

二甲氧香酯对柑橘全爪螨的毒力测定及田间防效

郭富友, 周红, 刘瑾林, 马晓峰, 丁伟*

(西南大学植物保护学院, 重庆 400716)

摘要 利用玻片浸渍法测定了二甲氧香酯对柑橘全爪螨的室内毒力,并严格按照田间药效规范,开展田间药效试验评价了5%二甲氧香酯 EC 对柑橘全爪螨的防治效果。结果表明,处理 48 h 后,二甲氧香酯及其制剂 LC_{50} 分别为 174 mg/L 和 114 mg/L,其对柑橘全爪螨的毒力是螺螨酯原药的 1.61 倍和 2.46 倍。田间药效结果表明,施药后 1~14 d,5%二甲氧香酯 EC 125~250 mg/kg 处理可达到最大防效 94.0%,显著优于或与对照药剂 240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg 的防效相当。5%二甲氧香酯 EC 可有效防治柑橘全爪螨,且持效期长,对柑橘生长安全,值得推广应用。

关键词 二甲氧香酯; 柑橘全爪螨; 毒力; 田间药效

中图分类号: S 436.661.23 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019600

Toxicity and field efficacy of scoparone against *Panonychus citri* (McGregor)

GUO Fuyou, ZHOU Hong, LIU Jinlin, MA Xiaofeng, DING Wei*

(College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract Toxicity and field efficacy of scoparone and scoparone 5% EC against *Panonychus citri* (McGregor) were evaluated by slide-dipping method and field experiment according to guidelines on efficacy evaluation of pesticides. The results showed that the LC_{50} values of scoparone and scoparone 5% EC were 174 mg/L and 114 mg/L, respectively, and the toxicity index of spiromites were 1.61, 2.46 after treatment for 48 h. One to fourteen days after treatment, the control efficacy of scoparone 5% EC at the dosage of 125–250 mg/kg could reach the maximum value (94.0%) after 14 d, which was equal to or significantly better than that of spiromites 240 g/L SC at 60 mg/kg. In summary, scoparone 5% EC formulation presented a good control efficacy on *P. citri*, more persistent effect, safe for the growth of citrus trees, which was worth popularizing and applying.

Key words scoparone; *Panonychus citri*; toxicity; field effect

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 又称柑橘红蜘蛛,属于蛛形纲蜱螨目叶螨科,是一种全球性害螨,是为害柑橘的主要害虫之一,具有很强的繁殖力和适应性^[1-3],主要为害柑橘嫩叶。柑橘全爪螨主要集中在叶背刺吸汁液,造成叶片失绿,严重时可导致整株叶片发白,影响光合作用,甚至脱落,造成严重减产^[4]。目前化学防治是控制柑橘全爪螨的主要手段,然而由于农药的滥用,柑橘全爪螨已对多种化学杀螨剂产生了严重的抗性^[5]。因此,迫切需要寻找靶标新颖能有效控制害螨并对环境友好的绿色杀螨剂。

植物源杀螨活性物质因具有低毒、选择性高、环境相容性好、不易产生抗性等优点,近年来成为研究的热点^[6]。二甲氧香酯俗称滨蒿内酯(scoparone),化学名称为 6,7-二甲氧基香豆素,是一种香豆素类

化合物,在植物界中含量丰富,具有止咳平喘^[7]、降血压^[8]等药理活性以及除草^[9]、抑菌^[10]等农用生物活性。此外,章冰川等^[11]研究发现来源于茵陈蒿中的天然活性化合物二甲氧香酯具有良好的杀螨活性。但关于二甲氧香酯的作用机理尚不明确,滕赞等^[12]研究发现二甲氧香酯能影响豚鼠气道平滑肌细胞内钙离子(ASMCs $[Ca^{2+}]$)水平。地肤 *Kochia scoparia*^[13] 和河朔莢花 *Wikstroemia chamedaphne*^[14] 中植物源有效杀螨成分可能会破坏山楂叶螨细胞内钙离子平衡。这些研究表明影响细胞内钙离子水平可能是天然活性物质的作用机制之一。这也和本实验室前期研究结果相一致(成果待发表)。

