

# 十种杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力比较\*

高德良\*\* 宋化稳 庄治国 徐娜娜 胡尊纪 庄占兴\*\*\*

(山东省农药科学研究院, 山东省化学农药重点实验室, 济南 250100)

**摘要** 【目的】为明确不同杀螨剂对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 不同发育阶段的生物活性。【方法】采用浸渍法分别测定了 10 种杀螨剂对朱砂叶螨成螨、卵和若螨的毒力。【结果】丁氟螨酯、阿维菌素和联苯肼酯对成螨、卵和若螨的活性均较高; 乙螨唑和螺螨酯对卵和若螨活性较高, 但对成螨活性明显偏低; 甲氰菊酯对成螨和若螨的活性优于卵; 唑螨酯、哒螨灵和三唑锡对 3 种螨态也均具有毒杀作用, 但毒力偏低。同一种杀螨剂对若螨的活性均高于成螨和卵, 乙螨唑、螺螨酯、联苯肼酯、唑螨酯和炔螨特对卵的活性高于成螨, 丁氟螨酯、阿维菌素、甲氰菊酯、哒螨灵和三唑锡对成螨的活性高于卵。【结论】不同杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段毒力存在较大差异, 田间用药防治时应根据害螨发生情况和发生阶段, 选择适合的防治药剂。

**关键词** 朱砂叶螨; 螨态; 杀螨剂; 毒力

## Relative toxicity of ten acaricides against different developmental stages of *Tetranychus cinnabarinus*

GAO De-Liang\*\* SONG Hua-Wen ZHUANG Zhi-Guo XU Na-Na  
HU Zun-Ji ZHUANG Zhan-Xing\*\*\*

(Shandong Academy of Pesticides Sciences, Key Laboratory for Chemical Pesticide of Shandong Province, Jinan 250100, China)

**Abstract** [Objectives] To determine the activity of ten acaricides to different development stages of *Tetranychus cinnabarinus*. [Methods] Toxicities of these acaricides against adults, eggs and nymphs of *T. cinnabarinus* were investigated using dipping method. [Results] Results showed that cyflumetofen, abamectin and bifenazate displayed high activity to all three stages of *T. cinnabarinus*. Etoxazole and spiroticlofen showed high toxicity to eggs and nymphs of *T. cinnabarinus*, but low activity to adults. Fenpropathrin exhibited higher activity to adults or nymphs than to eggs of *T. cinnabarinus*. Fenpyroximate, pyridaben and azocyclotin all had low activity to different development stages of *T. cinnabarinus*. All acaricides showed higher toxicity to nymphs than to adults or eggs. Etoxazole, spiroticlofen, bifenazate, fenpyroximate and propargite showed higher activity to eggs than to adults of *T. cinnabarinus*, but cyflumetofen, abamectin, fenpropathrin, pyridaben and azocyclotin had opposite results. [Conclusion] These results indicated that the toxicities of ten acaricides had different activities to development stages of *T. cinnabarinus*, and the suitable acaricides should be selected according to the occurrence of *T. cinnabarinus*.

**Key words** *Tetranychus cinnabarinus*; developmental stage; acaricide; toxicity

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval, 亦称作红叶螨、棉叶螨、棉花红蜘蛛, 属于叶螨科 Tetranychidae、叶螨属 *Tetranychus*, 是一种世界性的农林害螨, 也是我国分布最广、发生最严

重的农业害螨 (马俐等, 2005; 刘波和桂连友, 2007)。朱砂叶螨可危害棉花、玉米、小麦、高粱、豆类、瓜类、茄类、桑树、桃树、芝麻、观赏花卉等 100 多种农作物, 一般以成螨和幼若螨

\*资助项目 Supported projects: 山东省农业科学院农业科技创新工程项目 (CXGC2016B19, CXGC2018E19)

\*\*第一作者 First author, E-mail: gaoliang03@163.com

\*\*\*通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhzhx206@126.com

收稿日期 Received: 2019-01-28; 接受日期 Accepted: 2019-04-15

于叶背栖息为害, 喜欢幼嫩叶片, 主要以口针吸取汁液并吐丝结网, 被害叶片呈现明显的褪绿、皱缩, 并出现暗红斑, 进而使整个植株大量落叶, 长势减退 (Ho *et al.*, 1997)。因叶螨繁殖力强、周期短, 可在短期内达到极高的种群密度, 对寄主植物造成毁灭性伤害 (吴千红等, 1995; 张永强等, 2008)。另外, 叶螨环境适应能力强, 易对农药产生抗性, 导致防治难度加大 (郭辉力等, 2010; Van Leeuwen *et al.*, 2010, 2015)。

