

新烟碱类杀虫剂防控韭菜迟眼蕈蚊幼虫的效果及安全性研究

刘爱芝¹, 韩松¹, 郭小奇¹, 杨春英^{2*}, 梁九进¹

(1. 河南省农业科学院 植物保护研究所/河南省农作物病虫害防治重点实验室/农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了明确新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪对韭蛆的防控效果及使用安全性, 采用韭菜根际撒施毒土的施药方法, 研究了新烟碱类杀虫剂 1 次用药对韭蛆的持效期和防控效果, 并对韭菜产品进行农药残留检测。结果表明, 韭菜萌芽或收割后 2~3 d 用吡虫啉或噻虫嗪 630 g/hm² 撒施于韭菜根际处, 对韭菜保株和防治效果分别为 80.54%~95.83% 和 91.57%~96.36%, 持效期在 88 d 以上, 韭菜中吡虫啉农药残留低于我国农药最大残留限量(我国尚未对噻虫嗪制定最大残留限量), 与常规药剂毒死蜱 2 250 g/hm² 相比较, 减少用药次数 2~3 次。示范试验结果表明, 大棚韭菜扣棚前以 630 g/hm² 施用吡虫啉 1 次, 可有效控制棚中 2~3 茬韭菜上韭蛆危害, 保株效果为 81.27%~92.40%; 小拱棚制种田以 630 g/hm² 施用吡虫啉或噻虫嗪 2 次即可防控韭蛆周年危害, 保株效果为 87.63%~97.28%。由此可见, 新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪是替代有机磷药剂防治韭蛆的理想药剂。

关键词: 韭菜迟眼蕈蚊; 新烟碱类杀虫剂; 韭菜; 防控效果; 安全性

中图分类号: S436.33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2016)12-0096-05

Control Effect of Neonicotinoid Insecticides on Larvae of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) and Their Safety to Leeks

LIU Aizhi¹, HAN Song¹, GUO Xiaoqi¹, YANG Chunying^{2*}, LIANG Jiujin¹

(1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences/Henan Key Laboratory of Crop Pest Control/IPM Key Laboratory in Southern Part of North China for Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China; 2. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to indicate the control efficiency of neonicotinoid insecticides on larvae of *Bradysia odoriphaga* and their safety to leeks, the control effects and persistence of imidacloprid and thiamethoxam used once were studied by the method of spreading toxic soil or poison sand in the rhizosphere of leeks, meanwhile their residue in leeks were tested. The results showed that when imidacloprid or thiamethoxam was applied at 630 g/ha at the sprouting stage or 2—3 d behind harvest, the seedling protecting effect and insecticidal effect were 80.54%—95.83% and 91.57%—96.36%, respectively, and the effective period was more than 88 d. The imidacloprid residue of leeks was far below MRL of domestic standard, but China has not yet formulated MRL for thiamethoxam. Compared with the conventional pesticide chlorpyrifos at 2 250 g/ha, pesticide application times reduced by 2 to 3 times. In greenhouse leek

收稿日期: 2016-08-26

基金项目: 河南省农业科学院财政预算专项资金项目[豫财预(2015)78号]; 河南省农业科学院农业科技推广示范县补助资金项目[豫财农(2015)100号]

作者简介: 刘爱芝(1964-), 女, 河南柘城人, 研究员, 硕士, 主要从事作物害虫及其防治研究。E-mail: laz6403@hotmail.com

* 通讯作者: 杨春英(1963-), 女, 河南镇平人, 研究员, 本科, 主要从事农业信息技术研究。

E-mail: chunying_yang@aliyun.com

网络出版时间: 2016-11-25 14:24:33

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20161125.1424.013.html>

demonstration trials, by spreading toxic soil or poison sand of imidacloprid at 630 g/ha in the rhizosphere of leeks before covering greenhouse with plastic film, the seedling protecting effect could reach 81.27%—92.40% from covering-shed date to withdrawing-shed date. In seed production field with small shed, scattering toxic soil or poison sand of imidacloprid and thiamethoxam 2 times a year at 630 g/ha could control anniversary damage of *Bradysia odoriphaga* effectively, and the seedling protecting effect was 87.63%—97.28%. These data indicated that imidacloprid and thiamethoxam were safe, effective and ideal pesticides for controlling *Bradysia odoriphaga* and could replace organophosphorus agents.

