

胡 杨,史彩华,王文凯,等. 韭蛆种群动态发生规律及综合防治研究进展[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):8-13.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.002

# 韭蛆种群动态发生规律及综合防治研究进展

胡 杨,史彩华,王文凯,李传仁,李志新

(长江大学农学院,湖北荆州 434025)

**摘要:**韭蛆是我国特有的蔬菜地下害虫,全国范围均有发生,危害 6 科 30 多种蔬菜,尤其喜欢取食百合科的韭菜,严重制约韭菜的正常生长,每年给菜农造成严重的经济损失。长期以来,菜农主要采用化学农药防治韭蛆,尤其是高毒农药的盲目使用,导致食用韭菜中毒事件时有发生。为了促进韭菜产业的良性生产,本文综述韭蛆发生的生物学特性、种群动态及目前的各种防治措施,如农业防治、物理防治、生物防治和化学防治等研究进展,以期对未来韭蛆的防控工作提出展望,并更好地指导生产实践。

**关键词:**韭蛆;种群动态;综合防治

**中图分类号:** S436.33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)07-0008-05

韭菜迟眼蕈蚊(*Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang)的幼虫俗称韭蛆,是我国特有的蔬菜地下害虫,属双翅目长角亚目蕈蚊总科眼蕈蚊科迟眼蕈蚊属<sup>[1]</sup>。该虫在全国均有发生,主要分布在我国北方及四川、湖北、浙江、江苏、上海、台湾等 18 个省(区)<sup>[2]</sup>,可危害百合科、菊科、藜科、十字花科、葫芦科、伞形科等 6 科 30 多种蔬菜<sup>[3]</sup>、瓜果类<sup>[4]</sup>和食用菌<sup>[5]</sup>,其中以百合科的韭菜、圆葱、大蒜为主,尤其喜欢取食韭菜<sup>[6]</sup>。该虫因虫体小、繁殖速度快、世代重叠严重、聚集分布土壤内危害等原因,导致防治困难,一般可使韭菜田块减产 40%~60%,严重田块甚至绝收<sup>[7]</sup>。

长期以来,菜农主要采用化学农药防治韭蛆,为了追求防治效果,个别菜农甚至使用对硫磷、甲拌磷等蔬菜生产上禁用的高毒农药,导致食用韭菜中毒事件时有发生,严重制约了韭菜产业的持续发展,甚至在餐桌上人们谈“韭”色变<sup>[8]</sup>。因此,无公害或有机、绿色韭菜生产成为重要的研究方向。为了促进韭菜产业的良性生产,国家农业部高度重视,在 2013 年启动了公益性行业(农业)科研专项——作物根蛆类害虫综合防治技术与示范,由中国农业科学院蔬菜与花卉研究所主持,全国多家单位和个人积极参与,对韭蛆种群动态发生规律及综合防治对策进行了大量深入的研究。本研究拟对不同学者关于韭蛆种群分布、生物学特性、动态规律及防治对策等研究成果进行综述,以期对韭蛆防治研究工作提供新思路,同时更好地指导韭菜无公害化生产。

## 1 韭蛆的种群类别及其生物学特性

不同气候条件、环境因子及经纬度导致韭蛆种群类别差异明显,主要有韭菜迟眼蕈蚊、迟眼蕈蚊 2 种,但是大部分

地区以韭菜迟眼蕈蚊为优势种群<sup>[9]</sup>。随着温度的升高,韭蛆的发育历期缩短,20~25℃为其最适生长温度<sup>[10]</sup>。正常情况下,一般韭蛆卵期 4~8 d,幼虫期 15~18 d,蛹期 3~7 d,成虫期 3~6 d<sup>[11]</sup>。

韭蛆成虫体长 2.0~5.5 mm,黑色或黑褐色,雄虫略小于雌虫;头部小,复眼发达呈半球形,触角丝状,共 16 节,口器为舐吸式,胸部隆起,足细长,雌虫腹部粗大,末端细而尖,雄虫有 1 对抱握器<sup>[12]</sup>;卵长椭圆形,长约 0.2 mm,初产乳白色,堆产,少数散产,后变暗米黄色,孵化前出现小黑点<sup>[13]</sup>;幼虫体长 5~9 mm,头黑色,体壁光滑、半透明且无足,口器为咀嚼式;蛹长椭圆形,长 2.7~4.0 mm,裸蛹,无光泽<sup>[14]</sup>。

韭蛆成虫不取食,白天活动,夜晚栖息,水平间歇扩散距离 100 m 左右,喜阴湿、腐殖质;9:00—11:00 最为活跃,也是交尾高峰<sup>[15]</sup>。雄虫一生可多次交尾,雌虫一生只接受 1 次交尾,交尾后 1~2 d 产卵,雌虫产卵 100~300 粒/头,多产于土缝或韭菜植株基部的隐蔽场所。初孵幼虫首先水平扩散,危害韭菜叶鞘、嫩茎,引起韭菜腐烂、叶片发黄,随后咬断根茎蛀入其内,造成韭菜倒伏。幼虫有吐丝结网、群集网下取食的特性,老熟幼虫一般在浅土层或韭菜基部化蛹。随着季节的不断变化,韭蛆幼虫在土壤中也随之移动,夏季幼虫向下活动,冬季潜入土下 5 cm 左右越冬<sup>[16]</sup>。

