

乙基多杀菌素与 4 种杀虫剂复配对 黄胸蓟马的联合毒力

付步礼^{1,3}, 唐良德^{1,3}, 刘俊峰^{1,3}, 邱海燕^{1,3},
张瑞敏^{1,3}, 曾东强², 刘奎^{1,3*}

(1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101; 2. 广西大学农药与环境毒理研究所, 南宁 530005; 3. 农业部热带作物有害生物综合治理重点实验室, 海口 571101)

摘要 为筛选出与乙基多杀菌素复配具有增效作用的杀虫剂组合, 采用叶管药膜法测定了乙基多杀菌素分别与啉虫脒、毒死蜱、阿维菌素、高效氯氟菊酯复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力, 并采用共毒系数法评价了复配组合的联合作用。结果表明, 乙基多杀菌素与啉虫脒在配比为 3:7、5:5、7:3 和 8:2 时, 与毒死蜱在所有配比组合中, 与阿维菌素在配比为 2:8、3:7 和 6:4 时, 其共毒系数(CTC)均大于 120, 表现出显著的增效作用; 而与高效氯氟菊酯在所有配比下均不具有增效作用。乙基多杀菌素与啉虫脒、毒死蜱、阿维菌素采用上述具有增效作用的复配比复配, 在害虫治理和抗性治理中具有一定的应用前景和开发潜力。

关键词 黄胸蓟马; 乙基多杀菌素; 共毒系数; 增效作用

中图分类号: S 436.68 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.04.038

Co-toxicity of spinetoram with other four insecticides against *Thrips hawaiiensis* (Morgan)

Fu Buli^{1,3}, Tang Liangde^{1,3}, Liu Junfeng^{1,3}, Qiu Haiyan^{1,3},
Zhang Ruimin^{1,3}, Zeng Dongqiang², Liu Kui^{1,3}

(1. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China; 2. Institute of Pesticide and Environment Toxicology, Guangxi University, Nanning 530005, China; 3. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Haikou 571101, China)

Abstract To screen synergistic mixture of spinetoram with other four insecticides against *Thrips hawaiiensis*, the co-toxicity of spinetoram with acetamiprid, chlorpyrifos, abamectin and *beta*-cypermethrin against the second instar nymphs of *T. hawaiiensis* was tested under the mass ratio of 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 and 9:1, respectively. The toxicity was determined by leaf-tube residual bioassay method in the laboratory, and the synergism was evaluated by co-toxicity coefficient method. The results demonstrated that the mixture of spinetoram and acetamiprid with the mass ratio of 3:7, 5:5, 7:3 and 8:2, spinetoram and chlorpyrifos with all the tested ratios, and spinetoram and abamectin with the mass ratio of 2:8, 3:7 and 6:4, showed a higher co-toxicity coefficient (CTC) of over 120, indicating significant synergism. Nevertheless, CTC in the mixture of spinetoram and *beta*-cypermethrin with all the tested ratios was less than 120, showing non-synergism. The results taken together indicated that the mixture of spinetoram and acetamiprid, chlorpyrifos, abamectin could be used in pest management and insecticide resistance management of *T. hawaiiensis*.

Key words *Thrips hawaiiensis*; spinetoram; co-toxicity coefficient; synergism

收稿日期: 2015-08-28 修订日期: 2015-11-24

基金项目: 海南省自然科学基金(20153066); 中央级科研院所基本业务费项目(2015hzslJ027); 国家现代农业产业技术体系(CARS-32-04)

