

氟啶虫胺胍等 11 种杀虫剂对瓜蚜的 毒力及协同增效作用

王欢欢, 张春姣, 刘梦铭, 朱 鹏, 薛超彬*

(山东农业大学 植物保护学院/山东省高校农药毒理与应用技术重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘 要: 为探寻防治瓜蚜的高效协同增效药剂组合, 采用叶片带虫浸渍法测定了氟啶虫胺胍等 11 种杀虫剂对瓜蚜的毒力。结果表明: 处理后 24 h, 氟啶虫胺胍对瓜蚜的毒力最高, 吡蚜酮最低, LC_{50} 值分别为 10.15 和 369.63 mg/L; 48 h 时依然是氟啶虫胺胍毒力最高, 而高效氯氟氰菊酯最低, LC_{50} 值分别为 2.35 和 117.57 mg/L。在此基础上进行协同增效药剂筛选, 结果表明: 按质量比计, 氟啶虫胺胍与吡蚜酮 1 : 1、氟吡呋喃酮与吡蚜酮 1 : 5、氟啶虫胺胍与吡蚜酮 1 : 3、氟吡呋喃酮与高效氯氟氰菊酯 1 : 5、氟啶虫胺胍与高效氯氟氰菊酯 1 : 5 几种组合的增效作用显著, 共毒系数分别达 1 271、820、561、1 277 和 478。研究结果可为田间瓜蚜的高效化学防治提供科学依据。

关键词: 杀虫剂; 瓜蚜; 协同增效; 氟吡呋喃酮; 氟啶虫胺胍; 吡蚜酮

中图分类号: S482.3; S481.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2019)02-0181-06

Toxicities and synergy effects of sulfoxaflor and other ten insecticides against *Aphis gossypii* Glover

WANG Huanhuan, ZHANG Chunjiao, LIU Mengming, ZHU Peng, XUE Chaobin*

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University/Key Laboratory of Pesticide Toxicology and Application Technique, Taian 271018, Shandong Province, China)

Abstract: In order to develop high-efficiency synergistic insecticide combinations against *Aphis gossypii* Glover, the toxicities of sulfoxaflor and other ten insecticides against *A. gossypii* were determined by the leaf dipping method. The results showed that among all the eleven insecticides tested, sulfoxaflor showed the highest toxicity against *A. gossypii*, and pymetrozine exhibited the lowest toxicity 24 h after the treatment, with the LC_{50} values of 10.15 mg/L and 369.63 mg/L, respectively. When the results obtained after 48 h were considered, sulfoxaflor was still the highest effective insecticide to *A. gossypii*, and the lowest toxic insecticide became λ -cyhalothrin, with the LC_{50} values of 2.35 mg/L and 117.57 mg/L, respectively. Based on these results, the co-toxicities of different insecticides combinations were determined, and the following insecticides combinations showed obvious synergism against the aphid: flonicotamid plus pymetrozine (1 : 1), flupyradifurone plus

收稿日期: 2018-10-18; 录用日期: 2019-01-13.

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0200501-3); “双一流”奖补资金 (SYL2017YSTD06).

作者简介: 王欢欢, 男, 硕士研究生, E-mail: 18763823509@163.com; *薛超彬, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 教授, 主要从事杀虫剂毒理及应用技术研究, E-mail: cbxue@sdau.edu.cn

pymetrozine (1 : 5), sulfoxaflor plus pymetrozine (1 : 3), flupyradifurone plus *lambda*-cyhalothrin (1 : 5), and sulfoxaflor plus *lambda*-cyhalothrin (1 : 5). And the co-toxicity coefficients (CTC) were 1 271, 820, 561, 1 277 and 478, respectively. These results have provided a scientific basis for the efficient chemical control of *A. gossypii*.

