

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.03.006

苦参碱与阿维菌素、氟啶虫胺胍混用对桃蚜的防效研究

李峭杰, 张文瑞, 徐韦欢, 许静静, 常永梅, 李永强

西北农林科技大学 植物保护学院, 农业农村部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 陕西 杨凌 712100

摘要: 桃蚜是十字花科、茄科等经济作物的主要害虫之一, 防治难度较大。该研究通过测定植物源农药与化学农药混配对桃蚜的防效, 旨在有效防控桃蚜, 提高生物源农药的利用率, 减缓害虫抗药性。试验选用了2%苦参碱水剂、0.3%印楝素乳油、0.5%藜芦碱可溶液剂与1%蛇床子素水乳剂共4种植物源农药, 以及22%氟啶虫胺胍悬浮剂和5%阿维菌素乳油2种化学农药, 测定了其对桃蚜的室内毒力, 结果表明, 在24 h时以上六种农药的 LC_{50} 值分别为8.02、12.40、14.15、14.56、1.65、0.35 mg/L。在此基础上, 进一步测定了毒力较高的2%苦参碱水剂分别与5%阿维菌素乳油、22%氟啶虫胺胍悬浮剂在比例为7:3、6:4、5:5、4:6、3:7的条件下分别混配的室内毒力, 结果表明, 在混配比例为5:5时两种混配的毒性比率在24 h时均最高, 分别为1.43和1.44。最后, 盆栽药效实验进一步表明, 2%苦参碱水剂与22%氟啶虫胺胍悬浮剂5:5比例混配时, 在剂量为15 mL/株施药后第7 d防效达到66.67%, 表明苦参碱与氟啶虫胺胍混配使用对桃蚜防控有一定增效作用。该研究结果为今后防治桃蚜提供了有价值的用药参考。

关键词: 桃蚜; 生物源农药; 毒力测定;

农药混用; 盆栽药效试验

中图分类号: S433.3

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2025)03-0052-09

Study on the Control Efficacy of Matrine Combined with Abamectin and Sulfoxaflor on Peach Aphids, *Myzus persicae*

LI Xiaojie, ZHANG Wenrui, Xu Weihuan,
XU Jingjing, CHANG Yongmei, LI Yongqiang

Key Laboratory of Northwest Loess Plateau Crop Pest Management of Ministry of Agriculture,
College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yanglin, Shaanxi 712100, China

收稿日期: 2024-07-16

基金项目: 陕西省重点研发计划项目(2022NY-134); 中央高校基本科研业务费专项资金(2452018109)。

作者简介: 李峭杰, 硕士研究生, 研究方向为农药毒理学。

通信作者: 李永强, 副教授。

Abstract: The peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), is one of the major destructive pests of economical crops including Brassicaceae and Solanaceae, and so on. It is very difficult to effectively control this pest. In this study, to increase the application of bio-pesticides and alleviate the development of insecticide resistance in peach aphids, the control efficacy was investigated through combined use of bio-pesticides and chemical insecticides. Four types of bio-pesticides, including 2% matrine WC, 0.3% azadirachtin EC, 0.5% veratrine SL and 1% osthole EW, and two types of chemical pesticides (22% sulfoxaflor SC and 5% abamectin EC), were used to determine their toxicity efficiency on peach aphids by indoor bioassay. The results showed that the LC_{50} of six types of pesticides at 24 h were 8.02, 12.40, 14.15, 14.56, 1.65 and 0.35 mg/L, respectively. Among the bio-pesticides, 2% matrine WC exhibited the highest toxicity, it thus was subsequently used to measure the toxicity efficiency of combined use with the 5% abamectin EC and 22% sulfoxaflor SC by indoor bioassay, respectively, with the mixture ratio of 7:3, 6:4, 5:5, 4:6 and 3:7. The bioassay indicated that the optimal ratio was 5:5 for the mixture of 2% matrine WC with 5% abamectin EC or 22% sulfoxaflor SC, which showed the highest toxicity ratio of 1.43 and 1.44 after 24 h treatment, respectively. Finally, the control efficacy of potted assay was further investigated. The results showed that the control efficacy reached 66.67% at 7th d for combined use of 2% matrine WC with 22% sulfoxaflor SC at mixture ratio of 5:5 with dose of 15 mL per plant. Collectively, our results demonstrated that the control efficacy could be enhanced through combined use of matrine with sulfoxaflor for the control of peach aphids. This study provides useful knowledge for the efficient control of peach aphids in the future.