Key words: *Bradysia odoriphaga*; neonicotinoid insecticides; leeks; control effect; safety

韭菜迟眼蕈蚊 (*Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang) 的幼虫俗称韭蛆, 属双翅目眼蕈蚊科迟眼蕈蚊属^[1], 是我国北方特色蔬菜韭菜、大蒜、圆葱和大葱的重要地下害虫, 以韭菜受害最重。该虫以幼虫群集危害寄主地下根茎, 造成地下部腐烂, 地上部成墩萎蔫、枯死。此外, 该虫发生量大、繁殖力强, 世代重叠严重, 且寄居于土壤中, 常规中毒、低毒、内吸性差的药剂对其防治效果不理想^[2-3], 且难以找到恰当的防治时期, 有些地方菜农在韭菜上大量使用高毒、剧毒杀虫剂, 如对硫磷、甲拌磷等, 使韭菜中的农药残留严重超标, 导致食用韭菜中毒现象时有发生, 已严重威胁消费者的健康, 因此韭菜迟眼蕈蚊成为制约韭菜生产的重要障碍^[4-5], 筛选高效、持效、环境友好的药剂非常必要。

新烟碱类杀虫剂是继有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯杀虫剂之后的一类重要杀虫剂, 其主要作用于昆虫的中枢神经系统, 是烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChRs) 的抑制剂^[6-7]。吡虫啉 (imidacloprid) 和噻虫嗪 (thiamethoxam) 是第 1 代和第 2 代新烟碱类杀虫剂的代表性药剂, 已在农业生产上被广泛用于种子、叶面和土壤中多种害虫的防治^[8-13], 对韭蛆具有触杀、胃毒联合作用^[14-15]。本研究选用新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪, 探索该类药剂对韭蛆的控制效果、持效期及安全性, 旨在为实现韭菜食品安全、减少田间农药用量和次数提供理论依据和技术支撑。

1 材料和方法

1.1 供试药剂

70% 吡虫啉种子处理可分散粉剂、70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂均由河南省农业科学院植物保护研究所提供, 30% 毒死蜱 (chlorpyrifos) 微囊悬浮剂由江苏宝灵化工股份有限公司提供。

1.2 小区试验

1.2.1 试验地选择和试验设计 试验选在韭蛆发生较重的试验基地河南省柘城县牛城乡梁老家村露地韭菜田进行, 设 70% 吡虫啉种子处理可分散粉剂

420 g/hm² (指有效成分用量, 下同)、630 g/hm², 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂 630 g/hm², 30% 毒死蜱微囊悬浮剂 2 250 g/hm² 和空白对照 5 个处理, 4 次重复, 小区面积为 15 m², 小区之间随机排列。

1.2.2 施药时间、次数和方法 春季韭菜萌芽时越冬代成虫产卵始盛期 (2014 年 3 月 5 日) 进行第 1 次施药。此后, 已无防控效果或防控效果较低的处理进行 2 次施药 (韭菜收割后 2~3 d)。具体施药方法是将药剂与细土或细沙混合均匀制成毒土或毒沙, 毒土或毒沙用量为 225~450 kg/hm², 撒施于韭菜根际处, 然后浇水。

1.2.3 调查时间、次数和方法 受害株调查: 韭菜收割第 1 茬时 (2014 年 4 月 9 日) 进行第 1 次调查, 然后每割一茬前和施药前均调查 1 次; 调查方法为每小区对角线 5 点取样, 每点取 0.5 m 长韭菜行 (5 墩), 调查韭菜总株数、受害株数。

虫口密度调查: 分别于施药后 50 d 和 80 d 各调查 1 次, 在小区中心区刨出 5 穴 (墩) 韭菜, 统计鳞茎内外活蛆数。

1.2.4 农药残留检测 韭菜收割时, 每小区取 5 点, 每点 4 穴, 共计 20 穴收集在一起, 每处理 4 个重复混合均匀, 取 500 g 样品送至农业部农业质量标准与检测技术研究中心 (郑州), 按照国家检测标准 GB/T 20769—2008、NY/T 761—2008, 采取气相色谱法、液相色谱法进行检测。