目前在各类植物保护手段中, 化学药剂防治仍是最直接有效的防治方法。虽然杀螨剂在全球农药市场中所占的份额较小, 但新杀螨剂的研制开发研究却从未停歇。从 20 世纪出现的杀螨酯、杀螨醇、三氯杀螨醇、炔螨特、四螨嗪、噻螨酮、哒螨灵、唑螨酯、丁醚脲等, 到 21 世纪出现的较新的螺螨酯、联苯肼酯、螺甲螨酯、乙螨唑、螺虫乙酯、丁氟螨酯等, 另外还有一些兼具杀螨活性的杀虫剂阿维菌素、甲氰菊酯等 (华乃震, 2016)。然而, 新药剂的开发速度远不及害螨抗性发展速度。目前已报道多种害螨已对阿维菌素 (唐小凤等, 2014)、哒螨灵甲氰菊酯、唑螨酯、炔螨特、螺螨酯 (封云涛等, 2018a) 等产生不同程度抗性 (李培征等, 2008; 刘永华等, 2010; 陈秋双等, 2012; 周兴隆, 2015)。

针对目前实际农业生产实践中存在的杀螨

剂选择不当、不适期使用等问题, 本研究选取目前一些常用的杀螨剂和较新颖的杀螨剂分别对朱砂叶螨雌成螨、卵和若螨的毒力进行测定, 并进行毒力比较, 以期为杀螨剂的适期合理选用提供科学依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 供试材料

**1.1.1 供试虫源** 朱砂叶螨采自济南市章丘区田间, 室内用蚕豆苗饲养繁育 2-3 代。

**1.1.2 供试药剂及试剂** 92% 阿维菌素 (Abamectin) 原药、95.5% 丁氟螨酯 (Cyflumetofen) 原药、97% 螺螨酯 (Spirodiclofen) 原药、98% 联苯肼酯 (Bifenazate) 原药、96% 乙螨唑 (Etoxazole) 原药、95% 甲氰菊酯 (Fenpropathrin) 原药、98% 哒螨灵 (Pyridaben) 原药、95% 唑螨酯 (Fenpyroximate) 原药、90.5% 炔螨特 (Propargite) 原药、95% 三唑锡 (Azocyclotin) 原药、分析纯 N, N-二甲基甲酰胺 (DMF) 和吐温 - 80, 均由山东省农药科学研究院农药评价中心提供。

供试原药用 DMF 溶解后, 再用含 0.1% 吐温 - 80 的水溶液稀释成 6 个浓度梯度, 浓度梯度设计通过预实验确定, 具体见表 1。

表 1 10 种杀螨剂对朱砂叶螨的测试浓度  
Table 1 Test concentration of 10 acaricides against *Tetranychus cinnabarinus*

| 药剂<br>Acaricide    | 浓度 Concentration ( mg/L )               |                                          |                                                |
|--------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                    | 雌成螨 Female adults                       | 卵 Eggs                                   | 若螨 Nymphs                                      |
| 乙螨唑 Etoxazole      | 10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625, 312.5 | 0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.012 5, 0.006 25 | 0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.012 5, 0.006 25       |
| 丁氟螨酯 Cyflumetofen  | 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.062 5         | 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 5, 0.156 25   | 0.5, 0.25, 0.125, 0.062 5, 0.031 25, 0.015 625 |
| 阿维菌素 Abamectin     | 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.062 5         | 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 5, 0.156 25   | 0.5, 0.25, 0.125, 0.062 5, 0.031 25, 0.015 625 |
| 联苯肼酯 Bifenazate    | 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625             | 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625              | 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 5, 0.156 25         |
| 螺螨酯 Spirodiclofen  | 4 000, 2 000, 1 000, 500, 250, 125      | 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625              | 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 5, 0.156 25         |
| 唑螨酯 Fenpyroximate  | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25            | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25             | 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625                    |
| 哒螨灵 Pyridaben      | 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125          | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25             | 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125                 |
| 三唑锡 Azocyclotin    | 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125          | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25             | 40, 20, 10, 5, 2.5, 1.25                       |
| 炔螨特 Propargite     | 2 000, 1 000, 500, 250, 125, 62.5       | 1 000, 500, 250, 125, 62.5, 31.25        | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25                   |
| 甲氰菊酯 Fenpropathrin | 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25            | 1 000, 500, 250, 125, 62.5, 31.25        | 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 5               |

