

采用两种不同施药方法评价八种药剂 对韭蛆的防治效果*

史彩华^{1, 2**} 胡静荣¹ 李传仁¹ 张友军^{2***}

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

摘 要 【目的】为筛选有效防治韭蛆 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang 的药剂及科学合理的施药方法。

【方法】本试验充分抓住韭蛆喜湿这一生物学特性, 采用两种不同的施药方法(单次定点淋根法和二次灌根法)评价 8 种药剂对韭蛆的防治效果。【结果】同种药剂不同的施药方法, 二次灌根法在韭蛆防效、韭菜保苗率和韭菜增产率三方面均明显高于单次定点淋根法。同时, 噻虫胺、噻虫嗪和吡虫啉 3 种药剂单独使用, 或分别与辣根素混配, 对韭蛆均表现出最佳的防治效果。【结论】本研究提出了一种科学合理的施药方法, 对防治韭蛆具有重要的意义。

关键词 施药方法, 8 种药剂, 韭蛆, 效果评价

Evaluation of the effectiveness of eight pesticides, and two different application methods, for controlling chive gnats

SHI Cai-Hua^{1, 2**} HU Jing-Rong¹ LI Chuan-Ren¹ ZHANG You-Jun^{2***}

(1. College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 2. Department of Plant Protection, Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

Abstract 【Objectives】To identify more effective pesticides, and better application methods, to control chive gnats.

【Methods】We evaluated the effectiveness of eight different pesticides and two different application methods (the single fixed-point irrigation method and the double root irrigation method) against chive gnats. 【Results】Compared with the single fixed-point irrigation method, double root-irrigation was more effective in terms of seedling survival ratio and yield. This method performed best when three kinds of pesticides clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid, were either used independently, or mixed with athomin. 【Conclusion】The results of this study identify pesticides, and an application method, that are effective against chive gnats.

Key words application method, eight kinds of pesticides, chive gnats, effect evaluation

韭菜具有较好的食用价值和药用价值, 被广泛种植在中国、越南、泰国、印度、马来西亚和菲律宾等国家 (Zhou *et al.*, 2015)。影响韭菜生长最主要的因素之一是韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang, 俗称“韭蛆” (Yabuki *et al.*, 2010; Misawa and Kuninaga, 2013)。韭蛆是我国特有的蔬菜地下害虫, 隶属双翅目, 长

角亚目, 蕈蚊总科, 眼蕈蚊科, 迟眼蕈蚊属 (杨集昆和张学敏, 1985)。该虫在全国均有发生, 可为害百合科、藜科、十字花科等 7 科 30 多种蔬菜、瓜果类和食用菌 (梅增霞等, 2003; Yang *et al.*, 2015), 特别喜欢取食百合科的韭菜 (Zhang *et al.*, 2015)。由于虫体小、繁殖速度快、世代重叠严重、且聚集在土壤中为害, 因此防治非常

*资助项目 Supported projects: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303027); 科技北京百名领军人才 (ljrc201412)

**第一作者 First author, E-mail: shicaihua1980@126.com

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

收稿日期 Received: 2016-05-08, 接受日期 Accepted: 2016-08-15

困难。不经任何防治,一般韭菜田块可减产40%~60%,严重田块甚至绝收(Li et al., 2007, 2015)。

目前,针对韭蛆防治方法的研究较多,按大类主要分为农业防治(党志红等, 2001; 薛明等, 2005)、物理防治(王萍等, 2011; 王洪涛等, 2015; 杨峰山等, 2015)、生物防治(周仙红等, 2014; 白光瑛等, 2015)和化学防治(张鹏等, 2010; 李贤贤等, 2014; 王志超等, 2014)。党志红等(2001)等研究表明,不同种植模式下韭蛆的为害规律不尽相同,受土壤温湿度影响较大。王洪涛等(2015)研究表明,黄色黏虫板对韭蛆成虫的诱集效果最好。孙瑞红等(2004)研究表明,异小杆线虫 *Heterorhabditis indica* LN2 在 25~30℃ 之间对 4 龄韭蛆致死率较高。然而,农业防治、物理防治和生物防治受外界环境因素影响较大,见效速度慢,主要以预防为主。若韭蛆一旦大量暴发,则很难控制。化学农药具有最直接、最快速的防治功效。张鹏等(2014)研究表明,吡虫啉、噻虫胺、呋虫胺、噻虫啉和噻虫嗪对韭蛆 4 龄幼虫的毒力较高;吡虫啉、噻虫嗪、毒死蜱、噻虫啉和高效氯氟菊酯在盆栽实验中对韭蛆的防治效果和保株效果非常明显。然而,影响大田试验的环境因子相当复杂,如果施药方法或者施药时间不当,可能无法发挥药剂的最佳作用(郝亚楠等, 2014; 罗志明等, 2014),导致同种药物相同剂量,对韭蛆的防治效果差异甚大,甚至导致韭菜产生农药残留。因此,寻找低毒的药剂防治韭蛆至关重要,研究科学合理的施药方法也刻不容缓。

