

三叶斑潜蝇的防治技术研究*

王禹程^{1**} 金玉婷¹ 常亚文¹ 钱彪^{3***} 龚伟荣² 杜予州^{1***}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院暨应用昆虫研究所, 扬州 225009; 2. 江苏省植物保护植物检疫站, 南京 210036; 3. 江苏省常熟市植物保护植物检疫站, 常熟 215500)

摘要 【目的】三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* 是一种世界性农业害虫, 主要危害蔬菜和花卉, 在全国的危害范围不断扩大, 目前是江苏地区斑潜蝇的优势种。通过开展药剂筛选和农业防治技术的联合应用, 能减少农业生产中的农药使用, 达到安全有效地控制三叶斑潜蝇危害的目的。【方法】本研究选用高效氯氰菊酯、杀虫双、阿维·苏云菌、灭蝇胺、斑潜净 5 种药剂对三叶斑潜蝇开展田间和室内药效试验; 同时研究了覆土和浸水对三叶斑潜蝇的控制效果。【结果】田间三叶斑潜蝇幼虫防治试验表明, 杀虫双效果较好、见效快, 但对寄生蜂的影响较大; 斑潜净、阿维·苏云菌和灭蝇胺的防效较低, 但对寄生蜂较为安全; 高效氯氰菊酯几乎没有防效。室内药效试验表明, 杀虫双和斑潜净对三叶斑潜蝇的幼虫药效较高, 持效期长; 而灭蝇胺虽然对幼虫没有直接防效, 但处理后的幼虫所化蛹均不能羽化, 对下一代的种群增长具有很好的控制作用; 高效氯氰菊酯和阿维·苏云菌的药效较差; 试验所用药剂对三叶斑潜蝇的蛹均无效果。此外, 三叶斑潜蝇 1 日龄蛹在浸水 3–4 d 失去羽化能力; 覆土深度达到 5 cm 时, 其羽化率降低到 20% 以下, 对羽化抑制效果明显。【结论】化学农药在田间和室内的防治药效差异较大, 因此确定农药的防效需要进行多种条件下的田间试验。在药剂防治三叶斑潜蝇时, 尽量选用高效、低毒的化学农药在低龄幼虫期使用, 注意保护天敌。本文推荐种植者在田间实际中将化学与非化学防治措施结合使用, 即在灌水 3–4 d 或深耕 5 cm 的基础上, 在三叶斑潜蝇幼虫时期使用杀虫双和斑潜净能够有效地控制三叶斑潜蝇的发生危害。

关键词 三叶斑潜蝇; 药剂试验; 农业防治; 绿色防控

Techniques for controlling *Liriomyza trifolii*

WANG Yu-Cheng^{1**} JIN Yu-Ting¹ CHANG Ya-Wen¹
QIAN Biao^{3***} GONG Wei-Rong² DU Yu-Zhou^{1***}

(1. School of Horticulture and Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2. Plant Protection and Plant Quarantine Station of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China;

3. Plant Protection and Plant Quarantine Station of Changshu City, Jiangsu Province, Changshu 215500, China)

Abstract 【Objectives】*Liriomyza trifolii* (Burgess) is an important global pest of vegetables and other horticultural plants that has recently become the dominant leaf miner in Jiangsu and is spreading rapidly throughout China. Choosing the correct pesticide, in combination with soil management techniques, can effectively control this pest with minimal pesticide use. 【Methods】The effectiveness of five insecticides for controlling *L. trifolii*; beta-cypermethrin, bisultap, abamectin + *Bacillus thuringiensis* (abamectin+B.t.), cyromazine and a 20% mixture of abamectin + monosultap, was evaluated in the field and laboratory. The effects of deep ploughing and intensive irrigation on *L. trifolii* was also evaluated. 【Results】Bisultap was the most effective insecticide for in controlling *L. trifolii* larvae in the field but it had the disadvantage of having an adverse impact on parasitoids. Although abamectin+B.t., cyromazine and the 20% mixture of abamectin + monosultap, were less effective than bisultap in the field, they were safe to parasitoids whereas Beta-cypermethrin had no significant effect on *L. trifolii* larvae. In laboratory experiments, bisultap and the 20% mixture of abamectin + monosultap effectively controlled

*资助项目 Supported projects: 江苏省科技支撑项目 (BE2014410); 江苏现代农业 (西甜瓜) 产业技术体系 (JATS [2019] 331); 扬州市科技计划项目 (YZ2014171); 江苏省研究生研究与实践创新计划项目 (KYCX18_2374)

**第一作者 First author, E-mail: 457994548@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: yzdu@yzu.edu.cn; 7570388@qq.com