Key words: *Myzus persicae*; bio-pesticides; toxicity bioassay; mixture use; potted control efficacy test

桃蚜 [*Myzus persicae* (Sulzer)] 属于昆虫纲 (Insecta) 半翅目 (Hemiptera) 蚜科 (Aphididae), 又名桃赤蚜、烟蚜、菜蚜, 一般分为三种不同的体色类型: 黄绿色型、红色型、褐色型^[1, 2]。桃蚜具有世代周期短、繁殖快、寄主范围广等特点, 属世界性主要经济害虫之一^[3, 4]; 桃蚜还是超过 110 种植物病毒的传播载体, 在吸取植物叶片、嫩茎养分的过程中, 传播植物病毒, 给植物造成很严重的次级危害^[5]。因此, 桃蚜对十字花科、茄科蔬菜以及果树、烟草、花卉等多种经济植物的生产造成严重危害, 在实际生产中防治难度较大^[3, 6, 7]。近年, 在设施蔬菜大棚生产中发现为害番茄、辣椒等的蚜虫主要包括桃蚜、棉蚜、瓜类蚜虫、豆类蚜虫等, 其在蔬菜的整个生长栽培期都能产生危害, 严重时会导致整株植物枯萎^[8-10]。研究还发现, 桃蚜可以凭借孤雌生殖的方式终年在作物上发生和产生危害, 并能在短时间泛滥成灾、难以控制, 导致温室大棚中蚜虫危害加重, 严重影响设施大棚蔬菜的产量与品质^[11]。因此, 在设施大棚蔬菜生产中要及时对桃蚜进行有效防治, 避免对蔬菜造成严重危害和减少经济损失。

目前, 大田和设施大棚蔬菜上的桃蚜主要利用化学药剂防治。大田防治中长期使用单一品种农药, 导致桃蚜对许多杀虫剂产生了严重的抗药性^[3, 12, 13], 如烟碱类^[14]、有机磷类^[3]、拟除虫菊酯类^[15]和氨基甲酸酯类^[16]等杀虫剂。宫亚军等^[17]采用室内生物活性测定法检测北京地区的桃蚜对杀虫剂的敏感性, 发现桃蚜对毒死蜱和吡虫啉抗性倍数分别为 2.05~4.24 倍和 32.03~41.27 倍。张平艳^[18]采用叶片浸渍法发现, 陕西彬州市桃蚜对吡虫啉的抗药性达到了 30.70 倍, 湖南、广东等 6 个监测点的蚜虫对烯啶虫胺均产生了中等水平抗性, 抗性倍数为 10.40~26.30 倍。李文红等^[19]研究也发现, 2017—2018 年, 贵州地区桃蚜对吡虫啉、噻虫嗪等杀虫剂

的抗药性提升了 2.20 倍。

为了减缓蚜虫抗药性和对其进行有效防控,筛选新的环境友好型农药或生物农药并与不同化学农药混配增效成为目前的研究热点。植物源农药杀虫活性物质是其生长过程自身产生的一些防御有害生物而产生的次生代谢物质^[20],因其取自自然,用于自然,有效成分为天然物质,使用后较易分解为无毒物质,具有无环境污染、不易产生抗药性、对害虫天敌影响小等特点,是极具应用潜力的绿色生物农药^[20, 21]。近年有关植物源农药研发方面的报道较多^[23],比如印楝素^[24]、苦皮藤素^[25]、雷公藤总生物碱^[26]、滨蒿内酯^[27]、杠柳新苷^[28]、瑞香狼毒提取物^[29]等。对植物源农药应用方面的研究报道也越来越多。例如,王宇佳等^[30]测定了 8 种植物源农药对花椒蚜虫的田间防效,结果表明,5%除虫菊素乳油、0.3%楝素可溶剂和 0.3%苦参碱水剂 500 倍液具有良好防效,且对天敌昆虫影响小于化学农药。刘雨晴等^[21]对天然苦皮藤素进行复配研究发现,其与天然黄荆素以 3:1 比例复配时对 4 类蚜虫增效作用最强,其与花椒素按照 2:1 比例复配时对枸杞蚜虫和枸杞木虱有明显的协同增效作用。此外,鼠李糖脂与苦参碱按照 1:20 和 1:10 比例复配时对甘蓝蚜虫增效明显^[31]。但是,目前植物源农药尚存在一些问题,例如防治害虫种类单一,仅针对极少数害虫,以及植物源农药有效活性成分不稳定、不易大量提取或人工合成的问题^[32]。因此,除植物源农药之间的复配增效研究外,对植物源农药与传统化学农药进行复配增效研究,一方面可以扩大植物源农药的应用,另一方面可以有效减少化学农药的使用量,并且还可以有效延缓害虫抗药性。本研究选用苦参碱、藜芦碱、印楝素、蛇床子素 4 种植物源农药,以及阿维菌素和氟啶虫胺腈 2 种常规杀虫剂,作为供试药剂,在先测定不同杀虫剂对桃蚜室内毒力基础上,进一步测定其中毒力高的植物源农药与阿维菌素、氟啶虫胺腈混配后的防效,旨在增强对桃蚜有效防控的同时,提高植物源农药利用率,适当减少化学杀虫剂的使用量,并延缓桃蚜抗药性。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试昆虫

