



韭菜根蛆的发生危害及综合防治技术研究^{*}

——公益性行业（农业）科研专项“作物根蛆类害虫综合防治技术与示范”进展

吴青君^{1**} 于毅² 谷希树³ 刘峰⁴ 宋敦伦⁵ 魏国树⁶
贺敏⁷ 刘长仲⁸ 许国庆⁹ 张友军^{1***}

(1. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; 2. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 3. 天津市植物保护研究所, 天津 300381; 4. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 5. 中国农业大学植物保护学院, 北京 100193; 6. 河北农业大学植物保护学院, 保定 071001; 7. 北京市农林科学院植保环保研究所, 北京 100097; 8. 甘肃农业大学植物保护学院, 兰州 730070; 9. 辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161)

摘 要 针对我国根蛆类害虫严重危害葱蒜类蔬菜作物, 特别在韭菜上问题突出的现状, 项目开展了根蛆的生物学和生态学、种群规律、单项防治技术及综合防治技术的研究与示范工作。明确了我国大部分地区韭菜上的根蛆主要是韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysiaodoriphaga* Yang et Zhang, 在甘肃和辽宁地区的优势种为异迟眼蕈蚊 *B. difformis* Frey。采用黄板诱集成虫结合挖根查幼虫的方法, 明确了华北、东北、西北和华东地区根蛆在田间的发生规律。根蛆不耐高温耐低温, 春、秋和冬季发生严重, 在夏季有转主危害的趋势, 冬季以老熟幼虫在 0~5 cm 土层中越冬。蕈蚊成虫对黑色和棕色趋性最强, 研发出特异性的黑色粘虫板。覆盖 50~60 目防虫网对根蛆的防效最佳, 且对韭菜生长有促进作用。建立了蕈蚊成虫的优势捕食性天敌——瘦弱秽蝇 *Coenosia attenuata* 的饲养技术和田间应用技术, 筛选出了对蕈蚊幼虫高致病力的昆虫病原线虫和 Bt 菌株, 田间防效达 60% 以上。研发出保护地灌溉臭氧水、减量施药和喷淋施药等轻简化的根蛆防治技术 10 项。根据不同地区韭菜的种植习惯和根蛆的发生特点, 在辽宁、河北、山东、甘肃等地建立了区域性的根蛆类害虫综合防治技术, 建立核心示范区 10 个, 进行技术培训 5 000 人次, 取得了一定的经济、社会和生态效益。

关键词 根蛆, 韭菜, 韭菜迟眼蕈蚊, 异迟眼蕈蚊, 发生危害, 综合防治

The occurrence of, and damage caused by, root maggots on Chinese chives and integrated management techniques to control these pests

WU Qing-Jun^{1**} YU Yi² GU Xi-Shu³ LIU Feng⁴ SONG Dun-Lun⁵ WEI Guo-Shu⁶
HE Min⁷ LIU Chang-Zhong⁸ XU Guo-Qing⁹ ZHANG You-Jun^{1***}

(1. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 3. Tianjin Institute of Plant Protection, Tianjin 300381, China; 4. Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 5. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 6. Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; 7. Institute of Plant Protection and Environment Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Science, Beijing 100097, China; 8. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 9. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract Root maggots are serious pests of *Allium* vegetable crops, particularly Chinese chives. A national project approved

*资助项目 Supported projects: 公益性行业（农业）科研专项（201303027）

**第一作者 First author, E-mail: wuqingjun@caas.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangyoujun@caas.cn

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

in 2013 to address this problem included research on the biological and ecological characteristics of root maggots, their population dynamics, control methods, and integrated management strategies. With the exception of Gansu and Liaoning Provinces where *B. difformis* is the most common species, the predominant root maggot on Chinese chives is *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. The population dynamics of root maggots in northern, northeastern, northwestern and eastern China were clarified using the yellow sticky trap method combined with investigating larvae in soil. Root maggots have strong cold tolerance but relatively weak heat tolerance and cause the greatest damage to crops in spring, autumn and winter. In summer, root maggots move to different crops and overwinter at a depth of 0-5 cm in soil as mature larvae. Because adults prefer black and brown, a black sticky trap was invented. Covering insect-proof nets with 50-60 mesh was effective in protecting chives against root maggots, moreover the growth of chives was also promoted. Methods for rearing the dominant natural enemy of root maggots, *Coenosia attenuata* Stein, in laboratories and releasing it in the field, were established. Entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis* strains with high toxicity to root maggots and a control efficacy in the field of > 60% were identified. Ten relatively easy techniques, such as irrigating with ozonized water, reducing the application of insecticides, particularly the drench application of insecticides, were investigated. Technologies for the integrated management of root maggots were established according to local production methods and timing of infestation of chive crops. More than 5 000 farmers and agricultural technicians were trained. Obvious economic, ecological and social benefits followed.