由此,本实验室以二甲氧香酯为原药研制出了 5%二甲氧香酯 EC 制剂(专利申请号 201910058633.0),本

收稿日期: 2019-11-02 修订日期: 2020-07-04

基金项目: 国家自然科学基金(31972288)

* 通信作者 E-mail: dingw@swu.edu.cn

试验通过室内毒力测定,明确了二甲氧香酯对柑橘全爪螨的毒力,然后进一步开展田间药效试验,评估了该药剂对柑橘全爪螨的田间防效,并明确了其田间推荐使用剂量,为其产品登记及推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试螨类

柑橘全爪螨,采自重庆市北碚区歇马镇冯家槽柑橘园区,然后置于洗净晾干的新鲜柑橘叶片上,恒温培养箱(26±1)℃、RH: 60%~80%、L//D=14 h//10 h 饲养一代。

1.2 供试药剂

室内毒力测定:98%二甲氧香酯原药,南京源植生物科技有限公司;对照药剂 98%螺螨酯原药,陕西美邦农药有限公司提供。

田间药效试验:5%二甲氧香酯乳油(EC),西南大学天然产物农药研究室提供; 240 g/L 螺螨酯悬浮剂(SC),拜耳作物科学有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 毒力测定

采用玻片浸渍法^[15]。分别称取适量供试化合物,用少量丙酮溶解,再用含 0.1%吐温-80 的水溶液稀释配制成有效成分含量(下同)为2 mg/mL的母液,体积不少于烧杯的 1/3。在预试验的基础上,选用相对死亡率介于 20%~80%的 5~7 个浓度进行毒力测定,以 0.1%的吐温-80 水溶液为空白对照,每处理 3 个重复。选择发育一致的柑橘全爪螨雌成螨作为受测对象,在显微镜下将螨均匀粘在贴有双面胶的载玻片两侧,背部朝上,螨足可自由活动,每张玻片粘 30 头,于恒温培养箱内饲养 4 h 后用双目解剖镜检查,剔除不合格个体,并补至 30 头。然后,将粘有螨的玻片在供试药液中浸渍 5 s 后取出,迅速吸去螨体周围多余药液,恒温培养箱放置 48 h 后检查结果。用 0 号毛笔轻触螨体,以其螯肢不动者为死亡。采用 SAS 9.4 数据处理软件求出毒力回归方程、LC₅₀及其 95%置信区间^[16]。

1.3.2 田间药效试验

1.3.2.1 试验地点及试验设计

试验地设在重庆市北碚区歇马镇冯家槽柑橘园区,该地土壤为沙壤土,排灌能力良好。土壤有机质含量为 1.4%,pH 为 6.9。生长过程中保证除处理因素外其他栽培条件一致。试验设置 6 个处理,分别为 5%二甲氧香酯 EC 62.5、83.3、125 mg/kg, 240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg,以清水为对照。每处理有柑橘树 2 株,设 3 次重复,共计 18 个小区。

1.3.2.2 施药及调查方法

按照田间药效试验方法^[17]于 2019 年 4 月 23 日上午进行田间试验,当柑橘全爪螨幼螨、若螨刚开始活动,平均每片叶片有 2 头以上活螨时施药,采用工农-16 型喷雾器将药液均匀喷洒柑橘叶片正反面,喷液量 750 L/hm²,以药液不滴为准,整个试验过程只施药一次。每小区在树的东、西、南、北、中 5 个方位标记嫩梢,手持放大镜共调查 25 片叶片上的活动螨数量。施药前调查虫口基数,施药后 1、3、7、15 d 各调查 1 次,分别计算各处理区防治效果。采用以下公式计算防效。