桃蚜由大田采集,饲养于人工气候培养箱内,光照周期 L:D = 16 h:8 h,饲养温度为 (25 ± 2)°C,相对湿度(70 ± 10)%。寄主植物为新一代椒王 8 号朝天椒。

1.1.2 供试药剂

供试药剂共 6 种,包括 2%苦参碱水剂、0.3%印楝素乳油、0.5%藜芦碱可溶液剂和 1%蛇床子素水乳剂共 4 种植物源农药,以及 22%氟啶虫胺腈悬浮剂、5%阿维菌素乳油 2 种化学农药。药剂详细信息见表 1。

表 1 供试药剂信息

供试药剂	包装规格	生产商
5%阿维菌素乳油	1 000 mL/瓶	河北兴柏农业科技有限公司
22%氟啶虫胺腈悬浮剂	20 mL/瓶	陶氏益农农业科技(中国)有限公司
2%苦参碱水剂	500 mL/瓶	河北农信生物科技有限责任公司
0.3%印楝素乳油	100 mL/瓶	杨凌馥稷生物科技有限公司
0.5%藜芦碱可溶液剂	200 mL/瓶	杨凌馥稷生物科技有限公司
1%蛇床子素水乳剂	100 mL/瓶	杨凌馥稷生物科技有限公司

1.2 试验方法

1.2.1 室内生物活性测定方法

对桃蚜进行生物活性测定采用浸叶浸虫法^[29],根据预试验结果,表1中6种药剂均设置5个浓度梯度(表2),每个浓度梯度设置3个重复。

表2 药剂具体浓度范围

mg/L

供试药剂	浓度梯度				
	浓度①	浓度②	浓度③	浓度④	浓度⑤
5%阿维菌素乳油	0.10	0.20	0.40	0.80	1
22%氟啶虫胺胍悬浮剂	0.25	0.5	1	2	4
2%苦参碱水剂	1	2	4	8	16
0.3%印楝素乳油	1	2	4	8	16
0.5%藜芦碱可溶液剂	2	4	8	16	32
1%蛇床子素水乳剂	2	4	8	16	32

按照表2中的浓度梯度将6种药剂用去离子水分别稀释到5个浓度梯度,然后将带有桃蚜的辣椒叶片浸于不同浓度的药液5s,在室温自然晾干后,放入带滤纸的培养皿中(每皿内有桃蚜20~30头,每个药剂浓度设置3个重复),并在叶柄处包裹湿润脱脂棉,盖上培养皿盖,在24、48h后分别观察蚜虫死亡情况。以清水处理作为对照。用勾线毛笔笔尖触碰蚜虫虫体、触角和足部,若无反应即为死亡。计算桃蚜死亡率和校正死亡率,公式如下:

