

不同药剂和施药方法对韭蛆的田间防治效果

史彩华^{1,2} 胡静荣¹ 杨玉婷¹ 程佳旭¹ 李传仁¹ 张友军^{2*}

(1. 长江大学农学院, 湖北 荆州 434025; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 为筛选对韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 高效低毒的防治药剂、使用剂量及科学合理的施药方法, 分别采用定点喷淋法、二次灌根法和常规灌根法对呋虫胺、噻虫嗪、虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺5种药剂的4个浓度进行田间药效试验。结果表明: 不同药剂相同有效成分用量1.125 kg/hm²下, 第28天的防治效果依次为呋虫胺>噻虫嗪>氟铃脲>虱螨脲>灭蝇胺, 保株效果依次为呋虫胺>噻虫嗪>氟铃脲>虱螨脲>灭蝇胺, 呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲的防治效果分别为100.00%、99.03%和96.82%, 显著高于对照药剂40%辛硫磷乳油(3.600 kg/hm²)的防治效果。与农药残留限定标准比较, 所有韭菜样品的农药残留均未超标。另外, 比较呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲在不同施药方法下对韭蛆的防治效果, 二次灌根法>定点喷淋法>常规灌根法。因此, 选择呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲的有效成分用量分别为1.125、0.900和0.900 kg/hm², 并采用二次灌根法施药对韭蛆有良好的防治效果。
关键词: 韭蛆; 杀虫剂; 韭菜; 防治效果; 施药方法

Field control efficacy of various pesticides and different application methods against Chinese chive gnat *Bradysia odoriphaga*

Shi Caihua^{1,2} Hu Jingrong¹ Yang Yuting¹ Cheng Jiaxu¹ Li Chuanren¹ Zhang Youjun^{2*}

(1. College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei Province, China; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: To screen pesticides with high efficiency and low toxicity and select scientific and reasonable application methods against Chinese chive gnat *Bradysia odoriphaga*, three methods (fixed-point spray, twice root-irrigation, and conventional root-irrigation) were separately applied with five pesticides (dinotefuran, thiamethoxam, lufenuron, hexaflumuron and cyromazine) at four concentrations to test control efficiency in fields. The efficiencies of different insecticides with the same active ingredient (1.125 kg/hm²) against *B. odoriphaga* on the 28th day were: dinotefuran, thiamethoxam>hexaflumuron>lufenuron>cyromazine; the survival efficiencies of different insecticides on Chinese chive were: dinotefuran, thiamethoxam, hexaflumuron>lufenuron>cyromazine, and the control efficiencies of dinotefuran, thiamethoxam and hexaflumuron were 100.00%, 99.03%, and 96.82%, respectively, significantly higher than that of the control pesticide 40% phoxim EC (3.600 kg/hm²). The pesticide residues in all samples were under residue limit standard. In addition, the control efficiencies of dinotefuran, thiamethoxam and hexaflumuron under various application methods against *B. odoriphaga* were: twice root-irrigation>fixed-point spray>conventional root-irrigation. Therefore, the insecticide active ingredients such as dinotefuran at 1.125 kg/hm², thiamethoxam at 0.900 kg/hm² and hexaflumuron at 0.900 kg/hm², applied by twice root-irrigation could produce favorable control effect against *B. odoriphaga*.

Key words: *Bradysia odoriphaga*; pesticide; *Allium tuberosum*; control effect; application method

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201600), 国家自然科学基金(31772170), 湖北省教育厅指导性项目(B2017036)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: zhangyoujun@caas.cn

收稿日期: 2016-08-09

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang, 俗称韭蛆, 隶属双翅目眼蕈蚊科(杨集昆和张学敏, 1985), 在全国大面积发生, 可为害 7 科 30 多种蔬菜、瓜果类和食用菌(薛明等, 2005; Yang et al., 2015)。该虫个体小、繁殖速度快、世代重叠严重, 且以幼虫聚集在土壤中为害韭菜根部、鳞茎和假茎, 早期不易被察觉(梅增霞等, 2003; Li et al., 2015), 一旦发现已经造成危害, 一般田块减产 50% 左右, 严重田块绝收, 甚至毁种。目前, 关于韭蛆的防治研究主要分为 4 大类: 农业防治(党志红等, 2001)、物理防治(王萍等, 2011; 杨峰山等, 2015)、生物防治(孙瑞红等, 2004; 白光瑛等, 2015) 和化学防治(李贤贤等, 2014a)。由于化学防治操作简单、杀虫速度快, 一直备受青睐。然而, 自然界的害虫对农药具有一定的选择性, 作用靶标的药剂是否合适, 施药方法是否科学合理等直接影响杀虫效果。药剂毒性太强, 用药量过多, 药剂在田间的降解速度太慢等, 将直接造成食品安全问题。另外, 科学合理的施药方法不仅有利于药剂快速到达作用靶标, 杀死靶标害虫, 增加防治效果, 也能减少施药量, 降低残留和环境污染(郝亚楠等, 2014; 罗志明等, 2014)。因此, 筛选高效低毒的化学药剂、适宜的使用剂量及科学合理的施药方法, 对防治韭蛆至关重要。

