



宋晓兵, 崔一平, 彭埃天, 凌金锋, 陈霞. 广东肇庆柑橘木虱田间种群对常用药剂的抗药性 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (5): 1321 - 1324.

广东肇庆柑橘木虱田间种群对常用药剂的抗药性

宋晓兵, 崔一平, 彭埃天*, 凌金锋, 陈霞

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 室内采用浸叶法测定了柑橘木虱 *Diaphorina citri* 敏感种群与田间种群对广东常用药剂的敏感性, 明确了柑橘木虱田间种群对阿维菌素、高效氯氰菊酯、吡虫啉、噻虫嗪、啶虫脒和甲维盐 6 种药剂的抗药性。柑橘木虱田间种群对 70% 吡虫啉水分散粒剂、20% 啶虫脒可溶液剂、3% 甲维盐微乳剂处于低水平抗药性, LC_{50} 抗性倍数分别为 5.89 倍、8.53 倍和 9.86 倍; 对 25% 噻虫嗪水分散粒剂、10% 高效氯氰菊酯乳油、1.8% 阿维菌素乳油仍具有较高的敏感性。田间防治柑橘木虱推荐不同作用机理的药剂交替使用, 综合运用多种防控措施, 以延缓柑橘木虱抗药性的产生。

关键词: 柑橘木虱; 抗药性; 浸叶法; 杀虫剂

中图分类号: Q965.9; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 05-1321-04

Resistance to commonly used insecticides of *Diaphorina citri* field populations in Zhaoqing City, Guangdong Province

SONG Xiao-Bing, CUI Yi-Ping, PENG Ai-Tian*, LING Jin-Feng, CHEN Xia (Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Sensitivity of *Diaphorina citri* sensitive population and field population to commonly used pesticides in Guangdong was determined with leaf-dip method. The resistance was clarified of *D. citri* field population to Abamectin, Beta-cypermethrin, Imidacloprid, Thiamethoxam, Acetamiprid, and Emamectin Benzoate. *D. citri* field population was at low levels of resistance to 70% Imidacloprid WG, 20% Acetamiprid SL and 3% Emamectin Benzoate ME, and the LC_{50} resistance ratios were 5.89, 8.53 and 9.86, respectively. *D. citri* field population was still highly sensitive to 25% Thiamethoxam WG, 10% Beta-cypermethrin EC, and 1.8% Abamectin EC. In the field, it is recommended to use insecticides with different action mechanisms and use multiple prevention measures to control *D. citri* to delay the emergence of insect resistance.

Key words: *Diaphorina citri*; resistance; leaf-dip method; insecticides

柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 是柑橘黄龙病的重要传播虫媒 (Bové, 2006; Cen *et al.*, 2012), 当前对柑橘黄龙病尚无有效的防治药剂和

抗病品种 (宋晓兵等, 2016), 加强柑橘木虱的防控, 对于遏制柑橘黄龙病的扩散蔓延具有重要意义 (Qureshi *et al.*, 2013; 宋晓兵等, 2018)。针对

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0201500); 广东省现代农业产业技术体系建设专项 (2021KJ108)

作者简介: 宋晓兵, 博士, 副研究员, 主要研究方向为柑橘病虫害综合防控, E-mail: xbsong@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 彭埃天, 本科, 研究员, 主要研究方向为植物保护, E-mail: pengait@163.com

收稿日期 Received: 2020-06-03; 接受日期 Accepted: 2020-07-29

柑橘木虱的防控需要综合运用多种防治措施,包括农业防治、化学防治、物理诱控、生物防治、基因沉默等多种方法(姚廷山等,2018),方能取得较好的控制效果。长期以来单纯使用化学药剂造成天敌昆虫大量死亡、柑橘木虱产生抗药性、果园生态环境遭到破坏,并带来农药残留、环境污染等诸多问题(宋晓兵等,2019),杀虫剂抗药性已成为防治柑橘木虱的重要障碍之一。