辣根素(Athomin)是十字花科植物的一类次生代谢产物,属环境友好型化合物,能够消灭土壤有害生物,包括杀虫、杀菌、杀线虫等,世界上许多国家将其应用于土壤消毒处理和蔬菜病虫害的防治(吴华等, 2013)。苦参碱(Matrine)是从苦参中提取的生物碱,对人畜低毒的广谱性杀虫剂,具有触杀和胃毒作用,对菜青虫、蚜虫和红蜘蛛等具有明显的防治效果(武海斌等, 2016)。石灰氮(Calcium cyanamide)

是由氰氨化钙、氧化钙和其它不溶性杂质混合成的一种碱性肥料,也是高效低毒的农药,可以作为除草剂、杀菌剂和杀虫剂(张学鹏等, 2015)。在前人研究的基础上,本研究对 8 种药剂(辛硫磷、噻虫胺、噻虫嗪、吡虫啉、高效氯氟菊酯、辣根素、苦参碱和石灰氮)进行两种不同施药方法的比较,以期筛选出有效防治韭蛆的药剂及科学合理的施药方法。

1 材料与方法

1.1 试验药剂来源及用量

40%辛硫磷乳油(北京市斯秘诺高生物技术有限公司); 48%噻虫胺悬浮剂(北京正诺药业有限公司); 25%噻虫嗪水分散粒剂(郑州兰博尔科技有限公司); 20%吡虫啉乳油(青岛杜邦化工集团有限公司); 30%辣根素乳油(山东兴禾作物科学技术有限公司); 40%石灰氮乳油(济南祥春源化工科技有限公司); 4.5%高效氯氟菊酯乳油(南京恒瑞化工科技有限公司); 0.5%苦参碱水剂(山东兴禾作物科学技术有限公司)。药剂的具体使用剂量见表 1。

1.2 试验方法

本试验于 2015 年 7 月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,每小区面积 30 m²,每处理 4 次重复。施药前调查虫口基数、韭菜被害株,然后割除韭菜再施药。药后 3, 7, 14, 21, 28 d 分别调查韭蛆数量,药后 21 d 和 28 d 分别调查韭菜被害株,药后 28 d 进行韭菜产量测定。韭蛆虫量的调查采取“Z”字型五点取样,每点相邻 2 穴(每穴约 15~25 株),每小区共 10 穴;每小区定点 20 穴逐一调查韭菜被害株;每小区随机选定五点取样进行测产,每点 0.5 m² (1 m×0.5 m)。

本试验按照 1.1 中的药剂用量,分别进行两种施药方法的比较研究。方法 1,采用单次定点淋根法。每小区使用的药剂溶入 60 L 水中,取下喷雾器喷头,对准韭菜茬逐一喷淋;方法 2,

表 1 试验安排及药剂剂量
Table 1 Experiment arrangement and pesticides dosage

序号 No.	名称 Name	药剂用量 Using dosage (mL(g)/667 m ²)	序号 No.	名称 Name	药剂用量 Using dosage (mL(g)/667 m ²)
1	CK (清水对照) Water control	—	12	噻虫嗪/石灰氮 Thiamethoxam/Calcium cyanamide	400/3 000
2	辛硫磷 Phoxim	1 000	13	吡虫啉 Imidacloprid	800
3	辛硫磷/辣根素 Phoxim/Athomin	500/3 000	14	吡虫啉/辣根素 Imidacloprid/Athomin	400/3 000
4	辛硫磷/石灰氮 Phoxim/Calcium cyanamide	500/3 000	15	吡虫啉/石灰氮 Imidacloprid/ Calcium cyanamide	400/3 000
5	辣根素 Athomin	6 000	16	辣根素/石灰氮 Athomin/Calcium cyanamide	3 000/3 000
6	石灰氮 Calcium cyanamide	6 000	17	高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	1 000
7	噻虫胺 Clothianidin	800	18	高效氯氰菊酯/辣根素 Beta-cypermethrin/ Athomin	500/3 000
8	噻虫胺/辣根素 Clothianidin/Athomin	400/3 000	19	高效氯氰菊酯/石灰氮 Beta-cypermethrin/Calcium cyanamide	500/3 000
9	噻虫胺/石灰氮 Clothianidin/Calcium cyanamide	400/3 000	20	苦参碱 Matrine	6 000
10	噻虫嗪 Thiamethoxam	800	21	苦参碱/辣根素 Matrine/ Athomin	3 000/3 000
11	噻虫嗪/辣根素 Thiamethoxam/Athomin	400/3 000	22	苦参碱/石灰氮 Matrine/Calcium cyanamide	3 000/3 000