1.3 示范试验

试验于 2014—2015 年在柘城县祥瑞专业合作社韭菜大棚和西华县韭菜种植基地制种田进行, 第 1 次施药时间均为 11 月 24 日, 扣棚时间为 11 月 25—28 日。

柘城县: 大棚为焊接钢架大棚, 收割 3 茬后揭棚, 然后进行养根不再收割。药剂处理为 70% 吡虫啉种子处理可分散粉剂 630 g/hm², 累计示范面积 0.67 hm², 其中 1 个大棚隔出 100 m² 设为空白对照。

西华县: 小拱棚, 收割 1 茬韭菜后揭棚, 早春再收割 1 茬韭菜后进行第 2 次施药 (4 月 5 日), 然后

韭菜不再收割,直至收种。70%吡虫啉种子处理可分散粉剂 630 g/hm² 示范面积 1 hm²,70%噻虫嗪种子处理可分散粉剂 630 g/hm² 示范面积 1 hm²,空白对照 100 m²,共 3 个处理。

示范试验均不设重复,施药方法和调查方法同小区试验。

1.4 药效计算方法

$$\text{受害株率} = \frac{\text{调查受害株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\%$$

$$\text{保株效果} = \frac{\text{空白对照区受害株率} - \text{处理区受害株率}}{\text{空白对照区受害株率}} \times 100\%$$

$$\text{防治效果} = \frac{\text{空白对照区活虫数} - \text{药剂处理区活虫数}}{\text{空白对照区活虫数}} \times 100\%$$

1.5 数据统计分析

使用 Excel 进行数据分析和差异显著性检验,用邓肯氏新复极差法(DMRT)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 田间小区试验结果

2.1.1 新烟碱类杀虫剂对韭蛆的防控效果 早春韭菜萌芽时施药,药剂处理区于第 1 茬韭菜收割时

(4 月 9 日)均无非蛆危害,空白对照区受害较少,达不到防治指标,未作统计分析。药后 50 d,吡虫啉 630 g/hm² 和噻虫嗪 630 g/hm² 保株效果分别为 92.50% 和 92.35%,极显著高于吡虫啉 420 g/hm² 处理(62.83%) 和毒死蜱 2 250 g/hm² 处理(5.72%),而毒死蜱已无防控效果,于 4 月 25 日毒死蜱处理进行第 2 次施药;药后 62 d(第 2 茬韭菜收割时),吡虫啉 630 g/hm² 和噻虫嗪 630 g/hm² 的保株效果分别为 86.56%、95.83%,极显著高于吡虫啉 420 g/hm² 1 次药后 62 d 和毒死蜱 2 次药后 11 d 的保株效果(分别为 35.91% 和 24.36%),于 5 月 13 日吡虫啉 420 g/hm² 处理进行第 2 次施药,而毒死蜱进行第 3 次施药;药后 88 d,吡虫啉 630 g/hm² 和噻虫嗪 630 g/hm² 的保株效果仍在 80% 以上,此后随着地温升高,韭菜根蛆数量锐减,危害较轻,不再防治,直至收薹(表 1)。由试验结果可知,吡虫啉和噻虫嗪用量 630 g/hm² 持效期在 88 d 以上,在嫩薹收割后进行第 2 次施药,即可控制 1~2 茬韭菜韭蛆危害,此后韭菜和韭蛆均进入越冬期;而毒死蜱持效期不到 11 d,1 茬韭菜需要施药 2~3 次。

表 1 新烟碱类杀虫剂撒施防治韭蛆的保株效果

杀虫剂	有效成分用量/(g/hm ²)	1 次药后 50 d		1 次药后 62 d		1 次药后 88 d	
		受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%
70%吡虫啉 WS	630	2.25	92.50aA	4.86	86.56aA	5.64	80.54bB
70%噻虫嗪 WS	630	2.09	92.35aA	1.53	95.83aA	3.68	87.06abAB
70%吡虫啉 WS	420	10.36	62.83bB	22.59	35.91bB	1.71	94.10aA
30%毒死蜱 CS	2 250	27.30	5.72cC	27.99	24.36bB		
清水(CK)		29.01		37.21		27.07	

