

10种杀虫剂对蓝莓重要害虫黑腹果蝇生物活性的测定

黄衍章¹, 樊基胜², 王朝伟¹, 张春龙², 江彤¹

(1. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036; 2. 安徽徽王农业有限公司, 南陵 241300)

摘要: 黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* 为皖南山区危害蓝莓的一种重要害虫。采用药膜接触法测定了10种杀虫剂对黑腹果蝇成虫的生物活性。供试药剂以乙基多杀菌素的杀虫活性最高, 溴氰虫酰胺和核型多角体病毒的生物活性次之。乙基多杀菌素以 15 mg·L⁻¹ 处理后 24 h 和 48 h 试虫的校正死亡率分别为 91.8% 和 100.0%, 处理后 24 和 48 h 的 LC₅₀ 分别为 6.90 和 1.74 mg·L⁻¹。溴氰虫酰胺以 40 mg·L⁻¹ 处理后 72 h 试虫的校正死亡率为 93.7%。核型多角体病毒、甲氨基阿维菌素和苏云金杆菌按厂家推荐剂量处理后 72 h 对黑腹果蝇也表现出较好的生物活性。乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺可作为防治蓝莓园黑腹果蝇的理想杀虫剂加以交替轮换施用。

关键词: 黑腹果蝇; 乙基多杀菌素; 溴氰虫酰胺; 核型多角体病毒

中图分类号: S482.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)05-0894-05

Bioactivities of ten insecticides against *Drosophila melanogaster*, an important pest of blueberry

HUANG Yanzhang¹, FAN Jisheng², WANG Chaowei¹, ZHANG Chunlong², JIANG Tong¹

(1. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui Huiwang Agriculture Company Limited, Nanling 241300)

Abstract: *Drosophila melanogaster* is an important pest causing great economic losses to blueberry in the southern region of Anhui Province, China. The bioactivities of 10 insecticides against the adult of *D. melanogaster* were evaluated using the method of drug-film contact indoors. Results indicated that spinetoram showed the best bioactivity on the tested pest, followed by cyantraniliprole and nucleopolyhedrovirus. After treated with spinetoram at 15 mg·L⁻¹, the corrected mortality of the pest at 24 h and 48 h post-treatment were 91.8% and 100.0%, respectively. The LC₅₀ of spinetoram against *D. melanogaster* adults at 24 h and 48 h post-treatment were 6.90 mg·L⁻¹ and 1.74 mg/L, respectively. Cyantraniliprole at 40 mg·L⁻¹ resulted 93.7% of corrected mortality at 72 h post-treatment. The nucleopolyhedrovirus, emamectin benzoate and *Bacillus thuringiensis* showed good bioactivities at 72 h post-treatment using the factory recommended dose. Spinetoram and cyantraniliprole, as two outstanding insecticides, are advised to being alternately applied to control blueberry *D. melanogaste*.

Key words: *Drosophila melanogaster*; spinetoram; cyantraniliprole; nucleopolyhedrovirus

蓝莓 (*Vaccinium* spp.) 是中国近年来新兴的一种特色浆果, 营养价值极其丰富, 被联合国粮农组织 (FAO) 确定为人类五大健康食品之一^[1-3]。近年来全国蓝莓种植方兴未艾, 山东、黑龙江、安徽和贵州等地已有大面积种植。蓝莓害虫种类众多, 常发性害虫有梨小食心虫 [*Grapholitha molesta* (Busck)]、刺蛾 (Eucleidae)、金龟子 (Scarabaeoidea) 和果蝇 (Drosophilidae) 等。黑腹果蝇 (*Drosophila*

melanogaster) 为蓝莓果实转色成熟期的一种重要钻蛀害虫, 嗜食成熟及开始腐烂的蓝莓果实, 成熟度越高, 为害亦越严重。蓝莓果实受害后不仅极易脱落腐烂, 大大缩短果品货架期, 更会使消费者产生较大的厌食情绪, 严重影响蓝莓种植效益。