Key words root maggot, Chinese chive, *Bradysia odoriphaga*, *Bradysia difformis*, occurrence and damage, integrated management

根蛆类害虫(韭蛆、蒜蛆和种蝇等)是以蛀食植物地下部分的双翅目幼虫的统称。该类害虫可以危害葱蒜类蔬菜、葫芦科、十字花科、豆类等作物,韭菜等葱蒜类蔬菜受害尤为严重。根蛆类害虫以幼虫群集在植株的地下部分危害,受危害的植株早期不易觉察,但等地上部出现症状时,此时防治为时已晚(梅增霞等,2003)。针对该类害虫,生产中常用的防治方法是使用化学农药灌根。但由于防治根蛆类害虫的药剂种类少,长期使用效果下降。为有效控制其危害,有些菜农甚至使用一些残效期长、高毒剧毒的有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂,严重污染了菜田生态环境,蔬菜产品残留农药超标导致中毒事件频发。特别是韭菜,一年多茬收割,灌至地下的农药常常由于来不及降解,经常导致韭菜产品中农药残留严重超标,威胁人们身体健康,并引发一系列食品安全、社会安全及生态安全问题。

根蛆类害虫是制约我国葱蒜类蔬菜作物安全生产的关键因素,对其防治中不合理使用农药导致的葱蒜类蔬菜产品质量安全问题也最为突出。葱蒜类蔬菜主要集中在我国栽培,国外可供借鉴的成果缺少,国家级科研项目对根蛆类害虫资助少。各地研究也条块分割、力量薄弱,总体水平不高,对根蛆类害虫的基本生物学和生态学

特性不清楚,防治技术单一,尚未形成有效的防控技术体系。

2013年,“作物根蛆类害虫综合防治技术研究示范”公益性行业(农业)科研专项获得农业部立项,由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主持,联合山东省农业科学院植物保护研究所、天津市植物保护研究所、山东农业大学、中国农业大学、河北农业大学、北京市农林科学院植物保护环境保护研究所、甘肃农业大学和辽宁省农业科学院植物保护研究所8家单位80余名专家学者及研究生组成的攻关团队,主要在根蛆类害虫的种群监测技术、种群发生规律、高效防治技术的研发及综合防治技术体系建设等方面开展了技术研究和示范工作。现将几年来项目取得的一些进展做一简单介绍。

1 我国根蛆类害虫的分类鉴定及优势种

在华北、东北、西北、华东和华中等地区设立调查点,用扫网查成虫和挖根取幼虫的方法采集样本,通过形态学鉴定方法对成虫进行鉴定。针对幼虫,初步建立了根蛆类幼虫分类鉴定的DNA条形码系统。目前鉴定的标本中,我国大

部分地区韭菜上的根蛆主要为韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysiaodoriphaga* Yang et Zhang 和异迟眼蕈蚊 *B. difformis* Frey, 也包括少量的厉眼蕈蚊属 *Lycoriella* sp. 的种类 (如云菇厉眼蕈蚊 *L. pleuroti* Yang et Zhang 和粪眼蕈蚊属 *Scatopsciara* sp. 的种类)。在洋葱上葱蝇 *Delia antiqua* 危害较重, 大葱和大蒜上韭菜迟眼蕈蚊和葱蝇均有发生, 杂食性害虫灰种蝇 *D. platura* 为少量发生。韭菜是我国的特有蔬菜, 韭蛆在韭菜上的危害最为严重。杨集昆和张学敏 (1985) 鉴定了韭蛆的种类, 发现迟眼蕈蚊属的两新种, 命名为韭菜迟眼蕈蚊和陆氏迟眼蕈蚊 *B. luhi* Yang et Zhang。潘秀美和夏玉堂 (1993) 调查发现, 韭菜迟眼蕈蚊种群数量占韭菜根蛆的 98.37%。项目组在目前所有标本中尚未发现陆氏迟眼蕈蚊。大部分地区韭菜上的优势种为韭菜迟眼蕈蚊, 但在甘肃和辽宁地区, 韭菜上异迟眼蕈蚊为优势种, 在江苏扬州地区发现一个中国的新记录种 *B. nomica*, 是扬州地区韭菜上的主要为害种。

韭菜迟眼蕈蚊的寄主植物广泛, 可危害韭菜、葱、蒜、瓜类、莴苣、花卉和中草药等植物 (石宝才等, 2010)。项目组张鹏等 (2015) 研究发现, 韭菜迟眼蕈蚊幼虫对不同作物的为害程度及症状存在明显差异, 其中对韭菜、大蒜、圆葱等百合科作物的为害最为严重, 对菊科作物为害次之, 对葫芦科、十字花科主要集中在苗期为害, 但为害程度相对较轻; 对茄科作物基本无为害。幼虫和成虫对韭菜的趋性最强, 对芥蓝、苦菊苣的趋性居中, 对番茄、辣椒未表现出任何趋性。该研究结果对于以不同作物轮作来生态防治韭菜迟眼蕈蚊具有指导意义。

2 根蛆类害虫的成灾机制

2.1 根蛆类害虫的生物学和生态学特性

韭菜迟眼蕈蚊是韭菜上最主要的害虫, 早在 2004 年, 梅增霞等 (2004) 等建立了该虫在不同温度条件下的生命表, 发现 20~25℃ 是韭菜迟眼蕈蚊的最适生长温度, 成虫寿命长、繁殖力强、种群趋势指数大, 温度过高或过低均不利于种群

的繁衍。湿度也是影响韭菜迟眼蕈蚊种群数量的重要因素, 其卵期、幼虫期、总产卵前期和总成虫前期在 50% 相对湿度条件下比其它湿度条件时间长。平均总产卵前期在 50% 相对湿度时为 34.16 d, 而在 60%~80% 相对湿度范围内分别为 27.34、34.16、31.81 d。平均产卵量在相对湿度为 70% 时最高, 为 62.88 粒/雌。内禀增长力、净增值率和周限增长率均随着湿度的增加而增加, 但平均世代周期则恰好相反 (张友军团队未发表资料)。该研究为韭菜迟眼蕈蚊种群发生与物候学以及高湿条件下种群大暴发提供了理论基础。

