



杨丽红, 陈光升, 贾小东, 等. 几种杀虫剂对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1382 - 1386.

几种杀虫剂对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用研究

杨丽红^{*}, 陈光升, 贾小东, 苏瑞军, 朱利君

(绵阳师范学院生命科学与技术学院, 四川绵阳 621006)

摘要: 采用药膜法, 研究了甲氰菊酯、氧乐果及毒死蜱对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用。结果表明, 酢浆草如叶螨对氧乐果最敏感, LC_{50} 为 28.48 mg/L, 甲氰菊酯次之, LC_{50} 为 394.55 mg/L, 毒死蜱最不敏感, LC_{50} 高达 5876.43 mg/L; 增效试验表明, 磷酸三苯酯 (TPP)、增效醚 (PBO) 及顺丁烯二酸二乙酯 (DEM) 对 3 种杀虫剂均有一定的增效作用, 总体上, TPP 的增效最好, PBO 次之, DEM 增效作用稍差。因此, 氧乐果和甲氰菊酯对酢浆草如叶螨有较好防治作用, 应减少毒死蜱使用; 酯酶、多功能氧化酶及谷胱甘肽 S-转移酶是该螨最重要的解毒代谢酶。

关键词: 杀虫剂; 酢浆草如叶螨; 毒力; 增效剂

中图分类号: Q965.9; S433.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1382-05

Research on toxicities and synergism of several pesticides against the oxalis spider mite, *Tetranychina hatri*

YANG Li-Hong^{*}, CHEN Guang-Sheng, JIA Xiao-Dong, SU Rui-Jun, ZHU Li-Jun (College of Life Science and Biotechnology, Mianyang Teachers' College, Mianyang 621006, Sichuan Province, China)

Abstract: Using the residual contact vial method, the toxicities and synergism of fenpropathrin, omethoate and chlorpyrifos against the oxalis spider mite, *Tetranychina hatri* were studied. The results showed that *T. hatri* was the most susceptible to omethoate and LC_{50} was 28.48 mg/L, fenpropathrin followed and the LC_{50} was 394.55 mg/L, but chlorpyrifos was worst and LC_{50} was 5876.43 mg/L. The synergism study results showed that the toxicities of fenpropathrin, omethoate and chlorpyrifos to the mite increased by TPP, PBO and DEM on some extent. In total, the synergism of TPP was best, PBO followed, and DEM was worst. So, omethoate and fenpropathrin have better control effect on *T. hatri*, but chlorpyrifos should be used as little as possible. Esterases and mixed-functional oxidases are the most important detoxification enzymes in the mite.

Key words: Pesticides; *Tetranychina hatri*; toxicities; synergists

红花酢浆草 *Oxalis corymbosa* 花色鲜艳、花期长、生长迅速且易于成活, 现作为园林绿化新秀被广泛应用 (秦雪峰等, 2013); 据记载, 酢浆草属植物全草可入药, 具有清热解毒、利湿消肿、清肺化痰的功效, 对扁桃体炎、肺炎及肝炎等有

疗效 (赵跃刚等, 2011); 红花酢浆草不仅花期长, 而且花蜜和花粉丰富, 蜜质优良, 是优良的蜜源植物之一 (张中印等, 2005)。酢浆草如叶螨 *Tetranychina hatri*, 又名酢浆草岩螨, 俗称酢浆草红蜘蛛, 主要危害酢浆草属植物, 尤以危害红花

基金项目: 四川省教育厅项目 (12ZA078); 绵阳师范学院项目 (2012A15, QD2013A06)

作者简介: 杨丽红, 女, 1974 年生, 陕西汉中, 博士, 副教授, 研究方向为昆虫学及有害生物控制, E-mail: yanglihong75@163.com