新烟碱类杀虫剂来源于自然界植物, 具有高效低毒的特点, 它是烟碱型乙酰胆碱受体的激动剂, 具有触杀、内吸和胃毒的作用, 对高等动物毒性低(王志超等, 2014)。随着技术的不断改进, 新烟碱类杀虫剂经历了 3 个发展阶段, 第 1 代产品包括吡虫啉、烯啶虫胺、定虫脒和噻虫啉; 第 2 代产品包括噻虫嗪和噻虫胺; 第 3 代产品为呋虫胺。张鹏等(2014)通过室内毒力试验发现, 吡虫啉、噻虫胺、呋虫胺、噻虫啉和噻虫嗪对韭蛆 4 龄幼虫的毒力分别是虫酰肼的 101.6、55.0、32.9、27.2 和 13.6 倍, 具有明显的毒力作用。昆虫生长调节剂在昆虫个体发育时期阻碍或干扰昆虫正常发育, 使其生活能力降低或死亡, 但对高等动物安全。宋增明等(2007)研究表明, 灭蝇胺和氟铃脲处理 1 龄葱蝇 *Delia antique* 幼虫后, 存活幼虫的历期和成虫产卵前期各延长 3 d, 化蛹率降低 26.7%~30.0%, 成虫寿命缩短 22.3~24.3 d, 产卵量降低 35.5%~49.9%; 处理 3 龄幼虫主要导致畸形蛹, 且正常羽化的成虫寿命降低 18.00~20.67 d, 产卵量降低 45.7%~57.8%。李慧等(2016)研究表明, 氟铃脲对韭蛆 2 日龄卵、2 龄幼虫、4 龄幼虫、1 日龄和 3 日龄蛹至羽化时的 LC_{50} 分别为 0.06、0.30、0.34、24.05 和

27.42 mg/L, 毒力程度随韭蛆的发育而逐步下降。但以上研究均在室内进行, 不能反映田间的防治效果。

根据药剂剂型和虫害生活特性不同, 田间防治害虫常用的方法包括喷雾法、撒施法、浇灌法、拌种法和毒饵法等。赵志强等(2012)用 25% 的毒死蜱微囊悬浮剂防治花生蛱螬, 结果表明相同药剂施药方法不同对蛱螬的防治效果也不尽相同, 其中喷穴法防治效果最佳, 其次是拌种法, 常规灌根法最差。刘爱芝等(2012)认为, 不同施药方法相同有效成分的吡虫啉对蛱螬的防治效果差异显著, 其中撒施毒土的防治效果最佳, 拌种法最差。韭蛆与蛱螬都是地下害虫, 不容易防治。田间化学防治韭蛆常以撒施毒土、灌根等方法为主, 关于施药方法对韭蛆防治效果的研究较少。张鹏等(2015)研究表明, 喷淋施药比常规灌溉施药有利于噻虫嗪和噻虫胺更好地杀死韭蛆。史彩华等(2016a, b)根据韭蛆喜湿, 干旱时喜欢钻入韭菜鳞茎和根茎等部位进行为害的特性, 提出了二次灌根法。

本试验分别采用定点喷淋法(张鹏等, 2015)、二次灌根法(史彩华等, 2016b)和常规灌根法(张鹏等, 2015)3 种方法, 对 2 种新烟碱类药剂(20% 呋虫胺水分散粒剂和 25% 噻虫嗪水分散粒剂)和 3 种昆虫生长调节剂(5% 虱螨脲悬浮剂、5% 氟铃脲乳油和 50% 灭蝇胺可湿性粉剂)进行田间药效试验, 以期筛选出防治效果好、残留低, 且使用剂量适宜的药剂, 并提出科学合理的施药方法。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物: 韭菜品种为 791 韭菜, 购自河南省富生种业有限公司, 2012 年 4 月 5 日种植于北京市顺义区中国农业科学院蔬菜花卉研究所农场。

药剂及仪器: 呋虫胺(dinotefuran)20% 水分散粒剂, 江苏德盛生物科技有限公司; 噻虫嗪(thiamethoxam)25% 水分散粒剂, 上海禾本药业有限公司; 虱螨脲(lufenuron)5% 悬浮剂, 山东青岛美德龙化工有限公司; 氟铃脲(hexaflumuron)5% 乳油, 浙江瑞邦生物化工有限公司; 灭蝇胺(cyromazine)50% 可湿性粉剂, 济南科海有限公司; 辛硫磷(phoxim)40% 乳油, 河北天顺生物工程有限公司。联康 16 L 电动喷雾器, 汕头市澄海区东里永盛喷雾器厂; Acquity-TQD 超高效液相色谱-串联质谱, 美国沃特斯公司; Endeavorisil C₁₈ 不锈钢柱, 北京迪马欧泰科技发展中心; ZP-200 振荡仪, 太仓市实验设备厂; BU-

CHI-215型旋转蒸发浓缩仪,瑞士步琦有限公司。

1.2 方法

1.2.1 药剂及用量的筛选试验

本试验于2016年4月13日至5月11日在北京市顺义区中国农业科学院蔬菜花卉研究所农场进行,挑选韭菜长势一致的露天田块进行小区划分,每个小区面积 30 m^2 ,长 $\times$ 宽为 $6\text{ m}\times 5\text{ m}$ 。选择5种药剂防治韭蛆,参考宋增明等(2007)、张鹏等(2014)、李照诺等(2015)对韭蛆毒力测定的结果,对每种药剂分别设置4个浓度进行田间试验。每个药剂的每个浓度为1个处理,每个处理的小区面积为 30 m^2 ,每个处理重复4次。新烟碱类药剂2种:20%呋虫胺水分散粒剂和25%噻虫嗪水分散粒剂,其有效成分用量相同,分别为 0.675 、 0.900 、 1.125 和 1.350 kg/hm^2 ;昆虫生长调节剂3种:5%虱螨脲悬浮剂和5%氟铃脲乳油的有效成分用量相同,分别为 0.450 、 0.675 、 0.900 和 1.125 kg/hm^2 ;50%灭蝇胺可湿性粉剂的有效成分用量分别为 1.125 、 1.500 、 1.875 和 2.25 kg/hm^2 。清水为空白对照;40%辛硫磷乳油为对照药剂,有效成分用量为 3.600 kg/hm^2 。将上述药量分别放入喷雾器的药桶中,加入 15 L 水配成药液,用喷头对准韭菜根茬逐一喷淋,每穴喷 $20\sim 25\text{ mL}$ 。定点喷淋结束后,立即用大水浇灌试验小区,水深 $4\sim 5\text{ cm}$ 。

