



张蕊, 杨石有, 毛欣欣, 林树叶, 王维娟, 张志祥, 程东美. 不同农药对木瓜秀粉蚧的毒力及复配增效作用 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (1): 221–226.

不同农药对木瓜秀粉蚧的毒力及复配增效作用

张蕊^{1,2}, 杨石有², 毛欣欣², 林树叶², 王维娟², 张志祥³, 程东美^{1*}

(1. 仲恺农业工程学院农业与生物学院, 广州 510225; 2. 海南大学林学院, 海口 570228;
3. 华南农业大学, 天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要: 为筛选对入侵害虫木瓜秀粉蚧毒力较好的农药及复配增效配比, 为该虫的化学药剂防治提供理论依据, 本文采用叶面喷雾法测定了 11 种农药对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的室内毒力, 挑选毒力较好的两种药剂进行复配, 筛选增效配比, 并进行田间药效试验。结果表明, 11 种农药对木瓜秀粉蚧的毒力大小依次为: 螺螨酯 > 吡啶灵 > 噻虫胺 > 联苯菊酯 > 矿物油 > 高效氯氟菊酯 > 吡虫啉 > 啶虫脒 > 吡虫啉 > 噻虫酮 > 四螨嗪。吡啶灵与螺螨酯 (60:40) 复配共毒系数最大, 为 182.47。田间药效试验发现, 混配药剂防效均高于单剂且达到差异显著。

关键词: 木瓜秀粉蚧; 杀虫剂; 毒力; 增效作用

中图分类号: Q965.9; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 01-0221-06

Toxicities and synergism of different pesticides against *Paracoccus marginatus*

ZHANG Rui^{1,2}, YANG Shi-You², MAO Xin-Xin², LIN Shu-Ye², WANG Wei-Juan², ZHANG Zhi-Xiang³, CHENG Dong-Mei^{1*} (1. College of Agriculture and Biology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. College of Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; 3. Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology / College of Agriculture, South China Agricultural University, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

Abstract: This study aimed to get the information of high activity and compounding synergies ratio pesticides against invasive pest *Paracoccus marginatus*. Toxicities of 11 pesticides against *P. marginatus* 2nd instar nymphs were investigated by leaf spray method, the two screened pesticides with highest activity were compounded with different ratio toxicities and efficacy of synergy ratio was tested in field. The results showed that the order of the toxicity was: Spirodiclofen > pyridaben > clothianidin > bifenthrin > mineral oil > beta cypermethrin > propargite > acetamiprid > Imidacloprid > hexythiazox > clofentezine. The co-toxicity coefficient of pyridaben and spiroadiclofen (60:40) was the highest (182.47). Field experiments indicated that the mixture of pyridaben and spiroadiclofen (60:40) was better than that of their each single. Field control reached significant difference.

Key words: *Paracoccus marginatus*; pesticides; toxicity; synergistic activity

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系创新团队 (2018LM1131, 2018ML1129); 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队项目 (2019KJ133)

作者简介: 张蕊, 女, 1988 年生, 云南曲靖人, 在读硕士研究生, 主要从事农药残留分析研究, E-mail: hndxrui@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 程东美, 博士, 副教授, 主要研究方向为有害生物综合防治和植物源农药, E-mail: zkcdm@163.com

收稿日期 Received: 2018-12-26; 接受日期 Accepted: 2019-03-05

木瓜秀粉蚧 *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, 又名木瓜粉蚧, 于 1992 年在墨西哥首次被发现, 后迅速蔓延, 目前已在十几个国家爆发为害 (Goergen *et al.*, 2011; Mastoi *et al.*, 2011; Galanihe *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2014; Myrick *et al.*, 2014)。中国最早于 2010 年在台湾省多个县市有发现 (Chen *et al.*, 2011), 吴福中等 (Wu *et al.*, 2014) 首次在中国大陆的云南勐腊发现该虫危害经济作物木瓜和园林植物鸡蛋花和鸳鸯茉莉。木瓜秀粉蚧寄主广泛, 可危害木薯、木瓜、番石榴、番茄、茄子、芒果、木棉等 35 个科, 超过 55 个属 (Saengyot *et al.*, 2011; Galanihe *et al.*, 2011), 是重要的世界危险性检疫有害生物。木瓜秀粉蚧通过若虫和雌成虫刺吸为害植物的茎叶和果实, 同时向植物体内注射毒性物质, 造成叶片褪绿黄化, 卷缩变形、落花落果, 同时产生大量蜜露引起烟煤病, 最终导致植物死亡 (Kaushalya *et al.*, 2008; Mastoi *et al.*, 2014)。