^{*} 通信作者 Author for correspondence, E-mail: yanglihong75@163.com

收稿日期 Received: 2016-07-12; 接受日期 Accepted: 2016-10-21

酢浆草为甚(郑兴国和洪晓月, 2007)。该螨主要刺吸植物叶片汁液, 造成植株枯黄, 严重发生时, 引起酢浆草“光杆”现象, 影响植株光合作用。由于酢浆草的经济价值日益受到重视, 种植面积随之扩大, 酢浆草如叶螨的危害愈来愈重, 引起人们关注。

酢浆草如叶螨的研究进展有过较全面的报道(郑兴国和洪晓月, 2007)。目前, 对酢浆草如叶螨的研究主要集中在生物学特性及药剂防治方面。药剂防治方面, 以化学防治为主, 取得了较好效果(王答龙, 2007; 吴佩芳等, 2009; 秦雪峰等, 2014), 但化学防治极易使该螨产生抗药性(尤喜妹和梁国辉, 2011), 给防治工作带来严重阻碍。采用西北 107 种植物提取物对该螨的毒力作用研究(霍彦波等, 2013), 为该螨的防治开辟了新途径, 具有重要的潜在研究价值。增效剂是一类对害虫(螨)没有毒性或毒性很小的一类化合物, 但可抑制害虫(螨)体内的解毒代谢酶活性。增效醚(Piperonyl butoxide, PBO)、顺丁烯二酸二乙酯(diethyl maleate, DEM)及磷酸三苯酯(Triphenyl phosphate, TPP)分别为多功能氧化酶、谷胱甘肽 S-转移酶及酯酶的抑制剂, 使杀虫(螨)剂的作用增强。

通常可通过增效作用试验, 诊断害虫(螨)对杀虫(螨)剂的解毒代谢机制(Dalziel *et al.*, 2009)。药剂对害虫(螨)的毒力回归方程式, 是衡量防治效果的重要参考依据。本文在前人对酢浆草如叶螨的研究基础上, 拟建立氧乐果、甲氰菊酯及毒死蜱等 3 种常用杀虫剂对该螨的毒力回归方程式, 并通过增效试验, 诊断酢浆草如叶螨对这 3 种常用杀虫剂的解毒代谢机制, 为该螨的防治工作提供客观的参考标准, 以期对农药开发提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

酢浆草如叶螨采自四川省绵阳市高新区绿化带的红花酢浆草上, 带回实验室饲养, 饲养寄主为盆栽红花酢浆草。

1.2 供试药剂

20% 甲氰菊酯乳油(湖北老河口富灵农药有限责任公司); 10% 氧乐果乳油(山西省霍州市绿洲农药厂); 480 g/L 毒死蜱乳油(山东省德州祥

龙生化有限公司); 磷酸三苯酯(TPP, 成都市科龙化工试剂厂), 分析纯; 96% 顺丁烯二酸二乙酯(DEM, 成都格雷西亚化学技术有限公司); 95% 增效醚(PBO, 西亚试剂公司); N, N-二甲基甲酰胺(DMF, 成都市科龙化工试剂厂), 分析纯。

1.3 研究方法

1.3.1 药膜制备

参照文献(van Leeuwen *et al.*, 2004; 陈秋双等, 2012), 制作药膜。将甲氰菊酯、氧乐果及毒死蜱分别用蒸馏水稀释成 5 个浓度梯度, 分别取 1.5 mL 加入到 2 mL 的离心管中, 轻轻摇动, 使之在管内形成均匀药膜, 倒掉多余的液体, 晾干, 每个浓度处理 5 个重复, 对照组用蒸馏水处理离心管。

1.3.2 试虫处理

向每个制作好的药膜管接入 30 头健康一致的雌成螨, 在室温条件下放置 24 h 后检查螨的死亡情况。死亡标准为: 用毛笔尖轻触螨体, 完全不动者视为死亡。以对照死亡率小于 10% 为有效测定, 并用对照死亡率进行校正。