目前,防治柑橘木虱的主要杀虫剂包括有机磷类、有机氯类、新烟碱类、氨基甲酸酯类、阿维菌素类和拟除虫菊酯类等(田发军等,2018),其中机磷类、有机氯类由于其高毒性、高残留性正逐步退出市场。大量多次和过量使用杀虫剂均会导致柑橘木虱抗药性水平的增加,在重复使用相同作用方式的一种或多种杀虫剂的选择压力下,世界各地的柑橘木虱对有机磷类、拟除虫菊酯类、新烟碱类、氨基甲酸酯类药剂产生了不同程度的抗药性(Tiwari *et al.*, 2011a; 邓学明等, 2012b; Tian *et al.*, 2018)。

柑橘木虱抗药性的产生一方面增加了种植成本,另一方面过度使用杀虫剂造成柑橘果实农药残留超标和环境污染等问题。本研究选择广东地区广泛使用且作用机制不同的6种柑橘木虱杀虫剂,其中吡虫啉、噻虫嗪、啉虫脒属于新烟碱类农药,高效氯氰菊酯属于拟除虫菊酯类农药,阿维菌素、甲维盐属于生物源农药,以明确广东肇庆柑橘木虱田间种群对主打药剂的敏感性及其抗药性,旨在为柑橘木虱的田间防治及抗性管理提供参考,为农药减量化和精准化使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

柑橘木虱敏感种群于2018年4月采自广东省广州市五山大丰街九里香,于养虫笼内用九里香继代饲养多代,期间未施用杀虫剂。柑橘木虱田间种群于2019年7月从广东省肇庆市怀集县中洲镇砂糖橘上采集,在养虫笼内用九里香饲养1代后,第2代用于抗药性测定。

1.2 供试药剂

目前广东柑橘产区使用比较广泛的6种药剂:1.8%阿维菌素乳油(济南中科绿色生物工程有限公司)、10%高效氯氰菊酯乳油(美国仙农有限公司)、70%吡虫啉水分散粒剂(拜耳作物科学(中

国)有限公司)、25%噻虫嗪水分散粒剂(江苏绿叶农化有限公司)、20%啉虫脒可溶液剂(山西德威生化有限责任公司)、3%甲维盐(氨基苯阿维菌素苯甲酸盐)微乳剂(北京三浦百草绿色植物制剂有限公司)。

1.3 试验方法

分别取供试药剂制成母液,再加蒸馏水将各母液稀释至设定浓度,每个配比设5个浓度梯度。室内毒力测定采用浸叶法(王吉锋等,2019),剪取长势一致的九里香嫩梢,插入装满水的1.5 mL离心管内,用脱脂棉塞紧离心管口以固定九里香嫩梢。将九里香嫩梢浸入按梯度稀释的药液约5 s后取出,待自然晾干后放入50 mL离心管中,管内装有10头柑橘木虱成虫,然后用纱布封口。每处理3次重复,移入人工气候箱,温度27℃、相对湿度70%、光周期L:D=14 h:10 h,处理后24 h后分别统计各处理的死亡虫数。

1.4 数据处理

计算各处理的死亡率,利用DPS 7.05软件对所得数据进行回归分析。抗性倍数=田间种群的 LC_{50} /敏感种群的 LC_{50} 。抗性标准划分:抗性倍数0~5.0倍为未产生抗性;5.0~10.0倍为低等抗性;10.0~40.0倍为中等抗性;40.0~160.0倍为高等抗性;160.0倍以上为极高抗性(肖汉祥等,2018;詹兴堆,2019)。