1.2.2 田间防治效果的调查方法

根据GB/T 17980.67—2004进行调查并稍作修改。施药前调查每个小区的虫口基数,然后割除韭菜进行施药。药后第7、14、21和28天分别采取Z字型5点取样调查每个小区的韭蛆数量,每点相邻2穴,每穴约 $15\sim 25$ 株,每个小区共调查10穴。根据调查数据计算防治效果,防治效果 $= (1 - \text{空白对照区药前虫口数量} \times \text{处理区药后虫口数量} / (\text{空白对照区药后虫口数量} \times \text{处理区药前虫口数量})) \times 100\%$ 。

1.2.3 韭菜保株效果及药剂残留的检测方法

每个小区连续标记20穴韭菜,施药前、施药后第21和28天分别逐一调查其被害株数。根据GB/T 17980.67—2004计算受害株率和保株效果。受害株率 $= \text{调查受害株数} / \text{调查总株数} \times 100\%$;保株效果 $= (\text{空白对照区药后受害株率} - \text{处理区药后受害株率}) / \text{空白对照区药后受害株率} \times 100\%$ 。

根据韭菜生长周期和上市特点,施药后第28天分别在每个小区随机取 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}$ 韭菜田,割取后随机称取 1 kg 韭菜样品送北京市农林科学院植物保护环境保护研究所测定农药残留量,具体测定方法、韭菜前期处理和仪器条件参照罗梅梅等(2014)

进行,将测定结果与最大残留限量进行比较,若测定值小于最大残留限量,则判断农药残留未超标。呋虫胺和灭蝇胺的残留限量标准参照日本,噻虫嗪、氟铃脲和虱螨脲的残留限量标准参照中国。

1.2.4 施药方法的筛选试验

本试验于2016年5月14日至6月12日在北京市顺义区中国农业科学院蔬菜花卉研究所农场进行,挑选韭菜长势一致的露天田块进行小区划分,每个小区面积为 30 m^2 ,长 $\times$ 宽为 $6\text{ m}\times 5\text{ m}$ 。根据药剂筛选结果,综合考虑药剂对韭蛆的防治效果和对韭菜的保株效果,设4个处理,即20%呋虫胺水分散粒剂 1.125 kg/hm^2 、25%噻虫嗪水分散粒剂 0.900 kg/hm^2 、5%氟铃脲乳油 0.900 kg/hm^2 和清水空白对照,每个处理重复4次,分别进行定点喷淋法、二次灌根法和常规灌根法3种施药方法的比较。定点喷淋法同1.2.1。二次灌根法:施药前2 d对各试验小区大水浇灌,水深 $4\sim 5\text{ cm}$;施药时,首先给空白对照组灌溉清水,确保水量能灌满整个小区为宜,并记录用水量;再将试验安排的药剂分别溶入固定的水量中,搅拌均匀后分别灌入各小区。常规灌根法:按照北方农民长期施药的方法,大水浇灌的同时直接倒入化学农药,让药剂随水流入韭菜地,水深为 $4\sim 5\text{ cm}$ 。施药前虫口基数、药后第14和28天韭蛆数量的调查方法同1.2.2。

1.3 数据分析

将防治效果和保株效果转化成反正弦平方根后采用SPSS 17.0进行数据分析,采用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 药剂及用量的筛选结果

2.1.1 不同药剂及用量下的田间防治效果

施药后第7天,有效成分用量均为 1.125 kg/hm^2 的呋虫胺、噻虫嗪、虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺对韭蛆的防治效果依次为 95.46% 、 95.12% 、 71.21% 、 79.07% 和 43.92% ,其中呋虫胺和噻虫嗪的防治效果最佳,显著高于其它3种药剂,灭蝇胺最差;施药后第14天的防治效果依次为 96.61% 、 98.45% 、 75.13% 、 83.48% 和 64.43% ,其中呋虫胺和噻虫嗪的防治效果最好,显著高于其它3种药剂($P<0.05$);施药后第21天的防治效果依次为 100.00% 、 99.52% 、 78.69% 、 96.84% 和 62.59% ,其中呋虫胺和噻虫嗪的防治效果最好,显著高于其它3种药剂($P<0.05$),但氟铃脲的防治效果相比第7天和14天显著上升($P<0.05$);施药后

第 28 天的防治效果依次为 100.00%、99.03%、79.37%、96.82% 和 62.93%, 其中呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲的防治效果均显著高于虱螨脲和灭蝇胺(表 1)。

与对照药剂 40% 辛硫磷乳油 (3.600 kg/hm²) 相比, 有效成分用量为 1.125 kg/hm² 的呋虫胺和噻虫嗪药后第 7 天的防治效果显著高于对照组, 而氟铃脲和虱螨脲的防治效果与对照组无显著差异, 灭蝇胺的防治效果显著低于对照组; 氟铃脲药后第 21 天,

防治效果显著高于对照组(表 1)。调查比较相同有效成分用量的呋虫胺、噻虫嗪、虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺 5 种药剂对韭蛆的防治效果, 结果表明呋虫胺和噻虫嗪之间的防治效果并无显著差异, 但始终显著高于虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺的防治效果; 虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺的防治效果随着时间的推移逐渐提高, 其中氟铃脲的防治效果提高最显著; 灭蝇胺的防治效果最差, 显著低于其它 4 种药剂 ($P<0.05$)。

表 1 不同药剂对韭蛆的防治效果
Table 1 Control efficiencies against *Bradysia odoriphaga* by applying different pesticides

