



王哲, 钟涛, 刘培斌, 等. 韭菜迟眼蕈蚊发生规律及防治方法研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1397–1406.

韭菜迟眼蕈蚊发生规律及防治方法研究进展

王 哲, 钟 涛, 刘培斌, 许国庆*

(辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161)

摘 要: 韭菜迟眼蕈蚊是我国韭菜生产中的重要害虫, 各韭菜种植区均有发生。随着北方设施农业的迅速发展, 良好的温室环境使韭菜迟眼蕈蚊的为害愈加严重, 已成为制约韭菜种植业发展的重要因素。上世纪 80 年代, 分类学家正式确定韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 是我国韭菜根蛆类害虫的优势物种, 此后, 在生物学、生理学、生态学等基础研究领域和防治方法等应用研究领域, 有关韭菜迟眼蕈蚊的研究都取得了很大进展。本文全面总结了韭菜迟眼蕈蚊在我国各韭菜种植区及不同种植模式下的发生规律, 详细叙述了农业、物理、生物、化学等相关防治措施, 综合介绍了韭菜迟眼蕈蚊防治方法近二十年内的研究成果, 对未来韭菜迟眼蕈蚊的综合治理方向进行了展望。

关键词: 韭菜迟眼蕈蚊; 发生规律; 防治措施; 研究进展; 展望

中图分类号: Q968.1; S433.89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1397-10

Research progress on incidence and control of *Bradysia odoriphaga*

WANG Zhe, ZHONG Tao, LIU Pei-Bin, XU Guo-Qing* (Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang (Diptera: Sciaridae) is an important pest which feeds on Chinese chive *Allium tuberosum*. This pest distributed in all the chive growing regions in China. With the development of installation agriculture in North China, *B. odoriphaga* has become the limited factor for chive cultivation. Progresses have been made in biology, physiology, ecology, and control measure after *B. odoriphaga* was determined as the dominant species of chive maggot in 1980s. The incidences of *B. odoriphaga* in different growing regions under different Chinese chive cultivation models were summarized. The control measures including agricultural control, physical control, biological control and chemical control were discussed. In order to provide direction and references for future prevention and control work, the prospects were also proposed.

Key words: *Bradysia odoriphaga*; incidence; control measure; progress; prospects

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 属双翅目 Diptera, 眼蕈蚊科 Sciaridae, 幼虫俗称“韭菜根蛆”、“韭蛆”, 是我国特有的昆虫种类, 国外尚无该虫的相关报道。韭菜迟眼蕈蚊在我国分布广泛, 黑龙江、吉林、辽宁、河北、天津、北京、内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、山西、山东、江西、四

川、湖北、浙江、江苏、上海、台湾等省份均有发生。寄主范围广, 可为害百合科、菊科、藜科、十字花科、伞形科、葫芦科等 6 科 30 多种蔬菜, 以韭菜受害最重 (梅增霞等, 2003)。随着北方设施农业的迅速发展, 良好的温室环境使韭菜迟眼蕈蚊的为害愈加严重, 成为制约我国韭菜种植业

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303027-9)

作者简介: 王哲, 女, 1977 年生, 博士研究生, 助理研究员, 研究方向为害虫的分子鉴定及防控技术, E-mail: wzhe1226@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: xgq66@126.com

收稿日期 Received: 2016-06-27; 接受日期 Accepted: 2017-05-10

发展的重要因素。

我国韭菜迟眼蕈蚊的研究始于建国前后。1948年至1949年间,清华大学农学院昆虫学系对北京西苑地区的韭菜根蛆发生及生态学进行了观察记录,并开展了药剂防治试验,但这项研究的结果并未正式发表(杨集昆和张学敏,1985)。1958年,叶家栋在《农业科学通讯》上报道在吉林省发现了新的韭菜根部害虫,认为是黄脚蕈蝇 *Phoredonta flavipes* Meigen, 属双翅目 Diptera 蕈蝇科 Fungivoridae, 并对其形态特征进行了描述。1981年出版的《中国农作物病虫害》将韭菜根部的该种害虫称为“韭蛆”,学名定为“*Sciara* sp.”。1985年,杨集昆和张学敏对北京、天津和辽宁营口的韭菜根蛆类害虫标本进行了鉴定和描述,确定韭菜根蛆类害虫有两种,分别命名为韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang 和陆氏迟眼蕈蚊 *Bradysia luhi* Yang et Zhang。其中,韭菜迟眼蕈蚊是我国韭菜蕈蚊类害虫的优势种群。此后,有关韭菜迟眼蕈蚊的研究相继展开,尤其是2000年以后,开展了诸多较为系统的研究,在生物学、生理学、生态学等基础研究领域,以及防治方法等应用研究领域都取得了很大进展。本文详细总结了韭菜迟眼蕈蚊在我国各地区的发生规律以及防治方法两方面的相关进展,以期为未来的害虫防治工作提供基本依据。

1 生活习性及危害

韭菜迟眼蕈蚊是全变态昆虫,室内适宜条件下从卵到成虫的发育历期为23–27 d(梅增霞等,2004),自然环境中发育历期为25–30 d(樊继贵等,2000)。成虫不取食,白天多在韭菜丛间及地面活动;卵主要产在韭菜植株基部与土壤间隙、叶鞘缝隙及土块下,多堆产;卵孵化后,初孵幼虫便开始向下移动,并通过钻破韭菜表皮进入植株,逐渐蛀食韭菜组织。幼虫群集于韭菜地下部的茎部和鳞茎处为害,共4龄,是韭菜迟眼蕈蚊的主要为害虫态。春季和秋季主要为害韭菜的嫩茎;夏季和冬季转向地下活动,蛀食假茎和鳞茎,导致地下部分腐烂,地上部分轻者叶片瘦弱、枯黄,并逐渐向地面倒伏,严重时成株死亡,造成巨大的经济损失。上世纪90年代,浙江杭州地区,因该虫造成的韭菜产量损失可达30%–80%