木瓜秀粉蚧, 世代重叠, 发育、繁殖最适宜温度为 24 ~ 28℃, 通常每头雌虫可产卵 100 粒 ~ 600 粒, 繁殖能力较强, 种群增长迅速。春秋季节发生数量最大, 在温室条件下, 该虫一年四季都可以繁殖。木瓜秀粉蚧体壁包裹厚厚的一层蜡质, 常隐藏在植物叶片的背部和隐蔽处, 防控木瓜秀粉蚧存在一定的难度。2009 年 5 月, 斯里兰卡释放外来天敌长索跳小蜂 *Anagyrus loecki* Noyes and Menazes、*Acerophagous papayae* Noyes and Schauff 和 *Pseudleptomastrix mexicana* Noyes and Schauff 控制效果达 95% ~ 100%。化学药剂防治具有见效快、防治彻底等特点, 广泛用于害虫的防治。目前关于木瓜秀粉蚧的研究报道较少, 未见有木瓜秀粉蚧的药剂防治报道。木瓜秀粉蚧繁殖速度快, 危害较严重, 目前在中国海南、广东、云南、广西、台湾造成了不同程度的为害 (卢辉等, 2016)。为筛选对木瓜秀粉蚧具有较好毒力的杀虫剂, 本文在室内测定了 11 种杀虫剂对木瓜秀粉蚧的毒力, 并挑选两种毒力较好的药剂按照不同比例进行复配, 筛选增效配比, 并将增效配比进行田间试验, 以期木瓜秀粉蚧的防治药剂选择及科学使用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试昆虫

木瓜秀粉蚧采自海南大学儋州校区周边木薯基地, 用小毛笔将非 2 龄若虫挑走, 每片叶片保留 30 头 2 龄若虫用于试验。

1.1.2 供试药剂

70% 吡虫啉水分散粒剂 (江西正邦生物化工股份有限公司)、73% 炔螨特乳油 (麦德梅农业解决方案有限公司)、240 g/L 螺螨酯悬浮剂 (拜耳作物科学中国有限公司)、15% 哒螨灵乳油 (广西田园生化股份有限公司)、21% 联苯菊酯水乳剂 (泰山现代农业科技有限公司)、97% 矿物油乳油 (上海沪联生物药业股份有限公司)、30% 噻虫胺悬浮剂 (孟州云大高科生物科技有限公司)、4.5% 高效氯氰菊酯乳油 (周口市金石化工有限公司)、5% 噻螨酮乳油 (郑州中港万象作物科学有限公司)、10% 啶虫脒微乳剂 (山东荣邦化工有限公司)、20.8% 四螨嗪悬浮剂 (山东省绿石农药有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 药剂对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的室内毒力

用喉头喷雾器将不同浓度的药剂均一地喷施在含木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的木薯叶片上, 试验重复 3 次, 每重复 30 头虫, 共计 90 头虫。用锡箔纸将蘸有清水的棉花包裹在叶柄处, 放入垫有卫生纸的托盘中, 于 25 ± 1℃, 相对湿度为 75% ± 5%、光照周期 14L:10D 的人工气候箱中饲养, 48 h 检查死虫数。

毒力指数 = 药剂 LC₅₀最大值 / 各药剂 LC₅₀值 × 100

1.2.2 药剂复配增效配比筛选

从 11 种农药中挑选出对木瓜秀粉蚧毒力较高的两种药剂, 按照交互测定法, 将两种药剂按照不同的比例进行混合并稀释 5 个浓度梯度, 按照 1.2.1 的方法进行毒力测定, 计算 LC₅₀ 值和共毒系数 (CTC), 根据联合毒力计算方法, 如果复配剂的 CTC 为 80 ~ 120, 则表现为相加作用; CTC > 120, 则表现为增效作用; CTC < 80, 则表现为拮抗作用。共毒系数 (CTC) 计算公式如下:

$$\text{共毒系数 (CTC)} = \frac{A \text{ 药剂的 } LC_{50} \text{ 值} \times B \text{ 药剂的 } LC_{50} \text{ 值}}{\text{混合药剂的 } LC_{50} \text{ 值} \times (P_A \times B \text{ 的 } LC_{50} \text{ 值} + P_B \times A \text{ 的 } LC_{50} \text{ 值})} \times 100$$

