

韭菜迟眼蕈蚊成虫对十三种有机肥的趋性研究*

李晓莉^{1,3**} 张利焕² 曹雪¹ 庄乾营¹ 于毅¹ 周仙红^{1***}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 济南 250100;

2. 寿光市化龙镇农业综合服务站, 寿光 262700; 3. 潍坊科技学院, 山东省高校设施园艺实验室, 寿光 262700)

摘要 【目的】通过研究韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang 成虫对不同有机肥的趋性, 为田间通过施肥防治韭菜迟眼蕈蚊提供理论依据。【方法】选取 13 种有机肥为实验材料, 通过室内控制实验、Y 型嗅觉仪实验及田间小区实验, 研究了韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的产卵选择性及嗅觉行为趋性。【结果】韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的趋性顺序为: 豆粕、基质 > 畜肥 > 禽肥 > 香油渣 > 鹌鹑粪 > 草木灰 ($P < 0.05$)。成虫对豆粕、基质、畜肥等表现为正趋性; 对鹌鹑粪、腐熟鹌鹑粪和草木灰表现为负趋性, 并且成虫在这 3 种肥料上的卵量及田间施用小区幼虫数量均显著低于对照 ($P < 0.05$)。【结论】田间可在成虫羽化初期合理施用腐熟的禽肥(鹌鹑粪等)或草木灰等, 在提高韭菜产量的同时又减少成虫落卵数量, 从而控制韭菜迟眼蕈蚊发生量。

关键词 韭菜迟眼蕈蚊, 成虫, 有机肥, Y 型嗅觉仪, 趋性

Preferences of adult *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang for 13 kinds of organic fertilizers

LI Xiao-Li^{1,3**} ZHANG Li-Huan² CAO Xue¹ ZHUANG Qian-Ying¹
YU Yi¹ ZHOU Xian-Hong^{1***}

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Ji'nan 250100, China; 2. Agricultural Integrated Service Station of Shouguang Hualong, Shouguang 262700, China; 3. Weifang University of Science and Technology, Facility Horticulture Laboratory of Universities in Shandong, Shouguang 262700, China)

Abstract [Objectives] To determine the preferences of adult *Bradysia odoriphaga* for different organic fertilizers and thereby provide a scientific basis for choosing fertilizers to control this pest. [Methods] Preferences of adult *B. odoriphaga* for different organic fertilizers were assessed in indoor controlled experiments, Y-tube experiments and field experiments. [Results] The relative preference for different organic fertilizers was as follows: soybean meal matrix > animal manure > poultry manure > sesame oil residue > quail manure > plant ash. There was a positive preference for soybean meal matrix and animal manure but a negative preference for quail manure, composted quail manure and plant ash. Moreover, oviposition and numbers of larvae produced on the latter three fertilizers were significantly less than on the control. [Conclusion] Using composted poultry manure and plant ash as fertilizers when adult *B. odoriphaga* are present could not only improve the efficacy of controlling this pest but also increase crop yield.

Key words *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang, adult, organic fertilizer, Y-tube olfactometer, preference

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang, 属双翅目, 眼蕈蚊科, 迟眼蕈蚊属, 俗称韭蛆, 在中国大陆分布广泛(梅增霞等, 2003), 是我国特有的蔬菜害虫(王萍等, 2011)。该虫

*资助项目 Supported projects: 山东省自然科学基金(ZR2014CQ049); 公益性行业(农业)科研专项(201303027); 山东省农业科学院科技创新工程项目(CXGC2016B11); 山东省高校设施园艺实验室资助项目(2018YY041)

**第一作者 First author, E-mail: 879237826@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhouxianhong82@163.com

收稿日期 Received: 2017-09-30, 接受日期 Accepted: 2017-12-13

不仅能危害百合科、菊科、藜科、十字花科、葫芦科、伞形花科等 7 科 30 多种蔬菜(王萍等, 2011; 张鹏等, 2015), 还能危害食用菌(卢巧英等, 2006; 张志军等, 2016)。韭菜迟眼蕈蚊幼虫在土壤中呈聚集分布(安立娜等, 2014), 主要聚集在韭菜鳞茎以及嫩茎处钻蛀取食, 造成韭菜地下部分腐烂, 地上部分轻者叶片瘦弱枯黄并逐渐倒伏, 严重时整株死亡, 防治难度大(冯惠琴和郑方强, 1987; 王萍等, 2011; 史彩华等, 2016)。韭菜迟眼蕈蚊幼虫可营腐生型生活, 成虫产卵对一些未腐熟的有机肥有明显的趋性(程亚樵等, 2002), 田间不合理的施用过多的有机肥会造成韭菜迟眼蕈蚊的为害加重。