(滕玲和童贤明,2000);2003–2005年间,上海地区韭菜迟眼蕈蚊幼虫的穴发生率达到30%–50%,未防治地区几乎绝产(袁永达等,2006)。更为严重的是,随着韭菜保护地种植的发展,韭菜迟眼蕈蚊的为害连年加重,有效药剂相对缺乏,违规使用有机磷类及其它高毒杀虫剂的现象十分普遍,且用药浓度和频率都远超正常值,韭菜中杀虫剂残留严重超标已成为制约韭菜种植业健康发展的巨大阻碍。

2 发生规律

韭菜迟眼蕈蚊在我国各韭菜种植区均有发生,各地区发生情况因气候和栽培模式的不同而有所差异。在保护地生产中,韭菜迟眼蕈蚊无越冬现象,可周年发生,有世代重叠,幼虫全年持续为害(薛勇,2000)。在露地栽培模式下,韭菜迟眼蕈蚊的发生代数及为害盛期因温、湿度等气候条件的不同而有所不同(表1)。东北种植区每年发生3–4代(刘长珉,1982;林宝祥等,2014),西北种植区4代(韩斌杰和张丽琼,2012),华北种植区4–6代(曹清莲,1985;翟旭等,1988;党志红等,2001),华东种植区4–6代(滕玲和童贤明,2000;袁永达等,2006;王承香等,2014),华中种植区6–8代(周利琳等,2012)。除最北部的黑龙江省以蛹越冬外,其它地区均以幼虫态越冬。在黄河以北地区,越冬幼虫有休眠现象;而在黄河以南地区则无此现象(表1)。越冬幼虫翌年春季化蛹、羽化。各地发生代数不同,但幼虫发生盛期主要集中在春、秋两季,以温度18℃–25℃为最适宜范围(王承香等,2014;周仙红等,2016),最适相对湿度为60%–80%(Yang et al., 2015)。室内研究发现,20℃–25℃是韭菜迟眼蕈蚊的最适生长温度,在此范围内,成虫繁殖力最强,种群趋势指数最大(梅增霞等,2004;Li et al., 2015)。土壤湿度对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的生长发育至关重要,现有研究表明,土壤相对湿度15%–25%是韭菜迟眼蕈蚊适宜生境(梅增霞等,2003)。春、秋两季的温湿度和土壤湿度均处于韭菜迟眼蕈蚊生长发育所需的最适范围,是韭菜迟眼蕈蚊的高发期,也是防治关键时期。

表 1 不同地区露地栽培模式下韭菜迟眼蕈蚊的发生规律
Table 1 The incidence of *Bradysia odoriphaga* in different plant regions

地区 Region	省份 Province	城市 City	世代数(年) Generations	消长动态 Population dynamics	为害盛期 Pest-attack period	越冬虫态 Overwintering stage	参考文献 References
东北 Northeast	黑龙江 Heilongjiang	哈尔滨 Harbin	3	幼虫高峰:1代5月中旬;2代7月初;3代9月中旬 Peaks of larvae: The 1 st generation at the middle of May, the 2 nd at the early of July, the 3 rd at the middle of September	5月中旬 The beginning of May	蛹 Pupa	林宝祥等, 2014
				成虫高峰:1代4月下旬-5月上旬;2代5月下旬-6月上旬;3代9月中旬-10月上旬 Peaks of adults: The 1 st generation from the end of April to the middle of May, the 2 nd from the end of May to the beginning of June, the 3 rd from the middle of September to the beginning of October	4月下旬-5月上旬 From the end of April to the beginning of May	休眠幼虫 Dormant larva	刘长根,1982
			3-4	发生期:1代4月上旬-6月上旬;2代6月中旬-7月下旬;3代8月上旬-9月中旬;4代9月下旬-翌年4月上旬 Occurrence periods: The 1 st generation from the beginning of April to the middle of June, the 2 nd from the middle of June to the end of July, the 3 rd from the beginning of August to the middle of September, the 4 th from the end of September to the beginning of April of next year	8月上旬-9月中旬 From the beginning of August to the middle of September	老熟幼虫 Old mature larva	韩斌杰和张丽琼,2012
西北 Northwest	甘肃 Gansu	玉门 Yumen	4	越冬代4月初羽化 The overwintering generation emerges at early of April 发生期:1代4月下旬-6月底;2代5月下旬-7月底;3代6月下旬-10月底;4代10月初-翌年5月底 Occurrence periods: The 1 st generation from the end of April to the late June, the 2 nd from the end of May to the late July, the 3 rd from the end of June to the late October, the 4 th from early of October to the late May of next year	7月-10月 From July to October	休眠幼虫 Dormant larva	曹清莲,1985
华北 North China	天津 Tianjin		4	越冬代3月中旬化蛹,3月底4月初羽化 The overwinter larvae pupates at the middle of March and emerges at the late March to the early April 幼虫高峰:1代5月上旬;2代6月中旬;3代7月下旬;4代9月中旬;5代幼虫11月下旬进入越冬期 Peaks of larvae: The 1 st generation at the beginning of May, the 2 nd at the middle of June, the 3 rd at the end of July, the 4 th at the middle of September, the 5 th begins to overwinter at the end of November	4月下旬; The end of April 11月下旬 The end of November	幼虫 Larva	党志红等, 2001

