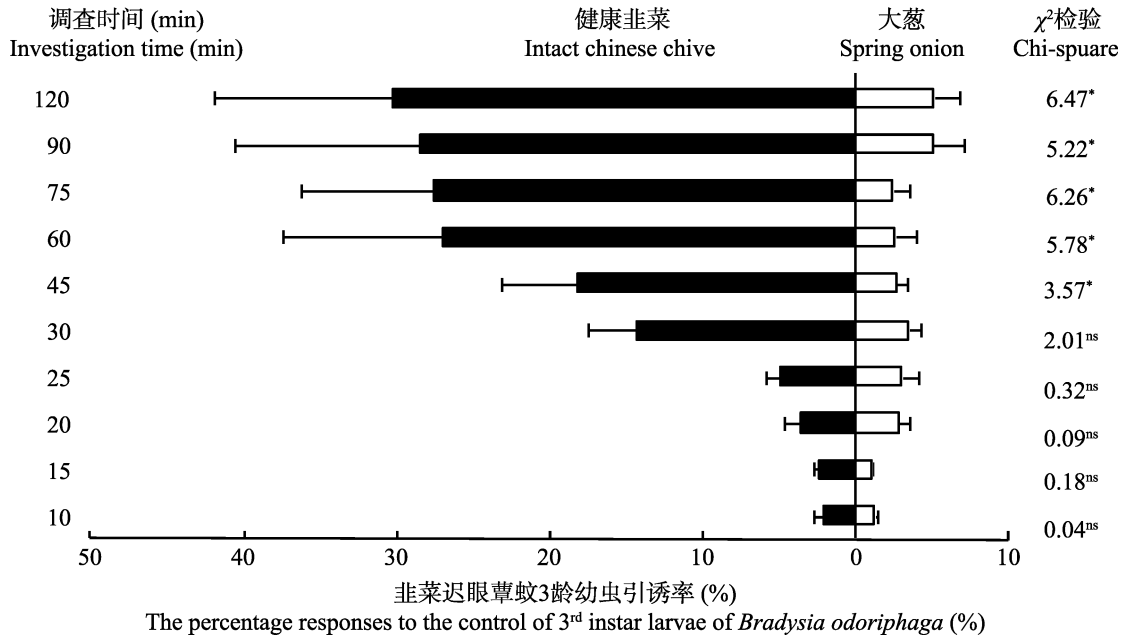

图 4　韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对健康韭菜和大葱的行为反应

Fig. 4　Responses of 3rd instar of *Bradysia odoriphaga* volatiles from intact chinese chive and spring onion

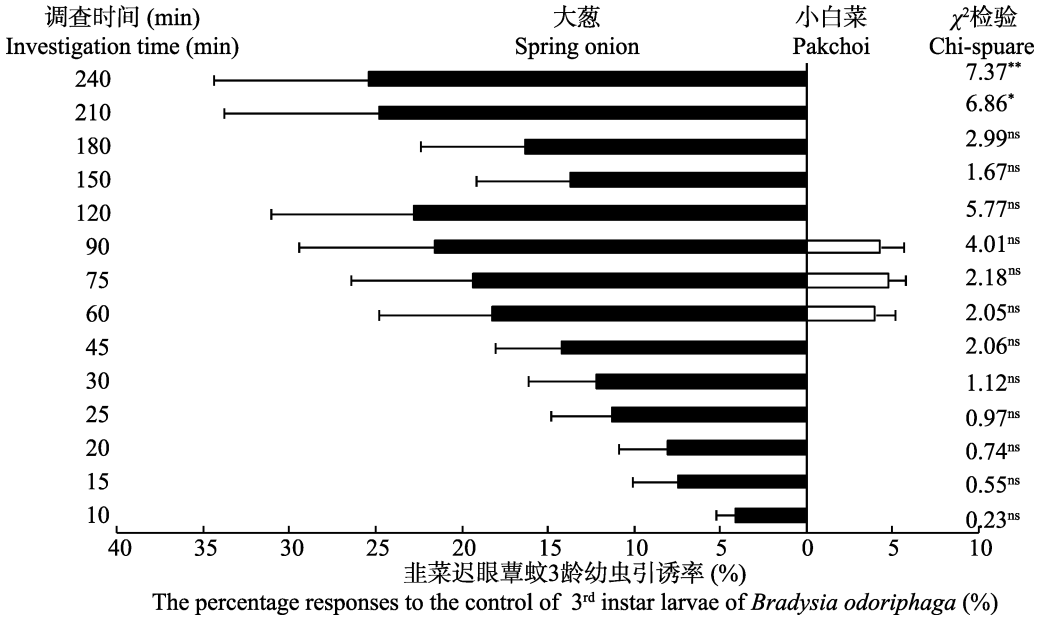

图 5　韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫对大葱和小白菜的行为反应

Fig. 5　Responses of 3rd instar of *Bradysia odoriphaga* volatiles from spring onion and pakchoi