注:第 1 次施药时间均为 3 月 5 日,第 2 次施药时间 30%毒死蜱 CS 为 4 月 25 日,吡虫啉 420 g/hm² 为 5 月 13 日;表中数据为 4 次重复平均值,同列数据后具有不同小写字母者表示在 0.05 水平上差异显著,具有不同大写字母者表示在 0.01 水平上差异极显著,下同。

从表 2 可以看出,1 次药后 50 d,吡虫啉 630 g/hm² 和噻虫嗪 630 g/hm² 对韭蛆的防治效果达 95.87% 和 96.36%,显著高于吡虫啉 420 g/hm² 的防治效果(80.42%),但处理间在 0.01 水平无显著性差

异;药后 80 d,吡虫啉 630 g/hm² 和噻虫嗪 630 g/hm² 的防治效果与吡虫啉 420 g/hm² 第 2 次施药后 11 d 防治效果相比无显著性差异,均介于 91.57%~95.38%。

表 2 新烟碱类杀虫剂撒施对韭蛆的防治效果

杀虫剂	有效成分用量/(g/hm ²)	药后 50 d		药后 80 d	
		虫口密度/(头/穴)	防治效果/%	虫口密度/(头/穴)	防治效果/%
70%吡虫啉 WS	630	0.40	95.87aA	0.40	95.38aA
70%噻虫嗪 WS	630	0.35	96.36aA	0.75	91.57aA
70%吡虫啉 WS	420	2.05	80.42bA	0.40	95.38aA
30%毒死蜱 CS	2 250	9.50	6.86cB	-	-
清水(CK)		10.40		9.20	

2.1.2 韭菜中农药残留检测结果 由表 3 可知,吡虫啉用量为 420 g/hm² 时,第 1 次用药(2014 年 3 月 5 日)后 35 d(1 茬韭菜收割)农药残留为 0.013 mg/kg,

药后 62 d(2 茬韭菜收割)未检出农药残留,第 2 次用药(5 月 13 日)后 21 d、49 d 均未检出农药残留;吡虫啉用量 630 g/hm² 时,药后 35 d 农药残留为

0.076 mg/kg,药后 62 d 农药残留为 0.015 mg/kg,药后 88 d(3 茬韭菜收割)未检出农药残留。噻虫嗪用量为 630 g/hm²,药后 35 d,农药残留为 0.076 mg/kg,药后 62 d 为 0.076 mg/kg,药后 88 d 未检出

农药残留。毒死蜱第 1 次用药后 35 d,农药残留为 0.024 mg/kg,第 2 次用药(4 月 25 日)后 12 d 农药残留为 0.120 mg/kg。

表 3 新烟碱类杀虫剂撒施防治韭蛆韭菜中农药残留

杀虫剂	有效成分用量/(g/hm ²)	用药时间/(月-日)	检测项目	农药残留/(mg/kg)			
				4月9日	5月6日	6月3日	7月1日
70%吡虫啉 WS	630	03-05	吡虫啉	0.076	0.015	未检出	
70%噻虫嗪 WS	630	03-05	噻虫嗪	0.076	0.076	未检出	
70%吡虫啉 WS	420	03-05	吡虫啉	0.013	未检出		
30%毒死蜱 CS	2 250	03-05	毒死蜱	0.024			
30%毒死蜱 CS	2 250	04-25	毒死蜱		0.120		
70%吡虫啉 WS	420	05-13	吡虫啉			未检出	未检出
清水(CK)			吡虫啉、噻虫嗪、毒死蜱	未检出	未检出	未检出	未检出