## 2 韭蛆种群动态发生规律及影响因素

根据各地不同气候特征和栽培模式,韭蛆的发生规律不尽相同。露地韭蛆有越冬现象,保护地韭蛆冬季不休眠,可周年发生危害。综合不同学者对韭蛆种群动态调查结果,韭蛆周年发生 3~6 代,世代重叠现象明显,春秋季节危害严重。在北方多数地区,4 月至 5 月上中旬是防治韭蛆成虫、幼虫的关键时期。在天津、北京、河北等地,韭蛆每年发生 4~6 代<sup>[17]</sup>,黄河流域每年发生 4 代<sup>[18]</sup>,大连地区每年发生 3~4 代<sup>[19]</sup>,哈尔滨地区露地韭蛆 1 年发生 3 代<sup>[20]</sup>,杭州露地韭蛆每年发生 6 代<sup>[21]</sup>等。韭蛆幼虫一般以 3~4 龄幼虫在韭菜鳞茎内或韭菜根周围 3~4 cm 以休眠方式越冬<sup>[22]</sup>,每年 3 月下旬随着地下 8 cm 处温度上升到 4℃时,越冬幼虫移到 1~

收稿日期:2016-02-16

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303027)。

作者简介:胡 杨(1991—),女,湖北襄阳人,硕士研究生,主要从事作物保护研究。E-mail:78154362@qq.com。

通信作者:史彩华,硕士,讲师,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。

Tel:(0716)8066314;E-mail:shicaihua1980@126.com。

2 cm 深处化蛹,原因是幼虫的垂直分布受土壤温度变化的影响,常常表现为“春秋上移,冬夏下移”<sup>[23]</sup>;4 月上、中旬羽化为成虫并产卵;5 月中、下旬以第 1 代幼虫危害韭菜。在南方,韭蛆幼虫 12 月中、下旬越冬,翌年 2 月下旬开始化蛹,3 月中旬为羽化高峰,呈春、秋季 2 个危害高峰<sup>[24]</sup>。

针对韭蛆发生动态受周围环境及季节变化的严重影响,国内大量学者对韭蛆种群动态发生的影响因素进行了深入研究,结果表明:气候特征、栽培模式、温湿度差异、土壤质地、肥料使用、品种选择、周围环境等均可影响韭蛆种群动态发生,其中温度、湿度、土壤质地等是影响韭蛆大量发生的主要因素<sup>[25-26]</sup>。韭蛆各虫态的适合生长温度为 13 ~ 28 ℃,其中 20 ~ 25 ℃ 的种群增长指数和繁殖力均较高。随着温度升高,韭蛆的发育历期缩短,成虫在 20 ℃ 时寿命最长,30 ℃ 以上产卵率低、不产卵或产卵数粒便死亡<sup>[27]</sup>。梅增霞等研究发现,低温可延长韭蛆的发育历期,致使产卵量明显降低,不利于快速建立种群;高温对韭蛆的影响更大,致使成虫寿命、产卵量和种群趋势指数均显著降低<sup>[28]</sup>。

韭蛆也特别喜欢阴湿的环境,但湿度过高或过低均影响其生长发育。Yang 等研究表明,韭蛆在恒温培养箱中的相对湿度以 70% 最合适,在土壤中的含水量以 20% ~ 24% 最佳<sup>[29]</sup>。因此,夏季高温多雨或高温干旱不利于种群增长,但若单次降水量在 30 mm 以下,可加重其危害<sup>[30]</sup>。

土壤质地对韭蛆的种群建立也起着至关重要的作用。国内学者研究表明,中壤土最适合韭蛆的发生,其密度平均可达 200 头/m<sup>2</sup>,轻壤土次之,沙壤土最不适合韭蛆发生<sup>[13]</sup>。

### 3 韭蛆综合防治方法

做好韭蛆的防治工作,必须了解韭蛆的发生特点及种群动态规律,结合预测预报实情,采取“预防为主,综合防治”的方针。在生产实际中重点防治越冬羽化后的成虫,减少成虫产卵量,压低第 1 代虫源基数,可以从整体上制约韭蛆全年的发生。秋季防治可减少越冬虫口数,降低下一年虫源基数。具体防治方法及措施如下。

#### 3.1 农业防治

选用良好的韭菜品种是增产的基础,适合当地种植的抗虫品种不仅可以带来生产上的增收,也可以节省防虫治虫中的劳动成本。潘敏等对 20 个韭菜栽培品种进行系统聚类分析,发现不同品种对韭蛆存在一定的抗性差异,其中豫韭 1 号、9-2 抗虫性较强<sup>[31]</sup>。

合理施肥是韭菜丰收的保障。由于韭蛆具有很强的趋臭性,土壤中施用未经腐熟的有机质肥料极易吸引韭蛆成虫产卵,加重其危害。因此,施肥应以充分腐熟的有机肥为主,如籽粕。高成功等用籽粕防治韭蛆,防治效果高达 84% 以上,与毒死蜱灌根效果相当,并且产量明显高于使用毒死蜱的地块<sup>[32]</sup>。化肥以氮、磷、钾配合施用最佳,禁止用硝酸铵作追肥,应适当补充微量元素肥料。韭菜割头刀时和割 2 刀后结合浇水适当追施沼液,对韭蛆的防治也有一定效果。在生产中使用沼液在韭蛆卵孵化初期尚未危害时灌根,1 周后再灌 1 次,可以达到比较好的防治效果<sup>[18]</sup>。徐延熙等研究表明,牛粪、猪粪和鸡粪沼液对韭蛆幼虫和成虫均有明显的驱避作用,但无明显的直接杀灭作用<sup>[33]</sup>。