Keywords: insecticide; *Aphis gossypii*; synergy effects; flupyradifurone; sulfoxaflor; pymetrozine

瓜蚜 *Aphis gossypii* Glover 又称棉蚜, 分布广泛且寄主植物多样, 具有周期性孤雌生殖 (无性世代和有性世代交替)、多型现象及生活史复杂多样等特征^[1], 通过口针刺吸取食植物汁液, 导致作物减产^[2], 是大田作物及保护地蔬菜上的重要害虫。瓜蚜的排泄物还会导致煤污病, 影响叶片的正常光合作用, 导致作物产量和品质下降^[3]。此外, 瓜蚜还可传播多种病毒病^[4-5], 是目前农业生产上需重点防治的害虫之一。

当前对瓜蚜的化学防治主要以拟除虫菊酯类和新烟碱类杀虫剂为主, 如高效氯氟氰菊酯、吡虫啉及啉虫脒等, 但由于缺乏针对性的用药指导, 生产中存在重复和过量施药, 长期、连续使用同一类药剂甚至同一种杀虫剂的情况, 导致靶标害虫抗药性发展迅速, 防治效果低下, 致使瓜蚜已成为抗药性严重且难以治理的蚜虫种类^[6-8]。如何在有效防控蚜虫的同时减少农药用量、延缓蚜虫抗药性已成为植物保护领域面临的重要课题。因此, 本研究拟通过测定山东省泰安地区瓜蚜对氟啶虫胺脒等 11 种药剂的敏感性, 并在此基础上进行协同增效药剂组合的筛选, 旨在为瓜蚜的高效防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 试虫 瓜蚜 *A. gossypii* 于 2018 年 3 月采自山东省泰安市岱岳区东大吴村设施大棚黄瓜植株上, 在养虫室内不接触任何药剂的条件下以水培黄瓜苗培养, 取生理状态一致的健康 2 龄若蚜供试。养虫室保持 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光暗周期 16 h : 8 h。

1.1.2 药剂及试剂 98% 吡蚜酮 (pymetrozine) 和 95% 氟啶虫酰胺 (flonicotamid) 原药, 陕西美邦农药有限公司; 98% 噻虫胺 (clothianidin)、96% 呋虫胺 (dinotefuran)、97% 高效氯氟氰菊酯 (*lambda*-cyhalothrin)、97% 噻虫啉 (thiacloprid)、95% 噻虫嗪 (thiamethoxam) 及 97% 螺虫乙酯 (spirotetramat)

原药, 青岛瀚生生物科技股份有限公司; 98% 氟啶虫胺脒 (sulfoxaflor)、96% 溴氰虫酰胺 (cyantraniliprole) 及 96% 氟吡呋喃酮 (flupyradifurone) 原药, 百灵威科技有限公司。丙酮、二甲基亚砜 (DMSO) 和吐温-80 均为分析纯。供试杀虫剂化学结构见图式 1。