2.2 大田示范试验结果

大棚韭菜田(表 4),扣棚前吡虫啉用量 630 g/hm²,保株效果药后 45 d 为 90.95%~91.01%,药后 90 d 为 90.72%~92.40%,药后 120 d 为 81.27%~85.93%。小拱棚留种田(表 5),扣棚前吡虫啉和噻虫嗪分别按 630 g/hm² 使用,棚中 1 茬韭菜(1 次药后 40 d)保株效果分别为 91.21%和 93.29%,露地 1 茬韭菜(1 次药后 130 d)保株效果分别为 95.08%

和 96.38%;2 次药后 40 d 保株效果分别为 95.36%和 97.28%,65 d 为 91.76%和 93.95%,145 d 仍高达 87.63%和 89.72%。由此可见,设施韭菜种植模式下,扣棚前用新烟碱类杀虫剂吡虫啉或噻虫嗪施药 1 次,不仅可有效控制设施韭菜棚中 2~3 茬韭蛆的危害,且可控制 1 茬棚中和 1 茬露地韭蛆危害;小拱棚留种田 1 a 仅需要 2 次施药即可有效防控韭蛆周年危害。

表 4 吡虫啉撒施防治设施韭菜田韭蛆的示范效果(河南柘城)

示范时间/(年-月)	杀虫剂	有效成分用量/(g/hm ²)	药后 45 d		药后 90 d		药后 120 d	
			受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%
2014-11-	70%吡虫啉 WS	630	0.95	90.95	2.11	90.72	6.49	85.93
2015-04	清水(CK)		10.45		22.70		46.11	
2015-11-	70%吡虫啉 WS	630	1.52	91.01	1.41	92.40	5.07	81.27
2016-04	清水(CK)		16.85		18.50		27.10	

注:施药时间是 11 月 24 日,扣棚时间为 11 月 25—28 日,撤棚时间为第 2 年 4 月 1—5 日。

表 5 新烟碱类杀虫剂防治制种田韭蛆的示范效果(河南西华)

杀虫剂	有效成分用量/(g/hm ²)	1 次药后 40 d (小拱棚)		1 次药后 130 d (露地)		2 次药后 40 d		2 次药后 65 d		2 次药后 145 d	
		受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%	受害株率/%	保株效果/%
70%吡虫啉 WS	630	1.89	91.21	0.87	95.08	1.06	95.36	2.43	91.76	3.93	87.63
70%噻虫嗪 WS	630	1.44	93.29	0.64	96.38	0.62	97.28	1.79	93.95	3.26	89.72
清水(CK)		21.51		17.76		22.89		29.52		31.74	

注:扣棚时间为 2014 年 11 月 25—28 日,撤棚时间为 2015 年 2 月 28 日—3 月 5 日。第 1 次施药时间是 2014 年 11 月 24 日,第 2 次施药时间是 2015 年 4 月 5 日。

3 结论与讨论

韭菜迟眼蕈蚊是一种常发重发、难以防治的地下害虫,一直是困扰韭菜生产的一大难题。化学防治因防治成本低、药效快,仍是目前韭菜迟眼蕈蚊防治的主要手段。毒死蜱(乐斯本)和辛硫磷是防治韭蛆的常用药剂,由于长期重复使用,导致韭蛆对该

类药剂产生了一定抗药性,防治效果不甚理想,菜农盲目加大用药量和使用次数,在农药使用后未达到安全间隔期即采收上市销售,使得韭菜农药污染严重^[5],消费者因食用残留农药的韭菜引发食物中毒事件频频发生。新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪是防治地下害虫的有效药剂^[8,16-18],本研究结果表明,使用吡虫啉或噻虫嗪 630 g/hm²,露地韭菜田于春

季韭菜萌芽时用药 1 次,秋季进入生长周期中第 2 次生长高峰(嫩薹)收割后再施药 1 次,即可控制露地韭菜周年韭蛆的危害,而毒死蜱 2 250 g/hm² 持效期不到 11 d,需要茬茬用药,且每茬需要防治 2~3 次;设施大棚在扣棚前施药 1 次即可控制韭蛆危害直至撤棚。