药剂 Pesticide	有效成分量 Dosage (kg/hm ²)	虫口基数 (头) Population base	防治效果 Control efficiency (%)			
			7 d	14 d	21 d	28 d
呋虫胺 Dinotefuran	0.675	239	72.29±4.69 ef	80.70± 2.77 cdef	83.70±5.05 defg	79.82±6.91 fgh
	0.900	264	73.87±6.33 def	86.27±1.28 cd	86.17±4.36 d	87.24±3.25 ef
	1.125	316	95.46±2.33 b	96.61±5.41 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
	1.350	277	98.72±1.48 a	99.31±1.39 a	100.00±0.00 a	98.85±1.37 abc
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.675	235	76.50±3.12 de	83.50±3.38 cde	84.74±4.18 de	86.62±8.13 ef
	0.900	198	86.10±2.48 c	94.00±2.33 b	98.98±1.23 ab	97.26±2.20 bc
	1.125	307	95.12±1.58 b	98.45±3.11 a	99.52±0.96 a	99.03±1.94 ab
	1.350	292	92.74±4.26 b	99.01±1.99 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
虱螨脲 Lufenuron	0.450	331	34.38±10.57 i	61.84±13.60 h	69.81±4.43 hi	69.05±5.42 ij
	0.675	237	60.83±3.76 g	70.14±5.11 fgh	71.25±8.55 h	75.64±4.26 hi
	0.900	282	67.38±2.11 fg	76.08±6.88 defg	74.93±5.18 h	77.49±3.05 ghi
	1.125	257	71.21±2.54 ef	75.13±3.40 efg	78.69±5.26 efgh	79.37±2.54 fgh
氟铃脲 Hexaflumuron	0.450	266	42.59±8.59 hi	62.18±5.39 h	76.92±8.40 efgh	73.95±9.51 hi
	0.675	348	81.22±4.95 cd	81.88±6.85 cde	84.32±6.09 def	85.93±1.42 fg
	0.900	303	77.70±3.38 de	86.45±8.18 bc	92.91±3.40 c	92.24±4.88 de
	1.125	274	79.07±3.84 de	83.48±3.41 cde	96.84±2.51 b	96.82±1.23 cd
灭蝇胺 Cyromazine	1.125	251	43.92±9.03 h	64.43±8.86 gh	62.59±3.22 i	62.93±6.00 j
	1.500	234	59.36±4.07 g	75.98±4.55 defg	76.85±2.52 fgh	71.09±7.73 hij
	1.875	192	70.66±3.51 ef	77.96±4.65 cdef	76.05±2.47 gh	73.88±4.77 hi
	2.250	288	70.73±6.90 ef	69.10±7.86 fgh	77.22±1.69 efgh	80.88±1.68 fgh
辛硫磷 Phoxim (CK)	3.600	259	74.05±2.23 def	77.34±3.58 cdef	76.65±5.66 fgh	79.62±5.94 fgh

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ by Duncan's new multiple range test.

2.1.2 不同药剂及用量下韭菜保株效果及残留量

施药后第 21 天, 有效成分用量 1.125 kg/hm² 的呋虫胺、噻虫嗪、虱螨脲、氟铃脲和灭蝇胺的韭菜保株效果依次为 80.07%、77.59%、71.13%、87.28% 和 39.17%, 其中呋虫胺、噻虫嗪、虱螨脲和氟铃脲之间保株效果差异不显著, 但均显著高于灭蝇胺; 施药后第 28 天的韭蛆保株效果依次为 90.86%、90.89%、82.19%、93.71% 和 48.23%, 其中呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲的保株效果最佳, 且差异不显著, 但均显著高于

虱螨脲和灭蝇胺(表 2)。与对照药剂 40% 辛硫磷乳油 (3.600 kg/hm²) 相比, 有效成分用量为 1.125 kg/hm² 的呋虫胺、噻虫嗪和氟铃脲药后第 28 天对韭菜的保株效果显著高于对照组, 而虱螨脲的保株效果与对照组无显著差异, 灭蝇胺的保株效果显著低于对照组。与农药残留限定标准比较, 所有韭菜样品农药残留均未超标(表 2)。

2.2 施药方法的筛选结果

同种药剂和剂量的不同施药方法, 二次灌根法

对韭蛆的防治效果最佳,其次是定点喷淋法,常规灌根法防治韭蛆效果最差。施用呋虫胺后第14天,定点喷淋法、二次灌根法和常规灌根法对韭蛆的防治效果分别为90.01%、98.00%和70.59%,噻虫嗪的防治效果分别为82.99%、96.76%和66.17%,氟铃脲的防治效果分别为78.95%、87.75%和72.79%;施用呋虫胺后第28天,定点喷淋法、二次灌根法和常规灌

根法对韭蛆的防治效果分别为89.12%、95.67%和74.19%,噻虫嗪的防治效果分别为85.68%、98.32%和73.69%,氟铃脲的防治效果分别为87.19%、93.39%和76.66%。综上所述,无论第14天还是第28天,以上3种药剂均表现出二次灌根法对韭蛆的防治效果显著高于定点喷淋法和常规灌根法($P<0.05$),其中常规灌根法的防治效果最差(图1)。

表2 不同药剂下韭菜的保株效果及残留量

Table 2 Survival efficiencies of Chinese chive by applying different pesticides and pesticide residue analysis