1.2 敏感性测定

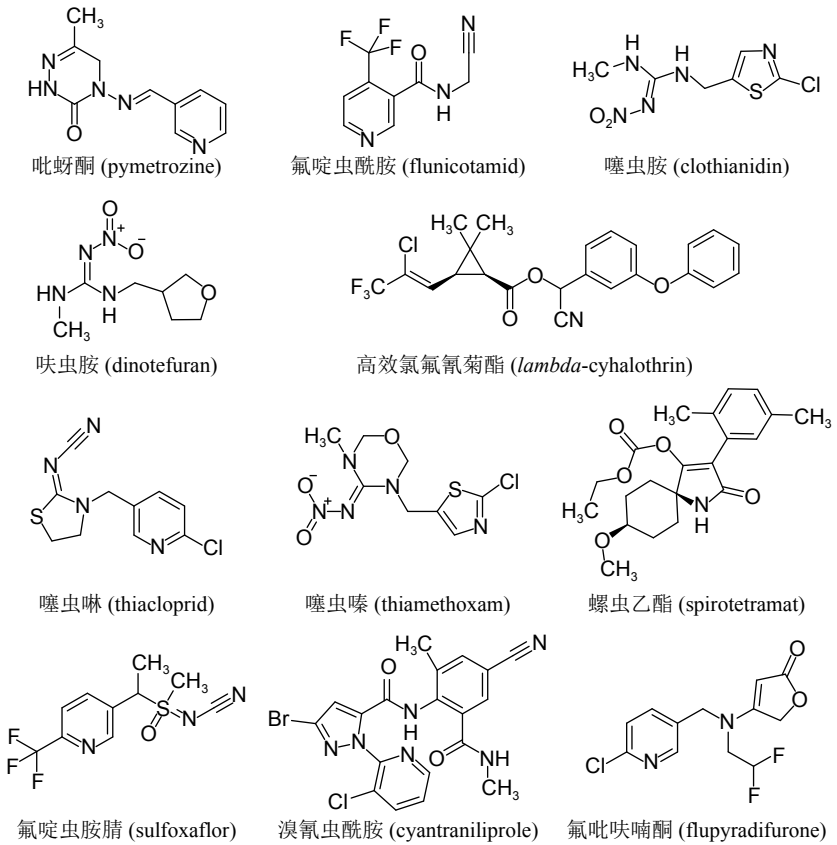
采用浸渍法^[9]测定各杀虫剂对瓜蚜的毒力。剪取附着有瓜蚜的新鲜黄瓜叶片, 剔除有翅蚜和僵蚜, 每片叶上约余 40 头 2 龄若蚜。根据预试验结果, 正式试验时按等比法设 5~7 个系列浓度。原药除吡蚜酮用二甲基亚砜溶解外, 其余均用丙酮溶解并稀释成一定浓度的母液, 试验前再将母液用体积分数为 0.1% 的吐温-80 水溶液等比稀释。将附着有 2 龄若虫的黄瓜叶片完全放入药液中浸渍 5 s, 取出置于滤纸上吸去多余药液并自然晾干, 放入洁净的玻璃培养皿中, 用保鲜膜封好, 在膜上用昆虫针扎 20 余个孔; 对照为不含药剂的 0.1% 吐温-80 水溶液; 每处理重复 3 次。将培养皿置于 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $70\% \pm 5\%$ 、光暗周期 16 h : 8 h 条件下培养, 分别于 24 和 48 h 后检查死亡率, 以毛笔尖轻触虫体, 试虫不动或虫体僵硬者视为死亡。对照组死亡率在 20% 以下为有效试验。

1.3 药剂组合筛选

综合考虑单剂毒力测定结果、原药价格与推广应用性等因素, 分别就氟啶虫酰胺与吡蚜酮、氟吡呋喃酮与吡蚜酮、氟啶虫胺脒与吡蚜酮、氟吡呋喃酮与高效氯氟氰菊酯、氟啶虫胺脒与高效氯氟氰菊酯的不同质量比混配组合对瓜蚜的毒力进行了测定, 测定方法同 1.2 节。

1.4 数据分析

采用 DPS 7.05 软件计算回归方程、 LC_{50} 值及 95% 置信区间, 以 LC_{50} 值进行毒力比较。根据 Sun 等^[10]的方法, 求得各药剂组合的共毒系数 (CTC), 其中 $CTC \geq 120$ 为增效作用, $CTC \leq 80$ 为拮抗作用, $80 < CTC < 120$ 为相加作用。



图式 1 供试杀虫剂结构式

Scheme 1 Structural formula of insecticides used in the experiments

2 结果与分析

2.1 供试 11 种杀虫剂对瓜蚜的毒力

结果(表 1)表明: 处理后 24 h, 11 种药剂对瓜蚜的毒力差异较大, LC₅₀ 值在 10.15~369.63 mg/L 之间。其中, 氟啉虫胺腈的毒力最高, 表现出优越的杀虫活性和速效性; 呋虫胺、氟吡呋喃酮、

噻虫胺、噻虫啉和噻虫嗪也表现出了较高的杀虫活性; 而高效氯氟氰菊酯、氟啉虫酰胺和溴氰虫酰胺对瓜蚜的毒力相对较低; 吡蚜酮的速效性最差。

与处理后 24 h 相比, 48 h 时吡蚜酮、溴氰虫酰胺和噻虫胺对瓜蚜的毒力明显提高(表 2)。48 h 时, 11 种药剂对瓜蚜的 LC₅₀ 值在 2.35~