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

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

利用SPSS 26.0软件中Probit功能模块求各种药剂的毒力回归方程,并计算 LC_{50} 及其95%置信限^[33]。

1.2.2 两种药剂合理配比的确定方法

依据1.2.1中各药剂室内毒力测定结果,将2%苦参碱水剂分别与5%阿维菌素乳油、22%氟啶虫胺胍悬浮剂按照7:3、6:4、5:5、4:6、3:7比例混配,进一步测定混配后的室内毒力。药剂混配参照Mansour等^[34]和张宗炳^[35]的试验方法进行,即先分别测定两种单剂对桃蚜的室内毒力,然后以二者的 LC_{50} 值为浓度参照,配制混合药液,再测定两者不同配比组合的室内毒力(生物测定方法参照1.2.1)。按照下列公式计算各配比组合的预期死亡率和毒性比率。

$$\text{预期死亡率}(\%) = a \text{药的百分含量} \times a \text{药死亡率} + b \text{药百分含量} \times b \text{药的死亡率}$$

$$\text{毒性比率} = \text{实际死亡率} / \text{预期死亡率}$$

以毒性比率大小来评判两种药剂混用的联合作用:毒性比率 >1.10 为增效作用,毒性比率在1左右为相加作用,毒性比率 <0.90 为拮抗作用。

1.2.3 药剂混用的盆栽药效试验方法

盆栽药效试验参考张国洲等^[36]与何道航^[37]的方法。用花盆栽植朝天椒幼苗,待其长至8~10叶期,挑选长势一致的辣椒苗,每盆接3龄初期桃蚜20~30头,外置圆筒形透明塑料外罩以防止试虫逃逸。7h后查活虫数,活虫数不足者补齐到初始接入虫头数。2%苦参碱水剂与5%阿维菌素乳油、22%氟啶虫胺胍悬浮剂分别按5:5比例混合制备药液。施药时用手持压缩

喷雾器按每盆辣椒苗定量喷雾 15 mL 药液, 对照组喷清水, 每一个处理设置 3 个重复。施药后 1、3、5、7 d 分别调查每株上的桃蚜活虫数, 并以此计算出防治效果。盆栽药效计算依据下列公式计算^[31,38]:

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

$$\text{防治效果}(\%) = [(\text{处理组虫口减退率} - \text{对照组虫口减退率}) / (1 - \text{对照组虫口减退率})] \times 100\%$$

1.2.4 数据统计学分析

混配毒性比率及盆栽药效数据之间的差异显著性利用 SPSS 26.0 软件中的 One-way analysis variance (ANOVA) 功能模块进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 6 种农药对桃蚜的室内生物活性测定

室内毒力测定结果表明, 供试的 6 种杀虫剂对桃蚜均具有一定毒力, 但不同药剂之间的毒力作用有明显差异(表 3)。24 h 的毒力大小依次为: 5%阿维菌素乳油、22%氟啶虫胺胍悬浮剂、2%苦参碱水剂、0.3%印楝素乳油、0.5%藜芦碱可溶液剂、1%蛇床子素水乳剂。6 种药剂 24 h 的 LC_{50} 分别为 0.35、1.65、8.02、12.41、14.15 和 14.56 mg/L, 48 h 的 LC_{50} 分别为 0.23、1.12、4.37、9.53、8.62 和 10.38 mg/L。其中, 5%阿维菌素乳油和 22%氟啶虫胺胍悬浮剂 2 种化学农药的毒力最强, 4 种植物源农药毒力相对较低, 前者分别是后者的 20~40 倍和 4~9 倍。

表 3 六种药剂对桃蚜的毒力

药剂	时间/h	毒力回归方程	LC_{50} (95%置信限)/ (mg · L ⁻¹)	χ^2 (卡方值)	df (自由度)
5%阿维菌素乳油	24	$y = 2.31x + 1.05$	0.35 (0.25—0.47)	2.24	3
	48	$y = 2.37x + 1.50$	0.23 (0.16—0.31)	2.72	3
22%氟啶虫胺胍悬浮剂	24	$y = 1.49x - 0.32$	1.65 (1.08—3.04)	0.67	3
	48	$y = 1.70x - 0.08$	1.12 (0.73—1.73)	0.92	3
2%苦参碱水剂	24	$y = 2.11x - 1.93$	8.02 (5.95—12.88)	0.30	3
	48	$y = 1.71x - 1.09$	4.37 (2.92—6.63)	2.81	3
0.3%印楝素乳油	24	$y = 2.00x - 2.18$	12.41 (8.44—26.72)	1.54	3
	48	$y = 2.04x - 2.00$	9.53 (6.04—20.25)	3.43	3
0.5%藜芦碱可溶液剂	24	$y = 1.50x - 1.72$	14.15 (9.00—27.80)	0.79	3
	48	$y = 1.68x - 1.57$	8.62 (5.44—13.44)	0.34	3
1%蛇床子素水乳剂	24	$y = 2.11x - 2.45$	14.56 (10.46—22.22)	1.36	3
	48	$y = 2.26x - 2.30$	10.38 (7.47—14.62)	0.40	3

