

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.01.010

滨蒿内酯对 3 种杀螨剂的协同增效作用研究

姚学文, 邓玉芯, 万凤琳, 雷子寅

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)是一类植食性害螨,在我国危害严重,严重破坏我国农业生产,目前国内在该螨防治方面仍具有很大的发展空间.药剂混配不仅对害虫螨起到了良好的防控效果,还可延缓害虫害螨对单一药剂抗性产生的速度,甚至阻止其抗性产生,在用药成本上还可减少药剂使用频率和使用量,提高经济效益.因此,本研究通过联苯肼酯、阿维菌素、乙螨唑与植物源杀螨剂滨蒿内酯进行不同比例的复配以及对朱砂叶螨进行生物活性测定,探讨不同杀螨剂对朱砂叶螨的协同增效作用.结果发现,滨蒿内酯对联苯肼酯、阿维菌素、乙螨唑的杀螨活性均有明显的协同增效作用,最佳配比分别为 1:9, 3:7 和 9:1,为害螨的防治以及药物混配效应的研究奠定一定的基础.

关键词: 联苯肼酯;阿维菌素;乙螨唑;

滨蒿内酯;协同增效作用;杀螨活性

中图分类号:S482.5⁺2

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2022)01-0068-09

Study on the Synergistic Effect of Scoparone on Three Acaricides

YAO Xuewen, DENG Yuxin,
WAN Fenglin, LEI Ziyin

College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: *Tetranychus cinnabarinus*, a kind of phytophagous mite, which is seriously harmful in China and seriously destroys agricultural production in China. Previous studies have shown that the mixture of pesticides not only has a good effect on the prevention and control of pest mites, but also can delay the rate of resistance development of pest mites to a single pesticide, or even prevent the mites to develop the resistance. In terms of drug cost, it can also reduce the frequency and amount of chemical use, and improve economic benefits. Therefore, in this study, the synergistic effects of biphenyl hydrazine, avermectin, ethacarbazol mixed with botanical acaricidal agent scoparone in different proportions on control of cinnabar spider mite were determined by investigation of biological activity of cinnabar spider mite. The results showed that artemisia lactone had obvious synergistic effect on the acaricidal activities of biphenylhydrazine, avermectin and ethanazole, and the optimal ratio was 1:9, 3:7 and 9:1, respectively. This study laid a foundation for the study of

收稿日期:2021-10-16

作者简介:姚学文,本科,主要从事植物源杀螨剂研究.

prevention and control of harmful mites and the effect of mixed drug.

Key words: biphenyl hydrazine ester; avermectin; sthiconazole; scoparone; synergies effect; acaricidal activity

朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*), 又称红蜘蛛, 是一种多食性害螨, 在我国危害严重, 以茄果类、瓜类和豆类蔬菜为主要寄主^[1-3]. 该螨个体小、世代短、发育快、繁殖力强、活动范围小, 发生量大、受药机会多, 且加上长期化学防治手段(杀螨剂、杀虫剂等)使用得不合理, 使其极易产生抗药性. 研究显示, 绝大多数地区的朱砂叶螨已经产生抗药性, 甚至其抗药性问题比其他作物害虫更加突出^[4], 这使得农业生产遭受极大损失^[2]. 一般认为朱砂叶螨一生经历卵、幼螨、若螨和成螨 4 个发育阶段^[5]. 目前许多地区对朱砂叶螨主要采取农业防治、生物防治及化学防治措施. 在一些螨害发生严重的地区, 因化学防治(杀虫剂、杀螨剂)具有使用便捷、见效显著的特点而被作为其主要防治手段^[6]. 但是化学药剂的长期使用不仅会造成环境污染, 还会引发朱砂叶螨产生抗性. 据相关报道, 许多地区已经出现杀螨剂、杀虫剂污染环境, 诱发抗性的情况. 因此, 我国对于朱砂叶螨防治研究仍有很大的空间. 就目前而言, 生物防治和生物源农药的开发才是适应可持续发展战略的研究方向^[7].

乙螨唑(Etoxazole)(图 1A)属于二苯基噁唑啉衍生物. 其作用机制主要是抑制螨体内几丁质的合成以阻碍螨卵的胚胎形成以及从幼螨到成螨的蜕皮过程, 从而达到其杀螨目的. 可有效防治果树、蔬菜、棉花及观赏植物等叶螨、全爪螨和始叶螨^[8-9]. 前人系统地研究了乙螨唑敌对农作物主要害虫、害螨的防治效果, 结果表明, 其具有非常好的田间杀虫、杀螨活性, 能够高选择性地防治害虫、害螨^[10]. 另外, 乙螨唑与现有的杀螨剂几乎无交互抗性^[11], 可与多种杀虫剂、杀螨剂混用.