续上表

地区 Region	省份 Province	城市 City	世代数(年) Generations	消长动态 Population dynamics	为害盛期 Pest-attack period	越冬虫态 Overwintering stage	参考文献 References
华东 East China	山西 Shanxi	大同 Datong	4-5	越冬代4月中旬羽化 The overwinter generation emerges at the middle of April 幼虫高峰:6-7月 Peak of larvae: From June to July	6月-7月 From June to July	幼虫 Larva	翟旭等, 1988
	山东 Shandong	潍坊 Weifang	4-5	越冬代3月底-4月上旬化蛹, 4月上中旬羽化 The overwinter larvae pupates from late of March to the beginning of April and emerges at the middle of April 幼虫高峰:1代4月下旬;2代5月下旬;3代9月下旬;4代10月底-1月初 Peaks of larvae: The 1 st generation at the end of April, the 2 nd at the end of May, the 3 rd at the end of September, the 4 th from late of October to early of January of next year	4月-5月; From April to May 10月底-11月初 From late of October to early November	幼虫 Larva	王承香等, 2014
	浙江 Zhejiang	杭州 Hangzhou	6	越冬代2月化蛹, 3月中旬羽化 The overwinter larvae pupates at February and emerges at the middle of March 幼虫高峰:1代4月上旬;2代5月下旬;3代6月中旬;4代9月底-10月初;5代10月下旬;6代11月下旬。 Peaks of larvae: The 1 st generation at the beginning of April, the 2 nd at the end of May, the 3 rd at the middle June, the 4 th from later of September to early of October, the 5 th at the end of October, the 6 th at the end of November	4月-6月; From April to June 9月下旬-11月 From the end of September to November	幼虫 Larva	腾玲和童贤明, 2000
华中 Central China	上海 Shanghai		6	越冬代3月羽化 The overwintering larvae emerges at March 幼虫高峰:1代4月;2代5月;3代6月中旬;4代9月下旬;5代10月中下旬;6代11月下旬 Peaks of larvae: The 1 st generation in April, the 2 nd in May, the 3 rd at the middle of June, the 4 th at the end of September, the 5 th at the beginning and end of October, the 6 th at the end of November	9月-11月 From September to November	幼虫 Larva	袁永达等, 2006
	湖北 Hubei	武汉 Wuhan	6-8	-	-	老熟幼虫 Old mature larva	周利琳等, 2012

注: - 文献中未提供相关内容。Note: - Information were not presented in the references.

3 防治方法

同其它害虫一样, 韭菜迟眼蕈蚊的防治方法主要包括农业防治、物理防治、生物防治以及化学防治。

3.1 农业防治

农业防治是害虫综合防治中最基础的一环, 通过建立合理的栽培制度, 加强农作物及田间生态环境的管理, 创造不利于害虫发生发展的条件, 以达到控制害虫的目的。农业防治的主要措施包括合理轮作; 选育抗虫品种, 调整品种布局; 控制水肥条件; 做好田园卫生等与栽培制度相关的方法。在韭菜田应用新兴的地下滴灌技术对于防治韭菜迟眼蕈蚊幼虫有很大帮助。韭菜迟眼蕈蚊幼虫一般聚集在土壤表层以下 3–4 cm 范围内, 土壤湿度直接影响卵孵化和成虫羽化, 地下滴灌通过埋于作物根系活动层的灌水管定时定量供水, 能够保持地表土层的干燥, 限制幼虫的生长发育 (尹怀富和王秀峰, 2006)。

3.2 物理防治

物理防治中的传统诱杀包括糖醋液诱杀和有色粘虫板诱杀。糖醋液诱杀操作简单, 无公害, 广泛应用于实蝇、苹果小卷蛾 *Laspeyresia pomonella*、梨小食心虫 *Grapholitha molesta* 的防治 (何亮等, 2009), 但应用于韭菜迟眼蕈蚊防治的报道不多。上世纪 80 年代, 大连市推广该方法取得了良好效果 (刘长珉, 1982)。对糖醋酒液田间诱杀效果试验及其挥发物活性成分的分析表明, 绵白糖、乙酸、无水乙醇、水的比例为 3:3:1:80 是最优配比, 诱集效果最好; 糖醋酒液挥发性物质成分有 30 多种, 其中对乙基苯乙酮和 1,4-二乙酰苯能够引起韭菜迟眼蕈蚊的电生理反应, 但韭菜迟眼蕈蚊对这两种物质的趋性尚不明确 (王萍等, 2011)。有色粘板诱杀也是常用的物理防治措施。不同昆虫对颜色的趋性不同, 研究者对比了红色、粉红色、黄色、蓝色、浅蓝色、绿色、紫色、灰色、青色、白色、黑色等 11 种颜色在不同环境中的诱集能力, 结果表明: 在温室内, 黑色的诱集效果明显优于其它颜色, 其它颜色之间差异不显著; 露地韭菜田, 黑色诱集效果最好, 明显优于其它几种颜色, 黄色次之, 紫色效果最差。从放置方式来看, 平放地面效果最好, 低立放效果明显好于高立放; 南向放置的效果好于其它几

个朝向 (马晓丹等, 2013; 王洪涛等, 2015; 武海斌等, 2015)。

此外, 针对韭菜迟眼蕈蚊的生物学特征, 开发了臭氧防治法和籽粕防治法。臭氧 (O_3) 具有强氧化性, 易溶于水, 将臭氧气体通过水气混合器溶解到水中后灌溉土壤, 能够杀灭幼虫和卵, 在山东德州地区的推广试验表明, 灌溉后 14 d 防效可达到 80% 左右 (尚晓勇等, 2016)。臭氧对韭菜根系安全性研究的室内试验证明, 臭氧水可以促进韭菜前期生长, 增加株高, 但不利于修剪后的须根重新萌发; 臭氧水浸泡韭菜种籽后及时用水清洗, 不影响种籽正常发芽, 但如果只浸泡不清洗, 严重抑制种籽发芽 (史彩华等, 2016)。籽粕防治法在山东省平度市韭菜种植区推广应用, 防治效果达 84% 以上, 与毒死蜱灌根防效相当, 但韭菜产量明显高于毒死蜱灌根处理 (高成功等, 2012)。

3.3 生物防治

韭菜迟眼蕈蚊的主要为害虫态是幼虫, 活动范围均在地下, 因此, 昆虫病原微生物是生物防治韭菜迟眼蕈蚊的首选。其中, 以球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 和昆虫病原线虫的研究和应用最多。球孢白僵菌是最常见的昆虫病原真菌, 寄主范围广, 适应性强, 室内和田间试验结果表明, 在推荐使用量下, 球孢白僵菌对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的防效要好于正常使用量的毒死蜱 (周仙红等, 2014)。