2.2 不同种类杀虫剂混用对桃蚜的室内毒力测定

2.2.1 苦参碱与阿维菌素混用对桃蚜的室内生物毒力测定

从表 4 结果可以看出, 苦参碱与阿维菌素按所选配比混配后, 24 h 时的实际死亡率都能够达到 55% 以上; 当二者比例越接近, 实际死亡率也越高。当 LC_{50} 剂量比为 6:4~4:6 时, 二者的毒性比率较高, 具有良好的增效作用, 当 LC_{50} 剂量比为 5:5 时毒性比率最高, 达到 1.44, 在 0.05 水平上与 7:3 的 1.21 和 3:7 的 1.12 有显著差异。表 5 中 48 h 时的结果显示, 当苦参碱与阿维菌素的配比在 5:5 和 4:6 时毒性比率较高, 均达到 1.13, 但与配比 6:4 和 3:7 时的毒性比率差异不显著, 仅在 0.05 水平上与 7:3 的 0.91 有显著差异。

表4 苦参碱与阿维菌素不同配比对桃蚜的24 h生物测定结果

药剂比例(苦参碱:阿维菌素)	实测死亡率/%	预期死亡率/%	毒性比率
7:3	60.04	49.62	1.21 c
6:4	67.55	50.04	1.35 ab
5:5	72.66	50.46	1.44 a
4:6	70.22	50.88	1.38 ab
3:7	57.46	51.30	1.12 c

表中带不同字母的数据表示差异显著($p < 0.05$)。下同。

表5 苦参碱与阿维菌素不同配比对桃蚜的48 h生物测定结果

药剂比例(苦参碱:阿维菌素)	实测死亡率/%	预期死亡率/%	毒性比率
7:3	61.56	67.65	0.91 b
6:4	71.65	67.59	1.06 ab
5:5	76.31	67.54	1.13 a
4:6	76.25	67.48	1.13 a
3:7	72.14	67.42	1.07 ab

2.2.2 苦参碱与氟啶虫胺腈混用对桃蚜的室内毒力测定

从表6结果可以看出,苦参碱与氟啶虫胺腈按所选配比混配后,24 h时的实际死亡率都能够达到60%以上,当二者比例越接近,实际死亡率也越高。其中,当 LC_{50} 剂量比为5:5时毒性比率最高,达到1.43,在0.05水平上与配比6:4的1.27、4:6的1.29和3:7的1.22均有显著差异,表明其具有良好的增效作用。48 h时的结果(表7)表明,当苦参碱与氟啶虫胺腈的配比在5:5时毒性比率为1.22,且在0.05水平上与7:3的1.00、4:6的1.04和3:7的0.99有显著差异。

表6 苦参碱与氟啶虫胺腈不同配比对桃蚜24 h生物测定结果

药剂比例(苦参碱:氟啶虫胺腈)	实测死亡率/%	预期死亡率/%	毒性比率
7:3	66.12	49.01	1.35 ab
6:4	62.67	49.35	1.27 b
5:5	81.71	49.60	1.43 a
4:6	70.04	49.84	1.29 b
3:7	66.57	50.09	1.22 b

表7 苦参碱与氟啶虫胺腈不同配比对桃蚜48 h生物测定结果

药剂比例(苦参碱:氟啶虫胺腈)	实测死亡率/%	预期死亡率/%	毒性比率
7:3	67.48	67.48	1.00 c
6:4	76.12	67.36	1.13 ab
5:5	81.71	67.25	1.22 a
4:6	70.04	67.14	1.04 bc
3:7	66.57	67.02	0.99 c