害虫的生存环境条件对其发生程度有重要的影响, 控制其田间生存环境对实现害虫无公害治理具有重要的作用(李朝霞等, 2017)。韭菜属喜肥作物, 韭菜生产上有机肥使用量逐渐增加(高成功等, 2012; 李朝霞等, 2017), 有机肥在补充土壤肥力的同时也为韭菜迟眼蕈蚊的发生提供了适宜的生存环境(薛明等, 2002)。不同有机肥对部分害虫同样具有一定的趋避或杀死作用(葛洪滨等, 2010)。有报道称有机肥的使用增加了韭菜迟眼蕈蚊的发生(程亚樵等, 2002), 但还没有系统研究韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥料趋性的研究。本研究选取了农业生产中常见的 13 种有机肥, 通过室内和田间实验研究韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的趋性, 以期明确其选择性较高或较低的有机肥种类, 为田间防治韭菜迟眼蕈蚊提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

韭菜迟眼蕈蚊, 于山东省农业科学院植物保护研究所养虫室内(温度 (25 ± 1) °C, RH $75\% \pm 5\%$, L:D=16:8)用人工饲料(周仙红等, 2015)连续多代饲养, 选择初羽化的雌、雄成虫作为试验用虫。

1.2 供试材料

供试有机肥种类: 草木灰、基质(淮安市中

禾农业科技开发有限公司)、羊粪(风干、腐熟)、牛粪(风干、腐熟)、鸡粪(风干、腐熟)、鹤鹑粪(风干、腐熟)、香油渣(风干、腐熟)、豆粕(金山生物工程有限公司)共 13 种。

草木灰制备方法: 收集树枝烧制。

粪肥腐熟方法: 将粪便、土、玉米秸秆按照质量比 2:1:1 混合拌匀, 加入水使含水量为 60%左右, 将粪便堆放于通风处, 上覆塑料布, 30 d 后即可使用。

田园土: 取自山东省农科院植保所温室, pH 为 7.81。

供试韭菜田: 试验田位于山东省农科院植保所温室, 品种为平韭 1 号, 墩载, 墩距 15 cm, 行距 25 cm。

1.3 试验方法

1.3.1 韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的产卵选择性 将田园土放入塑料盒(底直径 7 cm×高 6 cm×口直径 10 cm)中; 在田园土表层上面洒上 25 g 供试单种有机肥, 在有机肥上铺上滤纸, 放入 1 cm 韭菜假茎两根; 把处理好的塑料盒随机摆放入 80 目防虫网缝制的笼罩内(长 1.5 m×宽 1.5 m×高 0.5 m), 每种供试有机肥每次 3 个重复, 以未添加任何有机肥的田园土为对照(CK)。放入新羽化的韭菜迟眼蕈蚊雌雄成虫 1 000 对, 将笼罩放于养虫室内(温度 (25 ± 1) °C, RH $75\% \pm 5\%$, L:D=16:8), 48 h 后在解剖镜下分别统计每个塑料盒内滤纸上的落卵数量(粒)。试验重复 3 次。

1.3.2 韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的嗅觉反应(Y 型嗅觉仪) Y 型嗅觉仪包括 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。由 Y 型玻璃管由两个臂管和一个基管组成, 主臂长 6 cm, 侧臂长 5.5 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、空气加湿瓶及空气过滤装置连接。气流量设为 100 mL/min, 每种有机肥称取 2.5 g, 选取新羽化的韭菜迟眼蕈蚊雌、雄成虫, 成虫在 10 min 以内选择任意一侧臂并爬行超过 1/2 距离

记为有效虫,否则记为无效虫,每组测试雌、雄虫各 100 头。以空的味源瓶内空气为对照(CK);记录分析雌、雄成虫对有机肥和对照(CK)的选择行为。Y 型玻璃管部分放置于纸盒中让成虫在黑暗环境中选择,测试 5 头调换 Y 型管的位置,以消除管臂位置对成虫产生的影响,每个处理更换 Y 型管,用酒精彻底清洗 Y 型管和 Teflon 管及容量瓶。实验室控制温度为 (25 ± 1) , RH $75\% \pm 5\%$ 。

