

阿维菌素与植物精油复配 对朱砂叶螨杀螨的增效作用研究^①

胡 月^{1,2}, 周涵宇^{1,2}, 田立超^{1,2}

1. 重庆市风景园林科学研究院, 重庆 401329;

2. 重庆市城市园林绿化工程技术研究中心, 重庆 401329

摘 要: 为了得到对朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)具有较好杀螨活性的植物精油与阿维菌素复配配方, 并为杀螨剂开发应用提供指导, 本研究采用喷雾法测定了柠檬草、广藿香、山鸡椒、亚洲薄荷植物精油及阿维菌素对朱砂叶螨的毒力, 分别采用共毒因子法和共毒系数法评价了山鸡椒和亚洲薄荷精油对阿维菌素的增效作用和复配最佳配比。结果表明, 柠檬草精油和广藿香精油基本无杀螨活性, 山鸡椒精油、亚洲薄荷精油处理朱砂叶螨 24 h 后 LC_{50} 分别为 772.801 mg/L 和 1 040.187 mg/L。阿维菌素与亚洲薄荷 1:272, 1:679 复配具有增效作用。阿维菌素与亚洲薄荷 1:400 复配时共毒系数最大, 可达 160。因此, 阿维菌素与亚洲薄荷 1:400 复配防治朱砂叶螨具有明显增效作用, 这为杀螨剂的开发应用研究提供了参考。

关键词: 植物精油; 阿维菌素; 朱砂叶螨; 农药复配

中图分类号: TQ450.1; S433.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2021)01-0057-05

植物精油是存在于芳香植物内具有挥发性的次生性物质, 可通过浸提、蒸馏、压榨、萃取等方式提取, 具有消毒、杀菌、防腐和防虫的功效^[1], 据报道植物精油对害虫的防控作用可表现为直接毒杀、趋避、拒食、引诱和增效等。卢传兵等^[2]研究了桉树脑、 α -蒎烯和黄荆精油对玉米象的杀虫毒力, 触杀和熏作用下均表现出较高的杀虫活性; 俞瑞鲜等^[3]测定了 6 种植物精油对小菜蛾的趋避活性及其增效作用, 指出柠檬香茅、紫苏和甜罗勒 3 种植物精油对小菜蛾具有较强的拒食作用和产卵忌避作用, 同时对杀虫剂丁烯氟虫腈具有一定的增效作用。国外也对植物精油的杀虫活性进行了报道, 如 Chaiyasit 等^[4]研究了芹菜、香菜、莪术、胡椒、八角茴香等 5 种植物精油对蚊媒成虫的活性, 提出精油的研制和生产可作为控制和消灭蚊虫媒介的一种替代方法; Omolo 等^[5]测定了非洲 15 种植物精油熏蒸剂对冈比亚按蚊的毒性, 6 种植物精油表现出不同程度的毒力, 其中菊科植物和唇形科植物的毒力最强。植物精油具有广谱活性、作用方式多样、对环境友好的特点, 然而精油单独使用往往成本较高且难以达到理想的防治效果, 目前相关研究多见于精油开发及防效验证, 对其复配效果研究及对叶螨活性的相关报道较少。

朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)是一种重要的农业害螨, 因其世代周期短、繁殖力强、近亲交配率高等特点, 极易产生抗药性, 这导致害螨逐年发生严重, 农药使用量增加等问题^[6]。阿维菌素属生物农药, 具有广谱、高效、环境友好的特点, 对叶螨活性高, 但已有报道指出阿维菌素对朱砂叶螨存在较高抗性风险^[7]。开展植物精油与阿维菌素复配防控朱砂叶螨研究, 不仅可以克服精油成本较高、持效期较短的不足, 还可降低阿维菌素抗性风险, 扩大防治谱, 降低用药量和生产成本。本研究采用共毒因子和共毒系数的

① 收稿日期: 2021-01-19

作者简介: 胡 月, 工程师, 硕士, 主要从事农药制剂加工与园林病虫害防控技术研究。E-mail: 821200638@qq.com.

通信作者: 田立超, 高级工程师, 博士, 主要从事城市园林病虫害防控与降药技术研究。E-mail: 870171968@qq.com.