## 1.2 实验方法

**1.2.1 对成螨的毒力测定** 选择6-8叶期长势一致的蚕豆苗, 剪去顶部, 在每片蚕豆叶上接种生理状态基本一致的雌成螨 ( $20 \pm 2$ ) 头, 将带成螨的蚕豆苗剪成两叶一茎形状, 在药液中浸渍 10 s 后取出, 并立即用吸水纸吸干多余的药液, 然后将茎部插到装满水并用塑料薄膜封口的烧杯上, 每个处理 4 次重复, 设空白对照。将实验靶标置于人工气候室 ( $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $L:D=14:10$ ,  $RH60\%$ ) 内培养, 48 h 后检查记录雌成螨死亡情况 (朱丽梅等, 2001; 裴晖等, 2006)。

**1.2.2 对卵的毒力测定** 选择6-8叶期长势一致的蚕豆苗, 剪去顶部, 在每片蚕豆叶上接种生理状态一致的雌成螨 5 头, 24 h 后移除雌成螨, 将带卵的蚕豆苗剪成两叶一茎形状, 在体视显微镜下检查记录卵粒数, 每个重复保留卵量 ( $50 \pm 10$ ) 头, 在药液中浸渍 10 s 后取出, 用吸水纸吸去叶片上多余的药液, 然后将茎部插到装满水并用塑料薄膜封口的烧杯上, 每个处理 4 次重复, 设空白对照。将实验靶标置于人工气候室内培养 4-5 d, 待空白处理卵孵化完毕后, 检查并记录各处理孵化情况 (Kenna *et al.*, 1991; 朱丽梅等, 2001; 张金勇等, 2011)。

**1.2.3 对若螨的毒力测定** 选择6-8叶期长势一致的蚕豆苗, 剪去顶部, 在每片蚕豆叶上接种生理状态一致的雌成螨 5 头, 24 h 后移除雌成螨, 待卵孵化后, 将带有 24-48 h 龄若螨的蚕豆苗剪

成两叶一茎形状, 在体视显微镜下检查记录若螨数, 每个重复保留若螨 ( $30 \pm 5$ ) 头, 并去除未孵化的卵粒, 在药液中浸渍 10 s 后取出, 用吸水纸吸去叶片上多余的药液, 然后插到装满水并已封口的烧杯上, 每个处理 4 次重复, 设空白对照。将实验靶标置于人工气候室内培养, 48 h 后检查并记录死亡情况 (朱丽梅等, 2001; 张金勇等, 2011; 高德良等, 2015)。

## 1.3 数据处理

采用 DPSv13.5 数据处理软件进行数据处理, 计算毒力回归方程、相关系数、 $LC_{50}$  值及 95% 置信限, 并就各处理的  $LC_{50}$  值进行毒力的比较。

不同药剂对朱砂叶螨毒力的比较, 选择  $LC_{50}$  值最大的药剂为标准药剂; 同一药剂对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力比较选择其对雌成螨的  $LC_{50}$  值作为对照。毒力倍数计算公式如下:

$$\text{药剂A的毒力倍数} = \frac{\text{标准药剂的} LC_{50} \text{值}}{\text{药剂A的} LC_{50} \text{值}},$$

$$\text{药剂A对朱砂叶螨某一发育阶段的毒力倍数} = \frac{\text{药剂A对雌成螨的} LC_{50} \text{值}}{\text{药剂A对此发育阶段的} LC_{50} \text{值}}。$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同药剂对朱砂叶螨雌成螨的毒力及比较

不同杀螨剂对朱砂叶螨雌成螨的毒力结果见表 2。10 种杀螨剂对朱砂叶螨雌成螨的毒力大小顺序为丁氟螨酯>阿维菌素>联苯肼酯>三唑

表 2 10 种杀螨剂对朱砂叶螨雌成螨的毒力  
Table 2 Toxicities of ten acaricides against female adults of *Tetranychus cinnabarinus*