* 通信作者 E-mail: lk0750@163.com

黄胸蓟马 [*Thrips hawaiiensis* (Morgan)] 属缨翅目 (Thysanoptera) 蓟马科 (Thripidae), 又名夏威夷蓟马或香蕉花蓟马^[1-2], 广泛分布于亚洲热带、亚热带、环太平洋地区和北美南部, 近年来在欧洲一些国家已有记录^[3-4]。有报道称黄胸蓟马比西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*)、烟蓟马 (*Trips tabaci*) 等具有更强的扩散能力、适生性和繁殖力, 是一种潜在的危险性害虫^[5]。在我国, 黄胸蓟马主要分布于海南、广西、广东、云南、福建和台湾等省区, 是香蕉、芒果等果树上的常见害虫^[6-8]。该虫在蕉园中以香蕉花蕾为活动中心, 在香蕉抽蕾后向外聚集, 并扩散至花苞内。黄胸蓟马主要将卵产于幼嫩的花蕾和果实内, 卵周围的植物组织细胞因受刺激, 生长异常而膨大突起, 受害的香蕉果实表现为果皮组织增生、木栓化, 果皮上出现突起小黑斑 (黑点)^[2, 6], 其外观品质和经济价值受到严重影响。由于黄胸蓟马世代周期短、繁殖力强、为害具有隐匿性, 常常需要频繁地利用化学药剂进行防治, 以迅速降低虫口基数^[9]。由于施用的药剂种类单一, 长期频繁及过量使用, 势必促进黄胸蓟马抗药性的发展。因此, 筛选对黄胸蓟马高效的复配药剂迫在眉睫。

乙基多杀菌素是美国陶氏益农公司近年开发的一种大环内酯类杀虫剂, 主要作用于昆虫神经系统中烟碱型乙酰胆碱受体和 γ -氨基丁酸受体, 致使虫体对兴奋性或抑制性的信号传递反应不敏感, 直至死亡^[10], 其商品“艾绿士”是当前市场上和生产上防治蓟马类害虫的主打药剂。为筛选出对黄胸蓟马具有增效作用的复配药剂组合, 并明确其不同配比下的联合作用效果, 本文在测定乙基多杀菌素、啉虫脒、毒死蜱、阿维菌素、高效氯氰菊酯对黄胸蓟马 2 龄若虫室内毒力的基础上, 采用共毒系数法明确其联合毒力效果及最佳复配比例, 旨在为黄胸蓟马的化学防治和抗性治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂

60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 (spinetoram, 美国陶氏益农公司)、96% 啉虫脒原药 (acetamiprid, 石家庄伊宏化工有限公司)、97.4% 毒死蜱原药 (chlorpyrifos, 湖南大方农化有限公司)、92% 阿维菌素原药 (abamectin, 南通农药剂型开发中心)、97% 高效氯氰菊酯原药

(beta-cypermethrin, 江苏扬农化工股份有限公司)。

1.1.2 供试昆虫

供试黄胸蓟马于 2014 年采自海南省澄迈县大拉农场香蕉种植基地, 在实验室以香蕉花花瓣进行继代饲养^[11]。从田间采集的试虫中挑选雌雄成虫各 20 头左右置于一塑料管 (TK943-Y, 50 mL) 中, 并放入 3 个新鲜幼嫩香蕉花花瓣供其取食和产卵, 用棉花团封口。每隔 3 d 将蓟马转移至另一管中, 放入新鲜香蕉花瓣。旧管中的花瓣继续培养, 直至成虫出现。如此重复, 建立室内种群。试虫饲养环境为: PYX-400Q-A 人工气候培养箱, 温度为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光周期为 L//D=16 h//8 h, 光照强度为 3 500 lx, 相对湿度 $75\% \pm 2\%$ 。选取同一批生长一致的 2 龄若虫进行毒力测定。

1.2 方法

1.2.1 单剂毒力测定

在参考 TIBS 法^[12]的基础上采用叶管药膜法^[11]进行毒力测定。先将杀虫剂用足量丙酮溶解配成母液, 再用清水稀释至若干浓度梯度, 保证已配好药液透明、分散均匀。配制好药液后首先制作离心管药膜, 为保证试虫不会在管内闷死或被水汽粘死带来的误差, 管壁中部及管盖上扎若干细孔, 以保证管内空气流通; 随后取 1 mL 药液加入管内, 来回摇动直至管壁均匀着药, 将多余药液倾出, 室内自然晾干; 最后用相同浓度的药液浸渍香蕉花花瓣, 10 s 后取出浸药花瓣晾干, 将带药花瓣放入药膜管内, 接入 30 头试虫, 48 h 后检查试虫的存活情况, 以细毛笔轻触不动者视为死亡。以水膜管和浸清水的香蕉花花瓣作为对照组, 每浓度处理 4 次重复。对照组死亡率 $< 10\%$ 为有效试验。