方法,筛选了不同植物精油与阿维菌素复配对朱砂叶螨的增效作用,为植物精油与阿维菌素复配杀螨剂开发应用研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试药剂

99%阿维菌素原药,产自武汉冠赢生物科技有限公司;山鸡椒精油(100%含量),产自中国;亚洲薄荷精油(100%含量),产自尼泊尔;柠檬草精油(100%含量),产自尼泊尔;广藿香精油(100%含量),产自印度尼西亚。

1.1.2 试验试剂

丙酮(分析纯),重庆化学试剂有限公司生产;吐温80,天津市致远化学试剂有限公司生产。

1.1.3 仪器设备

Potter 喷雾塔(英国波特有限公司生产),光照恒温培养箱(上海龙跃仪器设备有限公司生产)。

1.1.4 供试对象

朱砂叶螨来自西南大学植保学院室内饲养的敏感品系。

1.2 试验方法

1.2.1 单剂毒力测定

室内毒力测定采用喷雾法。将供试药剂用丙酮稀释成母液,再用0.1%吐温80水溶液将药剂等比稀释至试验浓度。挑取健康活泼、生理状态一致的3~5日龄朱砂叶螨雌成螨(室内敏感种群)于豇豆叶背面(长2cm,宽2cm),将接有朱砂叶螨的豇豆叶片置于Potter 喷雾塔下喷雾处理,然后置于26℃恒温培养箱培养,24h后调查结果,计算 LC_{50} ,以毛笔触动螨体,无反应或不能正常爬行者视为死亡。

1.2.2 共毒因子测定

采用Mansour的共毒因子法^[8]定性筛选出共毒因子大于20的增效配比。假设经毒力测定A和B两单剂的致死中浓度分别为 a 和 b ,选择等效线法中相加作用线的六等分点配置成5个配比,可表示为 $a/5b$, $a/2b$, a/b , $2a/b$, $5a/b$ 。这5个配比混剂的浓度分别为 $(a+5b)/6$, $(a+2b)/3$, $(a+b)/2$, $(2a+b)/3$, $(5a+b)/6$,通过共毒因子法评价A+B混剂的增效作用。具体配制方法是将各单剂配制致死中浓度药液,再按体积比1:5,1:2,1:1,2:1,5:1混合即得不同配比混剂药液,用于初步评价4种药剂按不同比例复配的联合作用。

共毒因子=(实测死亡率-理论死亡率)/理论死亡率 $\times 100$

共毒因子 >20 表示有增效作用; $-20 \leq$ 共毒因子 ≤ 20 表示相加作用;共毒因子 <-20 表示拮抗作用。生物测定方法同1.2.1。

1.2.3 共毒系数测定

以共毒因子法筛选出共毒因子大于20的配比作参考,并在该配比范围内进一步细化配比,再根据死亡率设置5~7个浓度梯度测定其对朱砂叶螨3~5日龄雌成螨的联合毒力,求出 LC_{50} 及线性回归方程,参照Sun等的共毒系数法^[9]计算出共毒系数(CTC),筛选出共毒系数大于120的最佳增效配比。

相对毒力指数(TI)=(标准药剂 LC_{50} /供试药剂 LC_{50}) $\times 100$;

混剂实际毒力指数(ATI)=(标准药剂 LC_{50} /混剂 LC_{50}) $\times 100$;

混剂理论毒力指数(TTI)=TI(A) $\times$ 药剂A在混剂中百分含量+TI(B) $\times$ 药剂B在混剂中的百分含量;

共毒系数(CTC)=(混剂实际毒性指数ATI/混剂理论毒力指数TTI) $\times 100$ 。

共毒系数大于120为增效作用,80~120为相加作用,小于80为拮抗作用。计算共毒系数时使用复配组合中 LC_{50} 较大的单剂为标准杀虫剂。生物测定方法同1.2.1。

2 试验结果

2.1 单剂毒力测定结果

试验测定了 5 种供试药剂对朱砂叶螨的生物活性,结果看出,阿维菌素对朱砂叶螨具有较高活性,LC₅₀为 0.762 mg/L,4 种植物精油中柠檬草和广藿香 LC₅₀均超过 10 000 mg/L,显著低于国家农药产品微毒(LC₅₀>5 000 mg/L)剂量标准,因此可认为其对朱砂叶螨无活性;而山鸡椒精油和亚洲薄荷精油对朱砂叶螨均具有一定杀螨活性,LC₅₀分别为 772.801 mg/L 和 1 040.187 mg/L,活性较低,不能单独用于防治朱砂叶螨,但相比其他 2 种精油更适合用于与阿维菌素复配防治朱砂叶螨(表 1).