合理轮作是减少韭蛆危害的重要环节。一般当年新种的韭菜受害程度较轻,若同一田块连续多年种植百合科蔬菜,则会为韭蛆提供丰富食源,将会积累大量虫源,这样也会增加韭蛆的危害<sup>[34]</sup>。因此,建议种植 3 年以上的韭菜田块与非百合科蔬菜进行轮作。

春季晒根或春秋季灌水是减少韭蛆危害的关键<sup>[35]</sup>。春季解冻韭菜萌发前,对韭菜进行晾根,既可打破休眠,又能冻杀韭蛆;春秋季采用连续灌水 2 ~ 3 d,早晚各 1 次淹没韭菜畦,可以杀灭部分韭蛆,压低虫口基数。

清园也是减少韭蛆虫口基数不可缺少的环节<sup>[36]</sup>。韭菜收割后,清除田间枯枝烂叶及杂草,可以清除部分虫源和病害;另外,割后可以施撒草木灰,保持垄面干燥,减少韭蛆成虫在垄表产卵,既可防治幼虫,又能增加钾肥,利于韭菜健壮生长。

#### 3.2 物理防治

韭蛆的物理防治方法很多,均能取得一定的防治效果。近年来,为了寻找更加有效且能控制韭蛆的物理防治方法,国内大量学者进行了深入细致的研究。孙世海等在韭菜田中覆盖防虫网,对韭蛆成虫起到了有效的隔离作用,在减少使用化学农药辛硫磷 3 次的情况下,对韭菜累计产量并无显著影响<sup>[37]</sup>。尹怀富研究表明,0.6 mm 的防虫网可以较好地隔离韭蛆成虫,使越冬幼虫虫口密度降低 94.85%,对韭菜的危害率降低 93.96%,若在 3 月上中旬至 11 月下旬全程覆盖,基本可以完全控制韭蛆的危害<sup>[38]</sup>。也有学者认为,韭蛆成虫对气味的敏感度来自嗅觉系统、触角的超微结构<sup>[39]</sup>,韭菜收割后会残留较浓的韭菜味,吸引大批韭蛆成虫前来产卵。Zhang 等对不同寄主植物饲养韭蛆进行生命表研究,表明韭菜饲养效果最佳,说明韭蛆更偏爱取食韭菜<sup>[40]</sup>。因此,建议韭菜收割后在畦面上立即覆膜 3 ~ 5 d,待韭菜切割伤口愈合,气味消失后,再揭膜通风<sup>[41]</sup>。或者使用 60 ~ 80 目的防虫网,对韭蛆雌虫有明显的隔离效果,对韭菜生长影响不明显。

韭蛆成虫具有一定的趋光性<sup>[42]</sup>,可在韭菜田设置紫光杀虫灯诱杀成虫,设灯 15 盏/hm<sup>2</sup>,灯下放水盆,诱使成虫扑灯落水而死<sup>[43]</sup>。郑建秋等在韭蛆第 1 代成虫羽化初期利用紫光节能灯进行诱杀,傍晚和凌晨开灯,架设高度为 1.0 ~ 1.2 m,直到田间成虫基本消失为止,调查幼虫防治效果,其中灯间距 20 m 的防效可达 95%<sup>[44]</sup>。

韭蛆成虫也具有一定的趋化性<sup>[45]</sup>,可采用糖醋酒液进行诱杀,但在不同文献报道中配方不同,效果也不尽相同。王萍等研究糖醋酒液诱集韭蛆成虫的配比,并分析表明,其化学成分能引起韭蛆的电生理反应,尤其是乙基苯乙酮、1,4-二乙酰苯 2 种化合物效果最为明显<sup>[46]</sup>。陈建华等利用糖:醋:白酒:水:90%晶体敌百虫(质量比)=3.0:4.0:1.5:2.0:0.5 的配方,对韭蛆成虫具有较好的诱杀效果<sup>[47]</sup>。马晓丹等研究发现,糖醋液的诱杀效果明显低于黏虫板的诱杀效果,黄色黏虫板的诱杀效果明显优于蓝色黏虫板,并且以平放的诱杀效果最好<sup>[48]</sup>。Wang 等利用 10 种不同颜色的色板对韭蛆成虫进行诱杀,发现黑色黏虫板诱集效果最佳<sup>[49]</sup>。此外有研究表明,根据韭蛆成虫活动能力差、喜欢在地面爬行的特点,黏虫板尽量放低,尤其在韭菜收割后挂板,可明显提高诱杀效果<sup>[50]</sup>,这可能与韭菜收割后产生大量挥发性气味有关。

臭氧水对韭蛆也具有较好的防治效果。臭氧是一种环保型防虫灭菌剂,速效性好,不仅能杀菌灭虫,分解过程中还能疏松土壤。任培华研究发现,灌溉臭氧水浓度为 6 mg/kg 时,14 d 后对韭蛆的防治效果达 79.01%,而且使韭菜的产量和品质均有较大提高<sup>[51]</sup>。刘玉华研究臭氧防治韭蛆效果,结果表明,臭氧对韭蛆具有很好的防治效果,且无污染、无残留<sup>[52]</sup>。根据韭蛆田间发生规律和农民的操作习惯,建议扣棚之前先使用臭氧水处理韭垄或土壤,再使用农药。