2.3 不同种类杀虫剂混用对桃蚜的盆栽药效试验

由表8可看出,与室内生物测定结果相比,各个药剂在盆栽上的药效作用较为缓慢,但总体可以看到各个药剂的防治效果随着时间的推移而升高。其中,苦参碱与阿维菌素混用后,施药后的第5 d、7 d对桃蚜的防效分别为50.91%、64.81%,与阿维菌素防效接近,但明显高于苦参碱的防效。此外,苦参碱与氟啶虫胺胍混用后,施药后的第3 d时,防效与苦参碱接近,但明显高于氟啶虫胺胍;到第5 d、7 d时其对桃蚜的防效分别达到54.55%、66.67%,显著高于两种单剂。盆栽药效试验结果表明,苦参碱与氟啶虫胺胍以5:5的配比混用后第5 d开始防效显著高于两种单剂,有显著增效作用。

表8 防治蚜虫的盆栽药效试验结果

药剂处理	防效/%			
	第1 d	第3 d	第5 d	第7 d
8.0 mg 苦参碱	26.67 ab	33.33 a	41.82 b	46.30 c
2.0 mg 氟啶虫胺胍	20.00 b	24.56 c	41.82 b	51.85 b
0.4 mg 阿维菌素	23.33 b	28.07 b	56.36 a	68.52 a
苦参碱:阿维菌素	28.33 a	29.82 b	50.91 a	64.81 a
苦参碱:氟啶虫胺胍	28.33 a	33.33 a	54.55 a	66.67 a

3 讨论与结论

桃蚜是设施大棚番茄、辣椒等蔬菜的重要害虫之一,长期使用化学农药导致桃蚜的抗药性增强,严重影响设施蔬菜的产量和品质。因此,选择防效好、持效期长的植物源农药与化学药剂混配,对提高设施蔬菜的产量和品质、促进设施大棚种植蔬菜可持续发展具有重要意义。本研究选用4种植物源农药,室内毒力测定结果表明,2%苦参碱水剂对桃蚜毒力最高。这与刘佳美等^[39]使用喷雾法测定苦参碱、藜芦碱、印楝素处理对棉蚜的室内毒力测定结果较为类似,其结果也表明苦参碱对蚜虫毒力高于其他药剂。此外,本研究中4种植物源农药对桃蚜24 h的 LC_{50} 值在8.02~14.56 mg/L之间,是阿维菌素24 h的 LC_{50} 值(0.35 mg/L)的20~40倍,是氟啶虫胺胍 LC_{50} 值(1.65 mg/L)的4~9倍。这表明,不管是阿维菌素还是氟啶虫胺胍,对桃蚜的室内毒力均明显高于供试的4种植物源农药。因此,如何在有效防治桃蚜的同时达到一个施药“平衡点”——兼顾药效与环境友好,这是当前和今后非常有必要进行深入研究的工作。

本研究结果表明,将苦参碱与阿维菌素混配使用,当两种药剂的配比为5:5时,24 h室内测定毒性比率为1.44,具有增效作用。胡长效^[40]采用苦参碱与阿维菌素复配测定发现,当两种药剂的配比为5:5时对蚜虫的增效作用最明显,这与本研究结果较为一致。此外,本研究中苦参碱与氟啶虫胺胍的混配比为5:5,在24 h时室内测定毒性比率为1.43,有明显的增效作用。这与张昆^[40]对麦蚜的研究结果较为相似,其采用22%氟啶虫胺胍悬浮剂与0.3%苦参碱水剂混配,发现混配药效较单独使用更好。上述研究中的混配增效,可能是因为不同类型药剂的作用机理、药效速度不同,按适当比例混配后的药剂综合了二者的优势,故而表现出了增效作用。有关混配增效的内在机理还需今后继续开展相关研究去深入揭示。基于室内混配研究的结果,本研究进一步采用盆栽药效法测定了苦参碱与阿维菌素、氟啶虫胺胍在混配比例为5:5

时对桃蚜的防效,结果表明苦参碱与氟啶虫胺腈混用后的增效作用更加明显,提高了对桃蚜的防效。虽然药效相对较慢,但施药7 d后防效也达到了66.67%。上述研究结果表明,植物源农药苦参碱与氟啶虫胺腈按5:5比例混配对桃蚜具有较好的防效。最近,谢殿杰等^[42]研究发现,吡虫啉和苦参碱4种混配组合对毛叶苕子上棉蚜的毒力均表现为增效作用,当二者在混配比为1:20时防效接近80%。该结果与本研究结果均一致表明,苦参碱在蚜虫防治中对某些化学农药具有明显的增效作用,因而具有较大应用潜力。