阿维菌素(Avermectin, 简称 AVM)(图 1B), 又称阿弗曼菌素^[12]、阿灭丁^[13]、阿维虫清^[14], 是由灰色链霉菌的发酵菌丝中提取而得的一组混合天然产物, 属大环内酯类抗生素. 阿维菌素理化性质活泼, 被称为是“三位一体”的药物, 具有高选择性、高效性、广谱性、杀虫活性强的特点, 且对环境友好^[15]. 阿维菌素对螨类和昆虫具有强效的胃毒和触杀作用, 但不能杀卵. 其作用机制主要是刺激相应作用位点, 以阻断螨类的运动神经信息的传递过程, 从而干扰神经生理活动. 螨类成虫和若虫接触阿维菌素后出现麻痹症状, 通常 2~4 d 后死亡, 致死作用过程较为缓慢.

联苯肼酯(Bifenazate)(图 1C)是一种新型选择性叶面喷雾用联苯肼类杀螨剂, 对螨的各个生活阶段有效^[15]. 其作用机制主要在于对中枢神经传导系统的 GABA 受体的独特作用^[16], 并调控 GABA 门控的氯离子通道^[17]. 此外, 也有研究表明联苯肼酯作用于电子传递链中细胞色素 b 的复合物 III 的 Q_o 位点^[18]. 联苯肼酯对朱砂叶螨幼螨及雌、雄成螨的活性较高, 对幼螨活性最高. 联苯肼酯在田间防治害螨时具有较好的速效性^[15], 与目前其他杀螨剂没有交互抗性, 可用于螨类的抗性治理^[17-19].

滨蒿内酯(Scoparone)(图 1D)(6, 7-二甲氧基香豆素)为香豆素类化合物. 广泛存在于自然界中, 中药药材茵陈蒿和青蒿以及菊科(Asteraceae)^[20]、兰科(Orchidaceae)^[21]和五加科(Araliaceae)^[22]等植物中均有该物质存在. 研究表明, 滨蒿内酯具有抑菌^[23]、除草、杀虫、杀螨^[24]、调控植物生长等功效. 在香豆素类化合物中, 滨蒿内酯对朱砂叶螨有较好的活性, 对幼螨、若螨和成螨均有良好的触杀活性, 其中对成螨的触杀活性最高^[25-26]. 滨蒿内酯通过作用于朱砂叶螨钙离子相关的基因, 使其表现出惊厥、抽搐等典型神经毒性症状, 这种钙离子作用位点具有

不易产生抗性的优点,因此,朱砂叶螨对其不易产生抗性^[27]从而达到杀螨的目的。

面对朱砂叶螨的抗药性问题,目前市面上有效的杀螨剂日益短缺,而新型杀螨剂、杀虫剂品种研发周期长且有一定的投入风险.因此常通过复配以探索开发新型防治害螨的药剂,在降低生产周期、成本与风险的同时扩大防治谱,降低用药量^[28].通过天然产物农药与化学杀螨剂的科学复配混用,可提高杀虫效果,降低化学药剂的用量,从而减少化学杀螨剂对环境所带来的影响,且一定程度上可以延缓害螨抗药性的产生^[29].因此本研究通过探索天然产物滨蒿内酯与新型化学杀螨剂乙螨唑的复配药效试验以筛选出最佳复配比例以期更好地防治朱砂叶螨,减少其发生与危害。

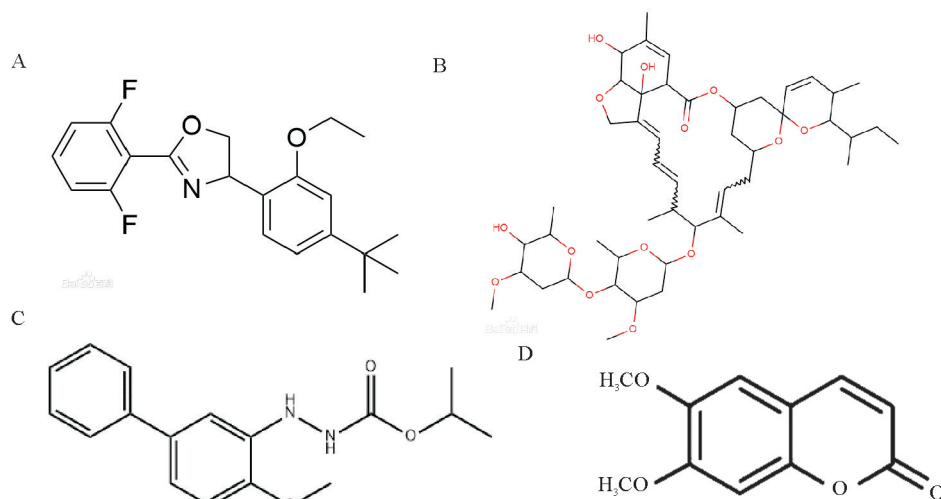


图1 乙螨唑(A)、阿维菌素(B)、联苯肼酯(C)和滨蒿内酯(D)的分子结构式

1 材料与方法

1.1 供试材料

朱砂叶螨是从重庆市北碚区幼豇豆植物中获得,被保持在新鲜的盆栽豇豆植物上,已经在该试验条件下维持了17年以上,没有接触任何杀螨剂.饲养条件为:温度(26±1)℃,相对湿度75%~80%,14 h光照,10 h黑暗。

