

13 种常用农药对柑橘木虱田间种群防治效果 室内评价

王吉锋, 刘喆, 陶磊, 岑伊静, 徐长宝*

(华南农业大学昆虫生态研究室, 华南农业大学柑橘黄龙病研究室, 广州 510642)

摘要 柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 是黄龙病的传播媒介, 快速、有效防治这种害虫是综合防控黄龙病的关键。目前, 其防治措施主要依赖化学农药。为了了解化学农药对柑橘木虱的田间防治效果, 本文以广东省博罗县柑橘木虱田间种群为测试对象, 以华南农业大学昆虫生态研究室饲养的种群为敏感对照, 室内测定了 13 种常用药剂推荐浓度对柑橘木虱的防治效果。结果表明, 24 h 后 77.5% 敌敌畏 EC 和 5% 啶虫脒 EC 对田间种群的效果最好, 柑橘木虱死亡率分别为 93.3% 和 90%, 48 h 后两种药剂处理的死亡率已达 100%; 48 h 后, 350 g/L 吡虫啉 SC 处理的死亡率也达 93.3%; 72 h 后, 20% 丁硫克百威 EC、30% 噻虫嗪 SC、12% 高氯·毒死蜱 EC、45% 毒死蜱 EC、2.5% 高效氯氟氰菊酯 EW 处理的死亡率也达 90% 以上。两个种群相比, 所有药剂在相同时间对敏感种群的防治效果都高于田间种群。其中, 用 20% 甲氰菊酯 EC、30% 噻虫嗪 SC、45% 毒死蜱 EC、25 g/L 联苯菊酯 EC、99% 矿物油 EC 等 5 种药剂处理, 24 h 后田间种群的校正死亡率显著低于敏感种群; 48 h 后除上述药剂外, 4.5% 高效氯氟氰菊酯 ME 处理的校正死亡率也显著低于敏感种群。72 h 后, 4.5% 高效氯氟氰菊酯 ME、25 g/L 联苯菊酯 EC、99% 矿物油 EC 处理的校正死亡率依然显著低于敏感种群。说明田间种群对以上药剂的敏感性有不同程度的下降。此外发现, 采用此测定方法 22.4% 螺虫乙酯 SC 对田间种群和敏感种群的防治效果均不理想。

关键词 柑橘木虱; 黄龙病; 田间种群; 室内药效评价方法; 化学防治

中图分类号: S 436.66 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2018288

Laboratory evaluation of the effects of 13 common pesticides on the field population of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama

WANG Jifeng, LIU Zhe, TAO Lei, CEN Yijing, XU Changbao

(Laboratory of Insect Ecology, Citrus Huanglongbing Research Laboratory, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract The Asian citrus psyllid (ACP), *Diaphorina citri* Kuwayama is the major vector of Huanglongbing (HLB). Effective control of population of ACP is the key strategy in the integrated management of HLB. At present, the control of psyllid population is based on chemical insecticides. In order to determine the effect of the chemicals, 13 common pesticides were tested on the adult psyllid collected from citrus orchards in Boluo, Guangdong province. Psyllids reared on orange jasmine, *Murraya paniculata* (L.) Jack. at South China Agricultural University was used as the sensitive population control. The results showed that dichlorvos 77.5% EC and acetamiprid 5% EC were the best treatments for the field population after 24 h, causing mortality of 93.3% and 90%, respectively, and both reached 100% after 48 h. After 48 h, the mortality of imidacloprid 350 g/L SC also increased to 93.3%. After 72 h, the mortalities of carbosulfan 20% EC, thiamethoxam 30% SC, *beta*-cypermethrin · chlorpyrifos 12% EC, chlorpyrifos 45% EC and *lambda*-cyhalothrin 2.5% EW were also over 90%. All insecticides showed better control effect on the sensitive population than the field population. Compared with the sensitive population, the corrected mortality of the field population treated with fenpropathrin 20% EC, thiamethoxam 30% SC, chlorpyrifos 45% EC, bifenthrin 25 g/L EC and 0.5% mineral oil were significantly lower than that of the sensitive population after 24 h. After 48 h, the corrected mortality of *beta*-cypermethrin 4.5% ME was also