收稿日期 Received: 2020-08-24; 接受日期 Accepted: 2020-09-10

L. trifolii larvae over a long period. Although cyromazine had no detectable effect on larvae, the pupae of larvae treated with it failed to emerge, indicating that this insecticide can effectively control the next generation. In addition, one-day-old pupae of *L. trifolii* failed to emerge after being soaked in water for 3-4 days and the eclosion rate decreased to less than 20% when soil was covered to a depth of 5cm. **[Conclusion]** The efficacy of pesticides in the field and laboratory were quite different, highlighting the necessity of conducting field experiments under various conditions to determine pesticide effectiveness. Effective pesticides that are the least toxic to natural enemies should be selected and applied during the larval stage to control *L. trifolii* in the field. We recommend that growers combine chemical and non-chemical control measures. Application of bisultap and a 20 % mixture of abamectin+ monosultap during the larval stage, combined with deep ploughing up to 5 cm and 3-4 days of irrigation, can effectively control *L. trifolii* in the field.

Key words *Liriomyza trifolii*; pesticide experiment; agricultural control; green prevention and control

斑潜蝇 *Liriomyza* 是一类危害蔬菜、花卉的世界性害虫, 也是我国一类重要的外来有害生物, 已逐渐成为我国蔬菜上的重要害虫 (Spencer, 1973; 康乐, 1996; Gao *et al.*, 2017)。斑潜蝇种类繁多, 种间竞争与替代迅速, 其中三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* (Burgess)、美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard 和南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) 是我国危害严重的 3 种多食性斑潜蝇 (Kang *et al.*, 2009; Gao *et al.*, 2017)。三叶斑潜蝇起源于美洲, 2005 年传入我国广东省, 随后该虫不断传播扩散, 危害范围达十余个省、市, 被我国列为检疫性有害生物 (汪兴鉴等, 2006; 中华人民共和国农业部公告第 617 号, 2006; 雷仲仁等, 2007; Gao *et al.*, 2017)。此后, 该虫在我国东南沿海地区与美洲斑潜蝇形成了竞争取代关系, 并逐渐取代美洲斑潜蝇成为优势种 (杨永茂等, 2010; 相君成等, 2012; 王凯歌, 2013; Gao *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2019)。2008 年在江苏首次发现三叶斑潜蝇的传入危害 (肖婷等, 2009; 王建富等, 2010; 杨飞等, 2010), 之后迅速扩散至全省大部分地区, 并在苏南、苏中地区的蔬菜上造成严重危害, 从而成为江苏地区斑潜蝇的优势种 (龚伟荣, 2013; 常亚文等, 2016)。

三叶斑潜蝇在江苏地区主要危害豆科、茄科、十字花科、葫芦科的蔬菜 (杨飞等, 2010; 常亚文等, 2016)。此外, 该虫对广谱杀虫剂具有较强的抗性。有研究表明, 三叶斑潜蝇的抗药性较其它斑潜蝇种类强, 这也是三叶斑潜蝇在许多地区成为竞争优势种的重要原因之一 (Zehnder

and Trumble, 1984; Reitz and Trumble, 2002; Gao *et al.*, 2012; 相君成等, 2012), 如宇文燕 (2012) 通过测定不同地区斑潜蝇抗药性并结合种群比例分析认为, 三叶斑潜蝇比美洲斑潜蝇更具有耐药性, 这是它在一些区域取代美洲斑潜蝇的主要原因。一般来说, 在三叶斑潜蝇传入初期, 可通过加强检疫控制其扩散危害 (龚伟荣等, 2013)。但是, 当该虫大面积发生危害以后, 化学防治仍然是其主要的防治措施。然而, 长期频繁地使用化学农药会导致斑潜蝇的抗药性增强, 从而使生产中的农药用量增加, 形成化学农药应用恶性循环, 因此斑潜蝇的防治工作形势严峻 (林朝阳, 2005)。为了安全有效地控制三叶斑潜蝇的危害, 本研究选用 5 种化学农药对三叶斑潜蝇的防效及其优势寄生蜂的影响进行研究, 同时还研究 2 种农业防治措施对三叶斑潜蝇的控制效果, 以便为三叶斑潜蝇的有效防控提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试药剂: 4.5% 高效氯氰菊酯 EC (江苏扬农化工集团有限公司); 18% 杀虫双水剂 (安徽华里化工股份有限公司); 0.1% 阿维·100 亿活芽孢/克苏可湿性粉剂 (浙江天丰化学有限公司); 80% 灭蝇胺水分散粒剂 (广东中迅农科股份有限公司); 20% 斑潜净微乳剂 (中国农科院植保所廊坊农药中试厂)。