1.3.3 增效剂处理

分别将增效剂(TPP、DEM 和 PBO)用 N, N-二甲基甲酰胺(DMF)配成 10 g/L 的溶液。分别在各浓度梯度农药中加入一定量的增效剂, 保证增效剂的浓度均为 0.1 g/L, 使增效剂对每个浓度杀虫剂的增效作用一致(王圣印等, 2012), 对照组的离心管用 1% DMF 进行处理。药膜的制作、试虫处理同 1.3.1 和 1.3.2。

1.3.4 数据分析

用 SPSS 16.0 软件进行数据分析, 分别求出各农药单剂及农药与增效剂混剂对酢浆草如叶螨的毒力直线回归方程, 计算相应的 LC_{50} 值。按 Brindley 的方法计算增效比(Synergy ratio, SR)(Brindley, 1977): 增效比(SR) = 单剂的 LC_{50} 值 / (单剂 + 增效剂) 的 LC_{50} 值。

2 结果与分析

2.1 甲氰菊酯对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用

在无增效剂时, 甲氰菊酯单剂对酢浆草如叶螨的 LC_{50} 为 394.55 mg/L, 加入增效剂磷酸三苯酯(TPP)后, LC_{50} 降为 217.60 mg/L, 增效比为 1.81(表 1), 说明 TPP 对甲氰菊酯有较好的增效作用, 提示 TPP 可抑制酢浆草如叶螨体内酯酶的

解毒代谢活性; PBO 对甲氰菊酯也有一定的增效作用, LC_{50} 降低为 340.54 mg/L, 增效比为 1.16, 说明多功能氧化酶也参与了甲氰菊酯的代谢; DEM 对甲氰菊酯的增效作用最弱, LC_{50} 仅稍有降低, 为 382.43 mg/L, 增效比仅为 1.03, 提示谷胱甘肽 *S*-转移酶对甲氰菊酯的代谢能力相对较弱。

2.2 氧乐果对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用

在无增效剂时, 氧乐果单剂对酢浆草如叶螨的 LC_{50} 为 28.48 mg/L, 加入 TPP 后, LC_{50} 降为 15.06 mg/L (表 1), 增效比为 1.90, 说明 TPP 对氧乐果亦有较好的增效作用, 提示酯酶是酢浆草如叶螨体内重要的解毒代谢酶, 参与毒物氧乐果的分解代谢作用; DEM 对氧乐果也有一定的增效作用, LC_{50} 降低为 22.02 mg/L, 增效比为 1.29, 说明该螨体内的谷胱甘肽 *S*-转移酶也参与了氧乐果的代谢; PBO 对甲氰菊酯的增效作用最弱, LC_{50}

仅稍有降低, 为 27.10 mg/L, 增效比仅为 1.05, 提示多功能氧化酶对氧乐果的代谢能力不如前二者。

2.3 毒死蜱对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用

在无增效剂时, 毒死蜱单剂对酢浆草如叶螨的 LC_{50} 为 5876.43 mg/L, 加入 TPP 后, LC_{50} 降为 3221.66 mg/L (表 1), 增效比为 1.82, 说明 TPP 对毒死蜱有较好的增效作用, 再次提示酯酶是酢浆草如叶螨体内重要的解毒代谢酶, 可很好地分解代谢毒死蜱; PBO 对毒死蜱的增效作用也较好, LC_{50} 为 3466.03 mg/L, 增效比为 1.70, 提示多功能氧化酶与毒死蜱的代谢也十分密切。DEM 对毒死蜱也有一定的增效作用, LC_{50} 降低为 5257.73 mg/L, 增效比为 1.12, 说明谷胱甘肽 *S*-转移酶对毒死蜱的代谢能力不及酯酶和多功能氧化酶。