收稿日期: 2018-07-05 修订日期: 2018-08-07

基金项目: 广东省农业厅农业生产救灾农作物病虫害防治(柑橘黄龙病)资金(GZSW16200FG316); 国家重点研发计划(SQ2018YFD020103)

* 通信作者 E-mail: xu888@scau.edu.cn

significantly lower than that of the sensitive population besides the above insecticides. After 72 h, the corrected mortality of *beta*-cypermethrin 4.5% ME, bifenthrin 25 g/L EC and 0.5% mineral oil remained significantly lower than that of the sensitive population, indicating that the sensibility of *D. citri* to these pesticides has decreased. In addition, it was found that spirotetramat 22.4% SC was not effective on *D. citri* adults with this indoor detection method.

Key words Asian citrus psyllid; huanglongbing; field population; laboratory evaluation method of insecticidal effect; chemical control

柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 属半翅目 Hemiptera 木虱科 Psyllidae, 是我国柑橘产区的重要害虫, 主要在柑橘、九里香、黄皮等芸香科植物的新梢期为害, 引起新梢萎缩, 叶片扭曲畸形。更为严重的是传播柑橘黄龙病 (Huanglongbing, HLB)。黄龙病是柑橘上的一种毁灭性病害, 给世界柑橘产业造成巨大损失, 广东惠州地区是黄龙病的老病区, 受其影响, 柑橘类水果的种植面积与产量逐年减少, 种植面积、产量分别从 2012 年的 19 473.3 hm²、33.4 万 t 锐减至 2016 年的 9 906.7 hm²、17.33 万 t。部分感病种植区已经挖除病树改种其他作物, 但更为严峻的是目前还有部分感病果园正处于废弃或半废弃状态, 这就为柑橘木虱传播黄龙病创造了条件, 严重威胁该地区柑橘产业的发展^[1-2]。柑橘木虱成虫和若虫均具有高效获毒和传毒能力, 在感染黄龙病病树韧皮部组织刺吸 5 周, 若虫 60%~100% 带毒, 成虫 40% 带毒, 且成虫通过飞行携带病原进行扩散^[3-7]。研究表明, 携带黄龙病病原菌的柑橘木虱成虫在健康柑橘上吸食 5 h 即可传病^[8]。因此, 及时有效地杀灭柑橘木虱对黄龙病防控十分关键。为了防止黄

龙病传播, 果农频繁地喷施化学农药防治柑橘木虱, 但是果园长期用药易使柑橘木虱产生抗药性, 如广西桂林的柑橘木虱 2012 年已对吡虫啉、毒死蜱和丁硫克百威产生抗性^[9]。本文室内测定了 13 种常用化学农药对柑橘木虱田间种群的作用效果, 为田间防治该害虫提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试虫源: 柑橘木虱田间种群采自广东省惠州市博罗县杨村镇柑橘园, 品种为“沙糖橘”(以下简称田间种群), 以华南农业大学昆虫生态研究室九里香 *Murraya paniculata* (L.) Jack. 上饲养的、长期未施药的柑橘木虱作为敏感种群对照(以下简称敏感种群)。测定虫态为成虫。