在诸多生物防治措施中, 研究最多的是利用昆虫病原线虫防治韭菜迟眼蕈蚊。上世纪 90 年代, 昆虫病原线虫引入我国后, 研究者就开始有针对性的株系筛选工作, 获得了对韭菜迟眼蕈蚊具有高侵染能力的斯氏线虫科的 *Otio* 和异小杆科的 CB15 两个株系, 这两个株系的线虫接种 5 d 后, 寄生率均达 80% 以上, 在模拟韭菜生境条件下, 线虫对韭菜迟眼蕈蚊有一定的防效 (张宝恕等, 1994)。近年来, 又相继筛选出对韭菜迟眼蕈蚊幼虫具有高侵染能力的斯氏线虫属 *Steinernema* 的 4 个物种 (*S. Ceratophorum*, *S. Hebeiense*, *S. Feltiae*, *S. litorale*) 和异小杆线虫属 *Heterorhabditis* 的 3 物种 (*H. Indica*, *H. Bacteriophora*, *H. megidis*) (Ma et al., 2013)。在田间试验中, 线虫对韭菜迟眼蕈蚊的幼虫和蛹也表现出较好的防效。安连菊等 (2012) 在山东寿光保护地用芜菁夜蛾线虫 *S. feltiae* 防治韭菜迟眼蕈蚊, 防治效果明显高于

对照的化学药剂辛硫磷, 而且, 一个月后, 线虫处理组土壤线虫群落 Shannon 多样性指数高于化学农药处理组。此外, 线虫与其它措施相配合, 也取得了良好的效果。例如, 将线虫与黑色粘板相结合, 线虫主要防治幼虫, 黑色粘板主要诱杀成虫, 防治效果可达 97% 以上 (武海斌等, 2015)。线虫与农药的混合使用, 有助于克服和解决线虫起效慢的问题。将 *H. bacteriophora* H06 与楝素、毒死蜱、吡虫啉等杀虫剂混合使用, 能显著提高对幼虫的侵染致死效果 (孙瑞红和李爱华, 2007)。但有些农药与线虫的相容性较差, 如茚虫威、齐螨素、氟虫脲对 *H. indica* LN2 的存活率影响显著 (孙瑞红等, 2004), 敌敌畏对 *H. bacteriophora* H06 和 *H. indica* LN2 有显著致死作用。辛硫磷、毒死蜱、阿维菌素对 *H. bacteriophora* H06 的存活无显著影响, 对 *H. indica* LN2 有致死作用 (赵国玉等, 2013)。因此, 明确农药对线虫的影响是线虫与农药混配使用的前提。

3.4 化学防治

韭菜迟眼蕈蚊具有繁殖快, 世代重叠严重, 危害隐蔽等特点, 在田间发现幼虫出现的时候, 种群已经形成规模, 因此, 化学防治一直是生产中采用的主要方法。长期以来, 由于防治韭菜迟眼蕈蚊的高效、低毒农药的缺乏, 高毒有机磷类农药, 如甲拌磷、对硫磷等违规使用的现象十分普遍, 导致韭菜农药残留过高, 韭菜迟眼蕈蚊抗性增强等一系列问题。近年来, 高毒有机磷类杀虫剂被逐步限用、禁用, 目前获准登记用于防治韭菜迟眼蕈蚊幼虫的化学农药只有 5 种, 分别是辛硫磷、高效氯氰菊酯、吡虫啉、氟啶脲、吡虫啉·辛硫磷合剂。但已有研究表明, 韭菜迟眼蕈蚊对吡虫啉和辛硫磷已经产生抗药性 (李照诺等, 2015), 寻找有效的替代药剂成为韭菜迟眼蕈蚊的化学防治工作的重点。

昆虫生长调节剂类杀虫剂能够影响和破坏昆虫正常生长发育和生殖, 具有选择性强、毒性低、环境友好等特点, 因其作用机制复杂, 不易产生抗药性。常见的昆虫生长调节剂类药剂包括灭蝇胺、灭幼脲、虱螨脲、氟铃脲、氟啶脲、氟虫脲、吡丙醚等。室内毒力测定证明该类药剂对韭菜迟眼蕈蚊的幼虫和蛹均具有一定的毒性 (王洪涛等, 2014; 马晓丹等, 2015; 宋健等, 2015), 田间灌根处理试验表明, 除灭蝇胺和吡丙醚外 (马晓丹等, 2015), 其它几种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊的幼

虫均有很好的控制作用, 并且持效期较长, 例如, 氟虫脲的持效期 21 d 以上 (王洪涛等, 2014), 灭幼脲可达 90 d (庄占兴等, 2003)。但此类杀虫剂见效较慢, 对当代幼虫防效低, 例如, 虱螨脲、氟铃脲和氟啶脲 3 种杀虫剂, 对当代幼虫的防效只有 30% 左右, 但至下一代幼虫期, 防效可达 90% 以上 (马晓丹等, 2015; 宋健等, 2015)。

新烟碱类杀虫剂吡虫啉、啶虫脒、噻虫嗪、噻虫胺、噻虫啉、烯啶虫胺、呋虫胺等内吸活性高, 目前广泛用于防治小麦、棉花、黄瓜和番茄等作物上的蚜虫、蜡类、粉虱等刺吸式口器害虫。目前该类药剂中只有吡虫啉在韭菜上登记用于防治韭菜迟眼蕈蚊, 其它几种药剂对韭菜迟眼蕈蚊的防治效果还处于试验验证阶段。研究表明, 新烟碱类杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊幼虫具有较高的毒力。室内毒力测定结果显示其毒力大小依次为: 吡虫啉、噻虫胺、呋虫胺、噻虫啉、噻虫嗪、啶虫脒、烯啶虫胺 (张鹏等, 2014); 噻虫嗪在亚致死浓度也可明显抑制韭菜迟眼蕈蚊幼虫的生长发育 (Zhang *et al.*, 2014)。韭菜对不同新烟碱类杀虫剂的内吸效率不同, 其中噻虫胺和吡虫啉的内吸效率最高, 杀虫起效最快, 而呋虫胺的内吸毒力慢, 但随着时间的延长其毒效也会明显提高 (张鹏等, 2014)。田间试验结果显示, 噻虫胺的灌根效果最好, 吡虫啉和噻虫嗪次之, 其中, 噻虫胺和吡虫啉的持效期可达 1 个月以上 (李贤贤等, 2014)。进一步的研究发现, 改变施药方式, 用喷淋施药代替灌根施药, 噻虫嗪和噻虫胺的防治效果均有提高 (张鹏等, 2015c); 改变施药时间, 在韭菜养根时期用噻虫胺进行土壤处理, 持效期可达 240 d 以上, 基本可以压制韭菜整个生产期内韭菜迟眼蕈蚊种群发展 (Zhang *et al.*, 2016)。但吡虫啉、啶虫脒、噻虫胺和呋虫胺也存在对土壤有益生物蚯蚓 *Eisenia foetida* 具有中等毒性 (张鹏等, 2014) 的问题; 而噻虫嗪淋溶性较强, 土壤降解速度慢, 有污染地下水的潜在风险 (张鹏等, 2015a)。