药剂 Pesticide	有效成分量 Dosage (kg/hm ²)	保株效果 Survival efficiency (%)		残留量 Residue (mg/kg)	限定标准 Limit (mg/kg)
		21 d	28 d		
呋虫胺 Dinotefuran	0.675	52.45±6.92 ghij	72.76±4.69 hij	<0.01	15.00 (Japan)
	0.900	67.25±11.06 cdefg	80.51±8.10 fg	<0.01	
	1.125	80.07±7.46 abc	90.86±2.80 cd	<0.01	
	1.350	89.51±4.91 a	99.02±1.23 a	<0.01	2.00 (China)
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.675	50.94±13.35 hij	71.88±7.48 hij	<0.01	
	0.900	65.20±12.02 defgh	83.07±5.25 ef	<0.01	
	1.125	77.59±7.13 bcd	90.89±2.56 cd	<0.01	
	1.350	86.63±8.23 ab	95.95±1.62 b	<0.01	0.01 (China)
虱螨脲 Lufenuron	0.450	38.78±9.07 j	52.85±5.69 l	<0.01	
	0.675	38.77±5.37 j	54.22±7.96 l	<0.01	
	0.900	56.96±4.17 fghi	67.82±2.28 ijk	<0.01	
	1.125	71.13±8.38 cdef	82.19±3.83 efg	<0.01	0.02 (China)
氟铃脲 Hexaflumuron	0.450	53.62±7.85 ghij	62.68±4.01 k	<0.01	
	0.675	66.79±9.91 cdefg	76.85±4.44 fgh	<0.01	
	0.900	80.42±5.57 abc	87.58±5.17 de	<0.01	
	1.125	87.28±6.69 ab	93.71±3.07 bc	<0.01	3.00 (Japan)
灭蝇胺 Cyromazine	1.125	39.17±8.13 j	48.23±3.73 l	<0.01	
	1.500	45.66±9.90 ij	53.20±6.33 l	<0.01	
	1.875	58.33±10.68 efghi	65.29±5.75 jk	<0.01	
	2.250	67.08±10.53 cdefg	74.78±1.85 ghi	<0.01	0.02 (China)
辛硫磷 Phoxim (CK)	3.600	71.97±2.65 cde	78.24±1.87 fgh	0.01	

表中数据为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

化学农药对害虫的防治效果与药剂的种类和使用剂量有关。丁倩等(2017)对河南、山东等7个省市田间韭蛆的抗药性进行监测,发现韭蛆对辛硫磷、毒死蜱等有机磷类药剂均产生了较高的抗药性,对新烟碱类药剂的抗药性处于低等或中等水平。因此,新烟碱类杀虫剂在韭蛆防治上具有替代有机磷药剂的潜力。李慧等(2015)研究表明,噻虫嗪等7种新烟碱类杀虫剂对韭蛆均具有较高的毒力,其中呋虫胺浓度为100 mg/L时对韭蛆的致死率最高,达96.35%。本研究的田间试验结果也表明,在5种药剂中,相同浓度的新烟碱类杀虫剂呋虫胺和噻虫嗪

对韭蛆的防治效果最佳且新烟碱类杀虫剂杀死韭蛆的速度显著高于昆虫生长调节剂。因为昆虫生长调节剂是一类特异性杀虫剂,使用时不会直接杀死害虫,而是在害虫发育时期通过阻碍或干扰其正常生长,使其生存能力降低或死亡,进而影响后代繁殖或种群建立(马晓丹等,2015)。游灵等(2012)报道虱螨脲和氟铃脲均可显著抑制亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 的生长发育和繁殖。本研究选用的氟铃脲、虱螨脲和灭蝇胺3种生长调节剂均是几丁质合成抑制剂(马晓丹等,2015)。田间试验表明,相同浓度的氟铃脲、虱螨脲和灭蝇胺对韭蛆均有较好的防治效果,其中氟铃脲>虱螨脲>灭蝇胺,且这3种药剂第28天的防治效果均显著高于第7天的

防治效果,这可能与它们作用不同虫态时表现不同的活性有关。氟铃脲具有很强的杀虫和杀卵活性,而且见效快;虱螨脲是最新一代取代脲类杀虫剂,主要作用于幼虫,阻止其脱皮并致死;灭蝇胺具有很强的选择性,可以使昆虫幼虫和蛹的形态变畸,抑制成虫羽化,但见效较慢,持效时间较长(宋增明等,2007)。昆虫生长调节剂作为一种新型的化学杀虫

剂,与传统的化学农药杀虫剂相比,具有污染小、毒性小,基本不影响害虫的天敌(芮昌辉等,2012)。因此,韭菜生产中可以选择合适的昆虫生长调节剂防治韭蛆。病虫害的防治效果随着药剂用量的增加,呈先增加后稳定的趋势。本研究也再次说明,盲目加大药剂的施用剂量,容易导致环境污染和增加农药残留风险(屠予钦等,1996)。

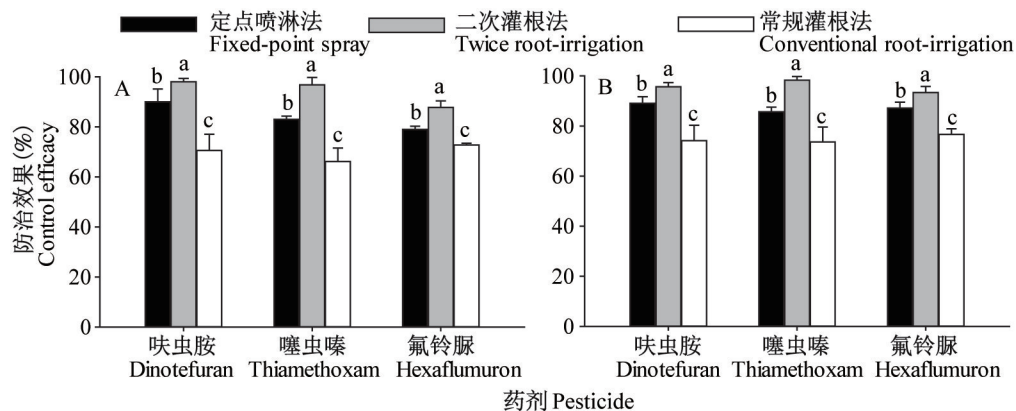


图1 不同施药方法施药14 d (A)和28 d (B)后对韭蛆的防治效果

Fig. 1 Control efficiencies after 14 d (A) and 28 d (B) by different application methods against *Bradysia odoriphaga*

图中数据为平均数±标准差。同一药剂处理内不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are the mean±SD. Different letters for the same pesticide indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's new multiple range test.