表 1 供试 11 种杀虫剂对瓜蚜的毒力 (24 h)

Table 1 Toxicities of 11 insecticides against *A. gossypii* (24 h)

杀虫剂 Insecticide	回归方程 (y=) Regression equation	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信区间 95% Confidence limits	相关系数 Correlation coefficient, <i>r</i>
吡蚜酮 pymetrozine	0.58 + 1.72x	369.63	356.13~383.64	0.972 3
螺虫乙酯 spirotetramat	2.85 + 0.89x	254.76	91.38~710.22	0.941 0
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	1.43 + 1.52x	224.59	181.76~277.50	0.983 8
氟啉虫酰胺 flonicotamid	3.53 + 0.68x	139.21	83.32~232.57	0.956 6
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	2.02 + 1.41x	129.34	103.52~161.59	0.986 4
噻虫嗪 thiamethoxam	2.82 + 1.41x	35.17	30.22~40.90	0.991 6
噻虫啉 thiacloprid	1.99 + 1.99x	31.82	26.88~37.67	0.989 7
噻虫胺 clothianidin	3.67 + 0.95x	24.72	22.39~27.28	0.997 2
氟吡呋喃酮 flupyradifurone	3.33 + 1.36x	16.95	14.60~19.68	0.994 1
呋虫胺 dinotefuran	2.86 + 1.76x	16.51	9.59~28.44	0.937 1
氟啉虫胺腈 sulfoxaflor	3.58 + 1.41x	10.15	7.57~13.60	0.974 9

表 2 供试 11 种杀虫剂对瓜蚜的毒力 (48 h)

Table 2 Toxicities of 11 insecticides against *A. gossypii* (48 h)

杀虫剂 Insecticide	回归方程 ($y =$) Regression equation	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信区间 95% Confidence limits	相关系数 Correlation coefficient, r
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	0.89 + 1.99x	117.57	79.85~173.11	0.961 3
氟啶虫酰胺 flunicotamid	3.55 + 0.71x	107.37	63.08~182.76	0.960 6
吡蚜酮 pymetrozine	3.03 + 1.02x	86.33	60.24~123.72	0.976 7
螺虫乙酯 spirotetramat	2.41 + 1.59x	42.46	35.96~50.12	0.991 4
噻虫嗪 thiamethoxam	2.91 + 1.66x	18.20	13.29~24.95	0.965 4
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	4.49 + 0.56x	8.38	5.89~11.92	0.981 8
噻虫啉 thiacloprid	3.67 + 1.45x	8.22	6.29~10.74	0.987 5
呋虫胺 dinotefuran	4.09 + 1.00x	8.08	5.65~11.56	0.968 5
氟吡呋喃酮 flupyradifurone	3.49 + 2.00x	5.42	4.48~6.58	0.993 2
噻虫胺 clothianidin	4.45 + 1.10x	3.14	1.94~5.10	0.983 1
氟啶虫胺胍 sulfoxaflor	4.54 + 1.24x	2.35	0.95~5.82	0.930 0

117.57 mg/L 之间, 其中仍以氟啶虫胺胍的毒力为最高, 噻虫胺、氟吡呋喃酮、呋虫胺、噻虫啉、溴氰虫酰胺和噻虫嗪也均表现出了较高的毒力, 而吡蚜酮和氟啶虫酰胺的毒力相对较低, 高效氯氟氰菊酯毒力最低。

2.2 协同增效药剂组合筛选

2.2.1 氟啶虫酰胺、氟吡呋喃酮及氟啶虫胺胍与吡蚜酮的协同增效作用 结果(表 3)表明: 在试验设计质量比范围内, 3 种混配组合对瓜蚜的毒力与各药剂单独使用时相比均有较大提高, 表现出显著的协同增效作用。其中, 氟啶虫酰胺与吡蚜