供试虫源: 室外药剂试验所用的虫为江苏省扬州市蒋王蔬菜基地 (32°39'N, 119°42'E) 四季

豆大棚内的三叶斑潜蝇;室内试验所用虫为在温度(25±1)℃、湿度 60%-70%、光暗比 16:8 的实验室内用豇豆苗饲养的三叶斑潜蝇。

1.2 田间药剂试验

1.2.1 试验小区及施药方法 室外药剂试验设置在扬州市蒋王镇,选择田间地势平坦、灌溉条件良好,土壤肥力中等的四季豆大棚。试验设置 5 个处理:4.5%高效氯氰菊酯 EC1 500 倍液、18%杀虫双水剂 200 倍液、0.1%阿维·苏云菌 100 亿活芽孢/g 可湿性粉剂 1 500 倍液、80%灭蝇胺水分散粒剂 3 000 倍液、0.2%+19.8%斑潜净微乳剂 1 500 倍液,每个处理 3 个重复,以清水作对照,共计 18 个小区。小区按随机区组排列,每个小区面积为 2 m×3 m=6 m²。施药工具为背包式喷雾器,喷雾时做到均匀,使得叶片湿润而不流水。

1.2.2 调查和计算方法 药剂处理前在各小区定点选取 5 株试验作物,每株作物选取中上部有活幼虫虫道叶片 5 片,在叶柄处挂牌做标记,记载每叶活虫道数和虫道长度。

药剂处理后 1、3、5、7 和 10 d 分别调查所标记植株上三叶斑潜蝇死亡数、活虫数、空虫道数、新增虫道数。以幼体体色鲜艳、饱满,有羽化孔、虫道延长及新增虫道均计为活虫;虫体干瘪、变色则计为死虫计。此外,试验过程中观察农药对植株生长是否造成影响。药效计算公式如下:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{药前活虫数} - \text{药后活虫数}}{\text{药前活虫数}} \times 100$$

防治效果(%) =

$$\frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{(1 \pm \text{对照区虫口减退率} \times 100)} \times 100$$

(对照区虫口增加用“+”,对照区虫口减退用“-”)

此外,每个试验小区在施药前和施药 1 周后,各采摘 10 张有虫害的叶片带回实验室,观察寄生蜂的寄生数量,统计施药前后的寄生率。

1.3 室内不同方法对三叶斑潜蝇的防控试验

1.3.1 三叶斑潜蝇的药效试验 室内药效试验用药与田间试验的药剂与剂量相同。将室内饲养含三叶斑潜蝇幼虫的四季豆叶片,采用浸渍法进行药剂处理,具体方法是将叶片完全浸入药液中

10 s 后取出晾干,观察幼虫的死亡及化蛹数量并计算化蛹率及蛹的羽化率。每个药剂 3 次重复,每次重复 20 头幼虫,以清水处理为对照;此外,收集室内饲养的三叶斑潜蝇 1 日龄蛹,采用浸渍法进行药剂处理,具体是将 1 日龄蛹完全浸入药液中 10 s 后取出晾干,观察其羽化数并计算羽化率。每个药剂 3 次重复,每次重复 20 粒蛹,以清水处理为对照。药效计算公式同 1.2.2。

1.3.2 浸水对三叶斑潜蝇蛹羽化的影响 采集室内饲养的三叶斑潜蝇 1 日龄蛹放在玻璃培养皿内,加清水将蛹淹没,进行不同时长(12、24、36、48、96 h)的浸水处理后用纸吸干水分,移至干燥的试管中,观察蛹的羽化数并统计羽化率,每个时长处理 3 次重复,每次重复 20 头蛹。

1.3.3 覆土对三叶斑潜蝇蛹羽化的影响 采集室内饲养的三叶斑潜蝇 1 日龄蛹放入花盆中,并用过木筛的细土进行不同深度(1.0、2.0、3.0、5.0、6.0、7.0 cm)的覆土处理,每个花盆单独放入养虫笼内以便观察蛹的羽化数并统计羽化率,每个处理 3 次重复,每次重复 20 头蛹。

1.4 数据分析

实验数据用均数±标准差表示。利用 One-way ANOVA 进行差异显著性分析,然后利用 Tukey's 法进行多重比较。所有数据由 SPSS 软件分析处理,显著性水平取 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 田间不同药剂对三叶斑潜蝇的防效及对寄生蜂的影响

5 种药剂防治田间四季豆上三叶斑潜蝇的具体防效见图 1。田间试验的结果表明,所用 5 种药剂在田间的防效均未超过 60%,其中杀虫双防治相比其他药剂效果较好且见效较快,在施药 5 d 后开始见效,7 d 后效果接近最好,但防效也仅有 54.9% ($F=3.778$, $P=0.028$);其次是斑潜净,药后 7 d 的防效为 33.7% ($F=15.045$, $P < 0.001$);高效氯氰菊酯和阿维·苏云菌的防效较差,药后 10 d 才有 23.4%和 13.4%的防效 ($F=8.678$, $P=0.001$),而灭蝇胺几乎没有效果。