防治效果=

$$\left(1 - \frac{\text{处理前对照螨数} \times \text{药剂处理药后螨数}}{\text{处理后对照螨数} \times \text{药剂处理药前螨数}}\right) \times 100\%。$$
然后将数据先进行平方根的反正弦转换,再利用软件 SPSS 19.0 对转换后的数据进行方差分析,以 Duncan 氏新复极差法(DMRT)检验各处理防效间的差异显著水平,最后将各反正弦平均数反转换为百分数作为防治效果。

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定

各处理对柑橘全爪螨雌成螨的室内毒力测定结果见表 1。所有处理均对柑橘全爪螨具有很好的触杀活性。二甲氧香酯原药及制剂 48 h 的毒力分别为 174 mg/L 和 114 mg/L,是 98%螺螨酯原药毒力(281 mg/L)的 1.61 倍和 2.46 倍。

表 1 二甲氧香酯对柑橘全爪螨雌成螨的室内毒力测定(处理后 48 h)¹⁾
Table 1 Toxicity of scoparone against *Panonychus citri* (48 h after treatment)

处理 Treatment	斜率±标准误 Slope±SE	卡方值(χ ²) Chi square value	自由度(df) Degree of freedom	LC ₅₀ (95% CI) /mg·L ⁻¹	毒力指数 Toxicity ratio
5%二甲氧香酯 EC scoparone 5% EC	1.690±0.176	5.443	4	114(90~138)	2.46
98%二甲氧香酯 TC scoparone 98% TC	1.456±0.158	3.743	4	174(139~214)	1.61
98%螺螨酯 TC spirodiclofen 98% TC	1.468±0.156	3.970	4	281(222~343)	1

1) 毒力指数=供试药剂的 LC₅₀/螺螨酯的 LC₅₀。
Toxicity ratio means LC₅₀ value of tested treatment/LC₅₀ value of spirodiclofen.

2.2 田间药效试验结果

大田试验数据结果(表 2)显示,5%二甲氧香酯 EC 具有非常好的杀螨效果。施药后 1 d,其 62.5、83.3、125、250 mg/kg 处理的相对防效分别为 27.3%、32.1%、43.4%、48.3%,其中 125、250 mg/kg 处理的防效显著高于对照药剂 240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg 处理(32.0%),其 250 mg/kg 处理下相对防效仅有 48.3%,表明其速效性较差。施药后 3 d,62.5、83.3、125、250 mg/kg 处理的相对防效分别为 50.0%、55.1%、68.0%、72.3%,其中 125、250 mg/kg 处理的相对防效显著高于对照药剂

(61.5%)。随着时间的延长,施药后 7 d,5%二甲氧香酯 EC 的相对防效上升明显,各处理区的防效达到 71.1%~89.2%,其中 83.3~250 mg/kg 处理的相对防效显著优于对照药剂。施药后 14 d,5%二甲氧香酯 EC 各处理区的防效达到 79.0%~94.0%,表明其持效期较长。其中 125 mg/kg 处理的相对防效与对照药剂防效相当,而 250 mg/kg 处理的相对防效显著优于对照药剂(91.4%)。

综上,5%二甲氧香酯 EC 可有效防治柑橘全爪螨,持效期较长但速效性较差,其中 125~250 mg/kg 浓度处理下对柑橘全爪螨防治作用表现较优。

表 2 5%二甲氧香酯 EC 防治柑橘全爪螨的田间防效¹⁾

Table 2 Control efficacy of scoparone 5% EC against *Panonychus citri* in the field

杀螨药剂 Miticide	有效成分用量/mg·kg ⁻¹ Dosage of active ingredients	防治效果/% Control efficacy			
		1 d	3 d	7 d	14 d
5%二甲氧香酯 EC scoparone 5% EC	62.5	27.3 d	50.0 e	71.1 d	79.0 d
	83.3	32.1 c	55.1 d	75.0 c	84.7 c
	125	43.4 b	68.0 b	82.3 b	91.3 b
	250	48.3 a	72.3 a	89.2 a	94.0 a
240 g/L 螺螨酯 SC spirodiclofen 240 g/L SC	60	32.0 c	61.5 c	70.4 d	91.4 b
CK	—	—	—	—	—

1) 表中数据为 3 次重复的平均值。同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法多重分析在 0.05 水平差异显著。
Data in the table were the average of three replicates. Different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's new multiple-range test.