采用二次灌根法。施药前 2 d 对各试验小区进行大水浇灌,让土壤吸饱足够水分;施药时,首先给对照组灌溉清水,确保水流能铺满整个小区为宜,并记录特定的用水量,再将其它小区所需的药剂分别溶入特定的水量中,搅拌均匀后直接倒灌至小区内。两种方法均以清水作为对照。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据资料统计;采用 SPSS 17.0 进行数据分析, $P<0.05$ 作为差异显著的判断标准。

防治效果 (%) =

$$\left(1 - \frac{\text{空白对照区药前虫数} \times \text{处理区药后虫数}}{\text{空白对照区药后虫数} \times \text{处理区药前虫数}}\right) \times 100 \tag{1}$$
$$\text{受害株率} (\%) = \frac{\text{受害株数}}{\text{总株数}} \times 100 \tag{2}$$

保株率 (%) =

$$\frac{\text{空白对照区药后受害株率} - \text{处理区药后受害株率}}{\text{空白对照区药后受害株率}} \times 100 \tag{3}$$

增产率 (%) =

$$\frac{\text{处理区药后产量} - \text{空白对照区药后产量}}{\text{空白对照区药后产量}} \times 100 \tag{4}$$

2 结果与分析

2.1 两种施药方法不同药剂对韭蛆的防治效果比较

研究结果表明:无论哪种药剂,采用二次灌根法施药对韭蛆的防治效果均明显高于单次定点淋根法,且持效期相对较长(表 2)。施用苦参碱、辣根素和石灰氮后,二次灌根法的持效性明显强于单次定点淋根法,随着施药时间推移,

表 2 不同药剂分别采用两种施药方法对韭蛆防治效果

Table 2 The control efficiency against chive gnats among various pesticides to be separately applied by two methods