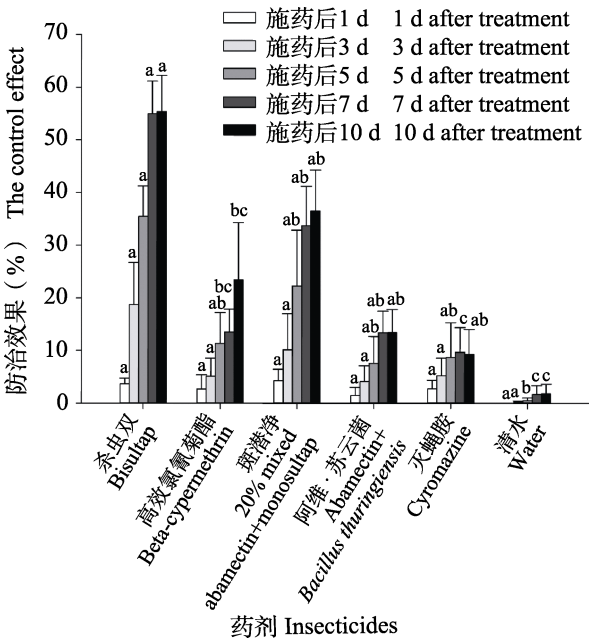


图 1 5 种药剂对田间四季豆上三叶斑潜蝇的防治效果
Fig. 1 The control effect of five insecticides on *Liriomyza trifolii* in the field

所有数值表示为平均数±标准差, 柱上标有不同的小写字母表示不同杀虫剂在处理不同天数在 0.05 水平上具有差异显著性。下图同。
All the values are presented as mean± SE. Histograms with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 levels among different insecticides under different days after treatments. The same below.

此外, 在田间施用 5 种药剂 7 d 后, 四季豆上三叶斑潜蝇寄生蜂的寄生情况见表 1。结果表明: 施用杀虫双和高效氯氰菊酯后, 对田间三叶斑潜蝇寄生蜂的寄生率影响较大, 而斑潜净、阿

维·苏云菌和灭蝇胺对寄生蜂的影响较小 ($F=5.020$, $P<0.05$)。

2.2 室内不同方法对三叶斑潜蝇的防控效果

2.2.1 不同药剂对三叶斑潜蝇幼虫的防效 5 种药剂处理室内四季豆上三叶斑潜蝇幼虫的防效见图 2。结果表明, 杀虫双和斑潜净对三叶斑潜蝇幼虫的防效分别是 96.7%和 90.0%; 高效氯氰菊酯和阿维·苏云菌对幼虫的防效一般, 分别为 33.1%和 26.4%; 而灭蝇胺对三叶斑潜蝇的幼虫没有任何直接的防治效果 ($F=37.852$, $P<0.001$)。

此外, 5 种药剂处理的三叶斑潜蝇幼虫, 其化蛹率和羽化率见表 2。结果表明, 灭蝇胺处理后的三叶斑潜蝇幼虫虽然全部能够化蛹, 但这些蛹均为畸形蛹, 无法再进一步羽化, 可对三叶斑潜蝇的下一代起到控制作用; 杀虫双和斑潜净处理的幼虫仅有极少部分能化蛹, 化蛹率分别为 3.33 %和 10.00 % ($F=37.85$, $P<0.001$), 其中杀虫双对这些蛹的羽化率有较大的影响, 而斑潜净则没有 ($F=7.481$, $P=0.002$); 阿维·苏云菌和高效氯氰菊酯处理的幼虫化蛹率和此后的羽化率都较高, 也表明这两种药剂对三叶斑潜蝇的幼虫效果较差。

2.2.2 不同药剂对三叶斑潜蝇蛹的防效 5 种药剂处理室内饲养的三叶斑潜蝇 1 日龄蛹, 其羽化率见表 3。结果表明, 这 5 种药剂对三叶斑潜蝇的 1 日龄蛹无明显药效, 除了高效氯氰菊酯外, 其他药剂对蛹的防效均低于 10%。

表 1 5 种药剂对田间三叶斑潜蝇寄生蜂的影响
Table 1 The effect of five insecticides on the parasitoids of *Liriomyza trifolii* in the field

处理 Treatments	三叶斑潜蝇数 The number of <i>L. trifolii</i>	寄生蜂数 The number of parasitoids	平均寄生率 (%) Average parasitism rate (%)
杀虫双 Bisultap	15.67±1.86	1.33±0.33	8.00±1.16 a
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	15.00±3.61	1.67±0.67	9.33±1.45 a
斑潜净 20% mixed abamectin+monosultap	9.67±4.67	2.00±0.58	20.00±4.58 ab
阿维·苏云菌 Abamectin+Bacillus thuringiensis	17.33±6.36	4.67±0.33	24.00±5.00 ab
灭蝇胺 Cyromazine	12.67±3.76	3.00±0.58	20.33±2.40 ab
清水 Water	21.67±8.21	7.00±1.15	26.67±3.93 b

在田间施药剂 7 d 后调查所获的数据。所有数值表示为平均数±标准差, 数据后标有不同的小写字母表示不同处理在 0.05 水平上具有差异显著性。表 2 同。
Data were obtained on the seventh day of insecticide application. All the values are presented as mean ± SE, and followed by different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 levels among different treatments. The same as table 2.