的取食趋性明显高于小白菜。观察 210 min 以前，试虫对大葱表现出嗅觉趋性，但差异不显著；在观察 210 min 后，大葱引诱率达到 24.77%，与小白菜相比差异显著（$P < 0.05$，$\chi^2 = 6.86$）；观察 240 min 时，大葱引诱率达到 25.36%，与小白菜相比差异极显著（$P < 0.01$，$\chi^2 = 7.37$）。

2.2　韭菜迟眼蕈蚊成虫趋性测试

四臂嗅觉仪对韭菜迟眼蕈蚊雌虫趋性行为反应测试结果见图 6，除健康韭菜—浸泡大豆、浸泡大豆—空气处理没有显著差异外（$P > 0.05$），其它组合气味处理之间均有显著差异（$P < 0.05$），健康韭菜、机械损伤韭菜和腐殖质对雌虫引诱力均显著高于空气对照（$P < 0.05$），其中机械损伤韭菜和腐殖质的引诱作用均达到了极显著（$P < 0.01$, $\chi^2 = 8.38$；$\chi^2 = 10.2$）；腐殖质在以健康韭菜和浸泡大豆作对照时，对试虫的引诱率均表现出极显著差异（$P < 0.01$, $\chi^2 = 8.47$；$\chi^2 = 8.77$），说明雌虫对产卵场所的选择偏好于有机物质较为丰富均衡的环境；机械损伤韭菜对雌虫引诱力均显著高于浸泡大豆和健康韭菜（$P < 0.05$，$\chi^2 = 5.05$；$\chi^2 = 4.37$）；健康韭菜和浸泡大豆同时对雌虫进行趋性测试时，引诱率差异并不显著（$\chi^2 = 1.13$）。