表 1 5 种供试药剂对朱砂叶螨雌成螨的毒力(24 h)

药剂	斜率±标准误	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹	卡方值/χ ²
阿维菌素	5.211±0.467	0.762	0.699~0.831	3.329
山鸡椒	5.744±0.600	772.801	706.354~846.098	2.791
亚洲薄荷	3.669±0.316	1 040.187	929.568~1 164.427	4.639
柠檬草	—	>10 000	—	—
广藿香	—	>10 000	—	—

2.2 共毒因子法定性筛选结果

阿维菌素与山鸡椒、亚洲薄荷复配组合如表 2 所示,阿维菌素与山鸡椒精油复配的共毒因子均小于 20,初步判断无增效作用.但其中阿维菌素:山鸡椒分别为 1:202 和 1:504 时共毒因子接近 20,可进行进一步验证并判断是否具有增效作用.阿维菌素与亚洲薄荷复配共毒因子大于 20 的组合有 2 组,分别为 1:272,1:679,其余复配组合均小于 20.初步判断以阿维菌素:山鸡椒精油分别为 1:90 至 1:600 和阿维菌素:亚洲薄荷精油 1:250 至 1:700 开展共毒系数研究,进一步筛选复配最佳比例.

表 2 各复配组合对朱砂叶螨共毒因子测定

复配组合	配比	查自 LC-P 线死亡率/%		预期死亡率/%	观察死亡率/%	共毒因子
		A	B			
阿维菌素+山鸡椒	1:202	38.9	0.4	39.3	45.33	15.34
	1:504	26.5	5.0	31.5	37.33	18.51
	1:1008	14.2	14.9	29.1	25.33	—12.96
	1:2017	4.5	27.1	31.6	32.00	1.27
	1:5042	0.3	39.2	39.5	29.33	—25.75
阿维菌素+亚洲薄荷	1:272	38.9	0.2	39.1	52.00	32.99
	1:679	26.5	4.3	30.8	40.00	29.87
	1:1358	14.2	13.9	28.1	30.67	9.15
	1:2727	4.5	26.3	30.8	34.67	12.56
	1:6792	0.3	38.8	39.1	41.33	5.70

2.3 共毒系数法定量筛选结果

参考 2.2 的实验结果,开展 2 种植物精油与阿维菌素复配共毒系数研究,结果如表 3 所示,阿维菌素与山鸡椒精油复配共毒系数为 80~120,均表现为相加作用,与共毒因子法定测定结果吻合.阿维菌素与亚洲薄荷精油复配除 1:500 共毒系数为 118,具有相加作用外,其余复配共毒系数均大于 120,阿维菌素与亚洲薄荷精油复配比分别为 1:250,1:400,1:600,1:700 时,共毒系数分别为 145,160,135 和 143.其中阿维菌素:亚洲薄荷精油为 1:400 时复配共毒系数最大,可达 160,增效作用最佳.

表 3 各复配组合不同配比对朱砂叶螨的共毒系数测定

复配组合	配比	斜率	LC ₅₀ /mg • L ⁻¹	卡方值	混剂实测 毒力指数	混剂理论 毒力指数	共毒系数
阿维菌素+山鸡椒	1:90	4.223±0.381	59.325	3.031	1 301.306	1 215.384	107
	1:200	4.071±0.371	129.225	3.651	597.407	604.975	99
	1:350	4.463±0.403	188.940	3.135	408.595	389.174	105
	1:500	4.739±0.429	274.014	2.679	281.737	302.594	93
	1:600	4.474±0.404	334.935	2.627	230.492	268.885	85
阿维菌素+亚洲薄荷	1:250	3.887±0.364	111.389	2.768	933.665	643.028	145
	1:400	3.993±0.365	147.252	3.229	706.272	439.900	160
	1:500	4.622±0.430	237.396	3.350	438.087	372.056	118
	1:600	3.993±0.363	236.052	3.366	440.581	326.789	135
	1:700	3.676±0.342	247.210	3.572	420.695	294.436	143

3 结论与讨论

本文通过共毒因子法与共毒系数法,开展了植物精油与阿维菌素复配对朱砂叶螨的增效作用研究,结果表明阿维菌素与亚洲薄荷精油复配比为 1:400 时,可达到最佳增效效果.朱砂叶螨是一种极易产生抗药性的重要农药害虫,单一化学农药长期使用,易导致防效逐年减低,用药量逐渐增大,严重时可使该类有效成分失去作用,造成环境污染和经济损失,因此针对朱砂叶螨开展复配药剂开发研究具有重要意义.