1.2 供试药剂

联苯肼酯、阿维菌素均购自重庆赛普那斯科技有限公司,乙螨唑购自重庆元源享科技发展有限公司,滨蒿内酯为课题组实验室合成^[30]。

1.3 试验方法

取盆栽培养一周左右长势一致的豇豆叶,每盆8个叶片,每片移180头朱砂叶螨于其上以进行盆栽试验,放置4 h后进行药剂处理.药剂分别进行10:0至0:10的11个不同比例的复配,每个比例均配置药物:水=1:80 000的药物,每一种药物进行3个上述重复,药物成分为50%N-甲基吡咯烷酮、30%松节油ND60、10%复配药剂、10%吐温-85.分别在1 d,3 d,5 d,7 d统计活虫数,轻轻翻开叶片,用毛笔轻轻拨动螨体,不动则认定为死亡。

共毒系数使用以下公式计算:

$$\text{共毒系数}(CTC) = \frac{A \text{ 的 } LC_{50}}{M \text{ 的 } LC_{50} (P_A \cdot B \text{ 的 } LC_{50} + P_B \cdot A \text{ 的 } LC_{50})} \times B \text{ 的 } LC_{50} \times 100$$

$CTC \leq 80$,表示为拮抗作用; $80 < CTC < 120$,表示为相加作用; $CTC \geq 120$,表示为增效作用。

1.4 数据处理

试验所有数据处理和统计分析使用SPSS Statistics 22.0软件进行。

2 结果与分析

2.1 滨蒿内酯对乙螨唑的杀螨活性的协同增效作用

试验结果表明,滨蒿内酯对乙螨唑的杀螨活性有明显的协同增效作用.在药物处理的过程中,根据共毒系数(CTC),质量比为 9:1,8:2,7:3 滨蒿内酯对乙螨唑为增效作用,6:4,5:5,4:6 时为相加作用,3:7,2:8,1:9 时为拮抗作用.药物处理 1 d 后,9:1 时增效作用最强,共毒系数为 442.880,增效效果显著;3 d 后,9:1 时增效作用最强,共毒系数为 277.856;5 d 后,9:1 时增效作用最强,共毒系数为 316.518,增效效果最为显著;7 d 后,同样是 9:1 增效作用最强,共毒系数为 215.330.通过对药物处理后的 1,3,5,7 d 试验结果分析,本试验筛选出乙螨唑与滨蒿内酯质量比中效果较好的 9:1,8:2,7:3,且将最佳配比初步判定为 9:1(表 1 至表 4).

2.2 滨蒿内酯对阿维菌素的杀螨活性的协同增效作用

试验结果表明,滨蒿内酯对阿维菌素的杀螨活性有明显的协同增效作用.在药物处理的过程中,根据共毒系数(CTC),质量比为 3:7,2:8,1:9 滨蒿内酯对阿维菌素为增效作用,其余均为相加作用.药物处理 1 d 后,2:8 时增效作用最强,共毒系数为 799.930,增效效果显著;3 d 后,3:7 时增效作用最强,共毒系数为 377.764;5 d 后,3:7 时增效作用最强,共毒系数为 393.918,增效效果最为显著;7 d 后,2:8 增效作用最强,共毒系数为 266.644.通过对药物处理后的 1 d,3 d,5 d,7 d 试验结果进行分析,筛选出阿维菌素与滨蒿内酯质量比中效果较好的 3:7,2:8,1:9,且将最佳配比初步判定为 3:7(表 5 至表 8).

2.3 滨蒿内酯对联苯肼酯的杀螨活性的协同增效作用

试验结果表明,滨蒿内酯对联苯肼酯的杀螨活性有明显的协同增效作用.在药物处理的过程中,根据共毒系数(CTC),质量比为 3:7,2:8,1:9 滨蒿内酯对联苯肼酯为增效作用,9:1,8:2,7:3,6:4,5:5,4:6 时为拮抗作用.药物处理 1 d 后,1:9 时增效作用最强,共毒系数为 278.775,增效效果显著;3 d 后,1:9 时增效作用最强,共毒系数为 198.359;5 d 后,1:9 时增效作用最强,共毒系数为 190.574,增效效果最为显著;7 d 后,1:9 增效作用最强,共毒系数为 105.836.通过对药物处理后的 1 d,3 d,5 d,7 d 试验结果进行分析,筛选出联苯肼酯与滨蒿内酯质量比中效果较好的 3:7,2:8,1:9,且将最佳配比初步判定为 1:9(表 9 至表 12).