药剂名称 Pesticides Name	方法 1 的防虫效果 (%) The control efficiency in the first method					方法 2 的防虫效果 (%) The control efficiency in the second method				
	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
辛硫磷 Phoxim	58.63±1.25 ^c	62.18±2.59 ^d	65.46±2.13 ^c	68.22±3.12 ^c	67.21±1.09 ^e	80.15±2.11 ^{ef}	84.23±2.58 ^{ef}	85.67±2.27 ^{fg}	86.42±2.98 ^{fg}	85.67±1.95 ^{de}
辛硫磷/辣根素 Phoxim/Athomin	60.11±2.13 ^c	65.23±2.87 ^{de}	69.27±2.85 ^c	67.26±2.68 ^{bc}	64.28±2.34 ^{de}	81.25±2.34 ^{ef}	85.47±1.92 ^{fg}	87.33±2.15 ^{gh}	85.31±2.26 ^{efg}	85.37±2.04 ^{de}
辛硫磷/石灰氮 Phoxim/Calcium cyanamide	50.68±2.23 ^b	55.24±2.95 ^c	56.17±2.09 ^b	53.27±3.11 ^a	53.21±2.18 ^b	73.24±1.18 ^d	78.67±2.24 ^{cd}	80.23±1.03 ^d	80.22±1.15 ^d	75.24±2.66 ^c
辣根素 Athomin	68.36±2.45 ^d	71.23±2.25 ^f	75.42±2.36 ^d	75.98±2.64 ^d	67.17±3.52 ^e	78.23±2.27 ^e	81.45±2.36 ^{de}	82.44±2.12 ^{de}	79.56±2.28 ^d	75.43±2.13 ^c
石灰氮 Calcium cyanamide	49.27±1.65 ^b	54.27±2.11 ^c	59.63±2.43 ^b	63.27±1.86 ^b	60.17±2.81 ^c	63.25±3.37 ^b	67.42±2.38 ^b	69.24±1.13 ^b	68.23±2.37 ^b	67.44±1.15 ^b
噻虫胺 Clothianidin	78.36±1.74 ^{gh}	83.45±1.17 ^{ij}	85.24±2.16 ^s	84.23±2.06 ^{fg}	84.21±1.32 ^h	93.67±1.18 ^j	98.26±1.55 ^{ij}	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j	100.00±0.00 ^s
噻虫胺/辣根素 Clothianidin/Athomin	80.16±1.06 ^h	85.26±2.08 ^j	85.39±1.87 ^s	84.36±2.23 ^{fg}	82.26±2.35 ^h	92.17±2.53 ^{ij}	100.00±0.00 ^j	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j	100.00±0.00 ^s
噻虫胺/石灰氮 Clothianidin/Calcium cyanamide	75.25±2.11 ^{efg}	78.14±2.34 ^{gh}	77.36±2.39 ^{de}	78.64±2.56 ^{de}	75.96±2.07 ^f	85.17±2.29 ^{gh}	88.24±2.65 ^s	91.36±2.27 ⁱ	92.64±1.87 ⁱ	90.17±3.27 ^f
噻虫噻 Thiamethoxam	77.26±2.43 ^{gh}	84.23±2.61 ^{ij}	85.19±2.85 ^s	84.36±2.42 ^{fg}	84.32±2.92 ^h	93.57±1.52 ^j	97.53±1.23 ^{ij}	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j	100.00±0.00 ^s
噻虫噻/辣根素 Thiamethoxam/Athomin	78.45±1.39 ^{gh}	81.22±2.34 ^{hij}	83.47±1.13 ^{fg}	86.34±2.07 ^s	84.38±1.66 ^h	91.23±2.25 ^{ij}	94.68±1.17 ^{hi}	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j	100.00±0.00 ^s
噻虫噻/石灰氮 Thiamethoxam/Calcium cyanamide	74.32±1.65 ^{ef}	76.32±2.06 ^s	77.94±1.94 ^{de}	75.28±2.95 ^d	75.41±1.83 ^f	83.11±2.17 ^{fg}	88.26±2.43 ^s	87.35±1.27 ^{gh}	86.89±1.36 ^{fg}	88.76±2.18 ^{ef}
吡虫啉 Imidacloprid	76.28±2.08 ^{efg}	80.23±2.37 ^{gh}	84.23±1.67 ^{fg}	85.31±2.14 ^s	84.22±2.06 ^h	88.59±1.27 ^{hi}	93.24±1.16 ^h	94.35±2.25 ^j	91.86±1.13 ^{hi}	89.46±2.26 ^{ef}
吡虫啉/辣根素 Imidacloprid/Athomin	78.49±1.64 ^{gh}	83.59±2.43 ^{ij}	85.67±2.08 ^s	84.22±2.65 ^{fg}	81.02±2.47 ^{gh}	87.35±2.19 ^h	93.17±2.20 ^h	95.42±1.16 ^j	94.28±1.25 ⁱ	89.23±3.68 ^{ef}
吡虫啉/石灰氮 Imidacloprid/Calcium cyanamide	74.32±2.34 ^{ef}	78.52±2.09 ^{gh}	77.25±2.34 ^{de}	78.34±2.75 ^{de}	77.26±2.61 ^{fg}	78.54±2.28 ^e	85.67±2.38 ^{fg}	88.35±1.62 ^{gh}	88.54±2.06 ^{gh}	85.32±2.17 ^{de}
辣根素/石灰氮 Athomin/Calcium cyanamide	65.23±2.25 ^d	69.31±1.66 ^f	65.43±1.56 ^c	68.34±2.68 ^c	65.48±2.08 ^e	68.24±1.67 ^c	70.23±1.95 ^b	73.23±1.24 ^c	70.22±1.24 ^b	70.25±2.50 ^b
高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin	73.17±2.94 ^e	78.36±1.82 ^{gh}	75.26±2.37 ^d	76.28±2.19 ^{de}	75.26±2.36 ^f	80.51±2.25 ^{ef}	85.53±2.37 ^{fg}	89.23±2.11 ^{hi}	86.54±3.17 ^{fg}	87.52±3.32 ^{def}
高效氯氟菊酯/辣根素 Beta-cypermethrin/Athomin	75.26±1.06 ^{efg}	80.26±2.07 ^{gh}	81.03±2.69 ^{ef}	80.64±1.95 ^{ef}	78.23±2.13 ^{fg}	80.23±1.58 ^{ef}	80.67±1.53 ^{de}	84.53±2.09 ^{ef}	84.35±2.56 ^{ef}	85.19±2.76 ^{de}
高效氯氟菊酯/石灰氮 Beta-cypermethrin/Calcium cyanamide	73.58±2.28 ^{ef}	76.37±1.99 ^s	75.24±1.16 ^d	74.36±1.08 ^d	75.23±2.11 ^f	78.24±2.21 ^e	80.23±2.42 ^d	82.23±1.64 ^{de}	82.28±3.54 ^{de}	83.34±2.16 ^d
苦参碱 Matrine	40.12±2.22 ^a	45.32±1.37 ^a	48.32±2.14 ^a	49.34±2.64 ^a	44.34±2.46 ^a	48.27±1.95 ^a	55.36±1.86 ^a	58.64±2.28 ^a	57.27±2.39 ^a	57.24±3.34 ^a
苦参碱/辣根素 Matrine/Athomin	65.23±1.92 ^d	68.28±2.67 ^{ef}	68.29±2.67 ^c	67.23±2.85 ^{bc}	61.27±1.94 ^{cd}	70.13±2.06 ^{cd}	75.24±1.38 ^c	75.67±2.25 ^c	74.38±3.37 ^c	68.36±3.01 ^b
苦参碱/石灰氮 Matrine/Calcium cyanamide	43.27±1.28 ^a	49.13±2.49 ^b	50.16±2.26 ^a	51.01±2.61 ^a	50.29±2.08 ^b	51.24±2.86 ^a	55.36±3.07 ^a	57.64±2.67 ^a	58.43±1.88 ^a	56.35±2.55 ^a

同列数据后标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Data followed by the different letters in the same column are significantly different at 0.05 level according to one-way ANOVAs and 95% confidence intervals. The same below.