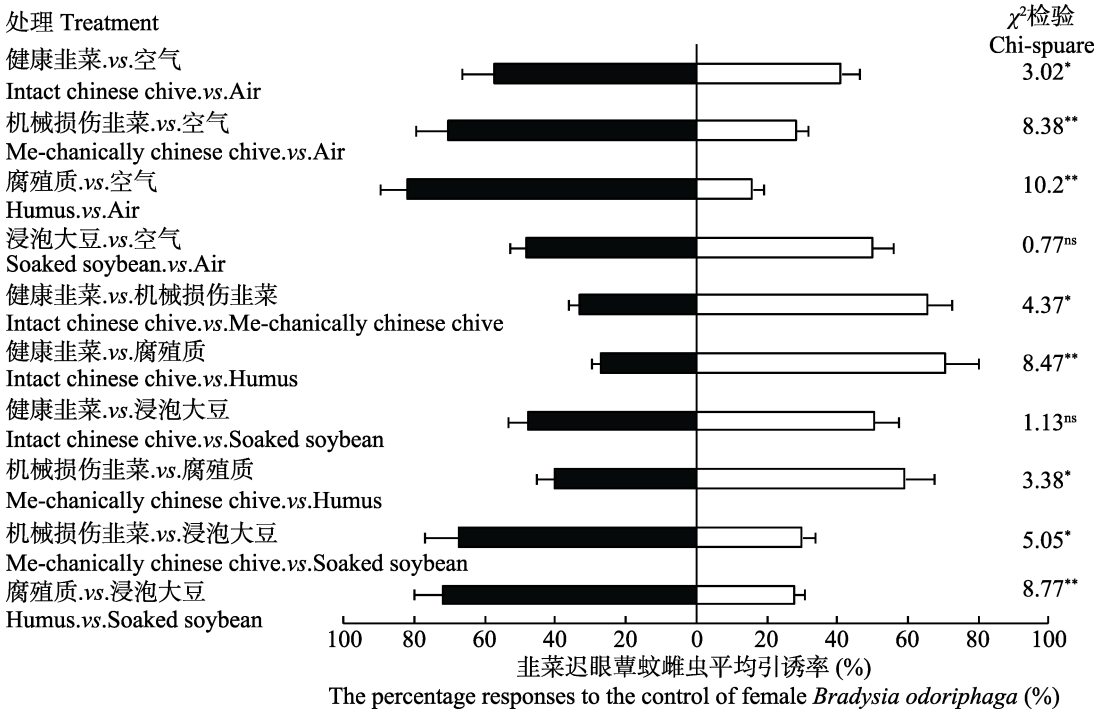

图 6　韭菜迟眼蕈蚊雌虫对不同处理挥发物的行为反应

Fig. 6　Responses of female *Bradysia odoriphaga* to different volatiles

韭菜迟眼蕈蚊雌虫对机械损伤韭菜和腐殖质在不同时间间隔内行为反应的调查结果见图 7 和图 8。处理味源对雌虫的引诱率在各调查时间内均高于空气对照。随着调查时间的延长，机械损伤韭菜对试虫的引诱率逐渐增加，在间隔 120 min 时调查的机械损伤韭菜引诱率最高达到 92.52%，与空气对照（引诱率 6.94%）相比差异极显著（$P < 0.01$，$\chi^2 = 17.29$），随后机械损伤韭菜对试虫的引诱率又逐渐降低；在 5~60 min 调查时间内，腐殖质对试虫的引诱率逐渐增加，在 60 min 时引诱率最高达到 90.19%，与空气对照（引诱率 9.49%）相比差异极显著（$P < 0.01$，$\chi^2 = 18.54$），随后腐殖质味源对试虫引诱能力随着时间延长而下降。

3　讨论

韭菜是广受欢迎的一种蔬菜，同时也是重要的出口创汇蔬菜品种之一。近年来反季节韭菜消

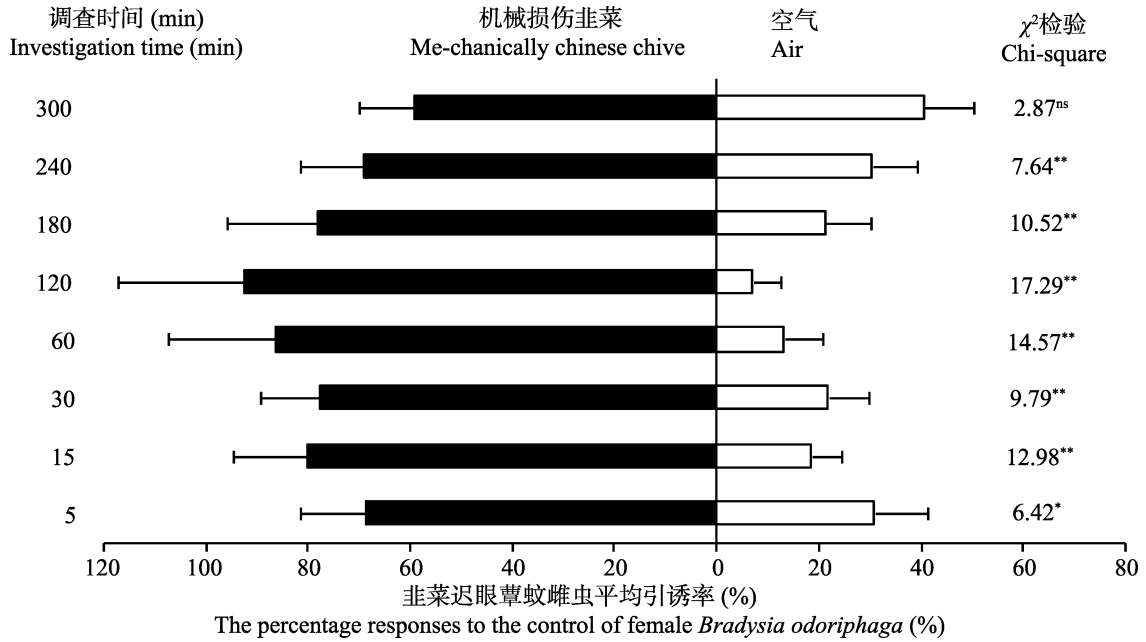

图 7　不同调查时间内韭菜迟眼蕈蚊雌虫对机械损伤韭菜和空气的行为反应

Fig. 7　Responses of female *Bradysia odoriphaga* to volatiles from mechanically chinese chive and air at different investigation time