表 1 滨蒿内酯与乙螨唑不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(1 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10:0	1 907.423(1 902.560~4 491.403)	0.165	1.000 0	0.079	$y=1.892x-6.205$	100.000	
9:1	400.414(387.761~527.956)	0.057	4.763 6	0.028	$y=1.173x-3.003$	442.880	增效
8:2	883.803(706.468~922.907)	0.078	2.158 1	0.098	$y=1.565x-1.781$	187.474	增效
7:3	925.406(555.377~580.375)	0.010	2.061 1	0.005	$y=1.803x-2.382$	168.012	增效
6:4	1 320.223(980.778~1 489.671)	0.003	1.705 2	0.001	$y=1.358x-1.401$	110.931	相加
5:5	1 265.055(898.997~1 780.671)	0.001	1.507 7	0.000	$y=1.527x-2.010$	109.418	相加
4:6	1 463.092(986.738~2 169.417)	0.002	1.303 6	0.001	$y=1.645x-2.423$	89.687	相加
3:7	1 588.291(1 128.920~2 023.912)	0.001	1.262 0	0.000	$y=1.758x-2.962$	78.533	拮抗
2:8	1 686.428(1 129.432~1 998.527)	0.003	1.131 0	0.002	$y=1.454x-2.366$	70.479	拮抗
1:9	1 989.753(1 766.567~2 280.778)	0.004	0.958 6	0.002	$y=1.046x-3.439$	57.047	拮抗
0:10	1 086.230(788.521~1 496.332)	0.098	1.756 0	0.074	$y=1.652x-0.007$	100.000	

注: LC_{50} 指半致死浓度, χ^2 为卡方, R 为相关系数, p 为卡方检验对应的概率值, 毒性回归方程根据 PROBIT 模型得出. 表 2 至表 12 同.

表2 滨蒿内酯与乙螨唑不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(3 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10:0	490.913(424.742~860.213)	0.208	1.000 0	0.099	$y=0.794x-2.636$	100.000	
9:1	185.962(184.329~187.607)	0.202	2.639 9	0.096	$y=0.148x+0.161$	277.856	增效
8:2	279.231(203.351~306.730)	0.121	1.758 1	0.098	$y=1.112x-0.346$	195.304	增效
7:3	324.601(565.869~633.427)	0.121	1.512 4	0.059	$y=1.811x-4.549$	177.869	增效
6:4	512.451(223.539~224.849)	0.023	3.014 9	0.012	$y=2.935x-6.492$	119.693	相加
5:5	601.988(234.940~236.795)	0.008	3.494 6	0.033	$y=2.600x-5.583$	108.667	相加
4:6	714.802(327.391~342.029)	0.011	1.996 5	0.005	$y=2.781x-6.649$	98.005	相加
3:7	1 024.003(432.804~479.599)	0.008	1.884 7	0.004	$y=1.765x-4.264$	73.685	增效
2:8	1 136.164(406.468~422.907)	0.000	1.279 1	0.000	$y=1.181x-3.001$	71.929	增效
1:9	1 305.390(403.914~416.929)	0.002	1.152 7	0.001	$y=1.355x-3.564$	68.277	增效
0:10	980.096(666.192~1 441.913)	0.789	0.500 9	0.113	$y=1.234x+1.322$	100.000	

表3 滨蒿内酯与乙螨唑不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(5 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10:0	111.842(20.193~136.080)	0.285	1.000 0	0.133	$y=0.752x-1.541$	100.000	
9:1	38.282(27.891~52.543)	0.061	2.921 5	0.032	$y=0.760x-0.741$	316.518	增效
8:2	103.803(86.468~122.907)	0.092	1.077 4	0.078	$y=1.339x-4.345$	127.351	增效
7:3	114.679(342.458~369.498)	0.072	0.498 4	0.035	$y=1.701x-4.000$	126.810	增效
6:4	135.092(155.476~156.264)	0.023	0.966 3	0.011	$y=2.222x-4.586$	119.623	相加
5:5	170.993(155.103~155.985)	0.013	0.746 4	0.050	$y=3.073x-0.686$	106.334	相加
4:6	198.036(164.888~166.591)	0.008	0.704 7	0.004	$y=2.658x-5.849$	104.947	相加
3:7	309.686(203.351~206.730)	0.017	0.624 0	0.008	$y=2.328x-5.246$	78.313	拮抗
2:8	399.283(253.439~263.643)	0.003	0.468 4	0.002	$y=1.493x-3.550$	72.910	拮抗
1:9	527.601(336.770~388.314)	0.002	0.420 9	0.001	$y=0.544x-1.318$	69.004	拮抗
0:10	485.791(411.412~573.603)	0.056	0.230 2	0.028	$y=2.117x+3.383$	100.000	