异迟眼蕈蚊是食用菌上的主要害虫 (张宏瑞等, 2008), 也是甘肃天水、辽宁沈阳等韭菜种植区的优势根蛆种群, 常与韭菜迟眼蕈蚊混合发生。刘倩等 (2015) 以韭菜为食物, 观察了温度对异迟眼蕈蚊发育和繁殖的影响。结果显示, 异迟眼蕈蚊的发育历期随温度升高而逐渐缩短, 在 10℃ 时, 卵至蛹的发育历期最长, 平均为 71.96 d, 30℃ 下, 卵至蛹的平均发育历期缩短到 16.28 d。卵、幼虫、蛹和卵至蛹的发育起点温度分别为 4.04、5.79、8.38、4.97℃, 有效积温分别为 102.36、218.03、48.57、395.79 日·度。成虫寿命随着温度升高而逐渐缩短, 雌虫寿命均长于雄虫。单雌产卵量在 25℃ 下最高, 为 117.25 粒; 10℃ 最低, 为 43.87 粒。

2.2 根蛆类害虫田间种群的发生规律

韭菜迟眼蕈蚊的幼虫危害植物的根部, 虫量少时地上部分症状并不明显, 而且植物自身长势弱也具有类似根蛆的危害状如枯黄、萎蔫等。因此, 对于根蛆类害虫的早期监测, 了解其种群发生规律对有效防治尤为重要。韭菜迟眼蕈蚊的监测方法有灯光诱杀法 (郑建秋等, 2005)、糖醋液诱杀法 (王萍等, 2011) 和黄板诱杀法 (马晓丹等, 2013) 等。项目组针对文献中报道的几种监测方法进行了详细的对比 (周仙红等, 2016b)。室内试验结果表明, 黄板的诱虫效果最好且持效期长, 其次是糖醋酒液, 清水最差。黄板水平放置的诱虫效果优于竖直放置。在温室大棚、简易大棚+小拱棚、小拱棚、露地条件下的试验结果

与室内一致,黄板尺寸、高度和数量对引诱效果具有一定的影响,其中 390 cm² 的黄板诱集效果最佳。黄板诱杀后对下一代幼虫发生无影响,因此黄板可用于田间监测,但不推荐用于防治。

2.2.1 华北地区韭菜迟眼蕈蚊的发生规律 采用黄板诱集成虫结合挖根查幼虫的方法,调查了北京、天津、河北等地韭菜田韭菜迟眼蕈蚊的种群发生规律,选择日光温室、塑料棚和露地三种栽培模式。日光温室内韭菜迟眼蕈蚊成虫、幼虫周年发生,春季成虫有 4 个明显的高峰期,分别在 3 月中旬,3 月末—4 月初,4 月中旬和 5 月中旬。6 月至 9 月均维持在较低水平,9 月中旬数量开始回升,至 10 月中旬数量达高峰,随后有所下降,至 12 月略有上升。夏季由于温室内高温、高湿导致韭菜迟眼蕈蚊自然死亡率比较高、种群数量整体下降。塑料棚中韭菜迟眼蕈蚊成虫一年有 7 个发生高峰。2 月下旬始见成虫,至 3 月末、4 月初出现第一个小高峰,4 月中旬、5 月中旬、6 月中旬分别有一个成虫高峰期,至 6 月下旬成虫数量开始明显降低,6 月下旬至 9 月上旬,韭蛆成虫种群维持在一个较低数量水平,9 月中旬开始,成虫数量急剧增加,至 10 月初呈现秋季第一个高峰,10 月末达到年度最高峰,11 月初开始,韭蛆成虫数量开始降低,11 月中、下旬出现一个小高峰后,成虫数量再次下降。露地于 3 月下旬始见韭菜迟眼蕈蚊成虫,春夏季有 4 个明显的高峰期,分别在 4 月中下旬、5 月中旬、6 月中旬和 7 月上旬。7 月下旬后种群数量急剧下降,9 月末到达秋季后的第一个小高峰,10 月份达到全年最高峰,11 月初开始,成虫数量逐渐降低,进入 12 月中旬后,监测不到成虫发生。总体上,在日光温室韭菜迟眼蕈蚊周年发生并危害,以 1—5 月份发生数量最高,为害最为严重;塑料大棚和露地韭菜,韭蛆主要有两个发生高峰期,分别为春季 5—6 月份及秋季 10—11 月份。田间防治时可依据种群发生规律,掌握用药时期,降低种群数量(谷希树团队未发表资料)。