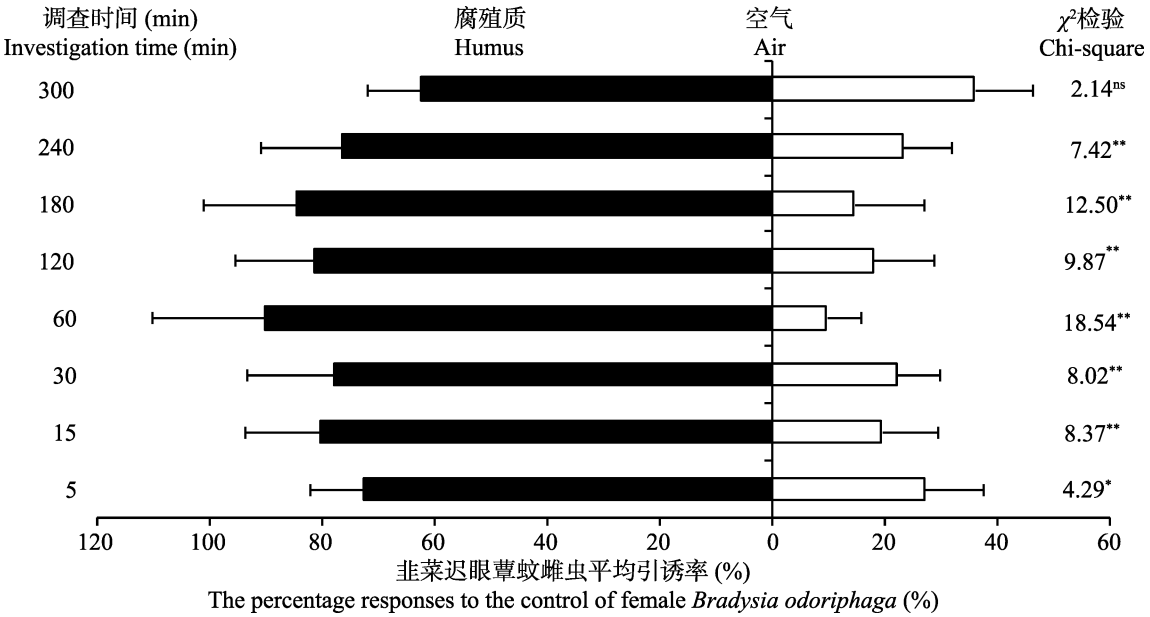

图 8　不同调查时间内韭菜迟眼蕈蚊雌虫对腐殖质和空气的行为反应

Fig. 8　Responses of female *Bradysia odoriphaga* to volatiles from humus and air at different investigation time

费逐年上升，北方地区温室大棚内的越冬茬韭菜生产栽培面积逐年扩大，保护地韭菜受韭菜迟眼蕈蚊为害最为严重，且周年发生，由于其幼虫营钻蛀性的特点，给防治带来很大难度（徐振华，2015）。

利用嗅觉仪进行的趋性测试结果表明，对韭菜迟眼蕈蚊幼虫引诱力较强的是健康韭菜和平菇。平菇等食用菌类是韭菜迟眼蕈蚊的近缘种平菇厉眼蕈蚊 *Lycoriella pleuroti* Yang *et* Zhang 的主要寄主（何嘉等，2005）。韭蛆喜好韭菜和平

菇，有报道称在人工饲料中添加一定配比的韭菜粉和平菇粉，对韭蛆的生长发育和繁殖均有很大程度的促进（周仙红等，2015），这与本研究的结果相一致；此外与小白菜相比，韭蛆还对百合科的大葱表现出较强的趋性。已有韭蛆对 13 种下茬蔬菜作物的趋性和为害调查研究结果表明韭蛆对百合科植物趋性最强（张鹏等，2015），这也与本研究结果相一致。对韭菜迟眼蕈蚊雌虫产卵趋性最强的是机械损伤韭菜和腐殖质。本研究中用四臂嗅觉仪测试到的机械损伤韭菜相比健康韭菜对雌虫表现出了显著的引诱作用，韭蛆营隐蔽式生活，有趋湿性和腐食性，蛀食植物地下根茎组织，而成虫生活史以交配和产卵为主，不进行取食活动，因此机械损伤韭菜相比健康韭菜不仅是雌虫较好的产卵场所，也是幼虫取食成长的靶标植株。

本研究从实验室观察到嗅觉仪器测定，明确了韭菜迟眼蕈蚊成虫和幼虫对几种常见味源植物的嗅觉行为反应。形成植物气味特征的主体是植物体释放出的挥发性化学物质，接下来的工作是将本研究中涉及到的味源植物的挥发性化学物质用液氮冷凝法进行分离和提纯、吸附柱抽提法进行鉴定、嗅觉仪进行定量趋性测试，同时结合触角电位技术（Electroantennography, EAG）和气象色谱-触角电位联用技术（Gas chromatography-electro antennographic detection, GC-EAD），从化学生态学的角度深入揭示韭菜迟眼蕈蚊的嗅觉选择机制，利用这些理论既可以培育驱拒害虫的植物品种、间作／套种诱捕作物，也可以直接筛选针对害虫的引诱剂或趋避剂，从而实现韭菜迟眼蕈蚊的早期监测和绿色防控。

参考文献 **(References)**

Alter H, Routh C, Loftus R, 1981. The structure of bimodal chemo-, thermo-, and hygroreceptive sensilla of the antenna of *Locusta migratoria*. *Cell and Tissue Research*, 215(2): 289–308.