表4 滨蒿内酯与乙螨唑不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(7 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10:0	43.347(45.172~53.908)	0.215	1.000 0	0.102	$y=-2.497x+2.437$	100.000	
9:1	22.208(62.994~73.391)	0.037	0.637 5	0.018	$y=1.129x-2.930 8$	215.330	增效
8:2	7.448(53.439~163.643)	0.098	0.488 2	0.035	$y=1.990x-2.762 9$	179.049	增效
7:3	43.639(130.137~132.339)	0.029	0.367 4	0.014	$y=2.665x-5.521$	138.076	增效
6:4	66.496(76.828~78.793)	0.023	0.651 9	0.011	$y=2.451x-4.467$	104.157	相加
5:5	98.259(81.101~82.934)	0.013	0.441 1	0.007	$y=3.727x-7.425$	82.873	相加
4:6	106.511(88.714~91.623)	0.014	0.407 0	0.007	$y=3.102x-6.291$	92.750	相加
3:7	157.062(48.257~60.378)	0.009	0.386 5	0.005	$y=2.316x-4.747$	79.939	拮抗
2:8	138.621(0.689~76.246)	0.005	0.312 7	0.003	$y=2.575x-5.516$	73.232	拮抗
1:9	441.891(208.780~211.589)	0.002	0.206 2	0.001	$y=1.361x-2.653$	69.388	拮抗
0:10	670.642(531.631~846.013)	0.076	0.064 6	0.056	$y=1.433x+9.013$	100.000	

表 5 滨蒿内酯与阿维菌素不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(1 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.024(0.021~0.032)	3.291	1.001	0.973	$y=1.381x-2.231$	100.000	
9 : 1	0.027(0.022~0.037)	4.592	1.132	0.921	$y=1.442x-2.273$	98.765	相加
8 : 2	0.026(0.021~0.044)	1.383	1.083	1.000	$y=1.033x-1.632$	115.384	相加
7 : 3	0.034(0.027~0.054)	2.102	1.421	1.000	$y=1.403x-2.061$	100.839	相加
6 : 4	0.035(0.028~0.056)	3.273	1.462	0.972	$y=1.454x-2.112$	114.284	相加
5 : 5	0.041(0.032~0.063)	5.704	1.713	0.843	$y=1.773x-2.464$	117.071	相加
4 : 6	0.053(0.038~0.105)	9.801	2.212	0.462	$y=1.532x-1.943$	113.204	相加
3 : 7	0.021(0.018~0.026)	1.524	0.883	1.000	$y=1.383x-2.322$	380.933	增效
2 : 8	0.015(0.013~0.017)	3.113	0.632	0.982	$y=1.452x-2.653$	799.930	增效
1 : 9	0.055(0.042~0.089)	5.642	2.291	0.843	$y=2.254x-2.843$	436.278	增效
0 : 10	1 098.020(787.110~1 913.800)	5.324	45 750.833	0.874	$y=1.382x-4.212$	100.000	

表 6 滨蒿内酯与阿维菌素不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(3 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.017(0.015~0.021)	1.712	1.003	1.000	$y=1.321x-2.321$	100.000	
9 : 1	0.020(0.017~0.025)	1.643	1.183	1.000	$y=1.202x-2.042$	94.444	相加
8 : 2	0.019(0.016~0.026)	2.213	1.122	1.000	$y=0.903x-1.563$	111.842	相加
7 : 3	0.028(0.022~0.046)	1.462	1.652	1.000	$y=1.093x-1.703$	86.734	相加
6 : 4	0.027(0.023~0.038)	2.923	1.593	0.980	$y=1.404x-2.203$	104.937	相加
5 : 5	0.030(0.025~0.042)	2.284	1.764	0.990	$y=1.644x-2.502$	113.332	相加
4 : 6	0.049(0.035~0.109)	2.752	2.881	0.995	$y=1.282x-1.682$	86.733	相加
3 : 7	0.015(0.013~0.017)	4.002	0.884	0.954	$y=1.332x-2.433$	377.764	增效
2 : 8	0.027(0.023~0.038)	1.602	1.593	1.000	$y=1.402x-2.194$	314.795	增效
1 : 9	0.068(0.043~0.220)	3.213	4.003	0.981	$y=1.213x-1.412$	249.964	增效
0 : 10	1 072.330(709.87~2 403.020)	2.984	63 078.244	0.895	$y=0.991x-3.014$	100.000	

表 7 滨蒿内酯与阿维菌素不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(5 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.013(0.011~0.015)	2.531	1.000	0.991	$y=1.181x-2.234$	100.000	相加
9 : 1	0.014(0.011~0.016)	1.462	1.081	1.000	$y=1.032x-1.913$	103.174	相加
8 : 2	0.014(0.011~0.017)	10.742	1.082	0.376	$y=0.872x-1.613$	116.071	相加
7 : 3	0.019(0.016~0.027)	0.982	1.463	1.689	$y=0.983x-1.692$	97.743	相加
6 : 4	0.020(0.017~0.025)	2.002	1.542	1.000	$y=1.263x-2.154$	108.332	相加
5 : 5	0.025(0.021~0.033)	3.933	1.923	0.954	$y=1.463x-2.343$	103.998	相加
4 : 6	0.029(0.024~0.041)	2.113	2.232	1.000	$y=1.573x-2.411$	112.065	增效
3 : 7	0.011(0.007~0.013)	2.291	0.854	0.993	$y=0.994x-1.954$	393.918	增效
2 : 8	0.020(0.018~0.024)	3.194	1.543	0.984	$y=1.523x-2.583$	324.970	增效
1 : 9	0.046(0.033~0.094)	1.242	3.542	1.000	$y=1.323x-1.761$	282.551	相加
0 : 10	569.220(453.550~821.120)	3.094	43 786.151	0.982	$y=1.214x-3.343$	100.000	相加