二次灌根法在第 28 天仍然保持较好的防治效果, 而单次定点淋根法在第 21 天的防治效果相比第 14 天开始下降, 在第 28 天下降明显(表 2)。其它几种药剂的持效性保持稳定。另外, 与其它药剂相比, 无论采用哪种施药方法, 噻虫胺、噻虫嗪和吡虫啉 3 种单剂或它们分别与辣根素复配的 3 种混剂均表现出较好的防治效果; 苦参碱、苦参碱与石灰氮复配、石灰氮 3 种药剂对韭蛆的防治效果最差(表 2)。

2.2 两种施药方法不同药剂对韭菜保株率的比较

无论哪种药剂, 采用二次灌根法施药对韭菜的保株效果均明显高于单次定点淋根法(表 3)。

无论哪种方法, 韭菜的保株率与韭蛆的防治效果呈正相关, 其中噻虫胺、噻虫嗪和吡虫啉 3 种单剂或它们分别与辣根素复配的 3 种混剂对韭菜的保株效果均明显高于其它药剂; 苦参碱、苦参碱与石灰氮复配、石灰氮 3 种药剂对韭菜的保株效果最差(表 3)。

2.3 两种施药方法不同药剂对韭菜增产率的比较

不同药剂分别采用两种不同的施药方法, 研究结果表明: 无论哪种药剂, 韭菜增产率均比清水对照高, 且二次灌根法施药对韭菜的增产率均明显高于单次定点淋根法(表 4)。整体而言, 防治效果较好的药剂, 有利于促进韭菜产量的提高。

表 3 两种不同施药方法对韭菜的保株效果
Table 3 Survival rate of Chinese chive by two different methods for applying various pesticides

药剂名称 Pesticides	保株率 Seedling survival rate (%)			
	方法 1 The first method		方法 2 The second method	
	21 d	28 d	21 d	28 d
辛硫磷 Phoxim	67.19±2.16 ^{ef}	67.23±2.35 ^{fgh}	84.33±2.98 ^{efg}	84.33±2.38 ^{efg}
辛硫磷/辣根素 Phoxim/Athomin	65.23±1.98 ^{de}	65.68±1.66 ^{efg}	84.88±2.26 ^{efgh}	83.27±2.16 ^{ef}
辛硫磷/石灰氮 Phoxim/Calcium cyanamide	51.29±2.11 ^b	52.38±2.13 ^b	81.57±1.16 ^{de}	78.35±2.97 ^d
辣根素 Athomin	64.32±2.07 ^{cde}	59.24±2.57 ^c	79.23±2.53 ^d	77.66±1.67 ^d
石灰氮 Calcium cyanamide	62.53±2.31 ^{cd}	62.38±1.18 ^{cde}	66.28±3.61 ^b	67.38±1.99 ^c
噻虫胺 Clothianidin	83.39±2.11 ^{hi}	84.26±1.82 ^k	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j
噻虫胺/辣根素 Clothianidin/Athomin	81.68±2.65 ^h	81.38±2.65 ^{jk}	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j
噻虫胺/石灰氮 Clothianidin/Calcium cyanamide	67.23±2.84 ^{ef}	65.46±2.34 ^{efg}	90.26±2.74 ⁱ	90.88±1.19 ⁱ
噻虫嗪 Thiamethoxam	84.36±2.37 ^{hi}	83.22±1.68 ^k	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j
噻虫嗪/辣根素 Thiamethoxam/Athomin	81.23±2.59 ^h	81.26±2.43 ^{jk}	100.00±0.00 ^k	100.00±0.00 ^j
噻虫嗪/石灰氮 Thiamethoxam/Calcium cyanamide	75.44±3.10 ^g	75.44±2.67 ⁱ	87.42±3.12 ^{ghi}	87.56±2.23 ^{ghi}
吡虫啉 Imidacloprid	65.67±2.08 ^{de}	63.67±2.16 ^{def}	88.34±1.34 ^{ghi}	85.17±1.54 ^{efg}
吡虫啉/辣根素 Imidacloprid/Athomin	86.19±1.95 ⁱ	81.49±2.85 ^{jk}	94.01±0.15 ^j	89.25±2.08 ^{hi}
吡虫啉/石灰氮 Imidacloprid/Calcium cyanamide	74.68±3.22 ^g	77.35±3.11 ^{ij}	86.27±3.76 ^{fghi}	83.23±2.56 ^{ef}
辣根素/石灰氮 Athomin/Calcium cyanamide	67.38±1.83 ^{ef}	64.23±2.03 ^{def}	68.25±1.92 ^b	69.67±1.18 ^c
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	60.25±2.69 ^c	60.68±2.22 ^{cd}	88.54±2.46 ^{hi}	86.37±2.33 ^{fgh}
高效氯氰菊酯/辣根素 Beta-cypermethrin/Athomin	68.64±1.64 ^{ef}	68.77±3.04 ^{gh}	83.25±3.67 ^{ef}	83.25±2.65 ^{ef}
高效氯氰菊酯/石灰氮 Beta-cypermethrin/Calcium cyanamide	70.35±2.22 ^f	70.35±1.55 ^h	80.95±1.60 ^{de}	82.25±3.11 ^e
苦参碱 Matrine	45.62±2.03 ^a	45.98±2.17 ^a	56.37±1.01 ^a	55.46±1.42 ^a
苦参碱/辣根素 Matrine/Athomin	62.07±2.51 ^{cd}	62.07±2.53 ^{cde}	75.42±1.82 ^c	67.43±2.61 ^c
苦参碱/石灰氮 Matrine/Calcium cyanamide	47.36±3.35 ^{ab}	47.36±2.66 ^a	57.49±2.33 ^a	60.23±3.13 ^b