2.2.3 浸水对三叶斑潜蝇蛹羽化的影响 对室内饲养的三叶斑潜蝇 1 日龄蛹进行不同时长的浸水处理发现, 浸水处理 12 h 和浸水处理 24 h 后三叶斑潜蝇蛹羽化率仍分别高达 88.9%和 59.3%, 但在浸水处理 36 h 后的羽化率明显降低, 此时羽化率为 11.6%; 当浸水时长超过 72 h, 所有蛹均不能羽化, 此时蛹的死亡率达到 100%($F=129.248$, $P < 0.001$) (图 3)。此结果表明, 三叶斑潜蝇 1 日龄蛹在浸水 3-4 d 后就完全失去羽化能力。

2.2.4 覆土对三叶斑潜蝇蛹羽化的影响 对室内饲养的三叶斑潜蝇一日龄蛹进行不同深度的覆土处理发现, 覆土深度为 1 cm 和 2 cm 时, 蛹的羽化率仍然很高, 分别为 96.3%和 84.7%; 当覆土深度达到 3 cm 时, 其羽化率降低到 76.9%; 覆土深度超过 5 cm 时, 其羽化率显著降低到 20%以下 ($F=14.815$, $P < 0.001$) (图 4)。

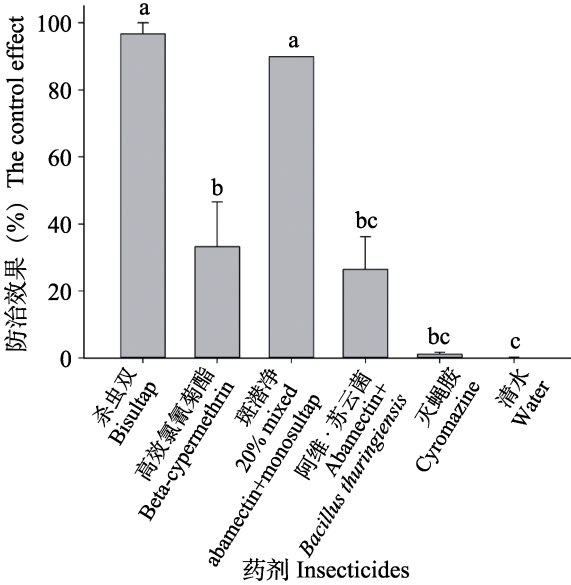


图 2 5 种药剂室内对三叶斑潜蝇幼虫的防效
Fig. 2 The control effect of five insecticides on the larvae of *Liriomyza trifolii* indoor

表 2 5 种药剂室内处理三叶斑潜蝇幼虫对其化蛹及羽化的影响
Table 2 The effect of five insecticides on pupation and emergence of *Liriomyza trifolii* larvae indoor

处理 Treatments	平均化蛹率 (%) Average pupation rate	平均羽化率 (%) Average eclosion rate
杀虫双 Bisultap	3.33±3.33a	33.33±33.33ab
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	66.67±13.33b	62.50±7.22ab
斑潜净 20% mixed abamectin+monosultap	10.00±0.00a	100.00±0.00b
阿维·苏云菌 Abamectin+Bacillus thuringiensis	73.33±9.77bc	82.67±6.01b
灭蝇胺 Cyromazine	98.62±0.69c	0.00±0.00a
清水 Water	96.67±0.33c	93.67±3.18b

表 3 5 种药剂室内对三叶斑潜蝇蛹的防效
Table 3 The control effect of five insecticides on the pupae of *Liriomyza trifolii* indoor

处理 Treatments	防治效果 (%) The control effect	5%显著水平 5% significant level	1%显著水平 1% significant level
杀虫双 Bisultap	8.77±3.51	a	A
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	14.04±6.33	a	A
斑潜净 20% mixed abamectin+monosultap	5.26±5.26	a	A
阿维·苏云菌 Abamectin+Bacillus thuringiensis	3.51±1.71	a	A
灭蝇胺 Cyromazine	5.26±3.04	a	A

所有数值表示为平均数±标准差, 不同的小写字母表示不同处理在 0.05 水平上具有差异显著性, 不同的大写字母表示不同处理在 0.01 水平上具有差异显著性。
All the values are presented as mean ± SE, and followed by different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 levels, while followed by different uppercase letters indicate significant difference at 0.01 levels.