### 3.3 生物防治

目前针对韭蛆的生物防治研究较多,如利用异小杆线虫 ZT (*Heterorhabditis bacteriophora* ZT, 简称 Hb-ZT, 哈尔滨市植物园分离株)、异小杆线虫 LG (*H. bacteriophora* LG, 简称 Hb-LG, 辽宁分离株)、异小杆线虫 NJ (*H. bacteriophora* NJ, 简称 Hb-NJ, 美国新泽西分离株) 和斯氏线虫 All (*Steinernema carpocapsae* All, 简称 Sc-All) 在 72 h 后对韭蛆 3 龄幼虫的致死率均达 100%, 对蛹的寄生效果则是 Hb-ZT 线虫最高<sup>[53]</sup>。孙瑞红等研究表明, 印度小杆线虫 (*Heterorhabditis indica*) LN<sub>2</sub> 对韭蛆的防治效果为 88.2%<sup>[54]</sup>。Ma 等筛选出 14 个对韭蛆致病力较好的线虫种群, 并且研究表明, 致病活性与线虫的种类、浓度显著相关<sup>[55]</sup>。安连菊等研究芜菁夜蛾线虫 (*Steinernema feltiae*) 对韭蛆的影响, 结果表明, 35 d 后韭菜长势明显好于化学农药的对照, 175 d 后在土壤中仍然能检测到该病原线虫, 且韭菜产量略有增加<sup>[56]</sup>。崔元英研究发现, 当 400 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂的施用量为 1 800 g/hm<sup>2</sup> 时, 对韭菜的苗圃效果和对韭蛆的防治效果最好<sup>[57]</sup>。另外, 目前利用苏云金杆菌以色列亚种 (*Bacillus thuringiensis* var. *isaelensis*, 简称 Bti) 防治韭蛆的研究也比较多, 但直接施用 Bti 原菌粉防治害虫对消费者存在一定的健康危险。刘国奇等构建了 Bti<sub>crvIVB</sub> 基因的表达质粒, 并在 *E. coli* SG 13009 中得到表达, 对韭蛆具有较强的毒杀作用<sup>[58]</sup>。

综上所述, 利用生物防治手段控制韭蛆的危害是未来发展的一个方向, 但市面上进行韭蛆生物防治的登记产品并不多, 很多研究成果还未开发成产品进行销售, 原因是活体生物制剂的批量生产和储藏方法还需进一步研究。目前, 市场上推广应用 8 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂稀释 500 倍喷淋, 药后间隔 7 d 重施 1 次效果较好<sup>[59]</sup>, 但是由于生物防治效果较慢, 建议在早春或韭菜地韭蛆危害不明显时, 与农业防治、物理防治等配合使用, 起到预防保护作用。

### 3.4 化学防治

与生物防治相比, 化学防治有防治成本低、药效快的优点。因此, 采用化学农药防治仍是目前韭蛆防治的主要方法<sup>[60]</sup>。选择药品时, 首先选择具有熏蒸、触杀作用且残留低, 进入土壤后易与有机质结合, 易分解的低毒农药, 如辛硫磷、拟除虫菊酯类等。王萍等研究表明, 24 h 内 1.5% 天然除虫菊素水乳剂 8 610 mL/hm<sup>2</sup> 的毒力显著高于 48% 毒死蜱乳油 12 915 mL/hm<sup>2</sup>, 48 h 后两者毒力无显著差异; 田间药效结果表明, 1.5% 天然除虫菊素水乳剂与 48% 的毒死蜱乳油差异不明显<sup>[61]</sup>。

近年来, 又有一些新型化学药剂和复配药剂被研究使用, 如陈澄宇等用苯并噻唑对雌、雄成虫处理 0.5~2.0 h 的 LC<sub>50</sub> 分别为 0.186~0.052、0.163~0.039 μg/L, 对韭蛆各虫态有

很好的毒杀效果, 并对成虫有强烈的引诱作用<sup>[62]</sup>。王志超等用吡虫啉分别与马拉硫磷、毒死蜱和辛硫磷混配, 进行韭蛆幼虫的室内毒力测定, 结果表明, 除了吡虫啉与辛硫磷以 1:10 组成的混剂显示出拮抗作用外, 吡虫啉与其他 3 种有机磷杀虫剂组成的混剂对韭蛆的毒力均表现出增效及相加作用<sup>[63]</sup>。庄乾营等通过室内生物测定比较辛硫磷、毒死蜱、吡虫啉不同剂型制剂对韭蛆幼虫的毒力, 结果表明, 3 种农药微囊悬浮剂的毒力均优于相同有效成分的乳油、粉剂<sup>[64]</sup>。李贤贤等通过不同药剂对韭蛆致毒的温度效应研究表明, 吡虫啉的正温度效应最明显, 24℃时的毒力是 8℃时的 4.66 倍, 其次是辛硫磷、噻虫胺、噻虫嗪, 三者温度效应基本一致, 而甲维盐温度效应最低<sup>[65]</sup>。

由于少数菜农为了韭菜丰收高产、不被韭蛆危害, 或加大化学农药的使用剂量, 或使用农业部已经禁用的高毒农药, 导致韭菜农药残留严重超标。因此, 低毒有效的药剂成为人们日益关注的焦点, 比如昆虫生长调节剂、植物源杀虫剂等。