供试环境: 在人工气候箱(宁波江南仪器厂)内进行测定, 温度(28±0.5)°C, 湿度 70%±5%, 光暗周期为 L//D=14 h//10 h。

供试药剂: 供试农药共 13 种, 每种药剂测试浓度均为生产企业推荐使用浓度, 以清水作为对照(表 1)。

表 1 供试农药名称、生产厂家和使用浓度

Table 1 Information of the tested pesticides and their concentrations

序号 Serial number	农药名称 Pesticide name	生产厂家 Manufacturer	使用浓度(稀释倍数) Concentration
1	77.5%敌敌畏 EC dichlorvos 77.5% EC	南通江山农药化工股份有限公司	1 000
2	5%啶虫脒 EC acetamiprid 5% EC	柳州市惠农化工有限公司	2 000
3	350 g/L 吡虫啉 SC imidacloprid 350 g/L SC	江苏辉丰农化股份有限公司	3 500
4	30%噻虫嗪 SC thiamethoxam 30% SC	陕西安德瑞普生物化学有限公司	3 000
5	20%丁硫克百威 EC carbosulfan 20% EC	河北省沧州百斯特生物技术有限公司	1 500
6	2.5%高效氯氟氰菊酯 EW <i>lambda</i> -cyhalothrin 2.5% EW	广西田园生化股份有限公司	1 500
7	12%高氯·毒死蜱 EC <i>beta</i> -cypermethrin·chlorpyrifos 12% EC	广西金穗农药有限公司	1 500
8	45%毒死蜱 EC chlorpyrifos 45% EC	招远三联远东化学有限公司	1 000
9	20%甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	浙江威尔达化工有限公司	1 500
10	4.5%高效氯氟氰菊酯 ME <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% ME	佛山市大兴生物化工有限公司	1 000
11	25 g/L 联苯菊酯 EC bifenthrin 25 g/L EC	安徽陆野农化有限责任公司	500
12	22.4%螺虫乙酯 SC spirotetramat 22.4% SC	德国拜耳作物科学公司	4 000
13	99%矿物油 EC Mineral oil 99% EC	SK 润滑油株式会社(韩国)	200
14	清水 Water	—	—

1.2 试验方法

剪取长势一致的九里香嫩梢,长度约为 10 cm,插入装满水的 1.5 mL 离心管内,用脱脂棉塞住离心管口以固定九里香嫩梢,并用帕拉膜封口。将嫩梢浸入稀释好的药液约 1 s 后取出,药剂的用量见表 1。待自然晾干后放入 50 mL 离心管中,管内装有 10 头刚从寄主植物上采集回来的柑橘木虱成虫,然后用纱网封口,测定装置示意图见吴丰年等^[10]和陶磊等^[11]。每处理 3 次重复,分别在处理后 24、48、72 h 统计死亡虫数,计算各处理的死亡率和校正死亡率。

1.3 药效计算与统计方法

死亡率 = 死亡虫数 / 处理总虫数 × 100%;

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%。

采用 Microsoft Excel 2016 软件进行数据统计,采用 SPSS 21.0 进行数据分析,对试验结果进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 13 种药剂对柑橘木虱田间种群的室内毒力

试验结果表明,柑橘木虱田间种群成虫死亡率

都显著高于对照,而且死亡率都有随时间推移逐渐提高的趋势(表 2)。处理后 24 h,77.5% 敌敌畏 EC 和 5% 啶虫脒 EC 的效果最好,柑橘木虱死亡率分别达 93.3% 和 90.0%;其次是 350 g/L 吡虫啉 SC,死亡率为 80.0%。处理后 48 h,77.5% 敌敌畏 EC 和 5% 啶虫脒 EC 处理柑橘木虱的死亡率已达 100%,350 g/L 吡虫啉 SC 处理死亡率达 93.3%,20% 丁硫克百威 EC、30% 噻虫嗪 SC、12% 高氯·毒死蜱 EC 处理柑橘木虱的死亡率也分别上升至 86.7%、80.0% 和 86.7%。处理后 72 h,除以上 6 种药剂外,45% 毒死蜱 EC 和 2.5% 高效氯氟氰菊酯 EW 处理的死亡率也分别升至 93.3% 和 92.0%,这 8 种药剂的死亡率无显著差异。72 h 后,4.5% 高效氯氟氰菊酯 ME、20% 甲氰菊酯 EC、25 g/L 联苯菊酯 EC 处理的死亡率都超过 70%;99% 矿物油 EC 处理的死亡率仅为 66.7%;22.4% 螺虫乙酯 SC 处理的死亡率最低,为 36.7%。可见 77.5% 敌敌畏 EC、5% 啶虫脒 EC、350 g/L 吡虫啉 SC、20% 丁硫克百威 EC、30% 噻虫嗪 SC、12% 高氯·毒死蜱 EC、45% 毒死蜱 EC 和 2.5% 高效氯氟氰菊酯 EW 对广东博罗柑橘木虱田间种群成虫的防治效果较好,而且致死速度较快。