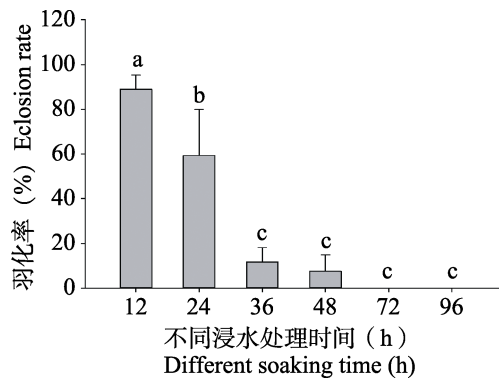


图3 不同时长浸水处理对三叶斑潜蝇蛹羽化率的影响

Fig. 3 Eclosion rate of the pupae of *Liriomyza trifolii* raised indoor after being soaked in water for different time

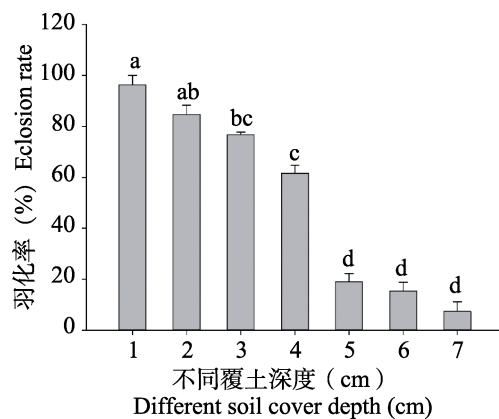


图4 不同深度覆土处理对三叶斑潜蝇蛹羽化率的影响

Fig. 4 Eclosion rate of the pupae of *Liriomyza trifolii* raised indoor after being buried in soil for different depths

3 小结与讨论

本研究选用灭蝇胺、斑潜净、杀虫双、高效氯氰菊酯、阿维·苏云菌 5 种药剂, 在室内采用叶片浸渍法处理室内饲养的三叶斑潜蝇幼虫, 其中杀虫双和斑潜净这 2 种药剂对三叶斑潜蝇幼虫的防效较好, 分别是 96.7% 和 90.0%, 高效氯氰菊酯和阿维·苏云菌的药效低, 仅有 33.1% 和 26.4%, 而灭蝇胺对三叶斑潜蝇的幼虫几乎没有任何防效; 同样使用这 5 种药剂进行田间防治试验, 对三叶斑潜蝇幼虫的防效都很低, 田间防效均未超过 60%, 仅杀虫双有一定的效果, 在药后 7 d 达到 54.9% 的防效, 斑潜净、高效氯氰菊酯和阿维·苏云菌防效较为一般, 灭蝇胺对三叶斑潜蝇幼虫几乎无效。室内及田间试验表明, 田间

药效与室内药效存在较大的差异, 可能是由于田间施药受环境因素的影响较大, 从而影响防治效果。我们的研究表明, 虽然灭蝇胺对三叶斑潜蝇的幼虫防效很差, 而且能够化蛹, 但这些蛹无法进一步羽化, 可对三叶斑潜蝇的下一代起到控制作用, 这些研究结果与唐宏亮等 (2009) 的研究基本一致。作为一种三嗪类的昆虫生长调节剂, 灭蝇胺对双翅目幼虫有特殊活性, 有内吸传导作用, 主要作用是抑制昆虫表皮几丁质合成, 蜕皮、化蛹过程受阻, 导致双翅目幼虫和蛹形态上发生畸变, 从而使成虫羽化不全或受到抑制 (刘长令, 1998; 梁帝允, 2001; 张云霞和薛明, 2001)。由于杀虫双具有内吸性, 可在植物体内双向传导, 因此对潜叶危害的三叶斑潜蝇防效较好; 而菊酯类农药在植物体内渗透性不强, 这也可能是防效较差的原因之一。因此, 针对三叶斑潜蝇幼虫潜叶的危害特点, 选择具有内吸性的杀虫剂和昆虫生长调节剂类的农药进行防治可取得较好的防效。

本研究表明, 试验所用 5 种药剂对三叶斑潜蝇的一日龄蛹均无明显的防效, 这可能是由于三叶斑潜蝇的蛹有一个较硬的蛹壳, 对药剂的渗透具有阻隔作用, 因此建议不在三叶斑潜蝇化蛹高峰期使用药剂防治。同时, 在田间试验表明, 施用杀虫双和高效氯氰菊酯后, 对田间三叶斑潜蝇寄生蜂的寄生率影响较大, 而斑潜净、阿维·苏云菌和灭蝇胺对寄生蜂的影响较小。因此, 在田间使用化学农药防治三叶斑潜蝇时, 注意选择高效、低毒的化学药剂, 尽量兼顾保护天敌。

本研究表明, 三叶斑潜蝇 1 日龄蛹的羽化率随着浸水时间和覆土深度的增加而降低, 浸水 3-4 d 后基本失去羽化能力, 而覆土深度达到 5 cm 时对羽化有明显的抑制效果。因此在田间实际防治工作中, 利用三叶斑潜蝇从潜道爬出掉落在土表化蛹这一特性, 在其化蛹高峰期, 通过翻土使地表的三叶斑潜蝇蛹埋入到 5 cm 深的土壤下; 同时, 灌水浸泡, 保持充分潮湿 3 d 以上, 能够有效降低三叶斑潜蝇蛹的羽化率, 减少或消灭虫源, 压低田间虫口密度, 减轻对下一茬作物的危害。利用浸水和覆土等非化学防治措施用于害虫