目前黑腹果蝇的防治技术国内外已有诸多报道。常见的防治方法包括农业清洁防治、物理灯光诱杀及色板诱杀、毒饵诱杀、生物防治及化学防

收稿日期: 2017-03-13

基金项目: 安徽省芜湖市产学研合作项目“皖南蓝莓园果蝇绿色防控技术体系研究”[2016cxy08]资助。

作者简介: 黄衍章, 博士, 副教授。E-mail: huangyz@ahau.edu.cn

治^[4-9]。长期大量单一性地使用化学防治不仅破坏果园生态环境, 增加果品药剂残留, 而且会导致害虫抗药性增强, 防治效果逐年下降。科学交替使用杀虫剂不仅可以提高对害虫的防治效果, 而且能够延长药剂的使用年限, 符合可持续植保发展的基本要求。药剂防治经济高效, 操作性强, 在果蝇危害较重的园区仍不失为一种重要的防治手段。本试验研究了乙基多杀菌素等 10 种低毒杀虫剂对黑腹果蝇的生物活性, 旨在为科学指导蓝莓果园害虫综合治理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

黑腹果蝇源自安徽农业大学植物保护学院昆虫生理生化实验室。供试黑腹果蝇采用人工配方饲料饲养。人工饲料配方为: 玉米粉 40 g, 琼脂粉 2 g, 蔗糖 30 g, 水 400 mL。将煮熟的配方饲料按每 20 g 装入 100 mL 玻璃瓶中, 冷却至室温后接入黑腹果蝇成虫产卵繁殖, 待下一代成虫羽化后取 2~4 d 日龄的健康成虫供试。试虫饲养条件为 26~28℃, 空气相对湿度 70%~80%, 光照为 12D:12L。

1.2 供试药剂

短稳杆菌, $1.0 \times 10^{10} \cdot \text{mL}^{-1}$ 孢子, 悬浮剂, 镇江润宇生物科技开发有限公司生产。

阿维菌素, 5%乳油, 石家庄宝丰化工有限公司生产。

苏云金杆菌, $16\ 000 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$, 可湿性粉剂, 山东慧邦生物科技有限公司生产。

核型多角体病毒, $2.0 \times 10^9 \text{ PIB} \cdot \text{mL}^{-1}$, 悬浮剂, 珠海华夏生物制剂有限公司生产。

乙基多杀菌素, $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 悬浮剂, 陶氏益农有限公司生产。

吡虫啉, 10%可湿性粉剂悬浮剂, 南京红太阳有限公司生产。

溴氰虫酰胺, 10%可分散油悬浮剂, 美国杜邦公司生产。

氯虫苯甲酰胺, $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 悬浮剂, 美国杜邦公司生产。

甲氨基阿维菌素, 2.5%乳油, 钟祥市第二化工农药厂生产。

高效氯氟氰菊酯, $25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 乳油, 江苏常州农林药业有限公司生产。

表 1 10 种杀虫剂生物活性筛选测试浓度

Table 1 Concentrations of ten insecticides for bioactivity-screening test

供试药剂 Insecticides tested	处理浓度 Concentration tested	稀释倍数 (X) Dilution multiple
短稳杆菌 <i>Short bacilli</i>	$2.0 \times 10^7 \cdot \text{mL}^{-1}$ (孢子, spore)	500
阿维菌素 Avermectin	$25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2 000
苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	$32 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$	500
核型多角体病毒 Nuclear polyhedrosis virus	$4.0 \times 10^6 \text{ PIB} \cdot \text{mL}^{-1}$	500
乙基多杀菌素 Ethyl spirocetin	$60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1 000
吡虫啉 Imidacloprid	$50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2 000
溴氰虫酰胺 Bromocriptine	$67 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1 500
氯虫苯甲酰胺 Chloramphenicolamide	$40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5 000
甲氨基阿维菌素 Aminobiaminin	$4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	6 000
高效氯氟氰菊酯 Highly effective cyhalothrin	$17 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1 500

1.3 生物测定方法

1.3.1 10 种杀虫剂对黑腹果蝇成虫的室内生物活性筛选 参考汤方等^[10], PLAPP 和 BULL^[11]的玻管药膜法进行活性测定。将供试的 10 种杀虫剂按厂家推荐剂量用水稀释成不同浓度后 (见表 1), 再按每 50 mL 稀释液滴加 2 滴 0.1% 的吐温 80, 充分摇匀后取 5 mL 倒入 250 mL 三角瓶中, 缓慢倾斜转动 2 圈使内壁均匀成膜后倒出多余药液, 内壁自然风干后再接入黑腹果蝇成虫。每瓶接入 20 头试虫, 重复 5 次。测试条件为 23~25℃, 空气湿度 70%~

80%, 光照为 12D:12L。接触 4 h 后再将试虫转移至干净的三角瓶中, 瓶内预先放入切好的干净苹果薄片 (20 mm×5 mm×5 mm) 供试虫取食, 于 24、48 和 72 h 后调查成虫死亡率, 计算校正死亡率。计算公式分别为:

$$\text{死亡率} (\%) = (\text{死亡虫数} / \text{供试虫数}) \times 100\%$$

$$\text{校正死亡率} (\%) = (\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}) / (1 - \text{对照死亡率}) \times 100\%$$