1.2.2 乙基多杀菌素与不同药剂混配后的联合毒力测定

采用共毒系数法测定联合毒力^[13]。测定配比 (质量比) 设置为: 1:9、2:8、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3、8:2、9:1。按照以上质量比称取药剂, 用丙酮充分溶解后, 加水稀释至不同的参试浓度。生物测定方法同 1.2.1。

1.2.3 数据分析

根据黄胸蓟马的存活情况, 计算死亡率和校正死亡率, 并用 Excel 和 DPS 进行数据处理, 求得毒力回归方程、 LC_{50} 、标准误 (SE)、95% 置信区间 (95% CI)、相关系数 (r) 和相对毒力指数 (TI)。采用孙云沛的方法计算各混剂的共毒系数 (CTC)^[13], 并以 CTC 判断各混剂的增效作用: $CTC > 120$ 为增效作用; $80 \leq CTC \leq 120$ 为相加作用; $CTC < 80$ 为拮

抗作用。相关计算公式如下:

校正死亡率(%)=(处理组死亡率-对照组死亡率)/(1-对照组死亡率)×100;

相对毒力指数(TI)=(参试药剂的最大 LC₅₀/供试药剂的 LC₅₀)×100;

混剂实际毒力指数(ATI)=单剂的 LC₅₀/混剂的 LC₅₀×100;

混剂理论毒力指数(TTI)=ATI(A)×药剂 A 在混剂中百分含量+ATI(B)×药剂 B 在混剂中的百分含量;

共毒系数(CTC)=混剂实际毒力指数 ATI/混

剂理论毒力指数 TTI×100。

2 结果与分析

2.1 供试单剂的毒力

乙基多杀菌素、啉虫脒、毒死蜱、阿维菌素和高效氯氰菊酯对黄胸蓟马 2 龄若虫的毒力测定结果(表 1)表明,乙基多杀菌素对黄胸蓟马 2 龄若虫的毒力最高,其 LC₅₀为 0.19 mg/L,高效氯氰菊酯的毒力最低,其 LC₅₀为 19.30 mg/L。供试药剂对黄胸蓟马 2 龄若虫的毒力大小顺序为:乙基多杀菌素>毒死蜱>阿维菌素>啉虫脒>高效氯氰菊酯。

表 1 5 种供试药剂对黄胸蓟马 2 龄若虫的毒力

Table 1 Toxicities of five insecticides against 2nd-instar nymphs of *Thrips hawaiiensis*

药剂 Insecticide	毒力回归方程 Toxicity equation	LC ₅₀ ±SE/ mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% Confidence interval	相关系数(r) Correlation coefficient	相对毒力指数(TI) Relative toxicity index
乙基多杀菌素 Spinetoram	y=6.032 4+1.430 1x	0.19±0.02	0.15~0.24	0.991 2	10 158
啉虫脒 Acetamiprid	y=1.696 9+3.015 9x	12.45±0.78	11.01~14.08	0.961 5	155
毒死蜱 Chlorpyrifos	y=4.620 3+2.143 3x	1.50±0.13	1.27~1.78	0.971 3	1 287
阿维菌素 Abamectin	y=2.291 5+2.912 9x	9.18±0.59	8.10~10.41	0.978 9	210
高效氯氰菊酯 beta-cypermethrin	y=0.503 7+3.497 7x	19.30±1.03	17.38~21.43	0.982 8	100

2.2 乙基多杀菌素与啉虫脒复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

由表 2 可知,乙基多杀菌素和啉虫脒在质量配比为 3:7、5:5、7:3 和 8:2 时,其共毒系数(CTC)均大

于 120,表现出增效作用,其中以 8:2 时的 CTC 最大,为 209.21,表明此配比下的增效作用最强。在其余配比测得的共毒系数均介于 80~120,表现出不同的相加作用。

表 2 乙基多杀菌素和啉虫脒复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

Table 2 Co-toxicities of spinetoram and acetamiprid against 2nd-instar nymphs of *Thrips hawaiiensis*