防治已有研究报道(李学峰等, 1997; 袁盛勇等, 2004; 党志浩和陈法军, 2011; 周福才等, 2012), 而这些非化学防控技术的研究与应用是现代农
业害虫绿色防控的发展趋势。本文推荐种植者在
田间实际中将化学与非化学防治措施结合使用, 即
在浸水 3-4 d 或覆土 5 cm 的基础上, 在三叶斑潜
蝇幼虫时期推荐使用杀虫双和斑潜净进行防控。

参考文献 (References)

- Announcement of the Ministry of Agriculture of P.R. China, No. 617, 2006. List of National Agricultural Quarantine Pests. [中华人民共和国农业部公告第 617 号, 2006. 全国农业植物检疫性有害生物名单.]
- Chang YW, Shen Y, Dong CS, Gong WR, Tian ZH, Du YZ, 2016. Population dynamics of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza sativae* in Jiangsu. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(4): 884–891. [常亚文, 沈媛, 董长生, 龚伟荣, 田子华, 杜予州, 2016. 江苏地区三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇的发生危害及种群动态. 应用昆虫学报, 53(4): 884–891.]
- Chen JY, Chang YW, Tang XT, Zheng SZ, Du YZ, 2019. Population genetics of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and comparison with four *Liriomyza* species in China based on *COI*, *EF-1a* and microsatellites loci. *Scientific Reports*, 9: 17856.
- Dang ZH, Chen FJ, 2011. Responses of insects to rainfall and drought. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1161–1169. [党志浩, 陈法军, 2011. 昆虫对降雨和干旱的响应与适应. 应用昆虫学报, 48(5): 1161–1169.]
- Gao YL, Reitz SR, Wei QB, Yu WY, Lei ZR, 2012. Insecticide-mediated apparent displacement between two invasive species of leafminer fly. *PLoS ONE*, 7(5): e36622.
- Gao YL, Reitz SR, Wei QB, Yu WY, Zhang Z, Lei ZR, 2014. Local crop planting systems enhance insecticide-mediated displacement of two invasive leafminer fly. *PLoS ONE*, 9(3): e92625.
- Gao YL, Reitz SR, Xing ZL, Ferguson S, Lei ZR, 2017. A decade of a leafminer invasion in China: Lessons learned. *Pest Management Science*, 73(9): 1775–1779.
- Gong WR, Zhu MP, Hu J, Du YZ, 2013. Occurrence regularity and integrated control techniques of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu area. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 41(10): 101–102. [龚伟荣, 褚妹频, 胡婕, 杜予州, 2013. 江苏地区三叶斑潜蝇发生规律与综合防控技术. 江苏农业科学, 41(10): 101–102.]
- Kang L, 1996. Ecology and Sustainable Control of Serpentine Leafminers. Beijing: Science Press. 86–90. [康乐, 1996. 斑潜蝇的生态学与控制. 北京: 科学出版社. 86–90.]

- Kang L, Chen B, Wei JN, Liu TX, 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annual Review of Entomology*, 54: 127–145.
- Lei ZR, Zhu CJ, Zhang CQ, 2007. Risk analysis of alien invasive *Liriomyza trifolii* (Burgess) in China. *Plant Protection*, 33(1): 37–41. [雷仲仁, 朱灿健, 张长青, 2007. 重大外来入侵害虫三叶斑潜蝇在中国的风险性分析. 植物保护, 33(1): 37–41.]
- Li XF, Huang HZ, Zhang WJ, Jiang SJ, 1997. Integrated pest control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in the abroad. *Pesticide Science and Administration*, 62(2): 19–20. [李学峰, 黄华章, 张文吉, 姜士聚, 1997. 国外三叶草斑潜蝇的综合防治. 农药科学与管理, 62(2): 19–20.]
- Liang DY, 2001. A good insecticide for controlling *Liriomyza-cyromazine*. *China Plant Protection*, 21(6): 38. [梁帝允, 2001. 防治斑潜蝇好药剂——潜克. 中国植保导刊, 21(6): 38.]
- Lin CY, 2005. The studies of laboratory population of the *Liriomyza huidobrensis*. Master dissertation. Fuzhou: Fujian Agricultural and Forestry University. [林朝阳, 2005. 南美斑潜蝇 (*Liriomyza huidobrensis*) 实验种群的研究. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学.]
- Liu CL, 1998. Recent advance and outlook on the environmentally friendly insect growth. *Pesticide Science and Administration*, 67(3): 29–31. [刘长令, 1998. 昆虫生长调节剂的开发现状与发展趋势. 农业科学与管理, 67(3): 29–31.]
- Reitz SR, Trumble JT, 2002. Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47: 435–465.
- Spencer KA, 1973. Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance. London: Pitman Press. 219–225.
- Tang HL, Wang YF, Xi DZ, 2009. Study on the control technology of *Liriomyza trifolii* with insecticides. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, (6): 138. [唐宏亮, 王云飞, 奚道珍, 2009. 药剂防治三叶斑潜蝇试验技术研究. 上海农业科技, (6): 138.]
- Wang JF, Sun RL, Sun JM, Sun JS, 2010. First discovery of *Liriomyza trifolii* in Taixing county of Jiangsu Province. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1245–1247. [王建富, 孙瑞林, 孙继明, 孙继生, 2010. 江苏泰兴市首次发现三叶草斑潜蝇疫情. 昆虫知识, 47(6): 1245–1247.]
- Wang KG, Yi H, Lei ZR, Xiang JC, Lian ZM, 2013. Surveys and analysis of competition and displacement between two invasive species of leafminer fly in Hainan province. *Scientia Agricultura Sinica*, 46(22): 4842–4848. [王凯歌, 益浩, 雷仲仁, 相君成, 廉振民, 2013. 两种外来入侵斑潜蝇在海南地区的竞争取代调查分析. 中国农业科学, 46(22): 4842–4848.]
- Wang XJ, Huang DC, Li HM, Xue DY, Zhang RZ, Chen XL, 2006. Invasion and identification of *Liriomyza trifolii* and its potential distribution areas in China. *Chinese Bulletin of Entomology*,