其它类型的杀虫剂, 如植物源农药苦参碱、拟除虫菊酯类农药氟氯氰菊酯、杂环类农药阿维菌素等都被证实有较好的杀虫效果 (吴红等, 2012; 张鹏等, 2014)。此外, 微生物挥发性物质苯并噻唑和植物挥发性物质反式-2-乙烯醛在室内试验中对韭菜迟眼蕈蚊各虫态均表现出良好的熏蒸毒性 (陈澄宇等, 2014; Chen *et al.*, 2015)。

苯并噻唑在亚致死浓度下对韭菜迟眼蕈蚊的生长发育速率和寿命均有不利影响, 且对成虫具有强烈的引诱作用 (Zhao *et al.*, 2016b)。生化研究证实, 苯并噻唑能够降低韭菜迟眼蕈蚊营养物质积累效率, 降低幼虫的消化酶和解毒酶活性 (Zhao *et al.*, 2016a)。这两种挥发性物质具有作用方式多样、生物相容性和安全性高等特点, 具有良好的应用前景。

4 展望

韭菜在我国的蔬菜种植业中占有非常重要的地位, 目前, 韭菜种植业面临最大问题就是韭菜迟眼蕈蚊的猖獗为害。虽然近 20 年来韭菜迟眼蕈蚊的研究取得了多项重要进展, 但还存在许多问题。首先, 为害韭菜的根蛆类害虫的种类及组成结构有待明确。一直以来, 韭菜迟眼蕈蚊被认为是我国韭菜种植区蕈蚊类害虫的优势种群, 但苟玉萍等 (2015) 调查发现, 在菌菇产业中为害严重的异迟眼蕈蚊 *Bradysia difformis* 也是为害韭菜的根蛆类害虫之一, 在甘肃省部分地区已成为优势种, 与韭菜迟眼蕈蚊混合发生。由此可见, 明确各韭菜种植区根蛆类害虫的种类组成对制定防控措施具有重要的指导意义。其次, 不同韭菜种植区, 种植模式不同, 较为常见的有温室大棚、简易大棚 + 小拱棚、小拱棚和露地栽培 4 种。不同种植模式下, 韭菜迟眼蕈蚊的发生规律也是一个亟待明确的问题。第三, 未来化学防治仍是韭菜迟眼蕈蚊防控的主要手段, 但缺乏高效低毒杀虫剂、违规使用有机磷杀虫剂、以及过度使用其它杀虫剂带来的农药残留超标问题, 仍然是韭菜安全生产中的一个制约因子。

防治策略方面, 首先, 必须改变以往“重幼虫轻成虫”和“只重化防”的防治策略。幼虫是韭菜迟眼蕈蚊的主要为害虫态, 防治工作长期以来的重点几乎都集中在幼虫防治, 成虫防治一直未受到重视。实际上, 在成虫羽化盛期采取措施压低成虫虫口数量, 可以有效减少其产卵量, 进而降低下一代幼虫的虫口数。而且, 相对于幼虫, 成虫更易于防治。化学药剂熏蒸是灭杀成虫的有效方法之一, 选择合适的熏蒸剂, 可实现速效杀虫, 并降低农药残留。此外, 糖醋液和有色粘板 (尤其是黑色粘板) 也是诱杀成虫的有效措施, 简单易行。化学熏蒸与物理诱杀相结合对于防治成

虫非常有效。其次, 鉴于韭菜迟眼蕈蚊危害的隐蔽性及其本身的生物学特性, 单一的化学防治无法达到理想的防治效果。将物理、生物、农业防治措施与化学防治有效融合才是防治韭菜迟眼蕈蚊的正确出路。因此, 未来在以下研究方面应加强关注和研究。第一, 基础的农业防治措施应予以充分应用。通过清洁田园、轮茬、滴灌等基础措施, 改善韭菜地尤其是保护地的环境, 使其不利于韭菜迟眼蕈蚊的发生; 同时物理防控措施已在各地有较普遍的使用, 应进一步研发新型、高效的物理防控技术, 保障韭菜生产的健康发展。第二, 进一步加大研发力度, 研制和筛选针对韭菜迟眼蕈蚊的高效低毒药剂, 如何高效科学使用化学农药、发挥低毒农药的最大化防控效果是今后一段时期内的重要关注问题。第三, 生物防治与化学防治相结合的方法应深入研究, 充分发挥化学农药的速效性和生物制剂的持效性, 也是未来生物防治和化学防治的发展方向。

参考文献 (References)