选择率 (%) = 味源管中成虫数量 / (味源管中成虫数量 + 对照管中成虫数量) $\times 100$

选择系数 = (味源管中成虫数量 - 对照管中成虫数量) / (味源管中成虫数量 + 对照管中成虫数量)

选择系数大于 0 表示试虫对味源物质有正趋性,小于 0 表示有负趋性,数值越接近 1 或 -1,相应的趋性越强(薛明等, 2002)。

1.3.3 田间韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的趋性 根据实验 1.3.1 和 1.3.2 选定草木灰、香油渣、鹌鹑粪、腐熟鹌鹑粪、腐熟香油渣为田间试

验材料,每种有机肥重复 3 个小区 ($1.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$),每个小区有机肥用量为 750 g,以不施用任何有机肥的小区为对照,采用地面撒施的方法于成虫羽化初期在韭菜间均匀撒施,25 d 后采取挖根调查的方法,每个小区随机挖取 3 墩韭菜,每墩 7-10 株,调查韭菜假茎、鳞茎、根系及周围土壤中幼虫数量(头/墩)。连续调查 2 代。施肥时间为 2017 年 3 月 9 号和 2017 年 4 月 10 号,调查时间为 2017 年 4 月 3 号和 2017 年 5 月 5 号。

1.4 数据处理

试验数据用平均值 \pm 标准误表示。采用 SPSS17.0 统计软件进行分析,利用 Duncan's 法进行处理间的差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的产卵选择性

表 1 结果表明,韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同种

表 1 韭菜迟眼蕈蚊成虫对十三种有机肥的产卵选择性

Table 1 Oviposition preference of *Bradysia odoriphaga* adults to 13 kinds of organic fertilizers

有机肥 Organic fertilizer	平均落卵数量 (粒/盒) Average oviposition amount	
田园土 CK	91.7 \pm 12.8	a
豆粕 Soybean meal	93.3 \pm 6.2	a
基质 Matrix	76.7 \pm 8.3	a
牛粪 Cow manure	40.0 \pm 8.8	bc
羊粪 Sheep manure	37.3 \pm 6.4	bc
鸡粪 Fowl manure	28.7 \pm 4.6	bcd
鹌鹑粪 Quail manure	4.0 \pm 4.0	de
香油渣 Sesame oil residue	7.7 \pm 7.7	de
腐熟牛粪 Compost-cow manure	39.7 \pm 8.7	bc
腐熟羊粪 Compost-sheep manure	52.0 \pm 12.9	b
腐熟鸡粪 Compost-fowl manure	25.0 \pm 8.7	cde
腐熟鹌鹑粪 Compost-quail manure	0.0 \pm 0.0	e
腐熟香油渣 Compost-sesame oil residue	9.0 \pm 4.5	de
草木灰 Plant ash	8.7 \pm 3.7	de

表中数值为平均值 \pm 标准误,同列数据后标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Date in the table are mean \pm SE, and followed by different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$). The same below.

类的有机肥选择趋性不同,对豆粕和基质的选择较高,其中在豆粕上落卵数量比田园土(CK)高,但两者之间差异不显著;其次为粪肥类,对畜肥的选择较禽肥高,其中对鹌鹑粪的选择性较低。成虫在鹌鹑粪、香油渣和草木灰上落卵数量低于 10 粒/盒,与其它有机肥之间差异显著($F=16.437, P<0.001$)。韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同种类的有机肥选择趋性表现为:豆粕、基质 > 畜肥 > 禽肥 > 香油渣 > 鹌鹑粪 > 草木灰。

2.2 韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的嗅觉反应(Y型嗅觉仪)

韭菜迟眼蕈蚊成虫对豆粕、基质和畜肥有明显的选择性,选择率超过 50%,选择系数大于 0,其中雌虫对豆粕的选择系数达到 0.4。与其它有机肥相比,成虫对鹌鹑粪和草木灰的选择率较低,选择系数小于 0,雌虫对鹌鹑粪和草木灰的选择率分别为 38%和 20%,雄虫对腐熟鹌鹑粪和草木灰的选择率分别为 37%和 30%。雌雄虫对草木灰的选择系数分别达到-0.6 和-0.4。韭菜迟眼蕈蚊雌虫对不同种类的有机肥 Y 型嗅觉仪选择性为:豆粕 > 基质 > 畜肥 > 鸡粪 > 香油渣 > 鹌鹑粪 > 草木灰;雄虫为:豆粕 > 基质 > 风干粪肥 > 腐熟粪肥 > 香油渣 > 鹌鹑粪 > 草木灰。