氟啶虫酰胺是第一种市场化的磺酰亚胺类杀虫剂,作用于昆虫烟酰胺受体,因其作用机制独特,近二十年广泛用于对烟碱类等杀虫剂产生抗性的蚜虫等刺吸式口器害虫的防治,但因长期大范围地使用该种杀虫剂,蚜虫等已对其产生了较高水平的抗性和交互抗性^[43]。苦参碱是从苦参、苦豆子等豆科植物中提取的主要活性成分,主要为喹嗉啉类生物碱,对多种害虫具有毒杀、麻醉、拒食等作用,属环境友好型植物源农药^[44]。本研究将这两种不同类型的杀虫剂混配,初步明确了其最佳配比及防效,证明苦参碱与氟啶虫酰胺复配具有明显的增效作用,研究结果有助于对桃蚜抗性的治理,同时也能推进植物源农药苦参碱的应用。综上,本研究结果对今后十字花科蔬菜及番茄、辣椒等茄科蔬菜大田和设施大棚栽培中的桃蚜防治具有十分重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 王茂涛,张孝羲. 桃蚜体色生物型的研究[J]. 植物保护学报, 1991, 18(4): 351-355.
- [2] GOUVÊA SM, CARVALHO G A, FIDELIS E G, et al. Effects of *Paracress (Acmella oleracea)* Extracts on the Aphids *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* and Two Natural Enemies[J]. *Industrial Crops and Products*, 2019, 128: 399-404.
- [3] 孙瑞红,姜莉莉,武海斌,等. 中国桃蚜防治药剂及抗药性发展[J]. 农药, 2020, 59(1): 1-5.
- [4] 徐臻,叶乐夫,池阳,等. 桃蚜抗药性及抗性治理研究进展[J]. 中国农学通报, 2024, 40(25): 89-95.
- [5] 唐平华,陈国平,朱明库,等. 蚜虫防治技术研究进展[J]. 植物保护, 2013, 39(2): 5-12, 19.
- [6] WEBER G. Genetic Variability in Host Plant Adaptation of the Green Peach Aphid, *Myzus persicae*[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1985, 38(1): 49-56.
- [7] 张宣,易蓬,褚平富,等. 微波辐射对桃蚜生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2020, 63(10): 1215-1222.
- [8] 贺海军,高飞. 榆阳区设施蔬菜病虫害综合防治技术[J]. 新农业, 2021(24): 85-86.
- [9] 李增丽. 沈阳地区设施蔬菜害虫和天敌种类调查及粉虱防治技术研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- [10] 罗素兰,张圣经,长孙东亭. 辣椒蚜虫种类的调查[J]. 生物学杂志, 2003, 20(1): 22-24.
- [11] 王冬生. 蔬菜害虫治理技术第三讲蚜虫的发生与防治[J]. 上海蔬菜, 2001(5): 39-40.
- [12] 柏建. 桃蚜抗药性监测及对毒死蜱抗性机理研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [13] KIRKLAND L S, BABINEAU M, WARD S E, et al. Assessing the Risk of Resistance to Flonicamid and Afidopyropen in Green Peach Aphid (Hemiptera: *Myzus persicae*) via In-vivo Selection[J]. *Crop Protection*, 2024, 184: 106783.
- [14] MUHAMMAD U S. 桃蚜对新烟碱类杀虫剂抗性机制及 R81T 突变的 LAMP 检测 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2019.
- [15] 常静,张薇,李海平,等. 马铃薯桃蚜对拟除虫菊酯类杀虫剂的敏感性及其体内羧酸酯酶活性研究[J]. 农药学报, 2016, 18(2): 201-206.
- [16] 刘晓岚,田兆丰,李永丹. 我国多地区桃蚜种群对抗蚜威的抗性及其乙酰胆碱酯酶敏感度检测[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(20): 112-116.