| 药剂<br>Acaricide    | 回归方程<br>Regression equation | 相关系数<br>Correlation coefficient | $LC_{50}$<br>(mg/L) | 95%置信限<br>95% coefficient variation | 毒力倍数<br>Toxicity multiple |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 丁氟螨酯 Cyflumetofen  | $y=6.650\ 2+1.781\ 1x$      | 0.954 2                         | 0.12                | 0.08-0.18                           | 26 985.83                 |
| 阿维菌素 Abamectin     | $y=5.966\ 9+1.575\ 0x$      | 0.972 8                         | 0.24                | 0.18-0.33                           | 13 492.92                 |
| 联苯肼酯 Bifenazate    | $y=3.960\ 4+1.741\ 6x$      | 0.988 1                         | 3.95                | 3.30-4.74                           | 819.82                    |
| 三唑锡 Azocyclotin    | $y=1.908\ 7+2.317\ 0x$      | 0.988 3                         | 21.59               | 18.01-25.88                         | 149.99                    |
| 哒螨灵 Pyridaben      | $y=2.371\ 3+1.963\ 5x$      | 0.996 3                         | 21.82               | 19.71-24.14                         | 148.41                    |
| 甲氰菊酯 Fenpropathrin | $y=2.531\ 3+1.700\ 0x$      | 0.988 5                         | 28.32               | 23.65-33.93                         | 114.35                    |
| 唑螨酯 Fenpyroximate  | $y=2.404\ 2+1.562\ 8x$      | 0.993 2                         | 45.82               | 39.86-52.67                         | 70.67                     |
| 炔螨特 Propargite     | $y=1.344\ 3+1.509\ 9x$      | 0.985 9                         | 263.70              | 215.35-322.89                       | 12.28                     |
| 螺螨酯 Spirodiclofen  | $y=0.073\ 7+1.626\ 5x$      | 0.976 8                         | 1 068.31            | 815.93-1 398.76                     | 3.03                      |
| 乙螨唑 Etoxazole      | $y=0.673\ 8+1.232\ 4x$      | 0.964 4                         | 3 238.30            | 2 265.36-4 629.09                   | 1.00                      |

锡>哒螨灵>甲氰菊酯>唑螨酯>炔螨特>螺螨酯>乙螨唑。丁氟螨酯和阿维菌素对雌成螨毒力较高,毒力倍数远高于其它药剂;其次为联苯肼酯,毒力为乙螨唑的 819.82 倍;三唑锡、哒螨灵、甲氰菊酯和唑螨酯对雌成螨的毒力相近,毒力倍数分别为 149.99、148.41、114.35 和 70.67;螺螨酯和乙螨唑对雌成螨毒力较低。

2.2 不同药剂对朱砂叶螨卵的毒力及比较

不同杀螨剂对朱砂叶螨卵的毒力结果见表 3。10 种杀螨剂对朱砂叶螨卵的毒力大小顺序为乙螨唑>丁氟螨酯>阿维菌素>联苯肼酯>螺螨酯>唑螨酯>哒螨灵>三唑锡>炔螨特>甲氰菊酯。乙螨唑对卵的活性最高,毒力为甲氰菊酯的 5 892.61 倍;丁氟螨酯、阿维菌素、联苯肼酯和螺螨酯对卵也表现出较高的活性,毒力倍数分别

为 366.30、197.85、144.18 和 75.93;唑螨酯、三唑锡和哒螨灵对卵的毒力相近;炔螨特、甲氰菊酯对卵的活性相对偏低。

2.3 不同药剂对朱砂叶螨若螨的毒力及比较

不同杀螨剂对朱砂叶螨若螨的毒力结果见表 4。10 种杀螨剂对朱砂叶螨若螨的毒力大小顺序为乙螨唑>阿维菌素>丁氟螨酯>螺螨酯>联苯肼酯>甲氰菊酯>唑螨酯>三唑锡>哒螨灵>炔螨特。乙螨唑、阿维菌素和丁氟螨酯对若螨表现出优异的生物活性,毒力分别为炔螨特的 1 650.45、685.09 和 541.94 倍;螺螨酯、联苯肼酯对若螨的 LC<sub>50</sub> 值均在 1 mg/L 以下,表现出较高的毒力;甲氰菊酯、唑螨酯、三唑锡和哒螨灵对若螨的活性也均优于炔螨特,毒力分别为炔螨特的 15.13、7.60、5.88 和 2.21 倍。