2.3 田间韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同有机肥的趋性

表 2 结果表明,施用草木灰和鹌鹑粪的小区韭菜迟眼蕈蚊幼虫数量较少,与对照之间差异显著($F=3.277, P=0.043; F=4.880; P=0.011$),其中施用草木灰的小区幼虫平均数量小于 1 头,腐熟-鹌鹑粪小区幼虫数量比鹌鹑粪少。使用香油渣的小区幼虫数量与对照之间差异不显著,但使用腐熟-香油渣的小区比未腐熟香油渣幼虫数量少。

3 讨论

生产中田间栽培模式和管理措施等均会对害虫种群的发生数量产生重要的影响(李朝霞等, 2017)。农业生产中普遍存在着化肥施用过量的问题,不仅增加了生产成本,同时也导致土壤有机质含量降低等问题(李鸣雷等, 2007),作物徒长的同时抗虫抗病性降低(程亚樵等, 2002)。有机肥是指含有大量动植物残体、排泄物、生物废物等物质的缓效肥料,有机肥中不仅含有植物必需的大量元素、微量元素,还含有丰富的有机养分。施用有机肥不仅可以提高作物产量、改良土壤肥力,同时有机肥对部分害虫具有

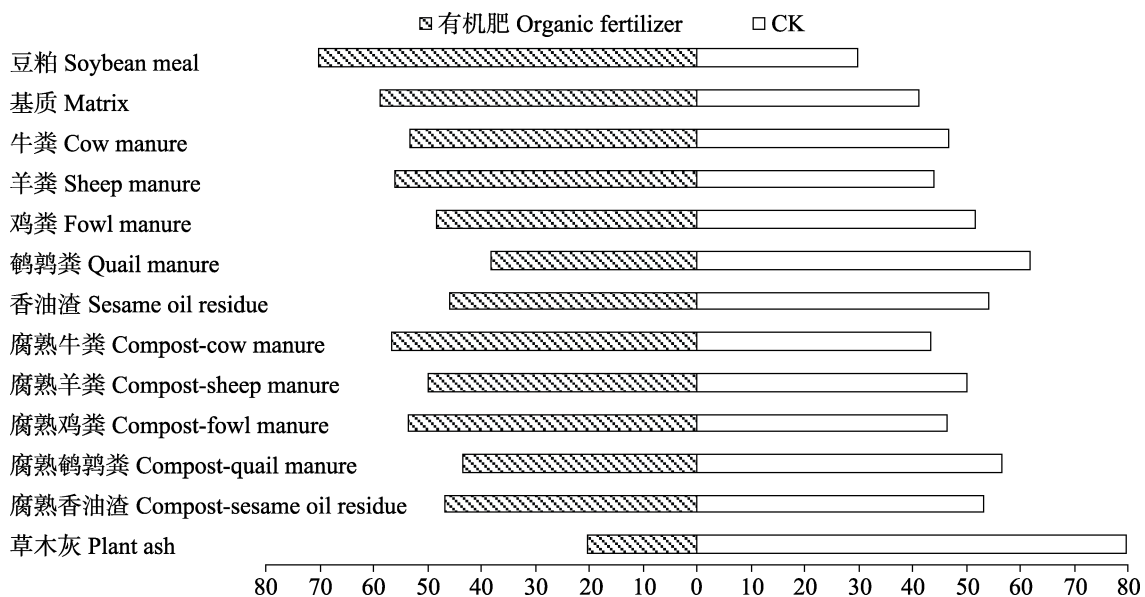


图 1 韭菜迟眼蕈蚊雌虫对不同有机肥的行为趋性

Fig. 1 The behavior response of female *Bradysia odoriphaga* to different organic fertilizers