2.2.2 华东地区韭菜迟眼蕈蚊的发生规律 山东是我国韭菜种植的大省,韭菜的栽培面积约有 4.67 万 hm²。韭菜的种植模式多样,包括温室大

棚、大小拱棚、小拱棚和露地栽培等。韭菜迟眼蕈蚊在不同栽培模式中周年出现 5~6 个发生高峰,在春、秋和冬 3 个季节,夏季发生量少。温室大棚韭菜迟眼蕈蚊幼虫和成虫盛发期集中在土壤周平均温度为 22.6℃和周平均湿度为 64.8% 的 3 月上旬。8 月中旬,温室大棚内土壤周平均温度最高可达到 34~35℃,温度过高不利于韭菜迟眼蕈蚊生长,10 月下旬温室大棚内土壤周平均温度为 18.5℃,韭菜迟眼蕈蚊幼虫进入越冬状态,成虫发生数量相比于 10 月上中旬开始减少。大小拱棚中受上一年韭菜迟眼蕈蚊发生数量和越冬虫量的影响大,春季发生高峰期主要出现在棚内温湿度适宜的 3 月上旬至 5 月中旬,同时在土壤周平均温湿度分别为 14℃和 48.72% 的 11 月中旬也出现一次发生小高峰,但发生数量明显小于春季。夏季棚内土壤周平均温度达到 30℃ 以上时未调查到韭菜迟眼蕈蚊。小拱棚中 4 月中下旬掀棚以后和刚扣棚时的 11 月下旬至 12 月上旬时韭菜迟眼蕈蚊幼虫发生数量有两个明显的高峰期。春季 4 月中旬随着田间周平均温度升高,韭菜迟眼蕈蚊幼虫和成虫进入盛发期,冬季 11 月下旬至 12 月上旬扣棚后出现发生高峰期,但发生量少于 4 月中旬掀棚时的发生量。露地韭菜田块韭菜迟眼蕈蚊幼虫和成虫盛发期集中于春季和初夏。4 月中旬时随着温度慢慢升高,韭菜迟眼蕈蚊幼虫开始活动取食进而出现发生高峰期,但较温度回升快的设施栽培地发生晚、持续时间短。8 月中旬以后的夏季高温多雨,几乎监测不到韭菜迟眼蕈蚊幼虫和成虫,11 月中旬出现韭菜迟眼蕈蚊老熟幼虫越冬虫态(周仙红等,2016a)。

2.2.3 东北地区异迟眼蕈蚊的发生规律 以辽宁沈阳地区为例。温室韭菜上异眼蕈蚊成虫发生 4 次高峰,分别出现在 12 月 14 日、1 月 15 日、3 月 1 日和 3 月 29 日,在温室中幼虫发生 3 代。12 月中上和 1 月中上旬是压前控后的最佳成虫防治时期。露地栽培韭菜,异迟眼蕈蚊以老熟幼虫和蛹在韭菜鳞茎处越冬。4 月下旬始见韭蛆成虫活动,4 月末出现第一次成虫高峰,5 月末出现第二次成虫活动高峰。6—8 月底,受雨水

和高温影响,成虫数量一直很低。9月初气温适宜,异眼蕈蚊成虫活动逐渐增加,至9月底再次出现小高峰。整个韭菜生长季只有3次较大的成虫活动高峰。越冬幼虫开始活动始于4月上旬,5月底,幼虫发生量出现一次小高峰,之后随着气温的升高,幼虫数量逐渐减少。7、8月份高温干旱,田间调查基本见不到幼虫。9月份以后,田间温湿度适宜,幼虫开始活动。9月上旬至10月底,迎来冬季前最后一次幼虫活动高峰,但数量明显少于春季虫量(钟涛等未发表资料)。

2.2.4 西北地区异迟眼蕈蚊的发生规律 以甘肃地区为例。甘肃地区根蛆的主要种类是异迟眼蕈蚊,异迟眼蕈蚊在温室和露地上的发生规律不同。在温室内可以终年发生危害。成虫冬季发生数量低,3月下旬成虫种群数量达到第1个数量高峰,5月中下旬形成第2个数量高峰,此期的种群数量为全年最高。之后数量逐渐下降,至8月下旬一直保持在低密度水平,9月下旬形成第三个数量高峰。幼虫的发生盛期则在5月上中旬和10月上旬以后。在露地以幼虫在3~5 cm处的韭菜假茎基部及周围土壤中越冬。3月下旬至4月上旬始见成虫,之后成虫数量持续上升,至5月中下旬形成第一个数量高峰,6月下旬至7月上旬达到第二个数量高峰,之后持续下降,7月下旬至8月下旬虫口数量极低,之后数量逐渐回升,至9月下旬达到高峰。成虫到10月份以后数量开始减少,10月下旬以后田间很少有成虫活动。幼虫的发生盛期则在5月下旬至6月中旬和10月上旬以后(刘长仲团队未发表资料)。

2.3 韭菜迟眼蕈蚊和异迟眼蕈蚊的越夏和越冬研究

从不同地区的田间调查结果可知,韭菜迟眼蕈蚊和异迟眼蕈蚊在夏季发生极少,项目组初步研究了两种根蛆在田间的越夏和越冬情况。

调查发现,在夏季高温季节,两种根蛆有转移寄主危害的趋势,可从韭菜田转移至大葱、百合,也有转移至蘑菇、白菜、黄瓜等含水量高的寄主植物上,有利于其越夏(钟涛等未发表资料)。其中大葱的有蛆株率达83%以上,百合的