2 结果与分析

2.1 柑橘木虱敏感种群的毒力测定

室内毒力测定结果表明,1.8%阿维菌素乳油、10%高效氯氰菊酯乳油、70%吡虫啉水分散粒剂、25%噻虫嗪水分散粒剂对柑橘木虱敏感种群具有较强的致死效果, LC_{50} 介于0.5926~0.8802 mg/L之间;3%甲维盐微乳剂、20%啉虫脒可溶液剂对柑橘木虱敏感种群的致死效果较差, LC_{50} 分别为1.3102和2.1332 mg/L(表1)。

2.2 柑橘木虱田间种群对杀虫剂的抗药性

室内毒力测定结果表明,25%噻虫嗪水分散粒剂、10%高效氯氰菊酯乳油、1.8%阿维菌素乳油对柑橘木虱田间种群具有较强的致死效果, LC_{50} 介于0.9932~2.1988 mg/L之间;3%甲维盐微乳剂、20%啉虫脒可溶液剂对柑橘木虱田间种群的致死效果较差, LC_{50} 分别为12.9188 mg/L和18.1865 mg/L;70%吡虫啉水分散粒剂对柑橘木

虱田间种群的致死效果居中, LC_{50} 为 5.1837 mg/L。抗药性试验结果表明, 肇庆柑橘木虱对 6 种常用药剂的 3 种产生了不同程度的抗药性, 该地区的柑橘木虱对 20% 啶虫脒可溶液剂、3% 甲维盐微乳剂产生较高的抗药性, LC_{50} 抗性倍数分别为 8.53 倍和 9.86 倍, 仍处于低等抗性水平; 该地区的柑

橘木虱对 70% 吡虫啉水分散粒剂产生较低的抗药性, LC_{50} 抗性倍数为 5.89 倍。肇庆柑橘木虱对 25% 噻虫嗪水分散粒剂、10% 高效氯氰菊酯乳油、1.8% 阿维菌素乳油仍具有较强的敏感性, LC_{50} 抗性倍数分别为 1.68 倍、2.24 倍和 2.91 倍 (表 2)。

表 1 柑橘木虱敏感种群的毒力测定

Table 1 Toxicity determination of *Diaphorina citri* sensitive population

药剂 Insecticides	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC_{50} (mg/L)	95% 置信区间 95% confidence interval	相关系数 Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	$Y = 5.3966 + 3.279X$	0.7569	0.2665 ~ 2.1500	0.8535
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	$Y = 5.5417 + 3.1929X$	0.6766	0.2295 ~ 1.9943	0.8575
吡虫啉 Imidacloprid	$Y = 5.074 + 1.3355X$	0.8802	0.7131 ~ 1.0865	0.9914
噻虫嗪 Thiamethoxam	$Y = 5.7314 + 3.2188X$	0.5926	0.2299 ~ 1.5279	0.8963
啶虫脒 Acetamiprid	$Y = 4.6388 + 1.0978X$	2.1332	1.6269 ~ 2.7971	0.9761
甲维盐 Emamectin Benzoate	$Y = 4.8792 + 1.0297X$	1.3102	1.1502 ~ 1.4925	0.9954

表 2 柑橘木虱田间种群对杀虫剂的抗药性

Table 2 Insecticide resistance of *Diaphorina citri* field population

药剂 Insecticides	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC_{50} (mg/L)	95% 置信区间 95% confidence interval	相关系数 Correlation coefficient	抗性倍数 Resistance ratio
阿维菌素 Abamectin	$Y = 4.4712 + 1.5453X$	2.1988	1.3260 ~ 3.6462	0.9458	2.91
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	$Y = 4.6971 + 1.6733X$	1.5172	1.2982 ~ 1.7731	0.9927	2.24
吡虫啉 Imidacloprid	$Y = 4.3145 + 0.9592X$	5.1837	4.4889 ~ 5.9859	0.9932	5.89
噻虫嗪 Thiamethoxam	$Y = 5.0037 + 1.2389X$	0.9932	0.9190 ~ 1.0734	0.9987	1.68
啶虫脒 Acetamiprid	$Y = 3.7577 + 0.9861X$	18.1865	12.3548 ~ 26.7709	0.9651	8.53
甲维盐 Emamectin Benzoate	$Y = 3.9944 + 0.905X$	12.9188	10.3008 ~ 16.2021	0.9912	9.86