表 8 滨蒿内酯与阿维菌素不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(7 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.008(0.005~0.010)	1.741	1.000	1.000	$y=1.111x-2.263$	100.000	
9 : 1	0.009(0.006~0.012)	2.002	1.134	1.000	$y=0.972x-1.961$	98.765	相加
8 : 2	0.010(0.006~0.012)	0.651	1.246	1.000	$y=1.001x-2.023$	99.999	相加
7 : 3	0.011(0.006~0.012)	3.704	1.127	0.957	$y=0.964x-1.951$	95.983	相加
6 : 4	0.015(0.013~0.017)	2.014	1.883	1.000	$y=1.111x-2.033$	88.888	相加
5 : 5	0.019(0.018~0.026)	4.761	2.632	0.913	$y=1.353x-2.271$	84.189	相加
4 : 6	0.024(0.021~0.031)	2.501	3.003	0.993	$y=1.542x-2.494$	83.331	相加
3 : 7	0.015(0.013~0.017)	3.112	1.884	0.984	$y=1.453x-2.652$	177.769	增效
2 : 8	0.015(0.014~0.017)	3.723	1.881	0.963	$y=1.594x-2.892$	266.644	增效
1 : 9	0.042(0.031~0.085)	1.464	5.253	1.000	$y=1.233x-1.703$	190.439	增效
0 : 10	371.880(313.980~477.660)	3.321	46 485.001	0.974	$y=1.152x-2.963$	100.000	

表 9 滨蒿内酯与联苯肼酯不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(1 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.101(0.074~0.119)	1.23	1.00	1.00	$y=1.23x+1.22$	100.000	
9 : 1	0.136(0.112~0.157)	1.95	1.35	1.00	$y=1.14x+0.99$	82.515	拮抗
8 : 2	0.178(0.158~0.210)	6.80	1.76	0.74	$y=1.38x+1.04$	70.925	拮抗
7 : 3	0.270(0.226~0.375)	1.93	2.67	1.00	$y=1.42x+0.81$	53.437	拮抗
6 : 4	0.349(0.285~0.495)	4.28	3.46	0.93	$y=1.77x+0.81$	48.230	拮抗
5 : 5	0.396(0.321~0.563)	5.99	3.92	0.82	$y=2.01x+0.81$	51.005	拮抗
4 : 6	0.519(0.402~0.801)	6.84	5.14	0.74	$y=2.37x+0.68$	48.645	拮抗
3 : 7	0.270(0.228~0.366)	3.28	2.67	0.97	$y=1.50x+0.86$	124.665	增效
2 : 8	0.351(0.276~0.567)	3.83	3.48	0.96	$y=1.40x+0.64$	143.822	增效
1 : 9	0.362(0.299~0.497)	3.51	3.58	0.97	$y=2.00x+0.88$	278.775	增效
0 : 10	1 098.020(787.110~1 913.800)	5.32	10 871.49	0.87	$y=1.38x-4.21$	100.000	

表 10 滨蒿内酯与联苯肼酯不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(3 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.051(0.007~0.081)	1.57	1.00	1.00	$y=0.77x+0.99$	100.000	
9 : 1	0.101(0.074~0.119)	1.23	1.98	1.00	$y=1.23x+1.22$	56.105	拮抗
8 : 2	0.134(0.116~0.151)	1.75	2.63	1.00	$y=1.41x+1.23$	47.574	拮抗
7 : 3	0.213(0.186~0.263)	1.65	4.18	1.00	$y=1.46x+0.98$	34.205	拮抗
6 : 4	0.279(0.240~0.358)	5.48	5.47	0.86	$y=1.83x+1.01$	30.465	拮抗
5 : 5	0.358(0.289~0.526)	2.32	7.02	0.99	$y=1.68x+0.75$	28.490	拮抗
4 : 6	0.734(0.430~3.456)	2.09	14.39	1.00	$y=1.05x+0.14$	17.369	拮抗
3 : 7	0.209(0.185~0.256)	3.03	4.10	0.98	$y=1.50x+1.02$	81.331	增效
2 : 8	0.282(0.229~0.434)	2.56	5.53	0.99	$y=1.24x+0.68$	90.408	增效
1 : 9	0.257(0.203~0.486)	27.93	5.04	0.02	$y=1.77x+1.04$	198.359	增效
0 : 10	1 072.330(709.87~2 403.020)	2.98	21 026.08	2.98	$y=0.99x-3.01$	100.000	