表 1 3 种杀虫剂对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用

Table 1 Toxicities and synergism of 3 pesticides against the oxalis spider mite, *Tetranychina hatri*

| 杀虫剂 Pesticide | 回归方程 LC-P equation | LC_{50} (mg/L) | 95% 置信限 95% coefficient variation | 增效比 Synergy ratio |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 甲氰菊酯 Fenprothrin | $Y = -3.58 + 1.38X$ | 394.55 | 296.264 - 515.961 | - |
| + TPP | $Y = -5.23 + 2.24X$ | 217.60 | 194.910 - 240.424 | 1.81 |
| + DEM | $Y = -5.78 + 2.24X$ | 382.43 | 345.513 - 423.131 | 1.03 |
| + PBO | $Y = -7.72 + 3.05X$ | 340.54 | 313.402 - 368.318 | 1.16 |
| 氧乐果 Omethoate | $Y = -3.00 + 2.06X$ | 28.48 | 24.228 - 33.442 | - |
| + TPP | $Y = -3.56 + 3.04X$ | 15.06 | 13.273 - 17.211 | 1.90 |
| + DEM | $Y = -4.16 + 3.09X$ | 22.02 | 20.191 - 23.868 | 1.29 |
| + PBO | $Y = -3.80 + 2.65X$ | 27.10 | 23.817 - 31.033 | 1.05 |
| 毒死蜱 Chlorpyrifos | $Y = -5.00 + 1.32X$ | 5876.43 | 4797.011 - 7331.863 | - |
| + TPP | $Y = -4.13 + 1.18X$ | 3221.66 | 2369.712 - 4372.257 | 1.82 |
| + DEM | $Y = -4.65 + 1.25X$ | 5257.73 | 4264.222 - 6598.528 | 1.12 |
| + PBO | $Y = -3.60 + 1.02X$ | 3466.03 | 2377.933 - 5182.814 | 1.70 |

3 结论与讨论

甲氰菊酯、氧乐果和毒死蜱是常用的杀虫剂, 常被用于叶螨的化学防治。本研究采用药膜法研究了几种常用杀虫剂对酢浆草如叶螨的敏感性, 根据研究结果可知, 毒死蜱对酢浆草如叶螨的防效较差, 致死中浓度 LC_{50} 高达 5876.43 mg/L, 远

高于氧乐果和甲氰菊酯的 LC_{50} 28.48 mg/L 和 394.55 mg/L, 可见, 这 3 种常用杀虫剂中, 酢浆草如叶螨对氧乐果的敏感性最高, 甲氰菊酯次之, 毒死蜱敏感性最低。甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 及大螟 *Sesamia inferens* 的室内毒力研究均表明, 毒死蜱对其毒力明显较低 (马冲等, 2012; 杨国庆等, 2014); 氧乐果是防治害虫敏感性较高的药剂之一 (衡雪梅等, 2016); 氧乐果和甲氰菊酯对朱砂叶

螨相对敏感品系的 LC_{50} 分别为 67.86 mg/L 和 600.36 mg/L, 是比较敏感的药剂 (陈秋双等, 2012), 说明氧乐果和甲氰菊酯对叶螨有较好的防治作用。因此, 在酢浆草如叶螨日常防治中, 应该尽量减少使用毒死蜱。氧乐果、甲氰菊酯和其它杀虫剂轮换使用, 减缓该螨抗药性产生。

酯酶、多功能氧化酶及谷胱甘肽 S-转移酶是生物体内 3 种重要的解毒代谢酶, TPP、PBO 和 DEM 可分别抑制这 3 种酶的代谢活性, 提高杀虫剂的毒力。本研究发现, TPP、PBO 和 DEM 对甲氰菊酯、氧乐果和毒死蜱均有不同程度的增效作用, TPP 的增效作用最明显, PBO 次之, DEM 再次之, 说明酢浆草如叶螨体内的酯酶、多功能氧化酶及谷胱甘肽 S-转移酶具有重要的解毒代谢作用。柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 田间抗药性监测发现, TPP 和 PBO 对甲氰菊酯均有明显的增效作用 (刘永华等, 2010); 二斑叶螨 *T. urticae* 的抗性研究也表明, 多功能氧化酶介导了该螨对甲氰菊酯抗药性的产生 (高新菊和沈慧敏, 2011)。因此, TPP 作为酯酶的抑制剂、PBO 作为多功能氧化酶的抑制剂, 在农药开发中可添加使用, 提高甲氰菊酯药剂的杀螨活性。陈秋双等 (2012) 研究也发现, TPP、PBO 和 DEM 均可提高甲氰菊酯对朱砂叶螨的杀螨活性, 与本研究 3 种增效剂的增效作用基本一致。因此, 在开发杀虫 (螨) 农药时, 可添加抑制酯酶、多功能氧化酶及谷胱甘肽 S-转移酶的增效剂 TPP、PBO 和 DEM。