3 结论与讨论

柑橘木虱对杀虫剂抗药性测定主要有药膜法、点滴法、浸叶法等多种方法, 其中浸叶法简便易行, 与田间实际情况相接近, 可用于柑橘木虱成虫和若虫的抗药性测定 (Naeem *et al.*, 2016; 田发军等, 2018)。邓学明等 (2012) 通过药膜法研究了广西柑橘木虱对 6 种杀虫剂的抗药性, 柑橘木虱对毒死蜱的抗药性最高为 8.8 倍, 对高效氯氰菊酯和吡虫啉也产生了抗药性, 对高效氟氯氰菊酯和丁硫克百威处于敏感性下降阶段, 而对虫螨腈还处于敏感阶段。Tiwari *et al.* (2011) 用点滴

法测定了佛罗里达 5 个地区田间柑橘木虱成虫种群对 13 种杀虫剂的敏感性, 柑橘木虱对吡虫啉、毒死蜱、噻虫嗪、马拉硫磷和甲氰菊酯已产生抗药性, 抗性倍数最高的地区对吡虫啉和噻虫嗪的抗性倍数分别为 35.0 倍和 13.0 倍。Tian *et al.* (2018) 采用浸叶法测定了广东增城、从化、惠州、清远 4 个柑橘木虱田间种群对 9 种药剂的抗药性, 其中增城柑橘木虱种群对吡虫啉的抗药性最高达到 15.12 倍, 4 个地区出现明显抗药性的药剂为毒死蜱、呋虫胺、噻虫嗪、氯氟氰菊酯和联苯菊酯。

本研究结果表明, 肇庆柑橘木虱田间种群对 25% 噻虫嗪水分散粒剂、10% 高效氯氰菊酯乳油、1.8% 阿维菌素乳油仍具有较强的敏感性, LC_{50} 介

于 0.9932 ~ 2.1988 mg/L 之间; 肇庆柑橘木虱对 70% 吡虫啉水分散粒剂、20% 啉虫脒可溶液剂、3% 甲维盐微乳剂处于低水平抗药性, LC_{50} 抗性倍数分别为 5.89 倍、8.53 倍和 9.86 倍。肇庆柑橘木虱田间种群对不同作用机理的 3 种杀虫剂均产生了不同程度的抗药性, 仅通过不同作用机理的药剂交替使用延缓昆虫抗药性的产生存在局限性, 柑橘木虱的防控需要联用其他防治措施, 例如物理诱杀、虫生真菌侵染、释放天敌等多种方法。

目前, 我国已登记的柑橘木虱杀虫剂种类和数量偏少, 本研究使用的 6 种药剂多数可兼治蚜虫、潜叶蛾、红蜘蛛等害虫, 生产上应用较为广泛, 其中高效氯氰菊酯、噻虫嗪、啉虫脒、阿维菌素已登记在柑橘木虱上。生产上单一药剂的重复使用, 极易造成害虫抗药性的产生, 因而有必要进行柑橘木虱的抗药性研究。首先, 合理使用杀虫剂是延缓柑橘木虱抗药性的重要措施之一 (张丽阳等, 2016), 不同作用机制的药剂交替使用或混用, 对已经产生明显抗性的杀虫剂限制使用等; 其次, 对柑橘木虱抗性水平进行监测和评估, 开展防治药剂的筛选和新药剂的研发, 同时加强生物防治、物理防治等多种措施的运用, 减少杀虫剂的使用量; 再者, 开展柑橘木虱对杀虫剂的抗性机理研究, 为柑橘木虱的抗药性治理提供理论依据。

参考文献 (References)