作物的保株效果和增产与病虫害的防治效果密不可分。刘爱芝等(2012)研究表明,撒施吡虫啉毒土后花生蛱蛄的防治效果、保果效果和产量提升三者之间呈正相关。史彩华等(2016b)研究表明,韭蛆的防治效果、韭菜的保株效果和韭菜的产量三者之间呈正相关。本研究也证明了韭蛆的防治效果与韭菜的保株效果之间呈正相关趋势,与前人的研究结果一致。农药残留与施药剂量、施药方法和施药时期等紧密相关。蔬菜生长过程中,不使用高残留的药剂,在蔬菜收获期尽量不施药,避免农药残留。魏书娟等(2009)研究表明,不同施药方法下甘蓝上农药残留量不尽相同,喷雾法第3天甘蓝叶片中的药剂残留量显著高于灌根法,而第21天的残留量显著低于灌根法。本研究发现所有韭菜样品的农药残留均未超标,可能与药物并非高残农药、剂量不高、施药时期较准和施药方法较合理等有关。

科学合理的施药方法是影响害虫防治效果的关键途径,也是发挥药物最大活性的基础。郝亚楠等(2014)研究不同施药方法对麦红吸浆虫 *Sitodiplosis mosellana* 的防治效果,结果表明毒死蜱和吡虫啉2种药剂的撒施毒土法的防治效果显著高于喷雾法。张鹏等(2015)采用定点喷淋和常规灌根法施用噻虫嗪和噻虫胺防治韭蛆,结果表明定点喷淋比常规灌

根法更利于药液到达地下靶标,对韭蛆的防治效果更好,与本研究结果一致。本试验比较了定点喷淋、二次灌根法和常规灌根法3种施药方法对韭蛆的防治效果,结果表明,二次灌根法对韭蛆的防治效果最佳,其次是定点喷淋法,常规灌根法效果最差。韭蛆喜湿,在干旱的土壤条件下喜欢藏匿于韭菜的根茎或鳞茎内(史彩华等,2016a),二次灌根法提前在田间灌水增加土壤湿度,可以诱出藏匿在韭菜根茎或鳞茎内的韭蛆,让药剂更好地与韭蛆接触,将其杀死,另外,二次灌根法提前在田间灌水提高土壤含水量,有利于第2次灌溉的药水混合物快速分散至整个田块,确保每株韭菜均接触药剂,最大限度地杀死韭菜根部的韭蛆(史彩华等,2016b),因此,该方法对韭蛆的防治效果最佳。定点喷淋法和常规灌根法不具备诱出藏匿在韭菜根茎或鳞茎内韭蛆的优势。常规灌根法不可能保证药剂与水充分混匀,大量韭蛆无法与药物充分接触而继续存活,因此该方法的防治效果最差。

新烟碱类药剂噻虫嗪和有机磷类药剂辛硫磷均具有明显的正温度效应,即随着温度的升高毒力增强(李贤贤等,2014b);昆虫生长调节剂同样也受温度的影响较大,与昆虫的生长发育密切相关(冯惠玲和黄彰欣,1997)。以上药剂与环境温度、韭蛆的发

育虫态等之间的关系有待进一步研究,以明确最佳的施药时期。另外,本研究中二次灌根法的防治效果最佳,但操作比较复杂,不适合对大面积韭菜地进行施药;常规灌根法操作最简单,一直受农户青睐,但防治效果最差。通过机械手段将药剂与水流充分混匀,再采用二次灌根法浇灌到田间防治韭蛆,也是下一步亟待解决的问题。

致谢:北京市农林科学院植物保护环境保护研究所贺敏老师对韭菜农药残留的检测及对试验提供支持,特此致谢!

参 考 文 献 (References)