1.3.2 优选杀虫剂不同浓度处理对黑腹果蝇成虫的生物活性 选取初筛生物活性较高的 3 种杀虫剂

(乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和核型多角体病毒), 进一步稀释成不同浓度后测定对黑腹果蝇成虫的生物活性。每瓶接入 20 头试虫, 重复 5 次。测试方法同 1.3.1。

1.3.3 乙基多杀菌素对黑腹果蝇成虫的毒力测定 将生物活性最高的杀虫剂乙基多杀菌素稀释成 6 种浓度梯度 (12、8、6、4、3 和 2 mg·L⁻¹), 接触处理 4 h 后再将试虫转移至干净的三角瓶中, 测定对黑腹果蝇成虫 24 h 和 48 h 的毒力。每瓶接入 30 头试虫, 重复 5 次。测试方法同 1.3.1。

1.4 数据统计方法

采用 DPS-V3.01 数据处理软件进行方差分析。将试虫校正死亡率进行反正弦平方根转换后, 用 Duncan 新复极差法进行多重比较, 数据后无相同小写字母表示处理间存在显著差异 ($P < 0.05$), 数据后无相同大写字母表示处理间存在极显著差异 ($P < 0.01$)。

2 结果与分析

2.1 10 种杀虫剂对黑腹果蝇成虫的生物活性筛选

将 10 种杀虫剂按推荐浓度处理黑腹果蝇成虫后, 分别于 24、48 和 72 h 记录成虫死亡数(见表 2), 可知 10 种杀虫剂以乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和核型多角体病毒的生物活性较好, 处理 48 h 时的校正死亡率均高于 80.0%, 处理 72 h 后试虫的校正死亡率为均高于 90.0%。10 种供试杀虫剂以乙基多杀菌

素的速效性最好, 处理 24 h 时的校正死亡率即为 94.7%, 48 h 时校正死亡率达 100.0%, 生物活性显著高于其他各药剂处理。核型多角体病毒的速效性次之, 处理 24 h 时的校正死亡率即为 70.2%, 但与苏云金杆菌和溴氰虫酰胺处理后 24 h 的生物活性无显著差异。甲氨基阿维菌素对黑腹果蝇成虫的速效性较差, 其 48 h 时试虫的校正死亡率仅为 64.1%, 但 72 h 后试虫的校正死亡率可达 91.2%。苏云金杆菌对黑腹果蝇也具有一定的生物活性, 处理后 72 h 试虫的校正死亡率为 88.0%。

2.2 优选杀虫剂不同处理浓度对黑腹果蝇成虫的生物活性

为进一步明确乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和核型多角体病毒 3 种优选杀虫剂对黑腹果蝇的生物活性, 将其处理浓度进一步稀释后进行活性测试, 试验结果见表 3。3 种杀虫剂仍以乙基多杀菌素的生物活性最高, 溴氰虫酰胺和核型多角体病毒次之。乙基多杀菌素以低浓度 7.5 mg·L⁻¹ 处理后 24 h 的校正死亡率为 52.6%, 但在 48 h 时校正死亡率可达 94.8%, 杀虫效果非常突出。溴氰虫酰胺在较高浓度时表现出较好的杀虫活性, 以 40 mg·L⁻¹ 处理后 72 h 试虫的校正死亡率为 93.7%, 但在低浓度 17 mg·L⁻¹ 处理后 72 h 试虫的校正死亡率仅为 51.6%。核型多角体病毒在较高浓度时表现一定的杀虫活性, 其以 2.0×10⁶ PIB·mL⁻¹ 处理后 72 h, 试虫的校正死亡率为 84.2%。

表 2 10 种杀虫剂对黑腹果蝇成虫的初筛生物活性 (23~25℃)

Table 2 Bioactivity-screening test of ten insecticides against adult of *D. melanogaster* (23-25℃)