表 11 滨蒿内酯与联苯胼酯不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(5 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.041(0.008~0.067)	1.00	1.00	1.00	$y=0.89x+1.24$	100.000	
9 : 1	0.057(0.007~0.081)	1.60	1.24	1.00	$y=0.77x+0.99$	79.324	拮抗
8 : 2	0.106(0.083~0.123)	1.08	2.59	1.00	$y=1.34x+1.30$	48.348	拮抗
7 : 3	0.170(0.149~0.201)	1.97	4.15	1.00	$y=1.27x+0.97$	34.453	拮抗
6 : 4	0.233(0.208~0.276)	2.83	5.68	0.99	$y=1.96x+1.24$	29.326	拮抗
5 : 5	0.304(0.251~0.431)	4.15	7.41	0.94	$y=1.54x+0.80$	26.972	拮抗
4 : 6	0.515(0.349~1.351)	1.86	12.56	1.00	$y=1.16x+0.33$	19.901	拮抗
3 : 7	0.163(0.146~0.187)	4.99	3.98	0.89	$y=1.45x+1.14$	83.830	增效
2 : 8	0.243(0.200~0.377)	1.08	5.93	1.00	$y=1.07x+0.66$	84.338	增效
1 : 9	0.215(0.192~0.256)	0.82	5.24	1.00	$y=1.75x+1.17$	190.574	增效
0 : 10	569.220(453.550~821.120)	3.09	13 883.41	0.98	$y=1.21-3.34$	100.000	

表 12 滨蒿内酯与联苯胼酯不同比例复配后对朱砂叶螨生物活性测定(7 d)

质量比	$LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (95%CI)	χ^2	R	p	毒性回归方程	共毒系数	评价
10 : 0	0.018(0.000~0.045)	1.08	1.00	1.00	$y=0.76x+1.32$	100.000	
9 : 1	0.041(0.008~0.067)	1.00	2.28	1.00	$y=0.89x+1.24$	48.780	拮抗
8 : 2	0.098(0.076~0.113)	1.32	5.44	1.00	$y=1.47x+1.50$	22.959	拮抗
7 : 3	0.156(0.133~0.186)	11.27	8.67	0.34	$y=1.09x+0.88$	16.483	拮抗
6 : 4	0.197(0.179~0.224)	4.48	10.94	0.92	$y=1.93x+1.36$	15.228	拮抗
5 : 5	0.251(0.216~0.325)	1.59	13.94	1.00	$y=1.56x+0.94$	14.342	拮抗
4 : 6	0.384(0.290~0.707)	2.53	21.33	0.99	$y=1.28x+0.53$	11.718	拮抗
3 : 7	0.072(0.113~0.153)	2.44	7.44	0.99	$y=1.26x+1.10$	82.771	增效
2 : 8	0.097(0.169~0.266)	1.10	11.00	1.00	$y=1.08x+0.76$	92.446	增效
1 : 9	0.170(0.153~0.194)	1.56	9.44	1.00	$y=1.54x+1.18$	105.836	增效
0 : 10	371.880(313.980~477.660)	3.32	20 660.00	0.97	$y=1.15x-2.96$	100.000	

3 讨论

朱砂叶螨在我国危害严重,研究表明,乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯具有良好的杀螨活性且与现有杀螨剂几乎无交互性,可与其他杀螨剂、杀虫剂混用,且对人、环境等友好.滨蒿内酯易于人工合成,可与乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯复配作为新型杀螨剂使用.

本研究旨在探索滨蒿内酯对乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯的协同增效作用.试验数据结果表明,滨蒿内酯对乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯三者都有明显的协同增效作用.通过比较以上三者与滨蒿内酯按不同比例复配所得的混合物对朱砂叶螨成螨的生物活性的影响,初步筛选得到滨蒿内酯与乙螨唑最佳配比约为9:1,滨蒿内酯与阿维菌素最佳配比约为3:7,滨蒿内酯与联苯胼酯最佳配比约为1:9.但此仅为粗略筛选出的配比,后续可进一步开展相关试验,不断精确其最佳质量比.自然条件下朱砂叶螨的发生与为害情况受多种因素的影响,如气候因素、食物因素等,复杂多变,直接或间接影响着朱砂叶螨.本试验所采用的室内盆栽法属人为营造的条件,无法很好地模拟自然条件,因此试验筛选所得的乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯与滨蒿内酯的最佳配比为试验理论值,也仅代表在某特定条件下,不受外界多种多变因素影响而产生的结果.即在自然条件下乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯与滨蒿内酯的不同比例的复配物对朱砂叶螨的生物活性影响可能与实验室人工营造的条件所得出的结论有所差异.在后续试验设计中应尽可能与生产实际相结合来进行最佳配比筛选.同时在药效试验的过程中,不是仅有乙螨唑、阿维菌素、联苯胼酯与滨蒿内酯不同配比的这项变量影响着朱砂叶螨的生物活性,植株的长势

也会在一定程度上产生影响,因此试验的误差是肯定存在的.后续可进一步通过减少变量、减小误差以精确其最佳配比.

本研究为后续相关制剂加工研究奠定了一定的基础,有利于针对现有杀螨剂、杀虫剂已产生抗性的害螨进行防治.化学防治具有速效性和便利性,能够及时防治病害,但同时化学制剂对环境会造成污染,因此研发绿色环保且有效的制剂才是长久之策;同时防治过程中要注意适量适时用药,以期达到良好的防治效果.