- Bové JM. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus [J]. *Journal of Plant Pathology*, 2006, 88 (1): 7-37.
- Cen YJ, Zhang LN, Xia YL, et al. Detection of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' in *Cacopsylla* (*Psylla*) *citrisuga* (Hemiptera: Psyllidae) [J]. *Florida Entomologist*, 2012, 95 (2): 303-309.
- Deng XM, Pan ZX, Tan YL, et al. Monitoring of six insecticide resistance in Asian citrus psyllid from citrus groves of Guangxi [J]. *China Plant Protection*, 2012, 32 (4): 48-49. [邓明学, 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]
- Naeem A, Freed S, Jin FL, et al. Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab, Pakistan [J]. *Crop Protection*, 2016, 86: 62-68.
- Qureshi JA, Kostyk BC, Stansly PA. Insecticidal suppression of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) vector of huanglongbing pathogens [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9: e112331.
- Song XB, Peng AT, Chen BP, et al. Review of biological controls of *Diaphorina citri* using entomopathogenic fungi [J]. *Journal of Biosafety*, 2016, 25 (4): 255-260. [宋晓兵, 彭埃天, 程保平, 等. 利用虫生真菌生物防治柑橘木虱的研究进展 [J]. 生物安全学报, 2016, 25 (4): 255-260]
- Song XB, Peng AT, Cui YP, et al. Trapping effects of *Murraya exotica* volatiles on Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* and mixed screening test [J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46 (3): 589-594. [宋晓兵, 彭埃天, 崔一平, 等. 九里香挥发物对柑橘木虱的引诱效果及混配筛选试验 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (3): 589-594]
- Song XB, Peng AT, Ling JF, et al. Pathogenicity of *Paecilomyces variotii* and *Beauveria bassiana* to *Diaphorina citri* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (4): 629-635. [宋晓兵, 彭埃天, 凌金锋, 等. 宛氏拟青霉与球孢白僵菌对柑橘木虱的致病力分析 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (4): 629-635]
- Tian FJ, Liu JL, Zeng XN, et al. Progress in research on insecticide resistance in the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (4): 565-573. [田发军, 刘家莉, 曾鑫年. 柑橘木虱抗药性研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (4): 565-573]
- Tian FJ, Mo XF, Rizvi SAH, et al. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Guangdong of China [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8 (1): 12587. Doi: 10.1038/s41598-018-30674-5.
- Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, et al. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67: 1258-1268.
- Wang JF, Liu Z, Tao L, et al. Laboratory evaluation of the effects of 13 common pesticides on the field population of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 249-253. [王吉锋, 刘喆, 陶磊, 等. 13 种常用农药对柑橘木虱田间种群防治效果室内评价 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 249-253]
- Xiao HX, Li YF, Ling SF, et al. Resistance of *Nilaparvata lugens* (Stål) populations to four types of insecticides in Guangdong Province [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2018, 39 (2): 70-74. [肖汉祥, 李燕芳, 凌善锋, 等. 广东褐飞虱种群对 4 种杀虫剂的抗药性 [J]. 华南农业大学学报, 2018, 39 (2): 70-74]
- Yao TS, Zhou Y, Zhou CY. Advances in researches on the occurrence and control of Asia citrus psyllid [J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35 (11): 1413-1421. [姚廷山, 周彦, 周常勇. 亚洲柑橘木虱的发生与防治研究进展 [J]. 果树学报, 2018, 35 (11): 1413-1421]
- Zhan XD. Resistance of different *Diaphorina citri* populations to six common insecticides [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2019, 50 (12): 2713-2719. [詹兴堆. 不同柑橘木虱种群对 6 种常用杀虫剂的抗药性测定 [J]. 南方农业学报, 2019, 50 (12): 2713-2719]
- Zhang LY, Liu CL. Research progress on mechanism of insect resistance to insecticides and its management [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (3): 640-647. [张丽阳, 刘承兰. 昆虫抗药性机制及抗性治理研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (3): 640-647]