药剂 Insecticide	浓度 Concentration	死亡率/% Mortalities			校正死亡率±SD /%		
		24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
短稳杆菌 <i>Short bacilli</i>	2.0×10 ⁷ ·mL ⁻¹ (孢子, spore)	33.0	42.0	55.0	28.7±8.2 ^{efDE}	37.0±9.8 ^{efEF}	51.1±3.1 ^{cdeCD}
阿维菌素 <i>Avermectin</i>	25 mg·L ⁻¹	47.0	55.0	72.0	43.6±6.9 ^{deCD}	51.1±8.4 ^{cdCD}	69.6±6.8 ^{cC}
苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	32 IU·mg ⁻¹	69.0	80.0	89.0	67.0±5.4 ^{bcB}	78.3±6.1 ^{bcBC}	88.0±11.6 ^{bB}
核型多角体病毒 <i>Nuclear polyhedrosis virus</i>	4.0×10 ⁶ PIB·mL ⁻¹	72.0	88.00	92.0	70.2±6.3 ^{bB}	87.0±11.6 ^{bB}	91.3±12.6 ^{bAB}
乙基多杀菌素 <i>Ethyl spirocetin</i>	60 mg·L ⁻¹	95.0	100.0	100.0	94.7±11.8 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}
吡虫啉 <i>Imidacloprid</i>	50 mg·L ⁻¹	22.0	48.0	59.0	17.0±4.7 ^{fE}	43.5±7.3 ^{DEF}	55.4±7.9 ^{cdCD}
溴氰虫酰胺 <i>Bromocriptine</i>	67 mg·L ⁻¹	55.0	87.0	97.0	52.1±5.8 ^{cdBC}	85.9±8.9 ^{bB}	96.7±9.2 ^{abAB}
氯虫苯甲酰胺 <i>Chloramphenicolamide</i>	40 mg·L ⁻¹	5.0	22.0	40.0	1.7±6.5 ^{gF}	15.2±8.1 ^{gG}	34.8±9.0 ^{eD}
甲氨基阿维菌素 <i>Aminobiamin</i>	4 mg·L ⁻¹	24.0	67.0	91.9	19.8±7.7 ^{fE}	64.1±7.9 ^{cdCD}	91.2±9.3 ^{bAB}
高效氯氟氰菊酯 <i>Highly effective cyhalothrin</i>	17 mg·L ⁻¹	7.0	28.0	54.0	3.6±8.0 ^{gF}	21.7±6.4 ^{fgFG}	50.0±6.1 ^{deCD}
对照 <i>Control</i>	---	6.0	8.0	8.0	---	---	---

表 3 优选杀虫剂不同处理浓度对黑腹果蝇成虫的生物活性 (23~25°C)

Table 3 Bioactivities of selected insecticides at different concentrations against adult of *D. melanogaster* (23-25°C)

药剂 Insecticide	浓度 Concentration	死亡率/% Mortalities			校正死亡率±SD/% Corrected mortalities ± SD		
		24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
核型多角体病毒 Nuclear polyhedrosis virus	2.0×10 ⁶ PIB·mL ⁻¹	64.0	74.0	85.0	62.9±5.1 ^{bB}	72.9±4.4 ^{cBC}	84.2±4.9 ^{cC}
	1.0×10 ⁶ PIB·mL ⁻¹	50.0	58.0	64.0	48.5±5.6 ^{bB}	56.3±5.5 ^{dCD}	62.1±6.0 ^{dD}
	0.5×10 ⁶ PIB·mL ⁻¹	23.0	30.0	37.0	20.6±4.3 ^{cC}	27.1±5.4 ^{eE}	33.7±5.0 ^{eE}
乙基多杀菌素 Ethyl spirocetin	30 mg·L ⁻¹	95.00	100.0	100.0	94.8±11.6 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}
	15 mg·L ⁻¹	92.00	100.0	100.0	91.8±12.0 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}	100.0±0.0 ^{aA}
	7.5 mg·L ⁻¹	54.00	95.00	100.0	52.6±6.5 ^{bB}	94.8±11.6 ^{bA}	100.0±0.0 ^{aA}
溴氰虫酰胺 Bromocriptine	40 mg·L ⁻¹	26.0	82.0	94.0	23.7±9.1 ^{cC}	81.3±9.1 ^{cB}	93.7±10.8 ^{bB}
	25 mg·L ⁻¹	16.0	75.0	83.0	13.4±3.8 ^{cdC}	74.0±4.1 ^{cBC}	82.1±2.1 ^{cC}
	17 mg·L ⁻¹	11.0	46.0	54.0	8.2±5.1 ^{dC}	43.8±3.9 ^{dDE}	51.6±4.5 ^{dD}
对照 Control	---	3.0	4.0	5.0	---	---	---

表 4 乙基多杀菌素对黑腹果蝇成虫的毒力测定 (23~25°C)

Table 4 Virulence test of spinetoram against adult of *D. melanogaster* (23-25°C)

处理时间 Treatment time	毒力回归方程 Regression equation of toxicity	致死中浓度 LC ₅₀ / mg·L ⁻¹ Lethal concentration of 50%	95%置信区间 CI / mg·L ⁻¹ 95% confidence intervals	相关系数(r) Relative coefficient	卡方值 (χ ²) Chi-square value
24 h	y=1.06+4.69x	6.90	5.79~9.15	0.9766	20.04
48 h	y=4.40+2.48x	1.74	1.34~2.10	0.9924	1.87

注: 对照组死亡率均低于 10.0%。Note: Mortality of tested pest for control was no more than 10.0%.