表 2 不同药剂处理柑橘木虱田间种群成虫的死亡率¹⁾

Table 2 Mortality of field population of *Diaphorina citri* adults after treated with different pesticides

序号 Serial number	农药 Pesticide	死亡率/% Mortality		
		24 h	48 h	72 h
1	77.5% 敌敌畏 EC dichlorvos 77.5% EC	(93.3 ± 3.3)aA	(100.0 ± 0)aA	(100.0 ± 0)aA
2	5% 啶虫脒 EC acetamiprid 5% EC	(90.0 ± 5.8)aA	(100.0 ± 0)aA	(100.0 ± 0)aA
3	350 g/L 吡虫啉 SC imidacloprid 350 g/L SC	(80.0 ± 5.8)abB	(93.3 ± 3.3)aAB	(96.7 ± 3.3)aA
4	30% 噻虫嗪 SC thiamethoxam 30% SC	(63.3 ± 8.8)bcB	(80.0 ± 5.8)abAB	(90.0 ± 5.8)abcdA
5	20% 丁硫克百威 EC carbosulfan 20% EC	(60.0 ± 5.8)bcdB	(86.7 ± 3.3)abA	(96.7 ± 3.3)aA
6	2.5% 高效氯氟氰菊酯 EW <i>lambda</i> -cyhalothrin 2.5% EW	(58.3 ± 23.2)bcdA	(75.3 ± 12.7)abA	(92.0 ± 4.0)abcA
7	12% 高氯·毒死蜱 EC <i>beta</i> -cypermethrin · chlorpyrifos 12% EC	(56.7 ± 3.3)bcdB	(86.7 ± 6.7)abA	(93.3 ± 6.7)abA
8	45% 毒死蜱 EC chlorpyrifos 45% EC	(53.3 ± 8.8)bcdB	(76.7 ± 13.3)abAB	(93.3 ± 6.7)abA
9	20% 甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	(50.0 ± 5.8)cdb	(60.0 ± 5.8)bcAB	(76.7 ± 3.3)bcdeA
10	4.5% 高效氯氟氰菊酯 ME <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% ME	(43.3 ± 3.3)cdb	(63.3 ± 3.3)bcA	(73.3 ± 6.7)deA
11	25 g/L 联苯菊酯 EC bifenthrin 25 g/L EC	(33.5 ± 15.2)deA	(67.0 ± 18.0)bcA	(75.3 ± 12.3)cdeA
12	22.4% 螺虫乙酯 SC spirotetramat 22.4% SC	(16.7 ± 6.7)efA	(30.0 ± 11.5)deA	(36.7 ± 6.7)fA
13	99% 矿物油 EC Mineral oil 99% EC	(6.7 ± 3.3)efB	(26.7 ± 12.0)defA	(66.7 ± 3.3)eA
14	清水 Water	(0)fA	(0)fA	(3.3 ± 3.3)gA

1) 数字后具有相同小写字母表示同一时间不同药剂在 0.05 水平差异不显著;相同大写字母表示同一药剂不同时间差异不显著。

Data with the same small letter were not significant difference among treatments; Data with the same capital letter were not significant difference among different time of the same treatment.

2.2 13 种农药对柑橘木虱田间种群与敏感种群的室内毒力比较

13 种药剂对田间种群与敏感种群的毒力比较结果表明,所有药剂处理寄主植物后,相同时间敏感

种群的校正死亡率均高于田间种群,说明对敏感种群的防治效果较好(表 3)。其中,20% 甲氰菊酯 EC、30% 噻虫嗪 SC、45% 毒死蜱 EC、25 g/L 联苯菊酯 EC、99% 矿物油 EC 处理后 24 h 的田间种群校正