目前市场上使用较多的昆虫生长调节剂大致分为几丁质合成抑制剂、保幼激素类似物和蜕皮激素类似物。几丁质合成抑制剂主要包括氟铃脲、氟啶脲、灭幼脲和灭蝇胺等; 保幼激素类似物主要包括吡丙醚、三氟甲吡醚等; 蜕皮激素类似物主要包括虫酰肼等。马晓丹等研究表明, 几丁质合成抑制剂对韭蛆的防治效果高于保幼激素类似物和蜕皮激素类似物, 致毒特点是生长后期抵制幼虫化蛹和羽化, 导致蛹畸形而死亡<sup>[66]</sup>。

氟铃脲属苯甲酰脲杀虫剂, 具有很高的杀虫、杀卵活性, 且速效, 用于防治多种鞘翅目、双翅目、同翅目昆虫。氟啶脲以胃毒作用为主, 兼有触杀作用, 可抑制昆虫几丁质合成, 阻碍昆虫正常蜕皮, 使成虫羽化受阻, 最终导致其死亡。灭蝇胺是三嗪类低毒昆虫生长调节剂, 具有触杀、胃毒和内吸传导的作用, 尤其对双翅目昆虫的卵和幼虫具有特殊的生物活性, 可使幼虫发生畸变, 不能正常化蛹。灭幼脲是一种苯甲酰基脲类的低毒昆虫生长调节剂, 可抑制昆虫表皮几丁质合成酶和尿核苷辅酶的活性, 使其不能正常合成几丁质, 从而导致昆虫不能正常蜕皮而死亡, 适于防治低龄幼虫<sup>[67]</sup>。针对不同昆虫生长调节剂的作用机制及防治韭蛆效果, 不同学者开展了大量研究。马晓丹等研究表明, 氟铃脲、氟啶脲对韭蛆的毒力倍数分别为 171.21、115.60, 远高于灭幼脲、灭蝇胺对韭蛆的毒力倍数<sup>[66]</sup>。陈栋等研究表明, 70% 灭蝇胺可湿性粉剂 3 000 倍液对韭蛆药后 24 d 的防效与 40% 辛硫磷乳油 1 000 倍液没有显著差异<sup>[68]</sup>。庄占兴等研究表明, 韭蛆低龄幼虫对灭幼脲最敏感, 随着龄期的增加敏感性降低, 用 20% 灭幼脲悬浮剂 9~12 L/hm<sup>2</sup> 加水灌根, 可较好地控制韭蛆的危害, 且持效期长达 90 d, 防治效果明显优于常规农药辛硫磷和毒死蜱<sup>[69]</sup>。由于氟啶脲、灭蝇胺和灭幼脲的速效性均较差, 因此, 建议尽量在韭蛆大发生前 5 d 使用为佳。

目前, 市场上使用较多的植物源杀虫剂主要有印楝素、烟碱、苦参碱。印楝素是从印楝树中提取的植物性杀虫剂, 具有拒食、忌避、内吸和抑制生长发育作用。烟碱是烟草生物碱的主要成分, 具有触杀、胃毒、熏蒸和杀卵作用, 持效期较长<sup>[70]</sup>。苦参碱具有触杀、胃毒作用, 可麻痹昆虫神经中枢, 凝固虫体蛋白, 堵住虫体气孔, 使害虫窒息而死。张鹏等研究表明, 吡

虫啉、噻虫胺、呋虫胺、噻虫啉、噻虫嗪 5 种新烟碱类杀虫剂对韭蛆 4 龄幼虫的毒力明显高于毒死蜱、高效氯氟氰菊酯,且噻虫嗪对蚯蚓安全<sup>[71]</sup>。

相同药剂在不同温度、韭蛆不同龄期、取食不同寄主、施药方法和不同地区的田间药效差异较大。张鹏等研究表明,韭蛆 2 龄幼虫对毒死蜱的敏感性明显大于 4 龄幼虫,毒死蜱对取食韭菜、人工饲料、大葱的韭蛆  $LC_{50}$  分别为圆葱的 1.84、1.47、2.31 倍,说明龄期、寄主等均能影响韭蛆对杀虫剂的敏感性<sup>[72]</sup>。因此,在生产实际中,做好越冬代韭蛆成虫的防治、春秋两季幼虫的防治是关键。施药时间以 10:00 左右最佳,灌根前扒开韭墩附近表土,去掉喷雾器喷头,对准韭菜根部喷药,药后随即覆土。韭菜移栽时,采取药剂浸根,杀死韭株所带幼虫,灌药时结合施肥,防治效果会更加理想。

#### 4 展望及对策

韭蛆以幼虫聚集危害韭菜地下根茎、叶鞘和嫩芽,咬断嫩茎并蛀入鳞茎内危害,是一种发生普遍、危害严重、防治难度较大的地下害虫。由于影响韭蛆发生的因素非常多,目前生产中采取单一药剂地下灌根防治效果不佳<sup>[73]</sup>。另外,韭菜在我国属于特色蔬菜,登记的杀虫剂只有吡虫啉、辛硫磷、噻虫嗪、氯氟脒、氯氟菊酯和毒死蜱的部分剂型。由于韭菜上登记的杀虫剂少,韭蛆防治难度大,因此,滥用高毒有机磷农药的现象非常普遍。