- [17] 宫亚军, 王泽华, 石宝才, 等. 北京地区不同桃蚜种群的抗药性研究 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(21): 4385-4394.
- [18] 张平艳. 桃蚜抗药性监测及对噻虫嗪的抗性生化机制研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [19] 李文红, 李添群, 杨丽娟, 等. 贵州菜蚜对杀虫剂的敏感性监测[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(4): 868-876.
- [20] 李卓丽, 许见辉, 李启东, 等. 植物源杀虫剂研究进展[J]. 中国农学通报, 2022, 38(21): 97-104.
- [21] 刘雨晴, 董建军, 范毅, 等. 天然苦皮藤素和天然黄荆素复配对4种蚜虫的增效作用[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(2): 13-17.
- [22] 刘雨晴, 刘冠华, 王韬, 等. 天然苦皮藤素和花椒素混配防治枸杞害虫的室内毒力和田间药效[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(2): 108-112.
- [23] 蔡璞瑛, 毛绍名, 章怀云, 等. 植物源杀虫剂国内外研究进展[J]. 农药, 2014, 53(8): 547-551, 557.
- [24] 赵千, 杨春清. 植物源杀虫剂研究进展[J]. 中国植保导刊, 2007, 27(7): 9-12.
- [25] 吴文君. 植物杀虫剂苦皮藤素 V 作用靶标和作用机理研究进展[J]. 农药, 2016, 55(8): 547-550.
- [26] 周琳. 雷公藤总生物碱杀虫作用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [27] 万凤琳, 周红, 郭富友, 等. 滨蒿内酯的生物活性研究进展[J]. 植物医生, 2020, 33(3): 12-17.
- [28] 李彦凯, 吕博, 胡兆农, 等. 杀虫植物杠柳研究进展[J]. 农药学报, 2019, 21(S1): 709-717.
- [29] 张国洲, 王亚维, 徐汉虹, 等. 瑞香狼毒提取物对昆虫的生物活性研究[J]. 湖南农业大学学报, 2000, 26(3): 190-192.
- [30] 王宇佳, 耿媛霄, 高艳清, 等. 8种植物源农药对花椒蚜虫的田间防效 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(8): 88-93, 102.
- [31] 孙星星, 王凯, 李红阳, 等. 新型生物农药鼠李糖脂及其复配剂对甘蓝蚜虫的防治效果 [J]. 浙江农业科学, 2016, 57(12): 2071-2073.
- [32] 马博画, 欧阳霞辉. 植物源杀虫剂对蚜虫的防治效果研究进展 [J]. 农业科技与信息, 2022(1): 25-28.
- [33] 贾春生. 利用 SPSS 软件计算杀虫剂的 LC_{50} [J]. 昆虫知识, 2006, 43(3): 414-417.
- [34] MANSOUR N A, ELDEFRAWI M E, TOPPOZADA A, et al. Toxicological Studies on the Egyptian Cotton Leaf Worm, *Prodenia litura*. VI. Potentiation and Antagonism of Organophosphorus and Carbamate Insecticides[J]. Journal of Economic Entomology, 1966, 59(2): 307-311.
- [35] 张宗炳. 杀虫药剂的毒力测定: 原理·方法·应用[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [36] 张国洲, 王亚维, 徐汉虹. 瑞香狼毒防治菜粉蝶盆栽试验 [J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 230-232.
- [37] 何道航. 印楝素乳油杀虫剂对菜青虫的盆栽药效研究 [J]. 现代化农业, 2006(12): 13-14.
- [38] 师宝君. 7种杀虫剂防治甘蓝蚜虫田间药效试验 [J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2011, 17(17): 102-103.
- [39] 刘佳美, 刘冰, 王佩玲, 等. 植物源杀虫剂对棉蚜毒力及多异瓢虫的安全性评价 [J]. 新疆农业科学, 2021, 58(11): 2069-2076.
- [40] 胡长效. 苦参碱与阿维菌素对牛蒡长管蚜毒力最佳配比的筛选及田间防效试验 [J]. 长江蔬菜, 2010(20): 56-58.
- [41] 张昆. 麦田麦长管蚜高效用药技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [42] 谢殿杰, 刘悦秋, 张蕾, 等. 吡虫啉和苦参碱及其复配对毛叶苕子蚜虫的毒力测定及田间防效 [J]. 植物保护, 2024, 50(1): 324-327.
- [43] WANG L, ZHU J S, WANG Q Q, et al. Hormesis Effects of Sulfoxaflor on *Aphis gossypii* Feeding, Growth, Reproduction Behaviour and the Related Mechanisms[J]. Science of the Total Environment, 2023, 872: 162240-162240.
- [44] 袁静, 张宗俭, 丛斌. 苦参碱的生物活性及其研究进展[J]. 农药, 2003(42): 1-4.