Carde RT, Lee HP, 1989. Effect of experience on the responses of the parasitoid Brachymeria intermedia (Hymenoptera: Chalcididae) to its host, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), and to Kairomone. *Annals of the Entomological Society of America*, 82(5): 653–657.

Chen CY, Zhao YH, Li H, Zhang P, Mu W, Liu F, 2014. Biological activity of benzothiazole against *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) at different developmental stages. *Acta Entomologica Sinica*, 57(1): 45–51. [陈澄宇, 赵云贺, 李慧, 张鹏, 幕卫, 刘峰, 2014. 苯并噻唑对不同虫态韭菜迟眼蕈蚊的生物活性. 昆虫学报, 57(1): 45–51.]

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.]

Gnatzy W, Mohren W, Steinbrecht RA, 2013. Pheromone receptors in *Bombyx mori* and *Antheraea pernyi*. Ⅱ. Morphometric analysis. *Cell and Tissue Research*, 235(1): 35–42.

He J, Zhang T, Li ZY, 2005. The biology, ecology and control of *Lycoriella pleuroti*. *Edible Fungi of China*, 24(4): 52–53. [何嘉, 张陶, 李政跃, 2005. 平菇厉眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治. 中国食用菌, 24(4): 52–53.]

Li JL, 2015. Biological characteristics of *Bradysia odoriphaga* and pesticide screening. Master dissertation. Zhengzhou: Henan Agricultural University. [李俊领, 2015. 韭菜迟眼蕈蚊生物学特性及高效低毒药剂筛选. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学.]

Slifer EH, 1970. The structure of arthropod chemoreceptors. *Annual Review of Entomology*, 15(1): 121–142.

Xu ZH, 2015. Study on population distribution and biological characteristics of *Bradysia odoriphaga* in Heilongjiang. Master dissertation. Haerbin: Heilongjiang University. [徐振华, 2015. 黑龙江省韭蛆种群分布及生物学特性研究. 硕士学位论文. 哈尔滨: 黑龙江大学.]

Xue M, Yuan L, Xu ML, 2002. The olfactory response of adults to volatiles and compare of toxicity of different insecticides to the adults and larvae of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 4(2): 50–56. [薛明, 袁林, 徐曼琳, 2002. 韭菜迟眼蕈蚊成虫对挥发性物质的嗅觉反应及不同杀虫剂的毒力比较. 农药学学报, 4(2): 50–56.]

Xue M, Yuan L, Pang YH, 2004. Studies on olfactory response of adults to volatile odor from host plant and the antennal ultrastructure of *Bradysia odoriphaga*//Li DM (ed.). Study on Contemporary Entomology. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 258–2601. [薛明, 袁林, 庞云红, 2004. 韭菜迟眼蕈蚊成虫对寄主植物的嗅觉反应和触角的超微结构. 李典谟主编. 当代昆虫学研究. 北京: 中国农业科学技术出版社. 258–2601.]

Yang JK, Zhang XM, 1985. Notes on the fragrant onion gnats with descriptions of two new species of *Bradysia* (Diptera: Sciaridae). *Journal of Beijing Agricultural University*, 11(2): 153–156. [杨集昆, 张学敏, 1985. 韭菜蛆的鉴定迟眼蕈蚊属二新种. 北京农业大学学报, 11(2): 153–156.]

Zacharuk RY, Shields VD, 1991. Sensilla of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 36(1): 331–354.

Zhang P, Wang QH, Zhao YH, Chen CY, Mu W, Liu F, 2015. Investigation of crop damage and food preferences of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 743–749. [张鹏, 王秋红, 赵云贺, 陈澄宇, 幕卫, 刘峰, 2015. 韭菜迟眼蕈蚊对十三种蔬菜为害调查及趋性研究. 应用昆虫学报, 52(3): 743–749.]

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 (Diptera: Sciaridae). *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.]