2.3 对柑橘的安全性

药后 1~15 d 目测观察 5%二甲氧香酯 EC 对柑橘叶片和幼果的影响。各处理区供试柑橘植株、叶片、果实和花均无药害症状产生。可见在本试验处理浓度范围内,5%二甲氧香酯 EC 对柑橘安全,对其生长发育无不良影响。

3 讨论

农药是防治农作物病虫害鼠害的重要手段。但由于农药的长期不合理使用,许多害虫(螨)对某些药剂的单一制剂已产生不同程度的抗性。Hu 等^[18]2006 年—2009 年持续监测了中国南方 4 个省份的 6 个柑橘全爪螨高发地区的柑橘全爪螨种群对螺螨酯的抗性发展速度,结果发现其对螺螨酯的抗性在 3 年时间里最高提高了 127 倍。石绪根等^[19]综述了 3 种害螨对螺螨酯的抗药性研究进展,也阐述了近年来螺螨酯的不合理使用导致柑橘全爪螨的抗性问

题。二甲氧香酯是新近发现的具有杀螨活性的天然活性物质,可以从多种植物中提取,在医药领域应用较多,但在农业领域报道甚少。苏柳等^[20]的研究表明,植物性杀虫(螨)剂往往不是简单地通过某种方式或某种机理产生作用,而是通过多种作用方式和机理来达到控制虫(螨)害目的。植物源杀虫(螨)剂的这种特性不仅增强其作用效果,并且使害虫(螨)较难产生抗性。而且植物源农药一般具有环境相容性好、无公害等特征。因而,将二甲氧香酯应用于果树害螨防治无疑会助力绿色果树的生产。

本研究通过室内毒力测定和田间药效验证,表明 5%二甲氧香酯 EC 不仅对柑橘全爪螨表现较好控制效果,持效期长,而且对作物生长安全,值得在农业生产中推广应用。建议在害螨发生早期或种群密度较低时使用,推荐使用浓度为 125~250 mg/kg,对叶片正、反面进行均匀喷雾处理。

参考文献

[1] GOTOH T, ISHIKAWA Y, KITASHIMA Y. Life-history traits of the six *Panonychus* species from Japan (Acari: Tetranychidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2003, 29(3/4):241-252.