2.3 优选杀虫剂乙基多杀菌素对黑腹果蝇成虫的毒力测定

根据上述 3 种杀虫剂的活性测试结果, 选取效果最佳的药剂乙基多杀菌素进行毒力测定。乙基多杀菌素用水稀释成 6 种浓度梯度, 依次为 12、8、6、4、3 和 2 mg·L⁻¹。通过对处理 24 h 和 48 h 后的毒力进行回归分析可知 (见表 4): 乙基多杀菌素对黑腹果蝇处理 24 h 和 48 h 的 LC₅₀ 分别为 6.90 mg·L⁻¹ 和 1.74 mg·L⁻¹, 相关系数分别为 0.9766 和 0.9924, 生物活性优异, 可作为防治黑腹果蝇成虫的理想杀虫剂。

3 讨论与结论

本试验表明乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺对黑腹果蝇成虫具有较高的生物活性, 其中乙基多杀菌素的生物活性最佳。乙基多杀菌素用 7.5 mg·L⁻¹ 处理后 48 h 试虫的校正死亡率为 94.8%, 72 h 时的校正死亡率即为 100.0%, 其处理 24 和 48 h 的 LC₅₀ 分别为 6.90 和 1.74 mg·L⁻¹, 可作为防治黑腹果蝇成虫的首选杀虫剂被推广应用。溴氰虫酰胺用较高浓度 40 mg·L⁻¹ 处理后 72 h 试虫的校正死亡率为 93.7%。核型多角体病毒、氨基阿维菌素和苏云金杆菌在厂家推荐剂量条件下处理 72 h 对黑腹果蝇也表现出较

好的生物活性。蓝莓园防治黑腹果蝇时, 乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺可交替轮换施用。

乙基多杀菌素是一种新型环境友好型低毒杀虫剂^[12-13], 对黄胸蓟马 [*Thrips hawaiiensis* (Morgan)]、小菜蛾 (*Plutella xylostella*)、棉铃虫 [*Helicoverpa armigera* (Hübner)] 及谷蠹 (*Rhyzopertha dominica*) 等害虫具有较高生物活性^[14-17], 对杨梅果蝇危害也具有较好的防治效果^[18-19], 对小菜蛾多功能氧化酶等解毒酶也具有显著影响^[20]。溴氰虫酰胺为第二代鱼尼丁受体抑制杀虫剂, 微毒且对非靶标生物安全, 对斜纹夜蛾等害虫具有较高的大田防治效果^[21-22]。核型多角体病毒为微生物杀虫剂, 对黑腹果蝇杀虫活性高, 符合绿色食品生产对害虫防治要求。黑腹果蝇是危害杨梅、樱桃及食用菌的一种重要钻蛀害虫, 发生期长且防治困难, 严重影响产品质量^[4, 6-8]。蓝莓为皖南山区近年来新兴的一种特色水果, 但随着种植规模的扩大及树龄的增加, 园区果蝇危害日趋严重, 对蓝莓种植业的健康发展已构成巨大威胁。笔者对皖南蓝莓园果蝇危害调查结果表明, 个别晚熟品种蛀果率高达 25% 左右, 局部园区个别年份因果蝇危害造成的产量损失高达 30% 以上, 本试验为蓝莓果蝇害虫无公害治理提供了较好的参考依据。

杀虫剂在大田的防治效果不仅与药剂的理化性

质及害虫的生理特性密切相关, 大田多变的生态环境及作物的生长发育特性也会对施药效果造成明显的影响。因此, 应进一步研究乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺对蓝莓园黑腹果蝇的防治效果, 确定最佳的施药浓度及防治时期, 为科学指导蓝莓园果蝇防治提供试验依据。生态系统是经过长期的协同进化形成的一个动态平衡体系, 系统中的众多物种通过竞争、适应或互利彼此密切联系, 应进一步研究乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺对蓝莓园非靶标昆虫及次要害虫的影响, 明确在蓝莓果园的降解规律, 为科学决策蓝莓害虫综合治理提供理论基础。