表 4 两种不同施药方法药后 28 d 后韭菜增产率

Table 4 The production rate of Chinese chive by two different methods for applying various pesticides at 28 days

药剂名称 Pesticides	增产率 (%) Production rate (%)	
	方法 1 The first method	方法 2 The second method
辛硫磷 Phoxim	15.62±2.28 ^{abcd}	28.36±2.37 ^{cde}
辛硫磷/辣根素 Phoxim/Athomin	16.28±1.17 ^{bcd}	29.27±2.22 ^{de}
辛硫磷/石灰氮 Phoxim/Calcium cyanamide	18.12±2.65 ^{cde}	31.22±3.36 ^{def}
辣根素 Athomin	20.23±1.86 ^{de}	29.33±1.97 ^{de}
石灰氮 Calcium cyanamide	22.35±2.97 ^{ef}	27.26±2.34 ^{cd}
噻虫胺 Clothianidin	30.24±2.25 ^{ghijk}	43.25±1.36 ^{jk}
噻虫胺/辣根素 Clothianidin/Athomin	33.28±2.86 ^{jk}	43.96±2.77 ^{jk}
噻虫胺/石灰氮 Clothianidin/Calcium cyanamide	34.36±3.45 ^k	45.67±3.56 ^k
噻虫嗪 Thiamethoxam	29.26±2.76 ^{ghij}	42.21±2.18 ^{ijk}
噻虫嗪/辣根素 Thiamethoxam/Athomin	32.28±1.99 ^{hijk}	43.65±3.38 ^{jk}
噻虫嗪/石灰氮 Thiamethoxam/ Calcium cyanamide	33.16±2.54 ^{jk}	41.25±1.17 ^{hijk}
吡虫啉 Imidacloprid	28.36±2.61 ^{ghij}	39.36±1.53 ^{ghij}
吡虫啉/辣根素 Imidacloprid/Athomin	31.28±2.64 ^{hijk}	40.55±2.67 ^{hij}
吡虫啉/石灰氮 Imidacloprid/ Calcium cyanamide	32.64±3.11 ^{ijk}	38.22±2.29 ^{ghi}
辣根素/石灰氮 Athomin/ Calcium cyanamide	21.29±1.96 ^e	32.23±1.24 ^{ef}
高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin	26.19±2.86 ^{fg}	38.56±1.94 ^{ghi}
高效氯氟菊酯/辣根素 Beta-cypermethrin/ Athomin	27.35±2.64 ^{gh}	37.12±2.73 ^{gh}
高效氯氟菊酯/石灰氮 Beta-cypermethrin/ Calcium cyanamide	27.98±2.87 ^{ghi}	35.32±2.53 ^{fg}
苦参碱 Matrine	11.03±3.42 ^a	18.23±2.15 ^a
苦参碱/辣根素 Matrine/ Athomin	12.47±2.94 ^{ab}	21.28±3.21 ^{ab}
苦参碱/石灰氮 Matrine/ Calcium cyanamide	14.33±2.48 ^{abc}	24.25±2.78 ^{bc}