死亡率显著低于敏感种群,说明田间种群对这些药剂的敏感性已经显著下降。处理后 48 h,除以上 5 种药剂外,4.5%高效氯氟氰菊酯 ME 处理的田间种群校正死亡率也显著低于敏感种群。处理后 72 h,25 g/L 联苯菊酯 EC、99%矿物油 EC 处理的田间种群校正死亡率依旧显著低于敏感种群,而药后 24 h 田间种群校正死亡率显著低于敏感种群的 20%甲氰菊酯 EC、30%噻虫嗪 SC、45%毒死蜱 EC 则与敏感种群无显著

差异,说明这 3 种农药对田间种群的作用效果较敏感种群要慢一些。4.5%高效氯氟氰菊酯 ME 处理后 48 h,田间种群校正死亡率显著低于敏感种群,说明田间种群对这种农药的耐受力增强。用 25 g/L 联苯菊酯 EC 和 99%矿物油 EC 处理的田间种群校正死亡率一直显著低于敏感种群,说明广东博罗田间种群对这 2 种药的敏感性下降。22.4%螺虫乙酯 SC 虽然对两个种群的致死率无显著性差异,但防治效果都较差。

表 3 不同药剂处理柑橘木虱田间种群与敏感种群的校正死亡率¹⁾

Table 3 Corrected mortality of field population and sensitive population of *Diaphorina citri* treated with different pesticides

序号 Serial number	农药 Pesticide	校正死亡率/% Corrected mortality					
		24 h		48 h		72 h	
		田间种群 Field population	敏感种群 Sensitive population	田间种群 Field population	敏感种群 Sensitive population	田间种群 Field population	敏感种群 Sensitive population
1	77.5%敌敌畏 EC dichlorvos 77.5% EC	93.3±5.8	100.0±0	100.0±0	100.0±0	100.0±0	100.0±0
2	5%啶虫脒 EC acetamiprid 5% EC	90.0±5.8	93.3±3.3	100.0±0	100.0±0	100.0±0	100.0±0
3	350 g/L 吡虫啉 SC imidacloprid 350 g/L SC	80.0±8.8	82.7±3.7	86.7±3.3	93.3±3.3	96.7±3.3	100.0±0
4	30%噻虫嗪 SC thiamethoxam 30% SC	63.3±8.8*	89.8±4.0	80.0±5.8*	97.8±2.3	89.7±6.0	97.8±2.3
5	20%丁硫克百威 EC carbosulfan 20% EC	60.0±5.8	76.3±11.2	86.7±3.3	97.5±2.5	96.7±3.3	97.5±2.5
6	2.5%高效氯氟氰菊酯 EW <i>lambda</i> -cyhalothrin 2.5% EW	58.7±23.1	63.3±5.8	75.3±12.7	76.7±3.3	91.3±4.3	93.3±3.3
7	12%高氯·毒死蜱 EC <i>beta</i> -cypermethrin·chlorpyrifos 12% EC	56.7±3.3	60.0±11.5	86.7±6.7	93.3±5.8	93.0±7.0	100.0±0
8	45%毒死蜱 EC chlorpyrifos 45% EC	53.3±8.8*	83.0±7.0	76.7±13.3*	93.3±3.3	93.0±7.0	100.0±0
9	20%甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	50.0±5.8*	66.7±3.3	60.0±5.8*	80.0±5.8	75.7±3.3	86.3±3.7
10	4.5%高效氯氟氰菊酯 ME <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% ME	43.3±3.3	52.5±3.5	63.3±3.3*	90.0±4.3	72.3±6.7*	97.5±2.5
11	25 g/L 联苯菊酯 EC bifenthrin 25 g/L EC	33.7±15.1*	66.7±6.7	67.0±18.0*	96.7±3.3	74.0±13.0*	100.0±0
12	22.4%螺虫乙酯 SC spirotetramat 22.4% SC	16.7±6.7	16.7±3.3	30.0±11.5	33.3±3.3	34.7±6.7	44.7±3.3
13	99%矿物油 EC Mineral oil 99% EC	6.7±3.3*	23.3±3.3	26.7±12.0*	63.3±3.3	65.7±3.3*	82.7±9.1

1) 数字后有 * 表示经 *t* 检验 2 个种群在 0.05 水平差异显著。处理后 24、48、72 h,田间种群清水对照处理死亡率分别为 0、0、3.3%,敏感种群清水对照处理死亡率分别为 3.3%、3.3%、6.7%。

Data with * indicate that the two populations were significantly different at 0.05 level by *t*-test. The mortalities of field population with water treatment are 0, 0 and 3.3% at 24, 48 and 72 h, respectively, and the mortalities of sensitive population with water treatment are 3.3%, 3.3% and 6.7% at 24, 48 and 72 h, respectively.