有蛆株率在61%以上。韭菜上根蛆分布主要集中在地下5 cm范围,占虫量的83.9%,在大葱上韭蛆主要分布在地下10~15 cm,占全部虫量的78.2%,其它寄主上韭蛆主要在近地表发生危害(于毅团队未发表资料)。两种根蛆成虫一般在土表、韭菜茎基部及土块下产卵,30℃以上的土表及土壤温度不利于成虫产卵,产卵量大大降低。因此,湿度和水分条件是根蛆成虫取水和产卵的必要条件,这也是夏季干旱炎热条件下,韭蛆成虫发生数量少的主要原因(谷希树团队未发表资料)。

在华北地区,当气温与土壤温度降至10℃以下时,土壤中的根蛆以老龄幼虫为主,占总比例的80%以上,随调查时间的推移,老熟幼虫比例逐渐上升,至12月份老熟幼虫比例将近100%,以聚集状态分布于0~5 cm土层中韭菜茎基部及鳞茎附近,虫体较大,体色发白,活动迟缓,开始越冬(谷希树团队未发表资料)。通过检测过冷却点温度和结冰点温度发现,异迟眼蕈蚊雌蛹的过冷却点温度为-15.0℃,结冰点温度为-11.5℃;雄蛹的过冷却点温度为-9.29℃,结冰点温度为-5.02℃;老熟幼虫雌虫的过冷却点温度为-12.1℃,结冰点温度为-8.37℃;雄虫过冷却点温度为-8.71℃,结冰点温度为-6.01℃。辽宁地区当露地韭菜5 cm地温极值为-9.5℃,该温度仍高于雌蛹和雌性老熟幼虫的过冷却点温度,因此这两种虫态在冬季户外是有存活的可能(钟涛等未发表资料)。两种根蛆老熟幼虫的耐低温性强,是冬季温室根蛆发生严重的原因之一。

3 根蛆类害虫的单项防控技术

3.1 物理防治技术

韭菜迟眼蕈蚊的成虫飞行能力弱,但其成虫对颜色有明显的趋性反应。通过比较韭菜迟眼蕈蚊对10种不同颜色的趋性发现,其雌雄成虫对棕、黑及红色均表现较强趋性,对桔黄、黄绿、浅绿趋性较差。进一步研究发现,黑色及棕色环境有

利于韭菜迟眼蕈蚊的生长发育及繁殖(王占霞等, 2015)。利用韭菜迟眼蕈蚊的这一特性, 项目组研发了黑色粘虫板, 一方面用于韭菜迟眼蕈蚊成虫种群动态的监测, 另一方面, 可用于诱杀成虫。

防虫网覆盖是目前保护地栽培常用的物理阻隔防虫技术。项目组的研究发现, 防虫网覆盖对韭菜迟眼蕈蚊有较好的隔离作用, 对雌虫的有效阻隔目数为 50~60 目, 对雄虫的有效阻隔目数为 60~70 目。田间试验结果表明, 40 目和 60 目的防虫网对韭蛆都有一定的防治效果。覆盖防虫网对韭菜的生长有一定的影响, 40 目、50 目和 60 目防虫网有利于韭菜生长, 70 目和 80 目为影响韭菜生长的临界目数, 100 目和 120 目明显抑制韭菜生长。根据室内外实验的结果, 推荐在韭蛆成虫盛发期的春季和秋季覆盖 50~60 目防虫网, 不仅能够控制韭菜迟眼蕈蚊的种群数量, 而且促进韭菜的生长(周仙红等, 未发表资料)。

3.2 天敌防治技术

田间调查发现蕈蚊成虫的优势捕食性天敌——瘦弱秽蝇 *Coenosia attenuata*, 其田间种群动态与韭菜迟眼蕈蚊密切相关。在室内建立了瘦弱秽蝇的饲养技术, 探索了 banker media 防治韭菜迟眼蕈蚊的技术。即在猎物不足时, 投放烂水果或人工饲料及果蝇维系瘦弱秽蝇种群数量, 待目标害虫韭菜迟眼蕈蚊成虫出现后, 将 banker media 和果蝇撤出, 这时, 瘦弱秽蝇成虫可转而捕食韭蛆成虫。温室罩笼试验结果显示, 瘦弱秽蝇韭菜迟眼蕈蚊综合防效达 60%, 并且可增加韭菜产量 30%(邹德玉等, 未发表资料)。瘦弱秽蝇还可以捕食粉虱、斑潜蝇、有翅蚜及叶蝉等多种害虫, 其飞行能力强, 喜欢高温、高湿环境, 适宜在温室内使用。

3.3 微生物农药防治根蛆技术

昆虫病原线虫是一类体内携带共生细菌的昆虫寄生性线虫, 具有寄主范围广泛, 易于进行活体或离体大量培养, 能与多种化学和生物杀虫剂混用等优点(金永玲等, 2003), 也是防治根蛆类害虫的重要生物防治因子(杨秀芬等,

2004)。项目组建立了昆虫病原线虫的规模化繁殖技术, 通过比较发现, 斯氏线虫属 *Steinernema carpocapsae* NC116、ALL 品系以及 *S. feltiae* 的 SF-SN 对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的活性最高, 其中使用 SF-SN 品系 5 d, 对韭菜的保苗效果达 62%, 防治效果达到 60%。配合使用黑色粘虫板诱杀成虫, 综合防治效果达到 97%, 能够极大地降低韭菜迟眼蕈蚊的虫口基数(武海斌等, 2015)。SF-SN 与化学杀虫剂毒死蜱、吡虫啉和高效氯氟菊酯混合使用, 对韭菜迟眼蕈蚊的防效分别提高 34%、21%和 55%, 显示了优良的防治效果和应用前景(武海斌等, 2014)。

苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* 是全球应用最广、使用量最大的微生物杀虫剂, 针对双翅目昆虫也有相应的高毒力菌株。项目组筛选出对韭菜迟眼蕈蚊表现较强毒力效果的 Bt JQD117 菌株, 盆栽实验表明 JQD117 菌株对韭蛆表现出良好的防治效果。在 1×10^8 芽胞/mL 浓度下, 连续用药 3 次, 防治效果达到 82.87%; 连续施用药 4 次, 防治效果达到 93.36%。与化学农药防治效果基本持平。田间小区试验结果发现, JQD117 菌株表现出良好的防治效果。在 1×10^8 芽胞/mL 浓度下, 连续用药 3 次, 防治效果达到 87.33%; 连续用药 4 次, 防治效果达到 95.03%, 与化学农药防治效果基本持平, 应用前景非常好(河北省农林科学院团队, 未发表资料)。此外, 由于苏云金芽孢杆菌具有光不稳定的缺点, 项目组已尝试以邻苯二甲酸醋酸纤维素(CAP)为囊材, 并加入紫外线吸收剂, 加工制备 Bt 抗紫外线降解微胶囊缓释剂, 田间防治效果正在评价中(华中农业大学团队, 未发表资料)。

3.4 臭氧水防治根蛆技术

臭氧水对韭蛆幼虫和蛹具有较强的杀伤力。实验室条件下(25℃), 随着臭氧水浓度的升高, 对韭蛆的毒力越强。浓度为 10 mg/L 时臭氧水对韭菜迟眼蕈蚊 3 龄幼虫和蛹的校正死亡率高达 80%, 但对成虫和卵基本无效(齐素敏等, 2015)。在 10~20 mg/L, 既对韭菜迟眼蕈蚊有较高的防效, 也对韭菜具有一定的促生长作用。臭氧水与

噻虫胺、吡虫啉、噻虫嗪等药剂配合使用比单独使用药剂的防治效果好,配合使用下药剂的 LC_{50} 值比单独使用时下降一半以上。

臭氧水对韭菜迟眼蕈蚊幼虫和蛹均有致死效果。在田间使用时,应选择在幼虫期和蛹期使用,防治效果较好。田间试验结果表明,使用臭氧浓度为 15 mg/L 直接灌溉韭菜,对越冬代韭菜迟眼蕈蚊幼虫的持续防效超过 60%。在虫口数量少的大棚(<100 头/墩左右),冬季和初春季节每隔一个月用臭氧水进行灌溉一次,连续灌溉 2~4 次,较好地控制根蛆的为害。

3.5 高效安全药剂及组合物的筛选和应用技术

首先摸清了国内常用杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊的室内毒力,发现新烟碱类杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊的室内毒力最高,有机磷以及拟除虫菊酯类杀虫剂次之,而双酰胺类杀虫剂、阿维菌素类、茚虫威等没有杀虫活性;昆虫生长调节剂在 72 h 内没有表现出杀虫活性,但在蛹期以后杀虫活性明显提高,氟铃脲对幼虫的活性最高。筛选出苯并噻唑和反式-2-己烯醛对韭菜迟眼蕈蚊的幼虫和成虫均具有熏蒸毒性,对成虫行为有干扰作用(陈澄宇等,2014)。筛选出防治韭菜迟眼蕈蚊效果优良的吡丙醚和氟铃脲组合物,该组合物不同浓度处理的防效均优于相同浓度各单剂处理的防效,能有效减少成虫羽化数量,从而降低下一代虫口密度。噻虫嗪和噻虫胺等药剂的灌溉施药方式对韭菜迟眼蕈蚊的防效较低,而采用喷淋施药方法提高了药剂的利用率和对靶标的精准性,建议采用喷淋施药方法发挥药剂的最佳效果。

3.6 防治根蛆的轻简化技术

简单实用的轻简化技术是根蛆类害虫防治中的重点研发内容。项目组研发的防治根蛆的轻简化技术包括“防治设施韭菜根蛆减量施药技术”,即每 667 m^2 将 25%噻虫嗪水分散粒剂 120 g 和 0.5%印楝素乳 300 mL 混用,喷雾使用时,在冬季设施韭菜扣棚前,露地韭菜春季萌芽时或收割后第 2 至第 3 天,靠近韭菜根部土表喷药,喷后浇水;毒土使用时,在冬季设施韭菜扣棚前,露地韭菜春季萌芽时或收割后第 2 至第 3 天,将

药剂加细土 30~40 kg 混匀,顺垄撒施于韭菜根部,然后浇水。“防治设施韭菜根蛆配方施药技术”,是采用新烟碱类杀虫剂噻虫胺和几丁质合成抑制剂氟铃脲混用,对韭蛆具有长期控制效果,具体用量为每 667 m^2 25%噻虫胺水分散粒剂 120 g 和 5%氟铃脲乳油 300 mL 混用,喷雾和毒土使用均可。“昆虫病原线虫与黑色粘虫板联用防治韭蛆”的技术要点是在韭蛆发生初期,采用灌根或浇灌的方式,连续施用昆虫病原线虫斯氏线虫 *S. fetuae* SF-SN 品系 2~3 次,施用线虫量 1~2 亿条/(667 m^2 ·次),防治韭蛆幼虫。同时,在韭菜田间悬挂黑色粘虫板防治韭蛆成虫,粘虫板距离地面高 0.5~1 cm,每 667 m^2 悬挂 30 块左右。还有“扣棚土壤处理与熏烟防控韭蛆技术”和“保护地韭菜田中臭氧水防治韭蛆技术”等。