目前,我国规定韭蛆防治常用药剂毒死蜱以及新烟碱类杀虫剂吡虫啉在韭菜中的最大残留限量分别为 0.10、1 mg/kg,而噻虫嗪在韭菜中的最大残留限量尚未明确规定^[19]。田间试验检测结果表明,露地韭菜田韭菜萌芽时或收割后 2~3 d 于韭菜根际处撒施吡虫啉或噻虫嗪 630 g/hm² 即可有效控制韭蛆危害 88 d 以上,药后韭菜食品中吡虫啉农药残留远远低于我国规定的最大残留限量,而毒死蜱有效控制期不足 11 d,且商品中农药残留已超出我国制定的农药最大残留限量。因此,为确保韭菜的品质和食用安全,建议在韭蛆始发期或韭菜收割后及时施用新烟碱类杀虫剂吡虫啉或噻虫嗪,2~3 茬仅用 1 次农药即可,与防治韭蛆的常规药剂毒死蜱相比,用药次数减少 2~3 次。

由于新烟碱类杀虫剂会伤害蜜蜂,欧盟委员会提出了限制使用吡虫啉、噻虫嗪和噻虫胺的临时提案,但这一临时禁令不适用于那些不吸引蜜蜂的农作物^[20]。韭菜不吸引蜜蜂,因此,新烟碱类杀虫剂在韭蛆防治上具有较大的应用潜力^[15-18],目前,我国已将毒死蜱列入在韭菜作物上禁止使用的药剂行列,从药效、食品安全和生态安全综合分析,新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪等可作为替代有机磷药剂防治韭菜迟眼蕈蚊的理想药剂之一,具有良好的田间应用前景。

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(双翅目:眼蕈蚊科)[J]. 北京农业大学学报,1985,11(2):153-156.

[2] 杜春华. 不同药剂防治韭蛆的田间药效分析[J]. 农药,2013,52(2):145-150.

[3] 高占林,党志红,潘文亮,等. 河北省不同地区韭蛆(韭菜迟眼蕈蚊)对杀虫剂的敏感性[J]. 农药学报,2000,2(4):88-90.

[4] 陈振德,袁玉伟,陈雪辉,等. 毒死蜱在韭菜中的残留动态研究[J]. 安全与环境学报,2006,6(6):41-43.

[5] 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.

[6] Tomizawa M, Casida J E. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors[J]. Ann Rev Entomol,2003,48(1):339-364.

[7] Jeshke P, Nauen R, Schindler M, et al. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids[J]. J Agric Food Chem,2011,59(7):2897-2908.

[8] 刘爱芝,韩松,梁九进. 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[J]. 植物保护,2012,38(6):161-165.

[9] 刘爱芝,韩松,梁九进. 新烟碱类杀虫剂拌种防治麦蚜效果及安全性研究[J]. 河南农业科学,2012,41(12):94-97,145.

[10] 田体伟,王丽莎,王燕,等. 3 种新烟碱类种子处理剂对玉米及其主要害虫的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(11):73-78.

[11] 刘爱芝,韩松,梁九进. 新烟碱类杀虫剂拌种防治介体昆虫控制玉米粗缩病研究[J]. 华北农学报,2009,24(6):219-222.

[12] 韩松,刘爱芝,郭小奇,等. 新烟碱类药剂不同施药方式对油菜蚜虫的防控效果及其安全性[J]. 河南农业科学,2016,45(1):80-83.

[13] 尹鸿刚. 七种农药根部施用治理光肩星天牛药效分析[J]. 天津农业科学,2009,15(4):82-83.

[14] 薛明,王永显. 韭菜迟眼蕈蚊无公害治理药剂的研究[J]. 农药,2002,41(5):29-31.

[15] 慕卫,刘峰,贾忠明,等. 杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊毒力与药效相关性研究[J]. 农药学报,2004,6(3):53-55.

[16] 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.

[17] 宋健,曹伟平,张海剑,等. 常用低毒杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊防治效果评价[J]. 安徽农业科学,2015,43(34):173-176.

[18] 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.

[19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,中华人民共和国农业部. 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量:GB 2763—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[20] Blacquiere T, Smagghe G, van Gestel C A M, et al. Neonicotinoids in bees: A review on concentrations, side-effects and risk assessment[J]. Ecotoxicology,2012,21(4):973-992.