酮 1 : 1 混配、氟吡呋喃酮与吡蚜酮 1 : 5 混配以及氟啶虫胺胍与吡蚜酮 1 : 3 混配时共毒系数最大, 增效作用最为明显。

2.2.2 氟吡呋喃酮及氟啶虫胺胍与高效氯氟氰菊酯的协同增效作用 结果(表 4)表明: 在试验设计质量比范围内, 氟吡呋喃酮及氟啶虫胺胍与高效氯氟氰菊酯 2 种混配组合对瓜蚜的毒力与各药剂单独使用时相比均有较大提高, 增效作用显著, 其中 2 种组合为 1 : 5 混配时共毒系数均最大, 增效作用均最为明显。

表 3 氟啶虫酰胺、氟吡呋喃酮及氟啶虫胺胍与吡蚜酮混配对瓜蚜的联合毒力 (48 h)

Table 3 Co-toxicities of fluidizamide, flupyradifurone or sulfoxaflor with pyzidione against *A. gossypii* (48 h)

药剂组合 Mixture	质量比 Quality ratio	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信限 95% Confidence limits	共毒系数 CTC	协同效果 Synergy effect
氟啶虫酰胺 : 吡蚜酮 fluidizamide : pyzidione	3 : 1	26.73	18.21~39.20	488	增效 Synergistic
	1 : 1	13.09	9.49~18.07	1 271	增效 Synergistic
	1 : 3	37.70	34.74~40.90	609	增效 Synergistic
	1 : 5	49.68	44.56~55.30	529	增效 Synergistic
	1 : 7	61.03	46.83~79.50	464	增效 Synergistic
氟吡呋喃酮 : 吡蚜酮 flupyradifurone : pymetrozine	1 : 1	1.99	1.32~2.98	514	增效 Synergistic
	1 : 3	2.42	1.90~3.10	754	增效 Synergistic
	1 : 5	3.02	2.36~3.87	820	增效 Synergistic
	3 : 1	3.24	2.45~4.28	218	增效 Synergistic
	5 : 1	2.71	2.41~3.03	237	增效 Synergistic
氟啶虫胺胍 : 吡蚜酮 sulfoxaflor : pymetrozine	1 : 1	2.14	1.66~2.76	214	增效 Synergistic
	1 : 3	1.55	1.25~1.91	561	增效 Synergistic
	1 : 5	3.51	2.62~4.70	354	增效 Synergistic
	3 : 1	1.67	1.19~2.33	186	增效 Synergistic
	5 : 1	2.05	1.73~2.42	137	增效 Synergistic

表 4 氟吡呋喃酮及氟啶虫胺胍与高效氯氟氰菊酯混配对瓜蚜的联合毒力 (48 h)

Table 4 Co-toxicities of flupyradifurone or sulfoxaflor with *lambda*-cyhalothrin against *A. gossypii* (48 h)

药剂组合 Mixture	质量比 Quality ratio	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信区间 95% Confidence limits	共毒系数 CTC	协同效果 Synergy effect
氟吡呋喃酮: 高效氯氟氰菊酯 flupyradifurone : <i>lambda</i> -cyhalothrin	1 : 1	3.71	2.95~4.65	279	增效 Synergistic
	1 : 3	5.98	5.64~6.34	318	增效 Synergistic
	1 : 5	2.07	1.39~3.08	1 277	增效 Synergistic
	3 : 1	2.74	2.04~3.68	260	增效 Synergistic
	5 : 1	2.60	1.97~3.43	248	增效 Synergistic
氟啶虫胺胍: 高效氯氟氰菊酯 sulfoxaflor : <i>lambda</i> -cyhalothrin	1 : 1	2.02	1.48~2.77	228	增效 Synergistic
	1 : 3	2.64	1.40~4.98	336	增效 Synergistic
	1 : 5	2.68	2.21~3.24	478	增效 Synergistic
	3 : 1	2.70	1.73~4.21	115	相加 Additive
	5 : 1	1.74	1.03~2.94	161	增效 Synergistic