乙基多杀菌素和啉虫脒质量比 Mass ratio of spinetoram and acetamiprid	毒力回归方程 Toxicity equation	LC ₅₀ ±SE / mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% Confidence interval	相关系数(r) Correlation coefficient	共毒系数(CTC) Co-toxicity coefficient
1:9	y=4.559 6+1.913 3x	1.70±0.17	1.40~2.06	0.983 7	98.37
2:8	y=5.078 1+1.325 2x	0.87±0.13	0.65~1.17	0.954 0	102.40
3:7	y=5.537 8+1.184 0x	0.35±0.06	0.25~0.50	0.977 8	173.78
4:6	y=5.442 8+1.683 3x	0.55±0.07	0.43~0.69	0.988 9	84.98
5:5	y=5.677 1+1.210 9x	0.28±0.06	0.19~0.41	0.993 3	135.44
6:4	y=5.578 5+1.354 1x	0.37±0.06	0.28~0.50	0.950 6	83.75
7:3	y=6.209 5+1.686 3x	0.19±0.02	0.15~0.24	0.970 5	140.43
8:2	y=6.561 9+1.648 9x	0.11±0.02	0.09~0.15	0.994 1	209.21
9:1	y=5.564 5+0.876 0x	0.23±0.05	0.15~0.34	0.942 8	92.79

2.3 乙基多杀菌素与毒死蜱复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

由表 3 可以看出,乙基多杀菌素与毒死蜱在所有质量配比下的 CTC 均大于 120,表现出不同的

增效作用。其中,配比为 7:3 时的 CTC 最大,为 256.21,表明该配比下的增效作用最强;2:8 时的 CTC 最小,为 122.75,表明该配比下的增效作用最弱。

表 3 乙基多杀菌素和毒死蜱复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

Table 3 Co-toxicities of spinetoram and chlorpyrifos against 2nd-instar nymphs of *Thrips hawaiiensis*

乙基多杀菌素和毒死蜱质量比 Mass ratio of spinetoram and chlorpyrifos	毒力回归方程 Toxicity equation	LC ₅₀ ±SE / mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% Confidence interval	相关系数(r) Correlation coefficient	共毒系数(CTC) Co-toxicity coefficient
1:9	y=5.303 6+1.592 4x	0.64±0.08	0.51~0.82	0.960 4	137.80
2:8	y=5.291 2+1.006 4x	0.51±0.09	0.36~0.73	0.991 8	122.75
3:7	y=5.607 4+0.974 4x	0.24±0.05	0.16~0.35	0.962 2	205.27
4:6	y=5.498 1+0.701 8x	0.20±0.05	0.12~0.32	0.959 5	204.41
5:5	y=5.644 8+0.905 2x	0.19±0.04	0.13~0.30	0.980 4	173.74
6:4	y=5.463 3+0.824 4x	0.27±0.06	0.17~0.43	0.943 8	156.42
7:3	y=6.091 9+1.093 6x	0.10±0.02	0.07~0.14	0.998 7	256.21
8:2	y=6.280 6+1.345 8x	0.11±0.02	0.08~0.16	0.991 1	205.64
9:1	y=5.574 1+0.589 4x	0.11±0.03	0.06~0.19	0.980 4	195.85

2.4 乙基多杀菌素与阿维菌素复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

由表 4 可知,乙基多杀菌素与阿维菌素在质量配比为 2:8, 3:7和 6:4时,其 CTC 均大于 120,表明在这些配比下这两种药剂对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力表现为增效作用。其中,在配比为 2:8时的 CTC 最大,为 193.08,表明此配比下的增效作用最强。而在其余配比下,共毒系数均介于 80~120,表现出不同的相加作用。

2.5 乙基多杀菌素与高效氯氰菊酯复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

乙基多杀菌素与高效氯氰菊酯复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力结果见表 5。乙基多杀菌素和高效氯氰菊酯在所有配比下,其共毒系数均小于 120,表明这两种药剂复配对黄胸蓟马的联合毒力不具有增效作用。在配比为 4:6、5:5、6:4、7:3和 9:1 时,其 CTC 介于 80~120,表现为相加作用;而在其余配比下 CTC 均小于 80,表现为拮抗作用。

表 4 乙基多杀菌素和阿维菌素复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

Table 4 Co-toxicities of spinetoram and abamectin against 2nd-instar nymphs of *Thrips hawaiiensis*