3 结论与讨论

本次试验所用的农药中,77.5%敌敌畏 EC、5%啶虫脒 EC、350 g/L 吡虫啉 SC 处理寄主植物后对广东博罗田间柑橘木虱种群成虫的致死效果最好,而且作用速度快。20%丁硫克百威 EC、30%噻虫嗪 SC、12%高氯·毒死蜱 EC 在处理 48 h 的防效显著提升,45%毒死蜱 EC、2.5%高效氯氟氰菊酯 EW 在 72 h 后的防效也接近前 6 种农药。与敏感种群相比,6 种药剂在处理 24、48、72 h 后对博罗种群的防治效果产生不同程度的下降,分别为 99%矿物油 EC 下降 16.6~36.6 百分点、25 g/L 联苯菊酯 EC 26~33 百分点、45%毒死蜱 EC 7~29.7 百分点、30%噻虫嗪 SC 8.1~26.5 百分点、4.5%高效氯氟氰菊酯 ME 9.2~

26.7 百分点、20%甲氰菊酯 EC 10.6~20.0 百分点,这可能是该地区长期大量使用这 6 种农药导致的。据报道,与 2009 年相比,2013 年和 2014 年美国佛罗里达柑橘木虱种群对吡虫啉、甲氰菊酯、噻虫嗪等药剂的敏感性显著下降^[12]。江西信丰柑橘木虱种群对高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的敏感性也下降^[11]。但 20%甲氰菊酯 EC、30%噻虫嗪 SC 和 45%毒死蜱 EC 处理 72 h 后,田间种群和敏感种群的显著性差异消失,说明这些农药只是对田间种群的药效比较缓慢。4.5%高效氯氟氰菊酯 ME 和 25 g/L 联苯菊酯 EC 对广东博罗种群的防效不理想,建议暂时停止使用。螺虫乙酯是具有双向内吸传导性能的新型杀虫剂,但本次测定中对两个种群的防治效果均不理想,最高死亡率仅为 44.7%,其原因有待进一步分析。

矿物油乳剂具有杀虫谱广、害虫不会产生抗药性、对人畜及环境安全等优点,在柑橘病虫害的综合治理中可发挥重要作用^[13],20 世纪 80 年代开始在我国柑橘园大量使用。矿物油乳剂的杀虫机理主要是物理的封闭作用,即喷洒到虫体上堵塞气门导致小型害虫窒息死亡。除了致死作用外,越来越多的研究结果证实其对多种害虫具有行为影响。据报道,矿物源农药机油乳剂对柑橘木虱的卵和若虫具有理想的防治效果^[14],同时可显著减少成虫在寄主植物上的着落和产卵量,即对成虫及其产卵具有显著的驱避作用^[15],从而具有预防效果。以矿物油乳剂为基础的拒避-九里香诱杀的组合对柑橘木虱防治效果显著^[16]。本试验结果表明,随着时间的推移,在矿物油处理过的寄主嫩梢上柑橘木虱的校正死亡率逐渐提高,敏感种群由 24 h 的 23.3% 提高到 72 h 的 82.7%,说明其拒食机理发挥了作用。

柑橘木虱最初只分布于我国的广东、广西、福建、江西、湖南、台湾等省份,但随着全球气候的变暖,其分布范围正逐渐向北蔓延^[17]。由于柑橘木虱具有高效传播黄龙病的特性,其对柑橘产业造成了严重威胁。目前,国内外的主要防治方法是使用化学药剂,但长期、大量的使用化学农药会导致天敌数量减少、生物多样性下降、害虫抗性提高、生态环境遭到污染等诸多问题。因此,对柑橘木虱不应该只注重化学防治,而应该把多种防治方法结合起来,形成一套绿色环保、可持续的防治体系,从而有效地控制柑橘黄龙病的发生。