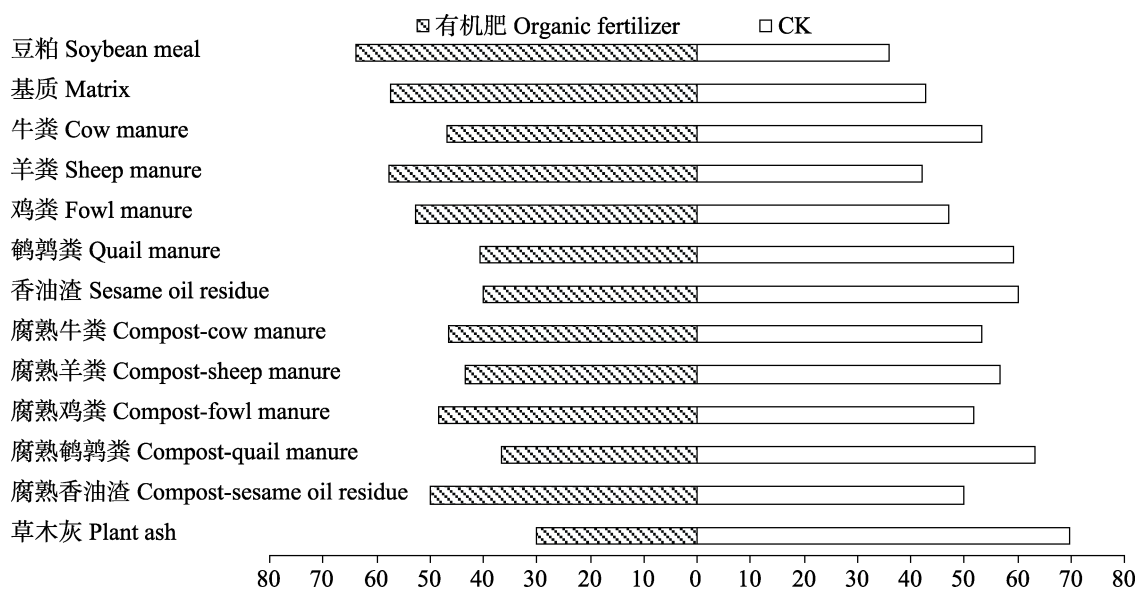


图 2 韭菜迟眼蕈蚊雄虫对不同有机肥的行为趋性

Fig. 2 The behavior response of male *Bradysia odoriphaga* to different organic fertilizers

表 2 施用不同有机肥小区韭菜迟眼蕈蚊幼虫数量

Table 2 The amount of *Bradysia odoriphaga* larvae in the field with different organic fertilizer

有机肥 Organic fertilizer	平均幼虫数量 (头/墩) Average larval amount	
	第 1 代 First generation	第 2 代 Second generation
对照 CK	8.44±2.13 b	9.11±2.66 c
香油渣 Sesame oil residue	5.67±1.84 ab	6.89±2.31 bc
腐熟-香油渣 Compost-sesame oil residue	4.11±1.94 ab	2.89±0.73 ab
鹌鹑粪 Quail manure	2.67±1.64 a	3.44±1.09 ab
腐熟-鹌鹑粪 Compost-quail manure	1.56±1.24 a	1.22±0.30 a
草木灰 Plant ash	0.33±0.19 a	0.22±0.22 a

一定的趋避或杀死效果，葛洪滨等（2010）研究发现，畜粪、菜籽饼和生物有机肥对二化螟、稻纵卷叶螟和稻飞虱等均具有较好的抑制和控制作用。“以肥治虫”是一项新技术，近年来已有研究发现氨态氮肥（刘宗立和应芳卿，2006；王顺生和李海燕，2011）、沼液等（赵静和于淑玲，2010；徐延熙等，2013）对韭菜迟眼蕈蚊具有一定的杀灭和驱避作用，沟施或穴施草木灰对防治蔬菜根部害虫有较好的效果（刘彦俊，2004；张丽和闫明宇，2007）。

韭菜喜有机肥，生产上多使用粪肥、籽粕等有机肥提高韭菜的产量和品质。本研究发现，韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同种类的有机肥趋性不同，其对豆粕和基质的选择系数大于 0，表现为正趋