近年来,许多蔬菜上禁止使用的有机磷农药大量用于控制蔬菜病虫害,造成农药严重残留污染,在中医上被广泛认为具有补肾、健胃、提神等功效的“洗肠草”——韭菜也不例外,如甲胺磷、甲拌磷、甲基对硫磷和对硫磷等时常在韭菜上检测出残留超标。罗梅梅等 2014 年对市场上供应的韭菜进行农药残留测定,参考 GB/T 2763—2014《食品中农药最大残留限量》的农药限量标准,结果表明:甲胺磷超标率为 4.3%,甲拌磷超标率为 18.5%,甲基对硫磷超标率为 6.0%,毒死蜱超标率为 6.8%,对硫磷超标率为 11.4% 等,相比 2013 年韭菜上农药残留量呈现下降趋势,说明近年来针对韭蛆的防治研究略有成效,但有效的防治方法仍然很少,需要广大学者和菜农共同努力,还餐桌一片“清纯”,恢复韭菜独特的医疗功效美誉,让人们不再谈“韭”色变<sup>[74]</sup>。

因此,要根据韭蛆的多种生物学习性,采用“治成虫压基数、控温湿减卵量、杀幼虫保全苗、多虫态结合治”的防治策略,将农业防治、物理防治和生物防治配合使用,尽量减少化学药剂的使用。由于韭蛆是我国特有的蔬菜害虫,国外研究几乎停留在零的层面,国内研究也是近几年才真正开始重视。关于韭蛆的很多生物学习性研究还不够深入,而且不同地域韭蛆的种类、特点相差甚远。因此,今后在进一步加强田间韭蛆种群监测的基础上,应培育和推广抗韭蛆的韭菜新品种。在韭菜播种或移栽之前,先用臭氧水、辣根素或石灰氮对土壤进行漫灌消毒,不仅有杀菌治虫的作用,还可增加土壤湿度。韭菜种子或韭菜根通过药物浸泡处理,确保种苗无虫。在条件允许的情况下,将农业防治与多种物理防治相结合,覆盖防虫网、增设紫光杀虫灯、悬挂黏虫板、放置糖醋酒液,待韭菜收割后在畦面上覆膜或施撒草木灰,减少成虫产卵量,压低虫口基数。同时,根据每周诱杀的成虫数量进行后期幼虫高峰期

的预测,可为准确防治韭蛆幼虫的时间提供理论参考依据,尽量使用高效低毒药剂。另外,学者们也要加强无公害高效安全药剂的筛选和生物制剂的开发与推广应用,积极开展昆虫病原线虫在韭蛆防治上的研究。在韭蛆大量暴发的年份,利用昆虫病原线虫配合化学杀虫剂一起使用,尽量减少化学农药的单独使用,形成对环境安全友好的种植模式,确保韭菜可持续生产。武海斌等将昆虫病原线虫 (*Steinernema carpocapsae*) 与环境友好型化学农药混用,结果表明,昆虫病原线虫 SF-SN 品系与 70% 吡虫啉水分散颗粒剂、40% 毒死蜱乳油、4.5% 高效氯氟菊酯乳油中任何一种药剂联合使用均能收到良好的效果<sup>[75]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 白光瑛, 马海颀, 王孝莹, 等. 利用昆虫病原线虫防治韭菜迟眼蕈蚊的研究进展[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(4): 25-33.
- [3] 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, 2015, 52(3): 743-749.
- [4] 曾学军, 秦 冲, 韩群营, 等. 韭菜迟眼蕈蚊在西甜瓜上发生与防治对策[J]. 长江蔬菜, 2013(7): 52-53.
- [5] 沈登荣, 张宏瑞, 张 陶. 我国食用菌眼蕈蚊的研究现状[J]. 中国食用菌, 2008, 27(1): 48-50.
- [6] Tao Y L, Guo Y N, Wang J, et al. Detection and identification of *Wolbachia* in *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) populations from Shandong Province, China[J]. Acta Entomologica Sinica, 2015, 58(4): 454-459.
- [7] 李照诺, 谷希树, 徐维红, 等. 八种药剂对韭菜迟眼蕈蚊致毒效应研究[J]. 山东农业科学, 2015, 47(6): 107-108, 128.
- [8] 张华敏, 尹守恒, 张 明, 等. 韭菜迟眼蕈蚊防治技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2013, 42(3): 6-9.
- [9] Chen H, Lin L, Xie M, et al. De novo sequencing and characterization of the *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) larval transcriptome[J]. Comparative Biochemistry and Physiology. Part D, Genomics & Proteomics, 2015, 16(16): 20-27.
- [10] Li W, Yang Y, 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.
- [11] 许静杨, 谷希树, 徐维红, 等. 韭菜迟眼蕈蚊的简易人工饲养方法[J]. 山东农业科学, 2014, 46(4): 100-101, 116.
- [12] 李 慧, 赵云贺, 王秋红, 等. 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[J]. 农药学报, 2015, 17(2): 156-162.
- [13] 武海斌, 宫庆涛, 张坤鹏, 等. 昆虫病原线虫与黑色黏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.
- [14] 梅增霞, 李建庆. 韭菜迟眼蕈蚊幼虫的空间格局及抽样技术[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(6): 1128-1130, 1141.
- [15] 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.
- [16] 李 红, 朱 芬, 周兴苗, 等. 危害西瓜幼苗的韭菜迟眼蕈蚊的生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 2007, 44(6): 834-836, 封 4.