3 结论与讨论

本研究通过叶片带虫浸渍法测定了氟啶虫胺胍等 11 种杀虫剂对瓜蚜的毒力, 并筛选到了协同增效作用显著的药剂组合。研究表明, 氟吡呋喃酮和氟啶虫胺胍对蚜虫的毒力均较高, 是优良的可选药剂。许冬等^[11]的研究也表明, 氟啶虫胺胍对棉蚜具有很高的杀虫活性, 24 和 48 h 的 LC₅₀ 值分别为 1.98 和 0.91 mg/L。本研究发现, 瓜蚜对高效氯氟氰菊酯的敏感性较低, 这与柳建伟等^[12]报道的瓜蚜对菊酯类药剂已有较高抗性结果一致。在田间实际应用中, 当瓜蚜的抗药性一旦达到较高水平后, 其敏感性恢复就会变得比较困难^[13]。因此, 生产上要合理轮换使用拟除虫菊酯类药剂。

联合毒力测定结果表明: 按质量比计, 氟啶虫酰胺与吡蚜酮 1 : 1、氟吡呋喃酮与吡蚜酮 1 : 5、氟啶虫胺胍与吡蚜酮 1 : 3、氟吡呋喃酮与高效氯氟氰菊酯 1 : 5 以及氟啶虫胺胍与高效氯氟氰菊酯 1 : 5 这 5 种药剂组合的增效作用均比较显著, 且随混配质量比的不同, 可产生不同的增效效果。通过混合使用不同类型的农药, 在提高药效、减少农药用量和降低环境风险的同时, 还可延缓抗药性的产生, 延长农药使用寿命, 从而有效实现农药的抗性风险管理^[14]。吡蚜酮作为低毒、高选择性的吡啶杂环类杀虫剂, 其作用方式独特, 持效期长, 对环境安全, 但速效性差^[15]; 而氟啶虫胺胍对非靶标节肢动物毒性低, 且具有高效、广谱、安全、快速及持效期长等特点^[16]。试验中发现, 将这 2 种药剂混配后, 不仅能够充

分发挥各自的杀虫活性, 还可产生显著的协同增效作用, 在瓜蚜等刺吸式口器害虫的防治中极具应用前景和开发潜力。但由于室内的毒力评价结果与田间防效还具有一定的差异, 因此, 上述混剂对瓜蚜的田间实际防治效果尚需通过田间试验加以验证。此外, 药剂的混配需进行广泛的筛选, 并按照实际情况确定合适的比例, 同时还需明确混配药剂对非靶标生物可能产生的影响等。

需要指出的是, 在选择混剂用于瓜蚜的防治时, 从共毒系数的角度考虑, 选择共毒系数较大的组合有利于混剂中每种药剂杀虫效果的充分发挥, 但同时也应考虑混剂的 LC₅₀ 值, 选择具有较低 LC₅₀ 值的混剂有利于对瓜蚜的有效防治^[17]。有关本研究中混配药剂增效作用产生的机制, 具体是与药剂本身的作用机制有关, 还是与昆虫对混剂的解毒代谢能力增强等因素有关^[18], 仍需进一步研究确定。

参考文献 (Reference):

[1] DEGUINE J P, GOZE E, LECLANT F. The consequences of late outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* in cotton growing in central Africa: towards a possible method for the prevention of cotton stickiness[J]. Int J Pest Manage, 2000, 46(2): 85-89.

[2] 唐平华, 陈国平, 朱明库, 等. 蚜虫防治技术研究进展[J]. 植物保护, 2013, 39(2): 5-12.

TANG P H, CHEN G P, ZHU M K, et al. Advances in aphid control technology[J]. Plant Prot, 2013, 39(2): 5-12.

[3] 任佳. 黄瓜品种对瓜蚜的抗性机制研究 [D]. 扬州大学, 2013.

REN J. The mechanism of cucumber resistance to *Aphis gossypii*[D]. Yangzhou University, 2013.

[4] NAULT L R. Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis[J]. Ann Entomol Soc Am, 1997, 90(5): 521-541.

[5] GIROUSSE C, NIETO NAFRIA J M, DIXON A F G. Effects of controlled densities and locations of pea aphid population on stem elongation rate of alfalfa[J]. Aphids in Natural and Managed Ecosystems. Universidad de Leon, Leon, Spain, 1999: 541-546.