乙基多杀菌素和阿维菌素质量比 Mass ratio of spinetoram and abamectin	毒力回归方程 Toxicity equation	LC ₅₀ ±SE /mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% Confidence interval	相关系数(r) Correlation coefficient	共毒系数(CTC) Co-toxicity coefficient
1:9	y=4.584 1+1.599 9x	1.82±0.21	1.45~2.28	0.962 1	87.92
2:8	y=5.427 7+1.246 6x	0.45±0.07	0.34~0.61	0.977 0	193.08
3:7	y=5.441 9+1.238 9x	0.44±0.07	0.32~0.61	0.997 4	137.15
4:6	y=5.375 6+0.969 8x	0.41±0.08	0.28~0.60	0.980 4	112.22
5:5	y=5.510 1+1.223 3x	0.38±0.06	0.28~0.53	0.947 9	97.11
6:4	y=5.844 0+1.298 3x	0.22±0.04	0.16~0.31	0.992 7	139.33
7:3	y=5.849 6+1.724 4x	0.32±0.04	0.26~0.40	0.992 9	83.54
8:2	y=5.768 0+1.353 2x	0.27±0.04	0.21~0.36	0.978 6	87.17
9:1	y=5.999 9+1.689 4x	0.26±0.03	0.20~0.33	0.940 8	82.18

表 5 乙基多杀菌素和高效氯氰菊酯复配对黄胸蓟马 2 龄若虫的联合毒力

Table 5 Co-toxicities of spinetoram and beta-cypermethrin against 2nd-instar nymphs of *Thrips hawaiiensis*

乙基多杀菌素和高效氯氰菊酯质量比 Mass ratio of spinetoram and beta-cypermethrin	毒力回归方程 Toxicity equation	LC ₅₀ ±SE/ mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% Confidence interval	相关系数(r) Correlation coefficient	共毒系数 CTC Co-toxicity coefficient
1:9	y=4.310 5+1.689 4x	2.56±0.30	2.04~3.22	0.940 8	68.1
2:8	y=4.859 7+1.275 1x	1.29±0.19	0.97~1.71	0.962 0	70.84
3:7	y=5.111 6+1.340 4x	0.83±0.13	0.61~1.11	0.988 3	74.89
4:6	y=5.097 1+0.751 6x	0.74±0.18	0.47~1.18	0.965 0	83.25
5:5	y=5.426 7+0.925 9x	0.35±0.08	0.22~0.54	0.928 4	108.59
6:4	y=5.568 8+1.004 1x	0.27±0.06	0.18~0.42	0.938 3	115.77
7:3	y=5.472 2+0.878 3x	0.29±0.07	0.18~0.46	0.992 2	93.08
8:2	y=5.382 8+0.831 0x	0.35±0.09	0.21~0.56	0.978 9	68.32
9:1	y=5.932 0+1.391 1x	0.21±0.04	0.16~0.29	0.992 6	98.49

3 讨论

乙基多杀菌素是由美国陶氏益农公司研发的新一代大环内酯类杀虫剂, 主要作用于昆虫神经中烟碱型乙酰胆碱受体和 γ -氨基丁酸受体, 致使虫体对兴奋性或抑制性的信号传递反应不敏感而死亡^[10]。有研究指出该药剂对棕榈蓟马 (*Thrips palmi*)、豆大蓟马 (*Megalurothrips usitatus*) 等蓟马类害虫均具有较高的毒力和防效^[14-15], 其商品“艾绿士”是目前生产上防治蓟马类害虫的常用新型药剂。本研究结果也表明, 乙基多杀菌素对黄胸蓟马的毒力最高。以上均说明乙基多杀菌素具有良好的复配利用基础, 可与具有不同作用机制的药剂或传统蓟马类杀虫剂复配。

国内关于农药混用联合作用的评价方法主要采用孙云沛的共毒系数法, 其优点是可知某个配比下是否表现出增效作用, 还可知混剂对害虫的实际毒力以及害虫对混剂的反应均匀度^[16]。本研究首次以乙基多杀菌素为主干药剂, 采用共毒系数法评估了其 与 4 种杀虫剂复配对黄胸蓟马的联合作用。其中, 乙基多杀菌素与啮虫脒、毒死蜱和阿维菌素在相应配比下复配均表现出一定的增效作用, 与高效氯氰菊酯复配无增效作用。因此, 作者认为将乙基多杀菌素与啮虫脒、毒死蜱和阿维菌素采用具有增效作用的复配比复配, 不但能充分发挥各自药剂的优势, 还能达到抗性治理和延长农药使用寿命的目的, 在蓟马类害虫的防治中极具应用前景和开发潜力。有关其复配的增效作用机理尚有待进一步研究。