- [2] VASSILIOU V A, PAPADOULIS G. First record of the citrus red mite *Panonychus citri* in Cyprus [J]. *Phytoparasitica*, 2009, 37(1): 99–100.
- [3] 张弟平. 柑橘红蜘蛛的发生与防治[J]. *现代农业科技*, 2012(12):124.
- [4] 邓崇岭, 唐艳, 蒋运宁. 杀螨剂的种类及在柑桔上的应用现状[J]. *南方园艺*, 2006, 17(6):60–62.
- [5] DING Tianbo, NIU Jinzhi, YANG Lihong, et al. Transcription profiling of two cytochrome P450 genes potentially involved in acaricide metabolism in citrus red mite *Panonychus citri* [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2013, 106(1/2):28–37.
- [6] DAMIANI N, GENDE L B, MAGGI M D, et al. Repellent and acaricidal effects of botanical extracts on *Varroa destructor* [J]. *Parasitology Research*, 2011, 108(1):79–86.
- [7] 迟天燕, 李智, 范颖, 等. 滨蒿内酯对哮喘豚鼠脾淋巴细胞转化和 IL-2 生成的影响[J]. *中国医科大学学报*, 2006, 35(2): 130–131.
- [8] CHEN Y L, HUANG H C, WENG Y I, et al. Morphological evidence for the antiatherogenic effect of scoparone in hyperlipidemic diabetic rabbits [J]. *Cardiovascular Research*, 1994, 28(11):1679–1685.
- [9] BAUM J A, BOGAERT T, CLINTON W, et al. Control of coleopteran insect pests through RNA interference [J]. *Nature Biotechnology*, 2007, 25(11):1322–1326.
- [10] YAMAHARA J, KOBAYASHI G, MATSUDA H, et al. The effect of scoparone, a coumarin derivative isolated from the Chinese crude drug *Artemisiae capillaris* Flos, on the heart [J]. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 1989, 37(5): 1297–1299.
- [11] 章冰川, 罗金香, 赖婷, 等. 香豆素类化合物对朱砂叶螨的触杀活性及定量构效关系研究[J]. *农药学报*, 2016, 18(1):37–48.
- [12] 滕赞, 封瑞, 魏文娟, 等. 滨蒿内酯对原代和传代培养豚鼠气道平滑肌细胞内钙的影响[J]. *中国药理学通报*, 2009, 25(4):453–457.
- [13] 曹挥, 王有年, 刘素琪, 等. 地肤提取物对山楂叶螨体内几种酶活性的影响[J]. *林业科学*, 2007, 43(2):68–72.
- [14] 曹挥, 王有年, 张铁强, 等. 河朔茺花对山楂叶螨作用机制的初步研究[J]. *林业科学*, 2007, 43(8):65–70.
- [15] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第 12 部分: 叶螨玻片浸渍法: NY/T 1154. 12-2008 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [16] 裘炯良, 颜艳, 郑剑宁. 基于 SAS 的杀虫剂毒性筛选计算机实现[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2010, 21(5):478–481.
- [17] 中华人民共和国农业部. 农药田间药效试验准则(一)杀螨剂防治豆类、蔬菜叶螨: GB/T 17980. 17-2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [18] HU Jinfeng, WANG Changfang, WANG Jun, et al. Monitoring of resistance to spirodiclofen and five other acaricides in *Panonychus citri* collected from Chinese citrus orchards [J]. *Pest Management Science*, 2010, 66(9):1025–1030.
- [19] 石绪根, 李娟, 张纪利, 等. 三种害螨对螺螨酯的抗性研究进展[J]. *生物灾害科学*, 2014, 37(3):211–214.
- [20] 苏柳, 钱文焱, 国金昱, 等. 植物精油防治害虫及作用机理研究进展[J]. *内蒙古林业科技*, 2018, 44(1): 61–64.
- (责任编辑: 杨明丽)
- (上接 253 页)
- [11] 彭志清, 柏超, 宁国云. 基于农药减量下植保无人机施药对水稻病虫害防效的影响[J]. *中国稻米*, 2019, 25(2): 106–107.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治水稻纹枯病: GB/T 17980. 20-2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治水稻叶部病害: GB/T 17980. 19-2000 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [14] 吕锐玲, 周强, 涂军明, 等. 66 个水稻品种对稻曲病田间抗性的评价[J]. *湖南农业科学*, 2012, 51(23):5354–5356.
- [15] 张宗俭, 卢忠利, 姚登峰, 等. 飞防及其专用药剂与助剂的发展现状与趋势[J]. *农药科学与管理*, 2016, 37(11): 19–23.
- [16] 王安琪, 王琰, 王春鑫, 等. 农药纳米微囊化剂型研究进展[J]. *中国农业科技导报*, 2018, 20(2): 10–18.
- [17] 吴水祥, 狄蕊, 赵丽稳, 等. 水稻病虫害无人机防控试验初探[J]. *浙江农业科学*, 2016, 57(7): 1007–1008.
- [18] 颜贞龙, 张勇, 周正春, 等. 植保无人机施药防治水稻二化螟和纹枯病试验[J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(6): 983–984.
- [19] 肖晓华, 刘春, 杨昌洪, 等. 无人机防治水稻病虫害效果分析[J]. *南方农业*, 2016, 10(7): 5–8.
- [20] 宁国云, 许琴芳, 柏超. 植保无人机施药防治水稻病虫害试验[J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(5): 765–766.
- [21] 陈春秋, 尤伟. 纳米农药水性制剂对水稻病虫害的防效试验[J]. *基层农技推广*, 2018(12): 26–28.
- (责任编辑: 杨明丽)