注: P_A , 单剂 A 在复配剂中的百分比; P_B , 单剂 B 在复配剂中的百分比。

1.2.3 复配增效配比田间药效试验

试验在海南大学儋州校区周边木薯基地进行。试验前未施用其他药剂, 试验共设 3 个处理, 为 240 g/L 螺螨酯悬浮剂、15% 哒螨灵乳油、15% 哒螨灵乳油 + 240 g/L 螺螨酯悬浮剂, 以清水作为对照 (CK), 每处理设置 5 个浓度梯度(100 mg/L、50

mg/L、25 mg/L、12.5 mg/L、6.25 mg/L) 用手提式喷壶均匀喷施在含木瓜秀粉蚧的木薯叶片上, 试验重复 3 次, 每重复 5 株木薯。施药当天调查药前虫口基数, 于施药 5 d 调查活虫数, 计算虫口减退率和防治效果。

$$\text{虫口减退率 (\%)} = (\text{药前虫口基数} - \text{药后虫口数}) / \text{药前虫口基数} \times 100$$

$$\text{防治效果 (\%)} = (\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (1 - \text{对照区虫口减退率}) \times 100$$

2 结果与分析

2.1 不同农药对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的室内毒力测定

采用叶面喷雾法测定了 11 种农药对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的室内毒力, LC_{50} 值介于 28.08 mg/L ~ 472.69 mg/L, 48 h 的 LC_{50} 值从小到大依次为螺螨

酯 > 哒螨灵 > 噻虫胺 > 联苯菊酯 > 矿物油 > 高效氯氰菊酯 > 炔螨特 > 啶虫脒 > 吡虫啉 > 噻螨酮 > 四螨嗪, 螺螨酯的活性最高, LC_{50} 值为 28.08 mg/L。以四螨嗪 LC_{50} 值为基准, 得到各药剂的毒力指数依次为 1 683.37、1 328.15、1 204.31、1 082.91、829.43、684.96、633.63、311.74、288.72、175.70 (表 1)。

表 1 不同农药对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫的室内毒力测定

Table 1 Toxicity of different pesticides against *Paracoccus marginatus* 2nd instar nymphs

供试药剂 Pesticides	浓度 (mg/L) Concentration	回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	LC_{50} (mg/L)	毒力指数 Toxicity index
240g/L 螺螨酯悬浮剂 240g/L spirodiclofen SC	100、50、25、12.5、6.25	$Y = 1.3719x + 3.0129$	0.9761	28.08	1683.37
15% 哒螨灵乳油 15% pyridaben EC	62.5、31.25、25、12.5、3.125	$y = 1.5367x + 2.6161$	0.9395	35.59	1328.15
30% 噻虫胺悬浮剂 30% bifenthrin SC	125、75、50、25、12.5	$Y = 1.5172x + 2.5819$	0.9523	39.25	1204.31
21% 联苯菊酯水乳剂 21% bifenthrin EW	250、125、62.5、25、3.125	$y = 1.0482x + 3.281$	0.9296	43.65	1082.91
97% 矿物油乳油 97% mineral oil EC	250、125、62.5、31.25、12.5	$y = 0.9279x + 3.3708$	0.9884	56.99	829.43
4.5% 高效氯氰菊酯乳油 4.5% beta cypermethrin EC	250、125、62.5、25、12.5	$y = 1.4237x + 2.3819$	0.9813	69.01	684.96
73% 炔螨特乳油 73% propargite EC	125、100、50、12.5、3.125	$y = 1.3100x + 2.5467$	0.9650	74.60	633.63

续表 1 Continued table 1

供试药剂 Pesticides	浓度 (mg/L) Concentration	回归方程 Regression equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	LC ₅₀ (mg/L)	毒力指数 Toxicity index
10% 啶虫脒微乳剂 10% acetamiprid ME	500、250、125、62.5、31.25	$y = 1.1123x + 2.5743$	0.9938	151.63	311.74
70% 吡虫啉水分散粒剂 70% Imidacloprid WDG	500、250、125、62.5、31.25	$y = 1.2574x + 2.216$	0.9699	163.72	288.72
5% 噻螨酮乳油 5% hexythiazox EC	500、250、125、62.5、31.25	$y = 0.8778x + 2.8671$	0.9674	269.04	175.70
20.8% 四螨嗪悬浮剂 20.8% clofentezine SC	1 000、750、500、375、250	$y = 1.6136x + 0.6843$	0.9720	472.69	100.00

2.2 药剂复配增效配比筛选

通过 11 种药剂对木瓜秀粉蚧 2 龄若虫进行毒力测定,发现哒螨灵、螺螨酯毒力较高,将二者按照不同的比例进行混合,测定其联合毒力,结果表明,哒螨灵与螺螨酯不同比例复配时均表现出不同程度的相加或增效作用,当哒螨灵:螺螨酯混合比例为 90:10、80:20、60:40、10:90 时表现为增效作用,其余比例为相加作用,哒螨灵:螺螨