参考文献:

- [1] GIOVANELLI G, BURATTI S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties [J]. Food Chem, 2009, 112(4): 903-908.
- [2] COULTRAP S J, BICKFORD P C, BROWNING M D. Blueberry-enriched diet ameliorates age-related declines in NMDA receptor-dependent LTP[J]. Age, 2008, 30(4): 263-272.
- [3] 苑兆和. 世界蓝莓生产历史与发展趋势[J]. 落叶果树, 2003, 35(1): 49-52.
- [4] 钱春, 王涛, 任争, 等. 重庆地区杨梅果蝇绿色生态防治技术[J]. 中国南方果树, 2012, 41(6): 74-75.
- [5] 刘晓英, 焦学磊, 郭世荣, 等. 基于 LED 诱虫灯的果蝇趋光性试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 178-180.
- [6] 熊伟, 寇琳玲, 向波, 等. 糖醋液与不同颜色黏虫板组合诱杀樱桃果蝇效果试验[J]. 中国南方果树, 2014, 43(1): 67-69.
- [7] 郭丽娜, 李伯辽, 董蓝蔓, 等. 樱桃果蝇发生与诱捕技术比较研究[J]. 西北农业学报, 2014, 23(2): 55-60.
- [8] 黄雪峰, 吴梅香, 罗佳, 等. 4 种植物源农药对食用菌重要害虫黑腹果蝇的生物活性测定[J]. 热带作物学报, 2013, 34(4): 747-750.
- [9] 徐芳玲, 谢莉华, 龙培仲. 不同引诱剂对蓝莓果蝇田间诱捕效果研究[J]. 中国南方果树, 2012, 41(6): 66.
- [10] 汤方, 李生臣, 孔祥波, 等. 吡虫啉等杀虫剂对温室白粉虱及其两种天敌的选择毒力[J]. 农药学报, 2007, 9(1): 88-91.
- [11] PLAPP JR F W, BULL D L. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea* 1, a predator of the tobacco budworm 2 3 4[J]. Environ Entomol, 1978, 7(3): 431-434.
- [12] GRADISH A E, SCOTT-DUPREE C D, CUTLER G C. Susceptibility of *Megachile rotundata* to insecticides used in wild blueberry production in Atlantic Canada [J]. J Pest Sci, 2012, 85: 133-140.
- [13] GRADISH A E, SCOTT-DUPREE C D, CUTLER G C. Susceptibility of *Megachile rotundata* to insecticides used in wild blueberry production in Atlantic Canada[J]. J Pest Sci, 2012, 85(1): 133-140.
- [14] 付步礼, 唐良德, 刘俊峰, 等. 乙基多杀菌素与 4 种杀虫剂复配对黄胸蓟马的联合毒力[J]. 植物保护, 2016, 4: 221-225.
- [15] 黄衍章, 张西仲, 周再军, 等. 黔南烟田斜纹夜蛾的生物防治效果[J]. 烟草科技, 2016, 49(4): 21-25.
- [16] 张丽丽. 乙基多杀菌素对棉铃虫的胁迫效应及对天敌影响研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [17] ATHANASSIOU C G, KAVALLIERATOS N G. Evaluation of spinetoram and spinosad for control of *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, and *Tribolium confusum* on stored grains under laboratory tests [J]. J Pest Sci, 2014, 87(3): 469-483.
- [18] 邵佳佳, 章伟杰, 吴丽莹, 等. 乙基多杀菌素防治杨梅果蝇的效果试验[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(1): 112-113.
- [19] YEE W L, ALSTON D G. Behavioral responses, rate of mortality, and oviposition of western cherry fruit fly exposed to malathion, zeta-cypermethrin, and spinetoram[J]. J Pest Sci, 2012, 85(1): 141-151.
- [20] 田雪莲, 尹显慧, 龙友华, 等. 低剂量乙基多杀菌素对小菜蛾解毒酶的影响[J]. 农药学报, 2016, 18(5): 589-595.
- [21] 刘少武, 常秀辉, 班兰凤, 等. 4 种鱼尼丁受体类杀虫剂活性研究[J]. 现代农药, 2017, 16(1): 47-49.
- [22] 罗倩茜, 姚峰, 邱克刚, 等. 5 种化学杀虫剂对烟田斜纹夜蛾的防治效果研究[J]. 现代农业科技, 2015, 22: 115-116.