- An LJ, Jia LP, Ruan WB, *et al.* Effect of entomopathogenic nematodes on controlling *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang and soil nematode community [J]. *Journal of Agro - Environment Science*, 2012, 31 (5): 898 - 903. [安连菊, 贾令鹏, 阮维斌, 等. 昆虫病原线虫对韭蛆和土壤线虫群落的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2012, 31 (5): 898 - 903]
- Cao QL. The researches of the occurrence regularity and control of *Bradysia odoriphaga* at Tianjin [J]. *Plant Protection*, 1985, 10: 10 - 11. [曹清莲. 天津韭蛆发生规律及防治的研究 [J]. 植物保护, 1985, 10: 10 - 11]
- Chen CY, Mu W, Zhao YH, *et al.* Biological activity of trans - 2 - Hexenal against *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) at different developmental stages [J]. *Journal of Insect Science*, 2015, 15 (1): 9.
- Chen CY, Zhao YH, Li H, *et al.* Biological activity of benzothiazole against *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) at different developmental stages [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57 (1): 45 - 51. [陈澄宇, 赵云贺, 李慧, 等. 苯并噻唑对不同虫态韭菜迟眼蕈蚊的生物活性 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (1): 45 - 51]
- Dang ZH, Dong JZ, Gao ZL, *et al.* Biology and injury of *Bradysia odoriphaga* on leek in different type of cultivation [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2001, 24 (4): 65 - 68. [党志红, 董建臻, 高占林, 等. 不同种植方式下韭菜迟眼蕈蚊发生为害规律的研究 [J]. 河北农业大学学报, 2001, 24 (4): 65 - 68]
- Fan JG, Wang JS, Han BL. The control measures of *Bradysia odoriphaga* [J]. *Vegetables*, 2000, 1: 20. [樊继贵, 王金泗, 韩