本研究选用的药剂阿维菌素属生物农药,植物精油为植物提取物,两者复配不仅可延缓害虫抗药性产生,还可在满足提高害虫防效的同时极大地降低对环境的影响.但植物精油价格较高,并具有较强挥发性,将其制备成制剂并市场化应用还存在一定困难,且对复配增效原理尚不明确,后续还需对制剂配方筛选、加工注意事项等进一步研究,并对植物精油与阿维菌素复配增效原理进行确定.

参考文献:

- [1] 侯华民,张兴.植物精油杀虫活性的研究进展[J].世界农业,2001(4):40-42.
- [2] 卢传兵,薛明,刘雨晴,等.黄荆精油对玉米象的杀虫活性成分、毒力及作用机制[J].昆虫学报,2009,52(2):159-167.
- [3] 俞瑞鲜,胡秀卿,吴声敢,等.几种植物精油对小菜蛾的趋避活性及其增效作用[J].浙江农业科学,2018,59(5):767-771.
- [4] CHAIYASIT D, CHOOCHOTE W, RATTANACHANPICHAI E, et al. Essential Oils as Potential Adulticides Against Two Populations of *Aedes aegypti*, the Laboratory and Natural Field Strains, in Chiang Mai Province, Northern Thailand [J]. Parasitology Research, 2006, 99(6): 715-721.
- [5] OMOLO M O, OKINYO D, NDIEGE I O, et al. Fumigant Toxicity of the Essential Oils of some African Plants Against *Anopheles gambiae* Sensu Stricto [J]. Phytomedicine, 2005, 12(3): 241-246.
- [6] 付志能,杜晓英.朱砂叶螨抗药性研究进展:全国农药学科教育科研研讨会暨赵善欢学术思想与研究实践讨论会[C].广州:全国农药学科教学科研研讨会常务委员会,2014.
- [7] 何林,赵志模,邓新平,等.朱砂叶螨对甲氧菊酯、阿维菌素,哒螨灵及其混剂抗性遗传力的分析[J].中国昆虫科学,2003(1):35-41.
- [8] ELDEFRAWI M E, TOPPOZADA A, MANSOUR N, et al. Toxicological Studies on the Egyptian Cotton Leafworm, *Prodenia litura* I Susceptibility of Different Larval Instars of Prodenia to Insecticides[J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 7(4): 591-593.
- [9] SUN Y P, JOHNSON E R. Analysis of Joint Action of Insecticides Against House Flies [J]. Journal of Economic Entomology, 1960, 53(5): 887-892.

Study on the Synergetic Effect of Avermectins and Plant Essential Oils Used in Combination Against *Tetranychus cinnabarinus*

HU Yue^{1,2}, ZHOU Han-yu^{1,2}, TAN Li-chao^{1,2}

1. Chongqing Landscape and Gardening Research Institute, Chongqing 401329, China;

2. Chongqing Urban Landscaping Engineering Technology Research Center, Chongqing 401329, China

Abstract: To obtain the compound formulations of plant essential oil and avermectin with good acaricidal activity against *Tetranychus cinnabarinus*, the synergistic effects of essential oils of lemongrass, patchouli, pheasant pepper and Asian peppermint on avermectin were evaluated with the co-toxicity factor method and the co-toxicity coefficient method. A bioactivity test results showed that the essential oils of lemongrass and patchouli had no effect against *T. cinnabarinus*, and the LC_{50} of pheasant pepper and Asian peppermint essential oils was 772.801 and 1 040.187 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ after 24 h treatment, respectively. The results of co-toxic factor assay showed that the combination of abamectin and Asiatic mint 1 : 272 and 1 : 679 had synergistic effect, and the results of co-toxicity coefficient showed that the co-toxicity coefficient of abamectin combined with Asiatic mint at 1 : 400 was the largest. In conclusion, the compounding of abamectin and Asian peppermint essential oil (1 : 400) has an obvious synergistic effect against mites, which provides a theoretical basis for the development and application of acaricide.

Key words: plant essential oil; Avermectins; *Tetranychus cinnabarinus*; pesticide compounding