[6] 王瑶, 慕卫, 张丽霞, 等. 杀虫剂对茶园 3 种常见刺吸式口器害虫的室内毒力评价 [J]. 茶叶科学, 2017, 37(4): 392-398.

WANG Y, MU W, ZHANG L X, et al. Toxicity assessment of insecticides to three common piercing-sucking insects in tea plantations[J]. J Tea Sci, 2017, 37(4): 392-398.

[7] AHMAD M, ARIF M I. Susceptibility of Pakistani populations of cotton aphid *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to endosulfan, organophosphorus and carbamate insecticides[J]. Crop protection, 2008, 27(3-5): 523-531.

[8] WANG K Y, GUO Q L, XIA X M, et al. Resistance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to selected insecticides on cotton from five cotton production regions in Shandong, China[J]. J Pestic Sci, 2007, 32(4): 372-378.

[9] CUI L, QI H, YANG D B, et al. Cyclozaprid: a novel *cis*-nitromethylene neonicotinoid insecticide to control imidacloprid-resistant cotton aphid (*Aphis gossypii*)[J]. Pestic Biochem Physiol, 2016, 132: 96-101.

[10] SUN Y P, JOHNSON E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies[J]. J Econ Entomol, 1960, 53(5): 887-892.

[11] 许冬, 丛胜波, 武怀恒, 等. 氟啶虫胺腈对棉蚜的生物活性及对棉花的安全性 [J]. 植物保护, 2016, 42(1): 219-223.

XU D, CONG S B, WU H H, et al. Toxicity of sulfoxaflor against *Aphis gossypii* Glover and its bio-safety to cotton[J]. Plant Prot, 2016, 42(1): 219-223.

[12] 柳建伟, 张东海, 陈晋忠, 等. 棉蚜对 12 种杀虫剂的敏感性测定[J]. 农药, 2012, 51(8): 613-615.

LIU J W, ZHANG D H, CHEN J Z, et al. Determination of sensitivity of *Aphis gossypii* to 12 insecticides[J]. Agrochemicals, 2012, 51(8): 613-615.

[13] 吴孔明, 刘芹轩. 棉蚜对杀虫剂抗性的稳定性[J]. 昆虫知识, 1995, 38(2): 253-255.

WU K M, LIU Q X. Stability of *Aphis gossypii* against insecticides[J]. Chin Bull Entomol, 1995, 38(2): 253-255.

[14] HU A L, TIAN Z F, GAO X W, et al. Joint toxicity of *Beauveria bassiana* and two insect growth regulators on beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner)[J]. Plant Dis Pests, 2016, 7(5-6): 1-4.

[15] 王胜得, 曾文平, 段湘生, 等. 高效杀虫剂吡蚜酮的合成研究及应用 [J]. 农药研究与应用, 2007(6): 23-24.

WANG S D, ZENG W P, DUAN X S, et al. Synthesis and application of insecticide pymetrozine[J]. Agrochem Res Appl, 2007(6): 23-24.

[16] 于福强, 黄耀师, 苏州, 等. 新颖杀虫剂氟啶虫胺腈[J]. 农药, 2013, 52(10): 753-755.

YU F Q, HUANG Y S, SU Z, et al. A novel insecticides sulfoxaflor[J]. Agrochemicals, 2013, 52(10): 753-755.

[17] 王险, 王志超, 史雪岩, 等. 吡虫啉与多杀菌素混配剂对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的室内毒力测定 [J]. 农药科学与管理, 2017, 38(12): 39-46.

WANG X, WANG Z C, SHI X Y, et al. Toxicity determination of mixtures of imidacloprid and spinosad to the larvae of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang[J]. Pestic Sci Admin, 2017, 38(12): 39-46.

[18] 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.

WANG Z C, WANG S Y, SHI X Y, et al. Toxicity of the mixtures of imidacloprid and three different organophosphate insecticides to the larvae of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang[J]. Acta Phytopylacica Sinica, 2014, 41(4): 511-512.

(责任编辑: 唐 静)