- 宝连. 韭菜迟眼蕈蚊的防治技术 [J]. 蔬菜, 2000, 1: 20]
- Gao CG, Zhang XL, Peng RY, *et al.* Seed meal control method - A new method for controlling Chinese chive maggot [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2012, 44 (3): 100 - 102. [高成功, 张晓雷, 彭荣元, 等. 韭蛆防治新方法—籽粕防治法 [J]. 山东农业科学, 2012, 44 (3): 100 - 102]
- Gou YP, Liu Q, Liu CZ. Effects of host plants on the growth, development and fecundity of *Bradysia difformis* [J]. *Plant Protection*, 2015, 41 (1): 28 - 32. [苟玉萍, 刘倩, 刘长仲. 不同寄主植物对异迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响 [J]. 植物保护, 2015, 41 (1): 28 - 32]
- Han BJ, Zhang LQ. The occurrence regularity and control of *Bradysia odoriphaga* at Yumen city in Gansu province [J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2012, 9: 62 - 64. [韩斌杰, 张丽琼. 玉门市韭蛆的发生及防治 [J]. 甘肃农业科技, 2012, 9: 62 - 64]
- He L, Qin YC, Zhu PX. Trapping effect of the mixture of sugar - acetic acid - ethanol to oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) and smaller apple leaf roller (*Adoxophyes orana*) [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46 (5): 736 - 739. [何亮, 秦玉川, 朱培祥. 糖醋酒液对梨小食心虫和苹果小卷叶蛾的诱杀作用 [J]. 昆虫知识, 2009, 46 (5): 736 - 739]
- Li J, Ren JH, Liu YW, *et al.* Research progress on biological characteristics of *Beauveria bassiana* and the prospect of its insecticidal effect [J]. *Natural Sciences Journal of Harbin Normal University*, 2014, 30 (4): 98 - 100. [李嘉, 任佳慧, 刘艳微, 等. 球孢白僵菌生物学特性研究进展及其杀虫效果展望 [J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2014, 30 (4): 98 - 100]
- Li WX, Yang YT, Xie W, *et al.* Effects of temperature on the age - stage, two - sex life table of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2015, 108 (1): 126 - 134.
- Li XX, Ma XD, Xue M, *et al.* Temperature effect and field effect of different insecticides for *Bradysia odoriphaga* [J]. *Northern Gardening*, 2014, 9: 125 - 128. [李贤贤, 马晓丹, 薛明, 等. 不同药剂对韭菜迟眼蕈蚊致毒的温度效应及田间药效 [J]. 北方园艺, 2014, 9: 125 - 128]
- Li ZN, Xu WH, Xu JY, *et al.* Study on selection pressure and resistance restoration of *Bradysia odoriphaga* to two commonly used insecticides [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2015, 47 (7): 98 - 100. [李照诺, 徐维红, 许静杨, 等. 韭菜迟眼蕈蚊对2种常用杀虫剂的选择压力及抗性回复 [J]. 山东农业科学, 2015, 47 (7): 98 - 100]
- Lin BX, Chen LX, Liu JY, *et al.* Study on the occurrence regularity of *Bradysia odoriphaga* in Harbin area [J]. *Heilongjiang Agricultural Science*, 2014, 3: 73 - 74. [林宝祥, 陈立新, 刘吉业, 等. 哈尔滨地区韭蛆发生规律研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2014, 3: 73 - 74]
- Liu CM. Trapping affection of *Bradysia odoriphaga* by sugar-acetic acid-ethanol water solutions [J]. *Liaoning Agricultural Science*, 1982, 12: 50. [刘长珉. 糖醋诱杀韭蛆 [J]. 辽宁农业科学, 1982, 12: 50]
- Ma J, Chen SL, Moens M, *et al.* Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the chive gnat, *Bradysia odoriphaga* [J]. *Journal of Pest Science*, 2013, 86 (3): 551 - 561.
- Ma XD, Li ZX, Xue M, *et al.* The study of the technology of attracting for adults of *Bradysia odoriphaga* [J]. *China Plant Protection*, 2013, 33 (12): 33 - 36. [马晓丹, 李朝霞, 薛明, 等. 韭菜迟眼蕈蚊成虫诱杀技术研究 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33 (12): 33 - 36]
- Ma XD, Xue M, Li CX, *et al.* Toxic effects of five insect growth regulators on chive gnat *Bradysia odoriphaga* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42 (2): 271 - 277. [马晓丹, 薛明, 李朝霞, 等. 五种昆虫生长调节剂对韭菜迟眼蕈蚊的致毒作用 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (2): 271 - 277]
- Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, *et al.* Life tables of the laboratory population of *Bradysia odoriphaga* Yang *et al.* (Diptera: Mycetophilidae) at different temperatures [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (2): 219 - 222. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 等. 韭菜迟眼蕈蚊在不同温度下的实验种群生命表 [J]. 昆虫学报, 2004, 47 (2): 219 - 222]
- Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, *et al.* The biology, ecology and management of *Bradysia odoriphaga* [J]. *Entomological Knowledge*, 2003, 40 (5): 396 - 398. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 等. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治 [J]. 昆虫知识, 2003, 40 (5): 396 - 398]
- Shang XY, Li TF, Tang YQ, *et al.* The test for controlling *Bradysia odoriphaga* used the water which dissolved ozone [J]. *Shanghai Vegetables*, 2016, 1: 58. [尚晓勇, 李腾飞, 谭月强, 等. 臭氧水防治韭蛆的应用效果试验 [J]. 上海蔬菜, 2016, 1: 58]
- Shi CH, Hu JR, Xu YQ, *et al.* Control efficacy of ozone water against the chive gnat, *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) and its influences on the growth and seed germination of Chinese chives [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2016, 59 (12): 1354 - 1362. [史彩华, 胡静荣, 徐越强, 等. 臭氧水对韭蛆防治效果及韭菜种籽发芽生长的影响 [J]. 昆虫学报, 2016, 59 (12): 1354 - 1362]
- Song J, Cao WP, Zhang HJ, *et al.* Evaluation on control effect of conventional low toxicity insecticides against *Bradysia odoriphaga* larvae [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2015, 43 (34): 173 - 176. [宋健, 曹伟平, 张海剑, 等. 常用低毒杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊防治效果评价 [J]. 安徽农业科学, 2015, 43 (34): 173 - 176]
- Sun RH, Li AH, Han RC, *et al.* Factors affecting the control of *Bradysia odoriphaga* with entomopathogenic nematode *Heterorhabditis indica* LN2 [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2004, 4 (26): 150 - 155. [孙瑞红, 李爱华, 韩日畴, 等. 昆虫病原线虫 *Heterorhabditis indica* LN2 品系防治韭菜迟眼蕈蚊的影响因素研究 [J]. 昆虫天敌, 2004, 4 (26): 150 - 155]
- Sun RH, Li AH. Studies on combination effect of entomopathogenic nematode H06 and insecticide against *Bradysia odoriphaga* [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2007, 9 (1): 66 - 70. [孙瑞红, 李爱华. 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 [J]. 农药学报, 2007, 9 (1): 66–70]
- Teng L, Tong XM. The occurrence and control of *Bradysia odoriphaga* at outskirts of Hangzhou city [J]. *China Vegetables*, 2000, 6: 39–40. [滕玲, 童贤明. 杭州市郊韭菜迟眼蕈蚊 (韭蛆) 的发生与防治 [J]. 中国蔬菜, 2000, 6: 39–40]
- The Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China Society of Plant Protection. Crop Diseases and Insect Pests in China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1981: 1520–1521. [中国农业科学院植物保护研究所, 中国植物保护学会. 中国农作物病虫害 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1981: 1520–1521]
- Wang CX, Liu JP, Liu ZL, et al. Occurrence characteristics and control measures of *Bradysia odoriphaga* on leek in winter facilities and open field cultivation [J]. *Gardening of North China*, 2014, 22: 113–117. [王承香, 刘建平, 刘振龙, 等. 韭菜设施和露地栽培中韭蛆的发生和防治对策 [J]. 北方园艺, 2014, 22: 113–117]
- Wang HT, Song CF, Wang YZ. The taxis for different colors and the attracting effect of sticky yellow card for adults of *Bradysia odoriphaga* [J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2015, 43 (6): 133–134. [王洪涛, 宋朝凤, 王英姿. 韭菜迟眼蕈蚊成虫对不同颜色的趋性及黄色黏虫板的诱杀效果 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43 (6): 133–134]
- Wang HT, Song CF, Wang YZ. Toxicity determination of flufenoxuron 5% DC against *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang in laboratory and its control efficiency in fields [J]. *Agrochemicals*, 2014, 53 (7): 525–527. [王洪涛, 宋朝凤, 王英姿. 5% 氟虫脲可分散液剂对韭蛆的室内毒力测定及田间防效 [J]. 农药, 2014, 53 (7): 525–527]
- Wang P, Qin YC, Pan PL, et al. The analysis of the volatile component from the sugar–acetic acid–ethanol water solutions and their trapping effects on *Bradysia odoriphaga* [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2011, 38 (6): 513–520. [王萍, 秦玉川, 潘鹏亮, 等. 糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊的诱杀效果及其挥发物活性成分分析 [J]. 植物保护学报, 2011, 38 (6): 513–520]
- Wu H, Li FJ, Liu F, et al. The field effect of 1% matrine wet liquid agent for *Bradysia odoriphaga* [J]. *Jilin Agriculture*, 2012, 8: 56. [吴红, 李付军, 刘锋, 等. 1% 苦参碱可溶液剂防治韭蛆田间试验 [J]. 吉林农业, 2012, 8: 56]
- Wu HB, Gong QT, Zhang KP, et al. The efficacy of synergism of entomopathogenic nematodes and black sticky cards to *Bradysia odoriphaga* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42 (4): 632–638. [武海斌, 宫庆涛, 张坤鹏, 等. 昆虫病原线虫与黑色粘板配合使用对韭菜迟眼蕈蚊的防治 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (4): 632–638]
- Xue Y. The occurrence regularity and control of *Bradysia odoriphaga* [J]. *Jilin Agriculture*, 2000, 7: 22–23. [薛勇. 韭菜迟眼蕈蚊的发生与防治 [J]. 吉林农业, 2000, 7: 22–23]
- Yang JK, Zhang XM. Notes on the fragrant onion gants with descriptions of two new species of *Bradysia* (Sciaridae: Diptera) [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 1985, 11 (2): 153–156. [杨集昆, 张学敏. 韭菜蛆的鉴定迟眼蕈蚊属二新种 [J]. 北京农业大学学报, 1985, 11 (2): 153–156]
- Yang YT, Li WX, Xie W, et al. Development of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) as affected by humidity: An age-stage, two-sex, life-table study [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2015, 50 (1): 3–10.
- Ye JD. *Phoredonta flavipes* meigen [J]. *Bulletin of Agricultural Science*, 1958, 3: 342. [叶家栋. 黄脚蕈蝇 [J]. 农业科学通讯, 1958, 6: 342.]
- Yin HF, Wang XF. The effect of subsurface drip irrigation on the occurrence of *Bradysia odoriphaga* and the production of chives [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2006, 1: 54–56. [尹怀富, 王秀峰. 地下滴灌对韭蛆发生和韭菜产量的影响 [J]. 山东农业科学, 2006, 1: 54–56]
- Yuan YD, Hong XY, Wang DS, et al. The occurrence regularity and control of *Bradysia odoriphaga* in Shanghai area [J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2006, 22 (3): 43–46. [袁永达, 洪晓月, 王冬生, 等. 上海地区韭菜迟眼蕈蚊的发生与防治 [J]. 上海农业学报, 2006, 22 (3): 43–46]
- Zhai X, Zhong JX, Guo DM. Preliminary study of *Bradysia odoriphaga* [J]. *Entomological Knowledge*, 1988, 25 (4): 212–215. [翟旭, 仲济学, 郭大鸣. 韭菜迟眼蕈蚊研究初报 [J]. 昆虫知识, 1988, 25 (4): 212–215]
- Zhang BS, Wang XL, Chen XW, et al. The study of effect of controlling *Bradysia odoriphaga* used entomopathogenic nematodes [J]. *Tianjin Agricultural and Forestry Technology*, 1994, 2: 4–6. [张宝恕, 王学利, 陈晓文, 等. 昆虫病原线虫防治韭菜根蛆的研究 [J]. 天津农林科技, 1994, 2: 4–6]
- Zhang P, Chen CY, Li H, et al. Selective toxicity of seven neonicotinoid insecticides to fungus gnat *Bradysia odoriphaga* and earthworm *Eisenia foetida* [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2014, 41 (1): 79–86. [张鹏, 陈澄宇, 李慧, 等. 七种新烟碱类杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊幼虫及蚯蚓的选择毒力 [J]. 植物保护学报, 2014, 41 (1): 79–86]
- Zhang P, He M, Zhao YH, et al. Dissipation dynamics of clothianidin and its control efficacy against *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang in Chinese chive ecosystems [J]. *Pest Management Sciences*, 2016, 72 (7): 1396–1404.
- Zhang P, Liu F, Mu W, et al. Life table study of the effects of sublethal concentrations of thiamethoxam on *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2014, 111: 31–37.
- Zhang P, Mu W, Liu F, et al. Adsorption and leaching of thiamethoxam in soil [J]. *Environmental Chemistry*, 2015a, 34 (4): 705–711. [张鹏, 慕卫, 刘峰, 等. 噻虫嗪在土壤中的吸附和淋溶特性 [J]. 环境化学, 2015a, 34 (4): 705–711]
- Zhang P, Wang QH, Zhao YH, et al. Investigation of crop damage and food preferences of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015b, 52 (3): 743–749. [张鹏, 王秋红, 赵云贺, 等. 韭菜迟眼蕈蚊对十三种蔬菜为害调查及趋性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2015b, 52 (3): 743–749]
- Zhang P, Zhao YH, Han JK, et al. Control effects of thiamethoxam and