- [17] 石宝才,路虹,宫亚军,等. 韭菜迟眼蕈蚊的识别与防治[J]. 中国蔬菜,2010(11):21-22.
- [18] 刘京涛,刘元宝,刘东阁,等. 韭菜根蛆的发生及无公害防治技术[J]. 中国植保导刊,2009,29(5):45.
- [19] 王炜,张瑞平,钱春风. 韭菜迟眼蕈蚊发生规律和防治技术研究[J]. 中国植保导刊,2008,28(6):28-29.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 赵楠,周仙红,庄乾萑,等. 韭蛆无公害防治技术研究进展[J]. 山东农业科学,2014,46(12):124-128.
- [24] 李贤贤,马晓丹,薛明,等. 噻虫胺等药剂对韭菜迟眼蕈蚊的致毒效应[J]. 植物保护学报,2014,41(2):225-229.
- [25] 李照徐,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.
- [26] 宋朝凤,王洪涛,王英姿. 农药助剂倍创对辛硫磷防治韭菜韭蛆的增效作用[J]. 北方园艺,2015(9):99-101.
- [27] 尹怀富,王秀峰. 韭蛆的发生及防治研究进展[J]. 中国植保导刊,2005,25(8):11-13.
- [28] 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.
- [29] Yang Y T, Li W X, 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.
- [30] 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(1):31-37.
- [31] 潘敏, Yang J P, 鲁梅, 等. 韭菜品种对迟眼蕈蚊抗性聚类分析[J]. 中国蔬菜, 2008(8):21-23.
- [32] 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.
- [33] 徐延熙, 朱长华, 杨艳丽, 等. 沼液对韭菜迟眼蕈蚊驱避效果的试验研究[J]. 可再生能源, 2013, 31(2):68-70.
- [34] 王文娇, 张涛, 陈健美, 等. 韭菜农药残留现状及防控技术[J]. 山东农业科学, 2011(10):82-84.
- [35] 王召, 王秋, 赵然花, 等. 有机韭菜栽培中韭蛆的产生原因及防治[J]. 长江蔬菜, 2013(17):50-51.
- [36] 郭玲娟, 董斌, 谭保林. 韭蛆的综合防治技术[J]. 黑龙江农业科学, 2014(2):154.
- [37] 孙世海, 王利黄, 谢世平. 韭菜防虫网栽培和品种比较试验[J]. 北方园艺, 2001(2):3-4.
- [38] 尹怀富. 韭蛆无药化防控技术及应用效果研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [39] 薛明, 庞云红, 王承香, 等. 百合科寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊的生物效应[J]. 昆虫学报, 2005, 48(6):914-921.
- [40] Zhang P, Liu F, Mu W, et al. Comparison of *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang reared on artificial diet and different host plants based on an age-stage, two-sex life table[J]. Phytoparasitica, 2015, 43(1):107-120.
- [41] 薛明, 袁林, 徐曼琳. 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[J]. 农药学报, 2002, 4(2):50-56.
- [42] 杨峰山, 徐振华, 鲁金刚, 等. 韭菜迟眼蕈蚊在不同寄主上产卵及对LED光趋性的研究[J]. 中国蔬菜, 2015(7):45-48.
- [43] 张帆, 张君明, 罗晨, 等. 蔬菜地下害虫的生物防治[J]. 中国蔬菜, 2011(3):30-32.
- [44] 郑建秋, 师迎春, 张芸, 等. 灯光诱杀防治韭菜迟眼蕈蚊(韭蛆)[J]. 中国蔬菜, 2005(12):60.
- [45] Chen C, Mu W, Zhao Y, 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):97.
- [46] 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.
- [47] 陈建华, 慕留奇, 姜国霞, 等. 大田韭菜地蛆发生规律与综合防治[J]. 河南农业科学, 2004, 27(4):74.
- [48] 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.
- [49] Wang Z X, Fan F, Wang Z Y, et al. Effects of environmental color on biological characteristics of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2015, 58(5):553-558.
- [50] 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.
- [51] 任培华. 臭氧水防治韭蛆的效果[J]. 植物医生, 2012, 25(6):38-39.
- [52] 刘玉华. 臭氧防治韭蛆技术的应用[J]. 农业工程, 2014, 4(增刊1):55-57.
- [53] 李春杰, 王义, 许艳丽, 等. 寒区昆虫病原线虫对韭菜迟眼蕈蚊的防治研究[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(1):235-241.
- [54] 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]. 环境昆虫学报, 2004, 26(4):150-155.
- [55] Ma J, Chen S L, 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.
- [56] 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.
- [57] 崔元英. 400亿孢子/g球孢白僵菌WP对番茄烟粉虱和韭蛆的防治效果研究[J]. 农业灾害研究, 2012, 2(1):18-20.
- [58] 刘国奇, 蒋如璋, 张自立. *Bti cryIVB* 基因的克隆及表达质粒的构建[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2000, 33(3):54-56.
- [59] 温华良, 梁普兴, 冯伟明, 等. 年花韭菜有机栽培的病虫防治技术[J]. 长江蔬菜, 2015(5):63-65.
- [60] 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, 2015, 42(4):645-650.
- [61] 王萍, 秦玉川, 朱栋, 等. 生物农药对韭菜迟眼蕈蚊的毒杀作用及田间药效[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(5):40-42.
- [62] 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.