3 结论与讨论

韭蛆喜欢聚集在土壤中危害韭菜的根部和鳞茎，一旦被人们发现，则已经造成严重的经济损失，需要寻找一种快速高效的防治手段和方法。本研究表明，韭蛆的防效、韭菜保株率和韭菜增产率三者之间存正相关，即韭蛆被控制后，韭菜被害率降低且能健康生长。比较两种不同的施药方法，无论哪种药剂，二次灌根法对韭蛆的防治效果均明显高于单次定点淋根法，且持效期长。

环境湿度对韭蛆的生长发育或繁殖非常重要。Yang 等 (2015) 在室内采用不同的湿度条件饲养韭蛆，结果表明韭蛆的最适相对湿度为 70%。本实验室通过大量的田间调查，结果也表

明：湿度对韭蛆的生长发育至关重要，尤其 4 龄老熟幼虫喜欢转移到湿度较大的土壤中化蛹。土壤湿度较低时，韭蛆会尽量寻找湿度相对较高的地方生存，比如鳞茎内等部位。既不容易被人们发现，也不容易与药剂直接接触。因此，采用单次定点淋根法施药，药剂不容易与韭蛆身体接触，不能全面地发挥药剂的多重功效，导致防治效果较差。若提前在田间灌水，提高土壤湿度，有利于诱出隐藏在鳞茎等部位的韭蛆，尤其能诱出抗性相对较强的 4 龄老熟幼虫，此时再施药，有利于药剂与韭蛆虫体充分接触将其直接杀死。另外，任何药剂发挥作用均存在最佳时期或药效期限，若能在药剂发挥作用的最佳时期将韭蛆的 4 龄老熟幼虫快速杀死，则会减少后期韭蛆的化

蛹、羽化和产卵,也就减少了后期韭蛆的危害。尤其对触杀性较强的药剂,需要与虫体接触才能发挥最大效果,而二次灌根法在施药前先灌水提高土壤湿度,正好可以将隐藏在鳞茎等部位的韭蛆诱出,特别是4龄老熟幼虫,让其转移到土壤中,与药剂直接接触致死。

根据韭蛆的生物学特性,成虫水平转移能力较差,其它虫态并不存在转移现象,一旦将施药田块内韭蛆彻底杀死或让其虫口基数锐减,短时间内该田块不可能大量暴发韭蛆。有研究表明,韭蛆最适发育温度为25~28℃。在合适的条件下,韭蛆成虫每雌产卵100~300粒,完成一个世代大约需要25 d(梅增霞等,2004)。若因药剂或施药方法不当,田间留存的虫源在合适的生长条件下继续繁殖,很快成为后期韭蛆再次大量暴发的种群。尤其施药期,若未能将3~4龄的韭蛆幼虫杀死,药后留存的虫源在短期内化蛹、羽化、产卵并孵化出幼虫,较快成为后期危害的新虫源。由于单次定点淋根法对韭蛆的防治效果较差,田间留存的虫源成为后期韭蛆再次暴发的基数;而二次灌根法对韭蛆的防治效果较好,田间留存的虫源基数较少或彻底消灭,韭蛆后期再次暴发需要的时间较长,因此,二次灌根法相比单次定点淋根法具有更好的持效性。

石灰氮既可用作肥料,也可用作杀虫、杀菌和除草的农药(张学鹏等,2015)。李英梅等(2009)研究表明,施用石灰氮后土壤速效磷和速效氮相比对照组分别增加94%和52%。本文研究表明,石灰氮对韭蛆的防治效果较差,与噻虫胺、噻虫嗪、吡虫啉和高效氯氟菊酯等混配后,防治效果明显增加,但仍不及噻虫胺、噻虫嗪和吡虫啉3种单剂或它们分别与辣根素复配的3种混剂。然而,韭菜的产量明显提高,说明石灰氮单独用于防治韭蛆,效果并不理想,但它能够发挥肥效,促进韭菜的快速生长。

总之,本研究筛选出对韭蛆防治效果较好的单剂和混剂共6种。同时,根据韭蛆喜湿的生物学特性,提出了一种科学合理的施药方法,能够最大限度地发挥应用药剂的各种功效,在韭蛆防治领域具有重要的意义。