性，高成功等（2012）研究的籽粕防治法在一定程度上达到防治韭菜迟眼蕈蚊的效果，可能与其使用的籽粕种类及配比比例有关。粪肥中韭菜迟眼蕈蚊成虫对禽肥的选择率低于畜肥，对腐熟有机肥的选择率低于未腐熟有机肥，其中对腐熟-鹌鹑粪的选择率最低，这与徐延熙等（2013）研究牛粪、猪粪和鸡粪等对韭菜迟眼蕈蚊的趋避效果的结果基本一致。草木灰在生产中具有广泛的应用，已有研究表明草木灰可以用于防治多种病虫害（方俊平和李东，1998；刘彦俊，2004；赵冬梅，2009；张余莽等 2015），本研究也证明韭菜迟眼蕈蚊对草木灰具有显著的负趋性，韭菜迟眼蕈蚊成虫对其的选择系数达到-0.4，特别是雌虫选择系数达到-0.6，这对减少雌虫落卵数量

有重要的作用。因此,田间韭菜生产过程中,可以结合韭菜迟眼蕈蚊成虫的繁殖习性,合理施用腐熟的禽肥(鹤鹑粪)、草木灰等成虫对其有负趋性的有机肥,不仅可以提高肥力、增加韭菜产量,同时能达到一定程度上减少成虫产卵、压低子代虫口数量的效果,这也为实现韭菜迟眼蕈蚊的无公害防治提供了一种新的方向和可能。

参考文献 (References)

- An LN, Zhao X, Dong LX, Lu WY, Dong JZ, Wei GS, 2014. Bioactivity and safety evaluation of veratrine 0.5% SL against *Bradysia odoriphaga*. *Agrochemicals*, 53(12): 924–926. [安立娜, 赵鑫, 董立新, 路文雅, 董建臻, 魏国树, 2014. 0.5% 藜芦碱可溶液剂对韭菜迟眼蕈蚊的生物活性及安全性评价. *农药*, 53(12): 924–926.]
- Cheng YQ, Sun YF, Liu RN, Mao HY, 2002. Harmless control techniques of diseases and insect pests of leek. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 6: 27–28. [程亚樵, 孙元峰, 刘荣宁, 毛红彦, 2002. 无公害韭菜病虫害综合防治技术. *河南农业科学*, 6: 27–28.]
- Fang JP, Li D, 1998. The use of grass ash on plant protection. *Plant Doctor*, (3): 42. [方俊平, 李东, 1998. 草木灰在植保上的用途. *植物医生*, (3): 42.]
- Feng HQ, Zheng FQ, 1987. The study of occurrence regularity and control on *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Shandong Agricultural University*, 18(1): 71–80. [冯惠琴, 郑方强, 1987. 韭菜迟眼蕈蚊发生规律及防治研究. *山东农业大学学报*, 18(1): 71–80.]
- Gao CG, Zhang XL, Peng RY, Li ZS, Tao YS, 2012. Seed meal control method—a new method for controlling Chinese chive maggot. *Shandong Agricultural Sciences*, 44(3): 100–102. [高成功, 张晓雷, 彭荣元, 李振山, 陶跃顺, 2012. 韭菜迟眼蕈蚊防治新方法—籽粕防治法. *山东农业科学*, 44(3): 100–102.]
- Ge HB, Li BT, Shi QH, Pan XH, 2010. Effects of fertilization on disease, insect pests and weeds during the production of green rice. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 26(1): 195–199. [葛洪滨, 李保同, 石庆华, 潘晓华, 2010. 不同肥料种类及施用量对绿色稻米生产的病虫害发生的影响. *中国农学通报*, 26(1): 195–199.]
- Li ML, Gu J, Qin QJ, Liu MJ, 2007. Effects of different organic fertilizer on plant character, quality and yield of soybean. *Journal of Northwest A & F University (Nat. Sci. Ed.)*, (9): 67–72. [李鸣雷, 谷洁, 高华, 秦清军, 刘萌娟, 2007. 不同有机肥对大豆植株性状、品质和产量的影响. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, (9): 67–72.]
- Li ZX, Zhu GD, Zhao X, Xue M, Liu F, Ji GX, 2017. Effects of different kinds of fertilizers on the occurrence of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 33(9): 64–68. [李朝霞, 祝国栋, 赵西, 薛明, 刘芳, 纪桂霞, 2017. 不同肥料对韭菜迟眼蕈蚊发生的影响. *中国农学通报*, 33(9): 64–68.]
- Liu YJ, 2004. The fertility and efficacy of plant ash. *Northwest Horticulture*, (12): 33. [刘彦俊, 2004. 草木灰的肥效和药效. *西北园艺*, (12): 33.]
- Liu ZL, Ying FQ, 2006. The occurrence and harmless control techniques of *Bradysia odoriphaga*. *Modern Agricultural Science and Technology*, (8): 77. [刘宗立, 应芳卿, 2006. 韭菜迟眼蕈蚊的发生与无公害防治. *现代农业科技*, (8): 77.]
- Lu QY, Zhang WX, Guo WL, Zhang Y, 2006. A preliminary study on distributing phase and sampling methods of *Bradysia odoriphaga* larva in Chinese chive Field. *Acta Agriculturae 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, Wu QJ, Zhang YJ, Hua L, 2003. The biology, ecology and management of *Bradysia odoriphaga*. *Entomological Knowledge*, 40(5): 396–398. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 花蕾, 2003. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治. *昆虫知识*, 40(5): 396–398.]
- Shi CH, Yang YT, Han HL, Cheng JX, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, 2016. Population dynamics and summer and winter habitats of *Bradysia odoriphaga* in the Beijing area. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1174–1183. [史彩华, 杨玉婷, 韩昊霖, 程佳旭, 吴青君, 徐宝云, 张友军, 2016. 北京地区韭菜迟眼蕈蚊种群动态及越冬越冬场所调查研究. *应用昆虫学报*, 53(6): 1174–1183.]
- Wang P, Qin YC, Zhu D, Li PY, Xie JJ, Geng YG, 2011. Toxicity determination of biopesticide against *Bradysia odoriphaga* and its control effect in field. *China Plant Protection*, 31(5): 40–42. [王萍, 秦玉川, 朱栋, 李鹏燕, 谢建军, 耿以工, 2011. 生物农药对韭菜迟眼蕈蚊的毒杀作用及田间药效. *中国植保导刊*, 31(5): 40–42.]
- Wang SS, Li HY, 2011. Non-pollution comprehensive control technology of *Bradysia odoriphaga*. *Plant Doctor*, (6): 10–11. [王顺生, 李海燕, 2011. 韭菜根蛆无公害综合防治技术. *植物医生*, (6): 10–11.]