酯混合比例为 60:40 时增效最明显,增效系数最大为 182.47 (表 2)。

2.3 哒螨灵与螺螨酯增效田间药效试验

田间试验结果表明,哒螨灵与螺螨酯 60:40 的比例混合,混合药剂各浓度防效均高于哒螨灵单剂和螺螨酯单剂且与各单剂防效达到差异显著,表现出较好的增效作用 (表 3)。

表 2 不同药剂配比对木瓜秀粉蚧的联合毒力

Table 2 Joint toxicity of different proportion pesticides against *Paracoccus marginatus*

哒螨灵:螺螨酯比例 Pyridaben: Spirodiclofen proportion	毒力回归方程 Regression equation	LC ₅₀ (mg/L)	共毒系数 (CTC) Co-toxicity coefficient	评价 Valuation
100:0	$y = 1.5367x + 2.6161$	35.59	-	-
90:10	$y = 1.517x + 2.9131$	23.75	145.94	增效
80:20	$y = 1.1697x + 3.4017$	23.25	145.31	增效
70:30	$y = 1.5405x + 2.5639$	38.14	86.38	相加
60:40	$y = 1.0866x + 3.646$	17.62	182.47	增效
50:50	$y = 1.0752x + 3.4431$	28.05	111.91	相加
40:60	$y = 0.9719x + 3.5299$	32.55	94.22	相加
30:70	$y = 1.2857x + 3.2178$	25.59	117.15	相加
20:80	$y = 1.3712x + 2.8933$	34.39	85.25	相加
10:90	$y = 0.9377x + 3.7323$	22.49	127.54	增效
0:100	$y = 1.3719x + 3.0129$	28.08	-	-

表3 吡啶灵与螺螨酯混配对木瓜秀粉蚧的田间防效
Table 3 Field effects of mixture of pyridaben and spiroticlofen on *Paracoccus marginatus*

药剂浓度 (mg/L) Concentration	防效 (%)				
	100	50	25	12.5	6.25
吡啶灵与螺螨酯混剂 Mixture of pyridaben and spiroticlofen	80.3 a	67.3 a	54.9 a	40.8 a	18.6 a
吡啶灵 Pyridaben	66.7 c	51.9 c	44.4 b	25.9 c	14.8 b
螺螨酯 Spiroticlofen	70.3 b	55.6 b	37.0 c	33.3 b	11.1 c

注: 表中同列数据后不同字母表示经最小显著差异法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Note: The different letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ by LSD test.

3 结论与讨论

木瓜秀粉蚧是热带和亚热带地区重要的危险性害虫, 适宜的寄主较多, 种群增长速度较快, 通过刺吸植物汁液及分泌毒物, 在侵染表面形成一层白白的蜡层, 使其失去观赏和食用价值 (刘志红等, 2015; Heu *et al.*, 2007; Walker *et al.*, 2008)。木瓜秀粉蚧已在我国多个省份产生了不同程度的为害 (卢辉等, 2016), 具有较高的潜在危害性, 为防治其在我国进一步蔓延和危害, 必须采取有效的措施。化学药剂防治具有见效快, 能迅速将害虫降低到最低危害水平以下等特点, 广泛用于生产上病虫害的防治。木瓜秀粉蚧为刺吸式口器, 试验中用小毛笔将木瓜秀粉蚧挑至木薯叶片上, 发现自然死亡率较高, 故本试验直接采集虫口较多的木薯叶片, 用小毛笔将非 2 龄若虫挑走, 用喉头喷雾器均匀地将药液喷施在叶片上, 测定 48 h 的死亡率。试验发现, 除 10% 啶虫脒微乳剂、70% 吡虫啉水分散粒剂、5% 噻螨酮乳油、20.8% 四螨嗪悬浮剂外, 其余 7 个药剂均表现出较高的活性, 生产上可用于木瓜秀粉蚧的防治。木瓜秀粉蚧体壁有一层厚厚的蜡质, 药剂穿透体壁需要具有较高的脂溶性, 试验发现 7 个药剂除 240 g/L 螺螨酯悬浮剂、30% 噻虫胺悬浮剂、21% 联苯菊酯水乳剂外, 其余 4 个药剂均为乳油制剂, 乳油制剂由于含有大量的有机溶剂, 渗透性较好, 故毒力较高。4 个效果一般的药剂, 除 5% 噻螨酮乳油外, 其余 3 个为微乳剂、水分散粒剂、悬浮剂, 药剂渗透性不是太好, 故毒力效果一般, 在生产上也可以添加一定浓度的表面活性剂, 通过降低药液表面张力, 提高药液粘附性、渗透性,