- 43(4): 540–545. [汪兴鉴, 黄顶成, 李红梅, 薛大勇, 张润志, 陈小琳, 2006. 三叶草斑潜蝇的入侵、鉴定及在中国适生区分析. 昆虫知识, 43(4): 540–545.]
- Xiang JC, Lei ZR, Wang HH, Gao YL, 2012. Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species. *Acta Ecologica Sinica*, 32(5): 1616–1623. [相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 高玉林, 2012. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争的研究进展. 生态学报, 32(5): 1616–1623.]
- Xiao T, Guo J, Zhu GM, Yang JH, Pan YL, 2009. Preliminary study of the discovery of *Liriomyza trifolii* in Jurong, Jiangsu province. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 37(1): 126–127. [肖婷, 郭建, 朱桂梅, 杨敬辉, 潘以楼, 2009. 江苏句容地区发现三叶草斑潜蝇初报. 江苏农业科学, 37(1): 126–127.]
- Yang F, Cao JM, Du YZ, 2010. Survey and molecular identification of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu, China. *Plant Protection*, 36(6): 108–111. [杨飞, 曹婧曼, 杜予州, 2010. 江苏地区三叶斑潜蝇发生调查及分子检测. 植物保护, 36(6): 108–111.]
- Yang YM, Ye XY, Li YL, 2010. Geographical distribution and taxonomic identification of *Liriomyza* species in China. *Shandong Agricultural Sciences*, (6): 82–85. [杨永茂, 叶向勇, 李玉亮, 2010. 斑潜蝇害虫在中国的地理分布与分类鉴别. 山东农业科学, (6): 82–85.]
- Yu WY, 2012. The relationship between species displacement and insecticide resistance of leafminer flies. Master dissertation. Xi'an: Shanxi Normal University. [宇文燕, 2012. 斑潜蝇种群更替与抗药性的关系. 硕士学位论文. 西安: 陕西师范大学.]
- Yuan SY, Kong Q, Xiao C, Chen B, Li ZY, Gao YH, 2004. Influence of drowning and pupal depth on the duration and eclosion rate of *Bactrocera dorsalis* Hende. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 23(6): 486–488. [袁盛勇, 孔琼, 肖春, 陈斌, 李正跃, 高永红, 2004. 橘小实蝇化蛹深度和浸水对蛹期及羽化率的影响. 山地农业生物学报, 23(6): 486–488.]
- Zehnder GW, Trumble JT, 1984. Host selection of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasites in adjacent plantings of tomato and celery (*Liriomyza sativae*, *Liriomyza trifolii*). *Environmental Entomology*, 13(2): 492–496.
- Zhang YX, Xue M, 2001. Toxicity evaluation of cyromazine to different instar larvae of *Delia antiqua* (Meigen). *Agrochemicals*, 41(7): 23–24. [张云霞, 薛明, 2012. 灭蝇胺对葱蝇不同龄期幼虫的毒力评价. 农药, 41(7): 23–24.]
- Zhou FC, Hu QJ, Jiang JZ, Gu AX, Ren J, Yang AM, Zhao JZ, 2012. Effects of temperature, soil humidity and soil cover on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) pupae emergence. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 20(12): 1621–1625. [周福才, 胡其靖, 江解增, 顾爱祥, 任佳, 杨爱民, 邵久之, 2012. 温度、湿度和覆土对小菜蛾羽化的影响. 中国生态农业学报, 20(12): 1621–1625.]