唐承晨,张 纯,王吉永,等. 药用植物蛇足石杉内生菌研究进展[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):13-19.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.003

# 药用植物蛇足石杉内生菌研究进展

唐承晨<sup>1,2</sup>, 张 纯<sup>1</sup>, 王吉永<sup>1</sup>, 王莉莉<sup>1</sup>, 胡之璧<sup>1</sup>, 黎万奎<sup>1,2</sup>

(1. 上海中医药大学中药研究所/中药新资源与质量标准综合评价国家中医药管理局重点实验室, 上海 201203;

2. 中国中医科学院/道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100700)

**摘要:**总结了近年来国内外研究成果,从物种多样性、次级代谢产物、生物活性、生物转化和菌株石杉碱甲高产策略 5 个方面对蛇足石杉内生菌的研究概况进行综述。蛇足石杉内生菌应用前景广阔,其价值有待于深入研究与开发。本文总结的研究方法亦可为其他植物内生菌的研究提供参考借鉴。

**关键词:**蛇足石杉;内生菌;次级代谢产物;生物转化;生物活性;石杉碱甲

**中图分类号:** S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)07-0013-07

植物内生菌(endophyte)是指一类在其部分或全部生活史中存活于健康植物组织内部,而不使宿主植物表现出明显感染症状的微生物。目前已从植物体内分离出细菌、酵母菌、放线菌和丝状真菌等多种内生菌<sup>[1]</sup>。它们是植物组织内的正常菌群,不仅包括了互惠共利的、中性的内共生微生物,也包括了那些潜伏在宿主体内的病原微生物<sup>[2]</sup>。内生菌能产生许多具有生物活性的次级代谢产物,这些次级代谢产物在医疗、农业、工业等领域具有广阔的应用前景<sup>[3-4]</sup>。蛇足石杉 [*Huperzia serrata* (Thunb. ex Murray) Trev], 别称千层塔,为我国民间用药,可解毒止痛,散瘀消肿<sup>[5]</sup>。1986 年我国研究者从中分离到著名的高效乙酰胆碱酯酶抑制剂石杉碱甲,并开

发成治疗老年痴呆症的药物上市销售。蛇足石杉资源稀少,加之多年采挖,种群遭到严重破坏,野生资源将无法满医疗需求<sup>[6-7]</sup>。蛇足石杉内生菌的研究可以为缓解植物资源紧张及其开发利用提供新的思路。本文通过查阅国内外文献,对近年来蛇足石杉内生菌研究进展进行综述,旨在为相关研究与应用提供参考。

## 1 蛇足石杉内生菌的多样性

蛇足石杉内生菌具有丰富的物种多样性。笔者所在课题组从采自四川的蛇足石杉中分离到了 166 株内生真菌,经鉴定这些真菌共涉及 11 目 19 科,且半知菌群和子囊菌纲为其优势种群<sup>[8]</sup>。龚玉霞从产自安徽黄山的蛇足石杉中分离到 8 科 13 属 180 株内生真菌,其中茎点霉属、组丝核菌属所占比重最大<sup>[9]</sup>。吕会芳从浙江、四川和重庆产的蛇足石杉中分离得到内生真菌 37 株,共涉及 8 目 12 科 19 属,半知菌群和子囊菌纲约占总数的 90%<sup>[10]</sup>。杨迎迎从湖北产的蛇足石杉中分到 19 株 12 个种的内生真菌,其中子囊菌有 18 株,且球座菌属有 7 株,所占比重最大<sup>[11]</sup>。汪涯等从江西产的蛇足石杉中分离到 19 属 127 株内生真菌,青霉属、柄孢壳菌属、曲霉属

收稿日期:2016-02-22

基金项目:国家自然科学基金重点项目(编号:81130070);国家科技支撑计划(编号:2012BAI29B02)。

作者简介:唐承晨,硕士研究生,研究方向为中药生物技术与资源开发利用。Tel: (021) 51322574; E-mail: tangchengchen@foxmail.com。

通信作者:黎万奎,副研究员,硕士生导师,研究方向为中药生物技术与资源开发利用。E-mail: bio5210@126.com。

[63] 王志超,王思一,史雪岩,等. 吡虫啉与三种有机磷杀虫剂混配对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的室内毒力测定[J]. 植物保护学报, 2014, 41(4): 511-512.

[64] 庄乾营,张思聪,翟一凡,等. 不同农药种类及剂型防治韭菜迟眼蕈蚊效果比较[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(3): 78-80.

[65] 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.

[66] 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.

[67] 宋增明,薛 明,王洪涛. 六种昆虫生长调节剂对葱蝇生长发育和繁殖力的影响[J]. 昆虫学报, 2007, 50(8): 775-781.

[68] 陈 栋,张思聪,张 龙. 昆虫生长调节剂和生物农药防治韭蛆田间药效试验[J]. 植物保护, 2005, 31(1): 82-84.

[69] 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.

[70] 张庆臣,薛 明,王 钺,等. 新烟碱类杀虫剂对葱蝇的毒力

及其对生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护学报, 2011, 38(2): 159-165.

[71] 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.

[72] 张 鹏,李 慧,王秋红,等. 龄期、饲养条件和测定方法对韭菜迟眼蕈蚊药剂敏感性的影响[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(5): 730-736.

[73] 张友军,吴青君,王少丽,等. 我国蔬菜重要害虫研究现状与展望[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 38-45.

[74] 罗梅梅,朱晓丹,贺 敏,等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测韭菜中 4 种杀虫剂残留[J]. 农药, 2014, 53(11): 821-824.

[75] 武海斌,辛 力,官庆涛,等. 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[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 1060-1068.