从而达到较好的防治效果。

试验发现, 240 g/L 螺螨酯悬浮剂、15% 吡啶灵乳油对木瓜秀粉蚧的毒力较高, 将二者按照不同的比例进行混配, 发现均表现出不同程度的相加或增效作用, 当吡啶灵: 螺螨酯混合比例为 90: 10、80: 20、60: 40、10: 90 时表现为增效作用, 其余比例为相加作用, 吡啶灵: 螺螨酯混合比例为 60: 40 时增效最明显, 增效系数最大为 182.47。田间试验发现, 吡啶灵与螺螨酯 60: 40 混合时, 各药剂浓度防效均高于单剂且达到差异显著, 表现出较好的增效作用。

木瓜秀粉蚧在我国已产生了不同程度的危害, 本文的研究成果可为该虫的防治提供一定的技术支持。总体上目前关于木瓜秀粉蚧的研究报道还较少, 及时对可能危害区开展摸底调查, 明确我国的分布情况、传入路径及方式、寄主选择等, 对有效控制木瓜秀粉蚧具有重要的指导作用。

参考文献 (References)

- Chen SP, Wong JY, Wu WZ. Preliminary report on the occurrence of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, in Taiwan [J]. *Journal of Taiwan Agricultural Research*, 2011, 60 (1): 72-76.
- Galanihe LD, Jayasundera MUP, Vithana A, *et al.* Occurrence, distribution and control of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae), an invasive alien pest in Sri Lanka [J]. *Tropical Agricultural Research & Extension*, 2011, 13 (3): 81-86.
- Goergen G, Tamo M, Kyofa-Boamah ME, *et al.* Papaya mealybug: A new invading pest in west Africa [J]. *Biocontrol News and Information*, 2011, 32 (2): 9-10.
- Heu RA, Fukada MT, Conant P. Papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) [M]. *State of Hawaii New Pest Advisory*,

- Department of Agriculture ,2007.
- Kaushalya AG ,Catharine MM ,Lance O , *et al.* Development ,survival , and reproduction of *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) on different host plant species [J]. *Environmental Entomology* ,2008 ,37 (3) : 630 – 635.
- Liu ZH ,Shen Y ,Gao YB , *et al.* Damage and control of an alien pest *Paracoccus marginatus* [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.* , 2015 , 43 (31) : 91 – 93 ,223. [刘志红,沈阳,高亿波,等. 外来危险性入侵害虫木瓜秀粉蚧的危害与防控 [J]. 安徽农业科学, 2015 ,43 (31) : 91 – 93 ,223]
- Lu H ,Lu FP ,Liang X , *et al.* The potential geographic distribution and spatial pattern of *Paracoccus marginatus* in Hainan Province [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops* ,2016 ,37 (10) : 1962 – 1968. [卢辉,卢芙萍,梁晓,等. 木瓜秀粉蚧在海南的适生性及空间分布型研究 [J]. 热带作物学报,2016 ,37 (10) : 1962 – 1968]
- Mastoi MI ,Azura AN ,Muhammad R , *et al.* First report of papaya mealybug *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) from Malaysia [J]. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences* , 2011 ,5 (7) : 1247 – 1250.
- Martins DS ,Fornazier MJ ,Culik MP , *et al.* Scale insect (Hemiptera: Coccoidea) pests of papaya (*Carica papaya*) in Brazil [J]. *Annals of the Entomological Society of America* ,2014 ,107 (8) : 1 – 8.
- Myrick S ,Norton GW ,Selvaraj KN , *et al.* Economic impact of classical biological control of papaya mealybug in India [J]. *Crop Protection* ,2014 ,56 (2) : 82 – 86.
- Saengyot S ,Burikam I. Host plants and natural enemies of papaya mealybug , *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Thailand [J]. *Thai Journal of Agricultural Science* , 2011 , 44 (3) : 197 – 205.
- Walker A ,Hoy M ,Meyerdirk DE. Papaya mealybug [M]. Univ. Florida Featured Creatures ,2008.
- Wu FZ ,Liu ZH ,Shen H , *et al.* Morphological and molecular identification of *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Yunnan , China [J]. *Florida Entomologist* , 2014 , 97 (4) : 1469 – 1473.