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. [白光瑛, 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 J, Gao ZL, Jia H, Zhang K, 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. [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.]
- Hao YN, Miao J, Wu SQ, Wu JX, Chen WN, 2014. Comparison of efficiency of monitoring, and pesticide application methods for, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) (Diptera: Cecidomyiidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(6): 1628–1632. [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 HJ, He XK, Zeng AJ, Liu YJ, Jiang SR, 2007. *Bradysia odoriphaga* copulatory behavior and evidence of a female sex pheromone. *J. Agric. Urban. Entomol.*, 24(1): 27–34.
- Li WX, Yang YT, Xie W, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhang YJ, 2015. Effects of temperature on the age-stage, two-sex life table of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). *J. Econ. Entomol.*, 108(1): 126–134.
- Li YM, Tian ZX, Xu FL, Chen ZJ, Zhang F, Zhang SL, 2009. Effect of different soil disinfectant on soil temperature and soil nutrient in sunlight greenhouse. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 18(6): 328–331. [李英梅, 田朝霞, 徐福利, 陈志杰, 张锋, 张淑莲, 2009. 不同土壤消毒方法对日光温室土壤温度和土壤养分的影响. 西北农业学报, 18(6): 328–331.]
- Li XX, Ma XD, Xue M, Zhao HP, Li ZX, 2014. Toxic effects of clothianidin and other five kinds of insecticides to *Bradysia odoriphaga*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(2): 225–229. [李贤贤, 马晓丹, 薛明, 赵海鹏, 李朝霞, 2014. 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.]
- 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. [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.]
- 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, Hua 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.]
- Misawa T, Kuninaga S, 2013. First report of while leaf rot on Chinese chives caused by *Rhizoctonia solani* AG-2-1. *J. Gen. Plant Pathol.*, 79(4): 280–283.
- 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. [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.]
- Wang HT, Song CF, Wang YZ, 2015. The tendency for *Bradysia odoriphaga* among different color and the luring effect on yellow plate. *Journal of Agricultural Sciences of Jiangsu*, 43(6): 133–134. [王洪涛, 宋朝凤, 王英姿, 2015. 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. 江苏农业科学, 43(6): 133–134.]
- 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 Phytophylacica 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 ZC, Wang SY, Shi XY, Song DL, Gao XW, 2014. Toxicity of the mixtures of imidacloprid and three three different organophosphate insecticides to the larvae of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(4): 511–512. [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.]
- Wu H, Feng JT, He J, Zhang X, 2013. A review of the isothiocyanates bio-activities. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 301–306. [吴华, 冯俊涛, 何军, 张兴, 2013. 辣根素的生物活性研究进展. 中国生物防治学报, 29(2): 301–306.]
- Wu HB, Geng HR, Gong QT, Zhang KP, Sun RH, 2016. Relative effectiveness of eight insecticides in controlling adult *Galeruca reichardtii*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 200–206. [武海斌, 耿海荣, 宫庆涛, 张坤鹏, 孙瑞红, 2016. 八种杀虫剂对愈纹萤叶甲成虫的毒力及田间防控效果. 应用昆虫学报, 53(1): 200–206.]
- Xue M, Wang CX, Pang YH, 2005. Effect of different host plants on pesticides susceptibility of larvae of *Bradysia odoriphaga* and its biochemistry mechanism. *Acta Phytophylacica Sinica*, 32 (4): 416–420. [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.]
- Yabuki Y, Mukaida Y, Saito Y, Oshima K, Takahashi T, Muroi E, Uda Y, 2010. Characterisation of volatile sulphur-containing compounds generated in crushed leaves of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottler). *Food Chem.*, 120(2): 343–348.
- 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. [杨集昆, 张学敏, 1985. 韭菜蛆的鉴定迟眼蕈蚊属二新种. 北京农业大学学报, 11(2): 153–156.]
- Yang YT, Li WX, Xie W, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhang YJ, 2015. Development of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) as affected by humidity: an age-stage, two-sex, life-table study. *Appl. Entomol. Zool.*, 50(1): 3–10.
- 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. [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.]
- 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*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(1): 79–86. [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, Liu F, Mu W, Wang Q, Li H, 2015. Comparison of *Bradysia odoriphaga* Yang and Zhang reared on artificial diet and different host plants based on an age-stage, two-sex life table. *Phytoparasitica*, 43(1): 107–120.
- Zhang XP, Ning TY, Yang Y, Sun T, Zhang SM, Wang B, 2015. Effects of different application rates of calcium cyanamide on soil microbial biomass and enzyme activity in cucumber continuous cropping. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 26(10): 3073–3082. [张学鹏, 宁堂原, 杨燕, 孙涛, 张淑敏, 王斌, 2015. 不同浓度石灰氮对黄瓜连作土壤微生物生物量及酶活性的影响. 应用昆虫学报, 26(10): 3073–3082.]
- Zhou XH, Ma T, Zhuang QY, Zhang AS, Zhang SC, Yu Y, 2014. Indoor bioassay of *Beauveria bassiana* against *Bradysia odoriphaga* and evaluation on control effect in field. *Shandong Agricultural Sciences*, 46(7): 117–120. [周仙红, 马韬, 庄乾营, 张安盛, 张思聪, 于毅, 2014. 球孢白僵菌对韭蛆的室内生物测定和田间效果评价. 山东农业科学, 46(7): 117–120.]
- Zhou SM, Chen LM, Liu SQ, Wang XF, Sun XD, 2015. De novo assembly and annotation of the Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottler ex Spr.) transcriptome using the Illumina platform. *PLoS ONE*, 10(7): e0133312.