3 种常用杀虫剂中, 以氧乐果对酢浆草如叶螨的活性最高, 甲氰菊酯次之, 毒死蜱最差; 增效作用研究表明, TPP、PBO 及 DEM 对 3 种杀虫剂都有增效作用, 表明酯酶、多功能氧化酶及谷胱甘肽 S-转移酶是该螨重要的解毒代谢酶。

致谢: 绵阳师范学院生命科学与技术学院本科生曹秀梅、陈妮、宋敏、王讯、曾媛媛、赵佳、向苓及胡昌滨同学在试螨饲养及试验工作中付出了辛勤劳动, 特此感谢!

参考文献 (References)

Brindley WA. Synergist, differences as an alternate interpretation of carbaryl-piperonyl butoxide toxicity data [J]. *Environmental Entomology*, 1977, 6 (6): 885-888.

Chen QS, Zhao S, Zou J, et al. Monitoring of acaricide resistance in *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2012, 49 (2): 364-369. [陈秋双, 赵舒, 邹晶,

等. 2012. 朱砂叶螨抗药性监测 [J]. *应用昆虫学报*, 2012, 49 (2): 364-369]

Dalziel AC, Rogers SM, Schulte PM. Linking genotypes to phenotypes and fitness: How mechanistic biology can inform molecular ecology [J]. *Molecular Ecology*, 2009, 18 (24): 4997-5017.

Gao XJ, Shen HM. Research selection with fenpropathrin and the change of detoxification enzyme activities in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2011, 54 (1): 64-69. [高新菊, 沈慧敏. 二斑叶螨对甲氰菊酯的抗性选育和解毒酶活力变化 [J]. *昆虫学报*, 2011, 54 (1): 64-69]

Hen XM, Zhang ZG, Wang LX. 12 kinds of insecticides on the test of pontaniadolichura efficacy [J]. *Pesticide*, 2016, 2: 150-152 [衡雪梅, 张志刚, 王良绪. 12 种杀虫剂对柳厚壁叶蜂药效试验 [J]. *农药*, 2016, 2: 150-152]

Hu J, Wang C, Wang J, 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.

Huo YB, He J, Ma ZQ, et al. Acaricidal activities of acetone extracts from 107 plant species for *Tetranychina hatri* [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2013, 21 (6): 1200-1207. [霍彦波, 何军, 马志卿, 等. 107 种植物丙酮提取物对酢浆草如叶螨的毒杀活性 [J]. *草地学报*, 2013, 21 (6): 1200-1207]

Liu YH, Jiang HB, Yuan ML, et al. Resistance monitoring and synergism on four acaricides against *Panonychus citri* [J]. *Journal of Fruit Science*, 2010, 27 (4): 570-574. [刘永华, 蒋红波, 袁明龙, 等. 柑橘全爪螨对 4 种杀螨剂的抗性监测及增效作用 [J]. *果树学报*, 2010, 27 (4): 570-574]

Ma C, Lu XT, Liu Z, et al. Sublethal effects of chlorantraniliprol and chlorpyrifos on the growth, development and fecundity of *Spodoptera exigua* [J]. *Plant Protection*, 2012, 38 (4): 38-41. [马冲, 路兴涛, 刘震, 等. 氯虫苯甲酰胺、毒死蜱亚致死剂量对甜菜夜蛾生长发育和繁殖力的影响 [J]. *植物保护*, 2012, 38 (4): 38-41]