- clothianidin against *Bradysia odoriphaga* with different application methods [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015c, 42 (4): 645 – 650. [张鹏, 赵云贺, 韩京坤, 等. 不同施药方式下噻虫嗪和噻虫胺对韭菜迟眼蕈蚊的防治效果 [J]. 植物保护学报, 2015c, 42 (4): 645 – 650]
- Zhao GY, Guo WX, Yan X, et al. Effects of chemical insecticides used in chive fields on the survival and infectivity of entomopathogenic nematodes [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (4): 458 – 465. [赵国玉, 郭文秀, 颜珣, 等. 韭菜田中常用化学农药对昆虫病原线虫存活及感染力的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (4): 458 – 465]
- Zhao YH, Xu CM, Wang QH, et al. Effects of the microbial secondary metabolite benzothiazole on the nutritional physiology and enzyme activities of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2016, 129: 49 – 55.
- Zhao YH, Zhang P, Zhai YB, et al. Sublethal concentration of benzothiazole adversely affect development, reproduction and longevity of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) [J]. *Phytoparasitica*, 2016: 44 (1): 115 – 124.
- Zhou LL, Wang Y, Si SY. Adult sex ratio of overwintering generation of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang in Wuhan [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2012, 2: 67 – 68. [周利琳, 望勇, 司升云. 武汉地区越冬代韭菜迟眼蕈蚊成虫性比调查 [J]. 长江蔬菜, 2012, 2: 67 – 68]
- Zhou XH, Ma T, Zhuang QY, et al. Indoor bioassay of *Beauveria bassiana* against *Bradysia odoriphaga* and evaluation on control effect in field. *Shandong Agricultural Sciences*, 2014, 46 (7): 117 – 120. [周仙红, 马韬, 庄乾营, 等. 球孢白僵菌对韭蛆的室内生物测定和田间效果评价 [J]. 山东农业科学, 2014, 46 (7): 117 – 120]
- Zhou XH, Zhai YB, Duan CB, et al. Population dynamics of *Bradysia odoriphaga* and *Luperomor phasuturalis* in Chinese chives field under different cultivation models [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (3): 215 – 221. [周仙红, 翟一凡, 段陈波, 等. 不同栽培模式韭菜田韭菜迟眼蕈蚊和葱黄寡毛跳甲的种群动态 [J]. 植物保护, 2016, 42 (3): 215 – 221]
- Zhuang ZX, Han SX, Zhang CX. Study on the activity and application techniques of dichlorbenzuron against [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2003, 24 (4): 19 – 21. [庄占兴, 韩书霞, 张春学. 灭幼脲对韭菜迟眼蕈蚊的活性及其应用技术研究 [J]. 农药科学与管理, 2003, 24 (4): 19 – 21]