- Xu YX, Zhu CH, Yang YL, Xu XL, Lu JY, 2013. Experimental study on the effect of biogas slurry on *Bradysia odoriphaga*. *Renewable Energy*, 31(2): 68–70. [徐延熙, 朱长华, 杨艳丽, 徐晓琳, 卢俊英, 2013. 沼液对韭菜迟眼蕈蚊驱避效果的试验研究. *可再生能源*, 31(2): 68–70.]
- 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*, (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*, (2): 50–56.]
- Zhao DM, 2009. Use of plant ash. *Modern Agricultural Science and Technolog*, (13): 41. [赵冬梅, 2009. 草木灰的使用. *现代农村科技*, (13): 41.]
- Zhang L, Yan MY, 2007. The technology of using fertilizer to control field pest. *Agriculture and Technology*, 27(3): 111. [张丽, 闫明宇, 2007. 利用肥料防治田间害虫技术. *农业与技术*, 27(3): 111.]
- 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, 慕卫, 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.]
- Zhang YM, Li N, Zhang JX, 2015. Effects of different application rates of grass ash on maize growth. *Beijing Agriculture*, (26): 55–56. [张余莽, 李楠, 张静霞, 2015. 草木灰不同施肥量对玉米生长的影响. *北京农业*, (26): 55–56.]
- Zhao J, Yu SL, 2010. Using biogas slurry to control *Bradysia odoriphaga*. *Northern Horticulture*, (9): 180–181. [赵静, 于淑玲, 2010. 韭菜迟眼蕈蚊的沼液防治法. *北方园艺*, (9): 180–181.]
- 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. 韭菜迟眼蕈蚊人工饲料配方筛选及饲养效果比较. *昆虫学报*, 58(11): 1245–1252.]
- Zhang ZJ, Li WX, He M, Zhu XD, Lin WC, Li XW, Li WD, Zhang JM, Bei YW, Lü YB, 2016. Behavioral responses of female *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang to volatiles of conspecific larvae, pupae and eggs. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1198–1204. [张治军, 李文香, 贺敏, 朱晓丹, 林文彩, 李晓维, 郇卫弟, 章金明, 贝亚维, 吕要斌, 2016. 韭菜迟眼蕈蚊雌成虫对其不同虫态气味的行为反应. *应用昆虫学报*, 53(6): 1198–1204.]