4 根蛆类害虫的综合防治技术

我国不同地区韭菜的生产方式不同,根蛆类害虫的防治具有明显的区域特点。在河北地区,建立了综合使用黑色粘虫板诱杀成虫、喷淋 Bt 生防菌、施用沼液、沼渣有机肥等技术,可降低韭菜迟眼蕈蚊成虫发生率 30%以上,有效减少农药、化肥的使用量,提高韭菜品质、土壤肥力等性状。在辽宁地区,提出了扣棚土壤处理与熏烟防控根蛆的技术,扣膜前喷淋辛硫磷并辅以电击处理,降低田间幼虫及蛹基数,施用 60℃ 以上高温处理的有机肥,杀灭肥中的韭蛆卵、幼虫和蛹;扣膜后,采用敌敌畏烟剂或异丙威烟剂连续 2 次熏杀成虫。采用上述处理后,整个生产季节不再使用任何其它防治措施。在山东地区,建立了以覆盖防虫网、浇灌臭氧水以及桶混和交替使用新烟碱类杀虫剂和昆虫生长调节剂为主要措施的根蛆类害虫综合防治技术。在甘肃地区,根据当地的种植习惯,采用去除韭菜老根并将其移出原韭菜田或将韭菜根堆放覆膜处理的方法,能够有效降低根蛆的数量。

5 结语

除上述研究成果外,项目组还在韭菜迟眼蕈

蚊的抗药性监测、信息素的研发、利用生物质炭防治根蛆等方面进行了探索研究,并对韭菜生产基地、各大超市、农贸市场韭菜产品中的农药残留进行了连续的监测和检测。项目开展以来,研究团队先后制订了 2 项地方标准,获得专利 10 项,申请专利 17 项,发表学术论文 62 篇,进行技术培训 5 000 人次,建立核心示范区 10 个,示范面积约 200 hm²,取得了一定的经济、社会和生态效益。但是我们也看到,我国对根蛆类的研究基础相对薄弱,对根蛆类害虫的灾变机制认识还不够深入系统,适应各地的省工高效的轻简化技术仍比较匮乏,非化学防治技术和综合防治技术的熟化还需要时日,推广应用还存在诸多问题,如何将根蛆类害虫持续有效的控制不仅是一项艰巨的科研课题,更是安全生产的难题。

参考文献 (References)

- 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, 慕卫, 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.]
- Jin YL, Han RC, Cong B, 2003. General situation of the application research on entomopathogenic nematodes. *Natural Enemies of Insects*, 25(4): 175–183. [金永玲, 韩日畴, 丛斌, 2003. 昆虫病原线虫应用研究概况. 昆虫天敌, 25(4): 175–183.]
- Liu Q, Gou YP, Liu CZ, 2015. Effects of different temperatures on the growth, development and fecundity of *Bradysia difformis*. *Plant Protection*, 41(5): 85–87. [刘倩, 苟玉萍, 刘长仲, 2015. 温度对异迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响. 植物保护, 41(5): 85–87.]
- Ma XD, Li CX, Xue M, Zhu GD, 2013. Study on the traps of *Bradysia odoriphaga* adults. *China Plant Protection*, 33(12): 33–36. [马晓丹, 李朝霞, 薛明, 祝国栋, 2013. 韭菜迟眼蕈蚊成虫诱杀技术研究. 中国植保导刊, 33(12): 33–36.]
- 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.]
- Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, Hui L, 2004. Life tables of the laboratory population of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Mycetophilidae) at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 47(2): 219–222. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 花蕾, 2004. 韭菜迟眼蕈蚊在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫学报, 47(2): 219–222.]
- Pan XM, Xia YT, 1993. The population dynamic and control research of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. *Plant Protection*, 19(2): 9–11. [潘秀美, 夏玉堂, 1993. 韭菜迟眼蕈蚊发生动态及其防治研究. 植物保护, 19(2): 9–11.]
- Qi SM, Zhang SC, Zhuang QY, Zhai YF, Yu Y, Zhou XH, Liu YJ, 2015. Applications of ozone and ozone water in controlling agricultural pest. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 19(5): 36–40. [齐素敏, 张思聪, 庄乾营, 翟一凡, 于毅, 周仙, 刘永杰, 2015. 臭氧和臭氧水在农业害虫防治领域的应用. 河北农业科学, 19(5): 36–40.]
- Shi BC, Lu H, Gong YJ, Wei SJ, 2010. The identification and prevention of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. *China Vegetables*, (11): 21–22. [石宝才, 路红, 宫亚军, 魏书军, 2010. 韭菜迟眼蕈蚊的识别与防治. 中国蔬菜, (11): 21–22.]
- Wang P, Qin YC, Pan PL, Li PY, 2011. The analysis of the volatile component from the sugar-acetic acid-ethanol water solutions and their trapping effects on *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytopylacica Sinica*, 38(6): 513–520. [王萍, 秦玉川, 潘鹏亮, 李鹏燕, 2011. 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. 植物保护学报, 38(6): 513–520.]
- Wang ZX, Fan F, Wang ZY, Han YH, Yang XF, Wei GS, 2015. Effects of environmental color on biological characteristics of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(5): 553–558. [王占霞, 范凡, 王忠燕, 韩艳华, 杨小凡, 魏国树, 2015. 环境颜色对韭菜迟眼蕈蚊生物学特性的影响. 昆虫学报, 58(5): 553–558.]
- Wu HB, Gong QT, Zhang KP, Zhang XP, Sun RH, 2015. The efficacy of synergism of entomopathogenic nematodes and black sticky cards to *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Plant Protection*, 42(4): 632–638. [武海斌, 宫庆涛, 张坤鹏, 张学萍, 孙瑞红, 2015. 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. 植物保护学报, 42(4): 632–638.]
- Wu HB, Xin L, Gong QT, Zhang KP, Cao GP, Sun RH, 2014. Evaluation of the effects of infection by different entomopathogenic nematodes and chemical pesticides on *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 1060–1068. [武海斌, 辛力, 宫庆涛, 张坤鹏, 曹广平, 孙瑞红, 2014. 化学杀虫剂对昆虫病原线虫感染韭菜迟眼蕈蚊能力的影响. 应用昆虫学报, 51(4): 1060–1068.]
- Yang JK, Zhang XM, 1985. Notes on the fragrant onion gnats with descriptions of two new species of *Bradysia* (Sciaridae: Diptera).