Qin XF, Du KS, Lv WB, et al. Efficacy test of four acaricides to control *Petrobia (Tetranychina) hatri* (Ewing) [J]. *Journal of Henan Institute of Science and Technology*, 2014, 42 (4): 38-40. [秦雪峰, 杜开书, 吕文彦, 等. 四种药剂防治酢浆草岩螨药效试验 [J]. *河南科技学院学报*, 2014, 42 (4): 38-40]

Qin XF, Wang GC, Wang LH, et al. Threshold temperature and effective accumulated temperature of *Petrobia (Tetranychina) hatri* [J]. *Plant Protection*, 2013, 39 (4): 103-105. [秦雪峰, 王国昌, 王刘豪, 等. 酢浆草岩螨的发育起点温度和有效积温 [J]. *植物保护*, 2013, 39 (4): 103-105]

Van Leeuwen T, Stillatus V, Tirry L. Genetic analysis and cross-resistance spectrum of a laboratory-selected chlorfenapyr resistant strain of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) [J]. *Experimental and Applied Acarology*, 2004, 32 (4): 249-261.

Wang DL. Effect of several miticides on controlling *Oxalis corymbosa* rock acarid under field condition [J]. *Grassland and Turf*, 2007, 5: 60-61, 64. [王答龙. 几种杀螨剂防治红花酢浆草岩螨田间

- 试验 [J]. 草原与草坪, 2007, 5: 60-61, 64]
- Wang SY, Yu Y, Liu YJ. Cross-resistance and biochemical resistance mechanisms of emamectin-benzoate resistant population of *Frankliniella occidentalis* [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2012, 39 (2): 159-166. [王圣印, 于毅, 刘永杰. 西花蓟马抗甲氨基阿维菌素苯甲酸盐种群的交互抗性与生化抗性机制 [J]. 植物保护学报, 2012, 39 (2): 159-166]
- Wu PF, Chen W, Wu XY. Efficacy of several pesticides against *Ptrobriari hatri* on *Oxalis corybasa* [J]. *Agrochemicals Research & Application*, 2009, 4: 32-34. [吴佩芳, 陈伟, 吴雪源. 几种药剂对红花酢浆草岩螨的防治效果评价 [J]. 农药研究与应用, 2009, 4: 32-34]
- Yamamoto A, Yoneda H, Hatano R, et al. Genetic analysis of hexythiazox resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) [J]. *Journal of Pesticide Science*, 1995, 20 (4): 513-519.
- Yang GQ, Li L, Ge LQ, et al. Effects of sublethal doses of triazophos and chlorpyrifos on the population growth and yolk protein content of *Sesamia inferens* (Walker) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51 (6): 1582-1588. [杨国庆, 李丽, 戈林泉, 等. 三唑磷和毒死蜱亚致死剂量对大螟种群增长和卵黄蛋白含量的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (6): 1582-1588]
- You XM, Liang GH. Study on the resistance of *Petrobia harti* [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2011, 5: 157. [尤喜妹, 梁国辉. 酢浆草岩螨抗药性研究 [J]. 现代农业科技, 2011, 5: 157]
- Zhang ZY, Liu HF, Yu H, et al. Observation and study on nectar source of *Oxalis corybosa* [J]. *Journal of Bee*, 2005, 11: 7-8. [张中印, 刘荷芬, 余昊, 等. 铜锤草蜜源的观察与研究 [J]. 蜜蜂杂志, 2005, 11: 7-8]
- Zhao YG, Wang LS, Fan YJ, et al. Comparison on the contents of the total flavonoid in herba *Oxalidis comiculatae* [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2011, 22 (1): 81-82. [赵跃刚, 王隶书, 等. 酢浆草药材中总黄酮的含量测定 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22 (1): 81-82]
- Zheng XG, Hong XY. An overview of the research on the oxalis spider mite [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44 (5): 647-651. [郑兴国, 洪晓月. 酢浆草如叶螨研究概述 [J]. 昆虫知识, 2007, 44 (5): 647-651]