鉴于柑橘木虱传播黄龙病的风险性,果农一般发现柑橘木虱就会马上喷药,在田间进行药效试验是比较困难的。本研究采用的这种用药剂处理寄主植物后释放木虱成虫的室内测定方法具有快速、简单易行的特点,清水对照 24 h、48 h 田间种群的死亡率为 0,72 h 也仅为 3.3%,敏感种群 24、48、72 h 的死亡率依次为 3.3%、3.3%、6.7%,说明结果是可靠的。但是本方法只适合于测定内吸性农药短期的效果,对于其他作用机理的农药以及评价农药对柑橘木虱的持效期还应该结合毒力测定或田间防治试验等方法。

参考文献

- [1] 张春龙. 广东惠州柑桔黄龙病综合防控与改种现状[J]. 农业与技术, 2017, 37(11): 100-101.
- [2] 林孔湘. 柑桔黄梢(黄龙)病的进一步研究[J]. 植物保护学报, 1963, 2(3): 243-251.
- [3] 邓明学, 李少清, 杜义, 等. 烯啶虫胺·高效氟氯氰菊酯等 6 种农药防治柑桔木虱田间药效试验[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9): 4633-4635.
- [4] LUO X Z, YEN A L, POWELL K S, et al. Feeding behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its acquisition of 'Candidatus Liberibacter asiaticus', on huanglongbing-infected *Citrus reticulata* leaves of several maturity stages [J]. Florida Entomologist, 2015, 98(1): 186-192.
- [5] WU T Y, LUO X Z, XU C B, et al. Feeding behavior of *Diaphorina citri* and its transmission of 'Candidatus Liberibacter Asiaticus' to citrus [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2016, 161(2): 104-111.
- [6] 黄金萍, 黄建邦, 高娃, 等. 柑桔木虱取食黄龙病柑桔部位与获菌效率的关系[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(1): 71-74.
- [7] 杜丹超, 鹿连明, 张利平, 等. 柑桔木虱的防治技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 178-181.
- [8] 许长藩, 夏雨华, 李开本, 等. 柑桔木虱传播黄龙病的规律及病原在虫体内分布的研究[J]. 福建农业学报, 1988(2): 57-61.
- [9] 邓学明, 潘振兴, 谭有龙, 等. 广西果园柑橘木虱对毒死蜱等 6 种农药的抗药性监测[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(4): 48-49.
- [10] 吴丰年, 岑伊静, 梁广文. 不同离体寄主及其成熟度对亚洲柑桔木虱存活的影响[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(3): 679-685.
- [11] 陶磊, 何柳寿, 徐长宝, 等. 几种常用农药对江西信丰柑桔木虱的药效测定[J]. 中国南方果树, 2017(5): 9-13.
- [12] MONIQUE R C, LIU B, LUKASZUKASZ L S. Reversal of insecticide resistance in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)[J]. Florida Entomologist, 2016, 99(1): 26-32.
- [13] 岑伊静, 徐长宝, 田明义. 机油乳剂防治柑桔害虫的研究进展[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(2): 118-122.
- [14] RAE D J, LIANG W G, WATSON D M, et al. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae), in China [J]. International Journal of Pest Management, 1997, 43(1): 71-75.
- [15] 欧阳革成, 杨悦屏, 钟桂林, 等. 4 种矿物油乳剂对柑桔小实蝇和柑桔木虱产卵行为的影响[J]. 植物保护, 2007, 33(4): 72-74.
- [16] 欧阳革成, 方小端, 郭明防. 以矿物油乳剂为基础的拒避-诱杀组合防治柑桔木虱试验初报[J]. 中国南方果树, 2010, 39(5): 47-49.
- [17] 汪善勤, 肖云丽, 张宏宇. 我国柑桔木虱潜在适生区分布及趋势分析[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(5): 1140-1148.

(责任编辑: 杨明丽)