- Bai GY, Ma HK, Wang XY, Wu LL, Shen GS, Gu XS, Ruan WB. 2015. Research progress on controlling *Bradysia odoriphaga* by entomopathogenic nematodes. *China Plant Protection*, 35(4): 25–33 (in Chinese) [白光琰, 马海鲲, 王孝莹, 吴林林, 沈广爽, 谷希树, 阮维斌. 2015. 利用昆虫病原线虫防治韭菜迟眼蕈蚊的研究进展. *中国植保导刊*, 35(4): 25–33]
- Dang ZH, Dong JZ, Gao ZL, Jia HM, Zhang KJ, Pan WL. 2001. Biology and injury of *Bradysia odoriphaga* on leek in different types of cultivation. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 24(4): 65–68 (in Chinese) [党志红, 董建臻, 高占林, 贾海民, 张克锦, 潘文亮. 2001. 不同种植方式下韭菜迟眼蕈蚊发生为害规律的研究. *河北农业大学学报*, 24(4): 65–68]
- Ding Q, Wang YT, Liu JJ, Shi XY, Gao XW, Song DL. 2017. Monitoring the resistance of field populations of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang in the main leek producing areas in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1242–1249 [丁倩, 王意婷, 刘俊杰, 史雪岩, 高希武, 宋敦伦. 2017. 我国韭菜主产区韭菜迟眼蕈蚊田间种群的抗药性监测. *应用昆虫学报*, 53(6): 1242–1249]
- Feng HL, Huang ZX. 1997. Effects of RH-5849 against larvae of diamondback moth under different temperatures. *Plant Protection*, 23(5): 10–12 (in Chinese) [冯惠玲, 黄彰欣. 1997. 不同温度下抑食肼对小菜蛾幼虫的药效试验. *植物保护*, 23(5): 10–12]
- Hao YN, Miao J, Wu YQ, Wu JX, Cheng WN. 2014. Comparison of efficiency of monitoring, and pesticide application methods for, *Sitotiplosis mosellana* (Géhin) (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Applied Entomology*, 51(6): 1628–1632 (in Chinese) [郝亚楠, 苗进, 武予清, 仵均祥, 成卫宁. 2014. 麦红吸浆虫不同监测与施药方法比较. *应用昆虫学报*, 51(6): 1628–1632]
- Li H, Zhao YH, Wang QH, Han JK, Liu F, Mu W. 2015. Comparison of systemic activity of neonicotinoid insecticides in leeks and its toxicity to larvae of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 17(2): 156–162 (in Chinese) [李慧, 赵贺, 王秋红, 韩京坤, 刘峰, 慕卫. 2015. 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. *农药学报*, 17(2): 156–162]
- Li H, Zhao YH, Wang QH, Liu F, Mu W. 2016. Toxic characters and toxicity of hexaflumuron against *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Sciaridae) at different developmental stages. *Journal of Plant Protection*, 43(4): 670–676 (in Chinese) [李慧, 赵贺, 王秋红, 刘峰, 慕卫. 2016. 氟铃脲对韭菜迟眼蕈蚊不同虫态的致毒特点及毒力. *植物保护学报*, 43(4): 670–676]
- Li WX, Yang YT, Xie W, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhu X, Wang SJ, Zhang YJ. 2015. Effects of temperature on the age-stage, two-sex life table of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). *Journal of Economic Entomology*, 108(1): 126–134
- Li XX, Ma XD, Xue M, Li ZX. 2014b. Toxicity of insecticides to *Bradysia odoriphaga* at different temperatures and their control effect in the fields. *Northern Horticulture*, (9): 125–128 (in Chinese) [李贤贤, 马晓丹, 薛明, 李朝霞. 2014b. 不同药剂对韭菜迟眼蕈蚊致毒的温度效应及田间药效. *北方园艺*, (9): 125–128]
- Li XX, Ma XD, Xue M, Zhao HP, Li ZX. 2014a. Toxic effects of clothianidin and other five kinds of insecticides to *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Plant Protection*, 41(2): 225–229 (in Chinese) [李贤贤, 马晓丹, 薛明, 赵海鹏, 李朝霞. 2014a. 噻虫胺等药剂对韭菜迟眼蕈蚊的致毒效应. *植物保护学报*, 41(2): 225–229]
- Li ZN, Gu XS, Xu WH, Xu JY, Chen JR. 2015. Study on toxic effect of 8 kinds of insecticides to *Bradysia odoriphaga*. *Shandong Agricultural Sciences*, 47(6): 107–108 (in Chinese) [李照诺, 谷希树, 徐维红, 许静杨, 陈俊荣. 2015. 八种药剂对韭菜迟眼蕈蚊致毒效应研究. *山东农业科学*, 47(6): 107–108]
- Liu AZ, Han S, Liang JJ. 2012. Effects of different application methods of imidacloprid on control of peanut white grubs and yield increase of peanut. *Plant Protection*, 38(6): 161–165 (in Chinese) [刘爱芝, 韩松, 梁九进. 2012. 吡虫啉不同施药方法对花生蛴螬防控效果以及对产量的影响. *植物保护*, 38(6): 161–165]
- Luo MM, Zhu XD, He M, Tie BQ, Wang D. 2014. Determination of 4 insecticides residues in leek by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Agrochemicals*, 53(11): 821–824 (in Chinese) [罗梅梅, 朱晓丹, 贺敏, 铁柏清, 王东. 2014. 超高效液相色谱-串联质谱法检测韭菜中4种杀虫剂残留. *农药*, 53(11): 821–824]
- Luo ZM, Li WF, Huang YK, Yin J, Shen K, Li J, Wang XY, Zhang RY, Shan HL. 2014. Control efficacies of thiamethoxam and its mixtures with different application methods on three kinds of sugarcane insect pests. *Plant Protection*, 40(4): 166–170 (in Chinese) [罗志明, 李文凤, 黄应昆, 尹炯, 申科, 李俊, 王晓燕, 张荣跃, 单红丽. 2014. 噻虫嗪及其复配制剂不同施药方法对3种甘蔗害虫的防控效果. *植物保护*, 40(4): 166–170]
- Ma XD, Xue M, Li ZX, Zhao HP, Ji GX. 2015. Toxic effects of five insect growth regulators on chive gnat *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Plant Protection*, 42(2): 271–277 (in Chinese) [马晓丹, 薛明, 李朝霞, 赵海朋, 纪桂霞. 2015. 五种昆虫生长调节剂对韭菜迟眼蕈蚊的致毒作用. *植物保护学报*, 42(2): 271–277]
- Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, Hua L. 2003. The biology, ecology and management of *Bradysia odoriphaga*. *Entomological Knowledge*, 40(5): 396–398 (in Chinese) [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]
- Rui CH, Liu J, Ren L. 2012. Toxicological mechanisms and resistance of insect growth regulators. *Journal of Biosafety*, 21(3): 177–183 (in Chinese) [芮昌辉, 刘娟, 任龙. 2012. 昆虫生长调节剂的毒理机制与抗药性研究进展. *生物安全学报*, 21(3): 177–183]