参考文献:

- [1] 巴秀成,王小梦,常会红,等.粘虫胶防治冬枣红蜘蛛的效果[J].中国南方果树,2007,36(2):69.
- [2] 王泽华,宫亚军,魏书军,等.朱砂叶螨的识别与防治[J].中国蔬菜,2013(5):27-28.
- [3] 徐洪,何永梅.朱砂叶螨的识别与综合防治[J].农村实用技术,2017(7):46-47.
- [4] 何林.朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)抗药性机理及抗性适合度研究[D].重庆:西南农业大学,2003.
- [5] 匡海源.农螨学[M].北京:农业出版社,1986.
- [6] 苏拉依曼·沙特尔,古丽尼沙汗·依明尼亚孜.草莓重要害虫朱砂叶螨研究进展[J].西北园艺(综合),2021(1):38-41.
- [7] 刘波,桂连友.我国朱砂叶螨研究进展[J].长江大学学报(自科版)农学卷,2007,4(3):9-12.
- [8] 李辉.果园新农药——乙螨唑[J].农业知识,2018(10):58.
- [9] 王宁,薛振祥.杀螨剂的进展与展望[J].现代农药,2005,4(2):1-8.
- [10] 李永强,于秀玲,刘玉秀,等.新型2,4-二苯基-1,3-噁唑啉类杀螨剂的研究进展[J].农药学报,2014,16(6):619-634.
- [11] 张兰祥.乙螨唑的牛市即将到来[J].农药市场信息,2017(24):34-35.
- [12] 尚青,李国庭,范婷婷.阿维菌素缓释微球的研制[J].河北师范大学学报(自然科学版),2007,31(2):208-211,217.
- [13] KORYSTOV Y N, ERMAKOVA N V, KUBLIK L N, et al. Avermectins Inhibit Multidrug Resistance of Tumor Cells[J]. European Journal of Pharmacology, 2004, 493(1-3): 57-64.
- [14] 王乐.1例急性阿维菌素中毒患者的护理体会[J].当代护士(下旬刊),2019,26(8):163-164.
- [15] 刘少武,班兰凤,冯聪,等.杀螨剂联苯肼酯活性研究[J].农药,2016,55(3):223-225.
- [16] 侯桂春.43%联苯肼酯悬浮剂[J].农业知识,2014(25):35.
- [17] HIRAGAKI S, KOBAYASHI T, OCHIAI N, et al. A Novel Action of Highly Specific Acaricide; Bifenazate as a Synergist for a GABA-Gated Chloride Channel of *Tetranychus Urticae* Acari; Tetranychidae[J]. NeuroToxicology, 2012, 33(3): 307-313.
- [18] VAN NIEUWENHUYSE P, DEMAEGHT P, DERMAUW W, et al. On the Mode of Action of Bifenazate: New Evidence for a Mitochondrial Target Site[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2012, 104(2): 88-95.
- [19] 刘刚.国内企业首个联苯肼酯原药产品登记[J].农药市场信息,2011(15):26.
- [20] 韩晋,金城,刘太华,等.不同采收期和不同部位茵陈药材滨蒿内酯的含量测定与资源利用建议[J].解放军药学学报,2005,21(2):155-156.
- [21] 张蕾,刘舞霞,滕建昌.石斛属4种植物中滨蒿内酯的含量测定[J].中国野生植物资源,2001,20(5):45-46.
- [22] 何方奕,韩莹,刘曼,等.无梗五加果中总香豆素和6,7-二甲氧基香豆素的含量测定[J].沈阳药科大学学报,2006,23(1):18-21.
- [23] 侯海利,王永宏,冯俊涛,等.茵陈蒿提取物对几种番茄病害病原真菌的抑制效果[J].西北农业学报,2014,23(12):197-200.
- [24] ZHOUE, ZHANG Y Q, LAI T, et al. Silencing Chitinase Genes Increases Susceptibility of *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) to Scopoletin[J]. BioMed Research International, 2017(1): 1-13.
- [25] 章冰川.香豆素类化合物对朱砂叶螨的杀螨定量构效关系研究[D].重庆:西南大学,2016.
- [26] 郝双红,苗凯龙,魏艳,等.一类新型酰胺基羟甲基香豆素类化合物及其制备与杀螨用途:201710386348.2[P].2017-05-26.
- [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] 田亚,赵恒科,卢文才,等.伊维菌素和阿维菌素、丁氟螨酯复配对朱砂叶螨毒力最佳配比的筛选[C]//病虫害绿色防控与农产品质量安全——中国植物保护学会2015年学术年会论文集.,2015:676.
- [29] 陈耀年,周兴隆,王一峰.顶孢霉菌株与虫螨脲复配后对二斑叶螨的协同防效[J].宁夏师范学院学报,2020,41(7):33-39.
- [30] 丁伟,郭涛,罗金香.滨蒿内酯的化学全合成方法:201910082794.3[P].2019-01-22.