- Acta Agriculture Universitatis Pekinensis*, 11(2): 153–157. [杨集昆, 张学敏, 1985. 韭菜蛆的鉴定迟眼蕈蚊属二新种(双翅目: 眼蕈蚊科). 北京农业大学学报, 11(2): 153–157.]
- Yang XF, Jiang H, Yang HW, Liu Z, Yuan JJ, 2004. Using entomopathogenic nematodes for control of chive maggot, *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. *Acta Phytophylacica Sinica*, 31(1): 33–38. [杨秀芬, 简恒, 杨怀文, 刘峥, 袁京京, 2004. 用昆虫病原线虫防治韭菜蛆. 植物保护学报, 31(1): 33–38.]
- Zhang HR, Zhang XY, Shen DR, Zhang T, Li ZY, 2008. Study on biological characteristics of *Bradysia difformis* on edible mushrooms. *Edible Fungi of China*, 27(6): 54–56. [张宏瑞, 张晓云, 沈登荣, 张陶, 李正跃, 2008. 食用菌异迟眼蕈蚊 *Bradysia difformis* 的生物学特性. 中国食用菌, 27(6): 54–56.]
- 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.]
- Zheng JQ, Shi YC, Zhang Y, Zhao SF, Song SF, Song YL, Gu JL, Zhang GJ, He LY, Yang WQ, 2005. Light traps preventing and controlling *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Chive gnats). *China Vegetables*, (12): 60. [郑建秋, 师迎春, 张芸, 赵世福, 宋玉林, 古君伶, 张桂娟, 何立悦, 杨武群, 2005. 灯光诱杀防治韭菜迟眼蕈蚊 (韭蛆). 中国蔬菜, (12): 60.]
- Zhou XH, Zhai YF, Duan CB, Shen YF, Zhuang QY, Yu Y, 2016a. Population dynamics of *Bradysia odoriphaga* and *Luperomorpha suturalis* in Chinese chives field under different cultivation models. *Plant Protection*, 42(3): 215–221. [周仙红, 翟一凡, 段陈波, 沈一凡, 庄乾营, 于毅, 2016. 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. 植物保护, 42(3): 215–221.]
- Zhou XH, Zhang SC, Zhuang QY, Zhai YF, Yu Y, 2016b. Comparison of trapping methods on *Bradysia odoriphaga* adults under different cultivation patterns. *Plant Protection*, 42(1): 243–248. [周仙红, 张思聪, 庄乾营, 翟一凡, 于毅, 2016. 不同栽培模式下韭菜迟眼蕈蚊诱集方法比较. 植物保护, 42(1): 243–248.]



蚊母草直喙象 *Gymnetron miyoshii* Miyoshi, 1922

蚊母草直喙象为鞘翅目 Coleoptera, 象虫科 Curculionidae 昆虫。主要分布在北京、河北、黑龙江、湖南、江苏、内蒙古等地, 寄主为玄参科水生或者沼生的婆婆纳属 *Veronica* 植物。成虫 2 mm 左右, 身体红棕色, 前胸背板两侧、中胸前侧片、中胸后侧片以及腹板覆盖着宽白色的鳞片, 喙几乎不弯曲, 触角索节 5 节。成虫取食植物叶鞘基部嫩茎, 不会对植物造成大的伤害; 在植物形成花蕾或者开花初期, 成虫用喙刺破花萼, 将卵产在子房内。幼虫营内寄生生活, 取食子房内物质, 并刺激子房膨大形成虫瘿。中国植物志第 67 (2) 卷记录北水苦蕒, 果常因昆虫寄生而异常肿胀, 这种具虫瘿的植株名为仙桃草, 可药用, 治跌打损伤, 记录中的虫瘿就是蚊母草直喙象造成的。照片于 2015 年 5 月 13 日拍摄于北京市怀柔区桥梓镇。

(姜春燕, 中国科学院动物研究所)