黄胸蓟马能进行孤雌生殖, 具有世代周期短、繁殖力极强和为害隐匿的特点, 目前主要依靠化学药剂迅速降低其虫口基数。笔者在田间生产中走访了解到, 阿维菌素和啮虫脒频繁地用于防治黄胸蓟马, 推测黄胸蓟马对其存在抗药性的潜在风险极大。结合本研究结果, 建议将新型杀虫剂乙基多杀菌素与传统药剂阿维菌素、啮虫脒和毒死蜱混用、轮用, 以延缓抗药性的发展, 其田间防治效果尚需田间试验加以验证。针对黄胸蓟马的田间防治, 我们有以下建议: (1) 把握好防治时期, 提前施药, 香蕉花刚抽花蕾时即用药; (2) 选择好杀虫剂, 科学合理用药。因黄胸蓟马几乎一生具有隐匿性, 需选择一些内吸性

较强的杀虫剂, 如: 乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺、吡虫啉等; (3) 多样化施药方式, 如: 喷雾法、灌根法、注射法等, 结合农业防治、物理防治和生物防治进行综合防治; (4) 进行抗药性监测, 确定当地抗性水平, 以制定实际的用药方案。

参考文献

- [1] Ostmark H E. Economic insect pests of bananas[J]. Annual Review of Entomology, 1974, 19: 161 - 176.
- [2] 蔡云鹏, 黄明道, 陈新评. 香蕉园内花蓟马之发生及其为害[J]. 中华昆虫, 1992, 12(4): 231 - 237.
- [3] Reynaud P, Balmès V, Pizzol J. *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae) an Asian pest thrips now established in Europe [J]. Bulletin OEPP, 2008, 38(1): 155 - 160.
- [4] Goldarazena A. First record of *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae) an Asian pest thrips in Spain [J]. Bulletin OEPP, 2011, 41(2): 170 - 173.
- [5] Murai T. Development and reproductive capacity of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and its potential as a major pest [J]. Bulletin of Entomological Research, 2001, 91(3): 193-198.
- [6] 曾鑫年, 林进添. 黄胸蓟马对香蕉的危害及其防治[J]. 植物保护, 1998, 24(6): 15 - 17.
- [7] 林明光, 刘福秀, 彭正强, 等. 海南省香蕉作物害虫调查与鉴定[J]. 西南农业学报, 2009, 22(6): 1619 - 1622.
- [8] 郭志祥, 曾莉, 番华彩, 等. 云南香蕉害虫种类及发生危害调查[J]. 热带农业科学, 2012, 32(10): 42 - 45.
- [9] 付步礼. 香蕉花蓟马的抗药性监测及其生化机理初步研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [10] Salgado V L. Studies on the mode of action of spinosad: insect symptoms and physiological correlates [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1998, 60(2): 91 - 102.
- [11] 付步礼, 曾东强, 刘奎, 等. 3 种生物测定方法对香蕉花蓟马毒力测定的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(13): 309 - 312.
- [12] Rueda A, Shelton A M. Development of a bioassay system for monitoring susceptibility in *Thrips tabaci* [J]. Pest Management Science, 2003, 59(5): 553 - 558.
- [13] Sun Yunpei, Johnson E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies [J]. Journal of Economic Entomology, 1960, 53(5): 887 - 892.
- [14] 刘勇, 肖春雷, 罗丰, 等. 乙基多杀菌素等 5 种药剂对设施甜瓜上蓟马的防效试验[J]. 长江蔬菜, 2012(22): 90 - 92.
- [15] 唐良德, 付步礼, 邱海燕, 等. 豆大蓟马对 12 种杀虫剂的敏感性测定[J]. 热带作物学报, 2015, 36(3): 570 - 574.
- [16] 陈雪林, 孙蓉, 杜予州, 等. 阿维菌素与三种杀虫剂对西花蓟马的联合毒力[J]. 植物保护, 2011, 37(5): 206 - 209.

(责任编辑: 杨明丽)