- Shi CH, Hu JR, Li CR, Zhang YJ. 2016b. Evaluation of the effectiveness of eight pesticides, and two different application methods, for controlling chive gnats. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1225–1232 (in Chinese) [史彩华, 胡静荣, 李传仁, 张友军. 2016b. 采用两种不同施药方法评价八种药剂对韭蛆的防治效果. *应用昆虫学报*, 53(6): 1225–1232]
- Shi CH, Yang YT, Han HL, Cheng JX, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ. 2016a. Population dynamics and summer and winter habitats of *Bradysia odoriphaga* in the Beijing area. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1174–1183 (in Chinese) [史彩华, 杨玉婷, 韩昊霖, 程佳旭, 吴青君, 徐宝云, 张友军. 2016a. 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]
- Song ZM, Xue M, Wang HT. 2007. Effects of six insect growth regulators on the growth, development and reproduction of *Delia antiqua* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50(8): 775–781 (in Chinese) [宋增明, 薛明, 王洪涛. 2007. 六种昆虫生长调节剂对葱蝇生长发育和繁殖力的影响. *昆虫学报*, 50(8): 775–781]
- Sun RH, Li AH, Han RC, Cao L, Liu XL. 2004. Factors affecting the control of *Bradysia odoriphaga* with entomopathogenic nematode *Heterorhabditis indica* LN2. *Natural Enemies of Insects*, 26(4): 150–155 (in Chinese) [孙瑞红, 李爱华, 韩日畴, 曹莉, 刘秀玲. 2004. 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. *昆虫天敌*, 26(4): 150–155]
- Tu YQ, Yuan HZ, Huang HY, Qi SH. 1996. Scientific use of pesticides on the basis of pesticide application technology. *Journal of Plant Protection*, 23(3): 275–280 (in Chinese) [屠予钦, 袁会珠, 黄宏英, 齐淑华. 1996. 农药的科学使用问题与农药应用工艺学. *植物保护学报*, 23(3): 275–280]
- 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*. *Journal of Plant Protection*, 38(6): 513–520 (in Chinese) [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 ZC, Wang SY, Shi XY, Song DL, Gao XW. 2014. Toxicity of the mixtures of imidacloprid and three different organophosphate insecticides to the larvae of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. *Journal of Plant Protection*, 41(4): 511–512 (in Chinese) [王志超, 王思一, 史雪岩, 宋敦伦, 高希武. 2014. 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. *植物保护学报*, 41(4): 511–512]
- Wei SJ, Zong JP, Wang HY, Luo WC. 2009. Residue of acetamiprid in the plant cabbage and control effect against aphids with different applications. *Agrochemicals Research & Application*, 13(2): 25–28 (in Chinese) [魏书娟, 宗建平, 王海迎, 罗万春. 2009. 啉虫脒不同施药方法在甘蓝中的残留及其对蚜虫的防效. *农药研究与应用*, 13(2): 25–28]
- Xue M, Wang CX, Pang YH. 2005. Effect of different host plants on pesticides susceptibility of larvae of *Bradysia odoriphaga* and its biochemistry mechanism. *Journal of Plant Protection*, 32(4): 416–420 (in Chinese) [薛明, 王承香, 庞云红. 2005. 取食不同寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊幼虫药剂敏感性的影响及其生化机制. *植物保护学报*, 32(4): 416–420]
- Yang FS, Xu ZH, Lu HG, Li C, Liu CG. 2015. Studies on *Bradysia odoriphaga* laying eggs in different hosts and its phototaxis to LED. *China Vegetables*, (7): 45–48 (in Chinese) [杨峰山, 徐振华, 鲁红刚, 李超, 刘春光. 2015. 韭菜迟眼蕈蚊在不同寄主上产卵及对LED光趋性的研究. *中国蔬菜*, (7): 45–48]
- Yang JK, Zhang XM. 1985. Notes on the fragrant onion gnats with descriptions of two new species of *Bradysia* (Diptera: Sciaridae). *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 11(2): 153–156 (in Chinese) [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): 153–156]
- Yang YT, Li WX, Xie W, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Li CR, Zhang YJ. 2015. Development of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) as affected by humidity: an age-stage, two-sex, life-table study. *Applied Entomology and Zoology*, 50(1): 3–10
- You L, Tian SR, Liu W, Wei HY, Wang GL. 2012. Effects of benzoyl-phenylurea insecticides on the development and reproduction of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1565–1571 (in Chinese) [游灵, 田生荣, 刘伟, 魏洪义, 王广利. 2012. 苯甲酰脲类杀虫剂对亚洲玉米螟生长发育和繁殖的效用. *应用昆虫学报*, 49(6): 1565–1571]
- Zhang P, Chen CY, Li H, Liu F, Mu W. 2014. Selective toxicity of seven neonicotinoid insecticides to fungus gnat *Bradysia odoriphaga* and earthworm *Eisenia foetida*. *Journal of Plant Protection*, 41(1): 79–86 (in Chinese) [张鹏, 陈澄宇, 李慧, 刘峰, 慕卫. 2014. 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. *植物保护学报*, 41(1): 79–86]
- Zhang P, Zhao YH, Han JK, Zhai YB, Mu W, Liu F. 2015. Control effects of thiamethoxam and clothianidin against *Bradysia odoriphaga* with different application methods. *Journal of Plant Protection*, 42(4): 645–650 (in Chinese) [张鹏, 赵云贺, 韩京坤, 翟永彪, 慕卫, 刘峰. 2015. 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. *植物保护学报*, 42(4): 645–650]
- Zhao ZQ, Li X, Li X, Ju Q, Qu MJ. 2012. Control effect of 25% chlorpyrifos mcir-capsule SC on grub in peanut fields under different application methods. *Shandong Agricultural Sciences*, 44(11): 103–105, 111 (in Chinese) [赵志强, 李翔, 李晓, 鞠倩, 曲明静. 2012. 25% 毒死蜱微囊悬浮剂不同施药方法防治花生田蛴螬的效果. *山东农业科学*, 44(11): 103–105, 111]

(责任编辑: 张俊芳)