表 3 10 种杀螨剂对朱砂叶螨卵的毒力  
Table 3 Toxicities of ten acaricides against eggs of *Tetranychus cinnabarinus*

| 药剂<br>Acaricide    | 回归方程<br>Regression equation | 相关系数<br>Correlation coefficient | LC <sub>50</sub><br>(mg/L) | 95%置信限<br>95% coefficient variation | 毒力倍数<br>Toxicity multiple |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 乙螨唑 Etoxazole      | y=6.886 3+1.411 7x          | 0.967 4                         | 0.046                      | 0.034-0.063                         | 5 892.61                  |
| 丁氟螨酯 Cyflumetofen  | y=5.284 9+2.152 7x          | 0.963 4                         | 0.74                       | 0.53-1.02                           | 366.30                    |
| 阿维菌素 Abamectin     | y=4.803 7+1.448 1x          | 0.988 5                         | 1.37                       | 1.13-1.65                           | 197.85                    |
| 联苯肼酯 Bifenazate    | y=4.559 0+1.608 2x          | 0.974 0                         | 1.88                       | 1.38-2.55                           | 144.18                    |
| 螺螨酯 Spirodiclofen  | y=4.017 2+1.776 9x          | 0.988 2                         | 3.57                       | 2.98-4.28                           | 75.93                     |
| 唑螨酯 Fenpyroximate  | y=2.659 6+1.662 8x          | 0.986 7                         | 25.56                      | 20.96-31.15                         | 10.60                     |
| 哒螨灵 Pyridaben      | y=2.624 8+1.509 4x          | 0.973 9                         | 37.47                      | 28.59-49.11                         | 7.23                      |
| 三唑锡 Azocyclotin    | y=2.455 1+1.566 0x          | 0.990 8                         | 42.18                      | 35.95-49.49                         | 6.43                      |
| 炔螨特 Propargite     | y=1.743 7+1.480 5x          | 0.977 6                         | 158.55                     | 123.37-203.77                       | 1.71                      |
| 甲氰菊酯 Fenpropathrin | y=1.688 5+1.361 1x          | 0.987 4                         | 271.06                     | 222.37-330.40                       | 1.00                      |

表 4 10 种杀螨剂对朱砂叶螨若螨的毒力  
Table 4 Toxicities of ten acaricides against nymphs of *Tetranychus cinnabarinus*

| 药剂<br>Acaricide    | 回归方程<br>Regression equation | 相关系数<br>Correlation coefficient | LC <sub>50</sub><br>(mg/L) | 95%置信限<br>95% coefficient variation | 毒力倍数<br>Toxicity multiple |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 乙螨唑 Etoxazole      | y=7.562 7+1.546 4x          | 0.982 0                         | 0.022                      | 0.017-0.028                         | 1 650.45                  |
| 阿维菌素 Abamectin     | y=7.269 1+1.772 4x          | 0.979 5                         | 0.053                      | 0.040-0.068                         | 685.09                    |
| 丁氟螨酯 Cyflumetofen  | y=7.121 1+1.804 2x          | 0.990 5                         | 0.067                      | 0.057-0.079                         | 541.94                    |
| 螺螨酯 Spirodiclofen  | y=5.222 4+1.567 3x          | 0.982 1                         | 0.72                       | 0.58-0.90                           | 50.43                     |
| 联苯肼酯 Bifenazate    | y=5.065 7+1.680 8x          | 0.980 0                         | 0.91                       | 0.72-1.16                           | 39.90                     |
| 甲氰菊酯 Fenpropathrin | y=4.438 8+1.479 1x          | 0.973 9                         | 2.40                       | 1.81-3.17                           | 15.13                     |
| 唑螨酯 Fenpyroximate  | y=3.853 5+1.687 8x          | 0.994 1                         | 4.78                       | 4.19-5.45                           | 7.60                      |
| 三唑锡 Azocyclotin    | y=3.286 0+2.166 0x          | 0.988 0                         | 6.18                       | 5.15-7.42                           | 5.88                      |
| 哒螨灵 Pyridaben      | y=3.179 9+1.498 3x          | 0.992 4                         | 16.40                      | 14.20-18.93                         | 2.21                      |
| 炔螨特 Propargite     | y=2.518 6+1.590 6x          | 0.987 7                         | 36.31                      | 30.21-43.65                         | 1.00                      |

## 2.4 杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力比较

杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力比较结果见图 1 (A-J)。结果显示: 丁氟螨酯、阿维菌素、联苯肼酯、唑螨酯、哒螨灵、炔螨特和三唑锡对朱砂叶螨不同发育阶段毒力差异较小,

以对雌成螨的  $LC_{50}$  值作为标准, 毒力倍数均在 10 以下; 螺螨酯、乙螨唑和甲氰菊酯对朱砂叶螨不同发育阶段毒力差异较大, 螺螨酯对若螨和成螨的毒力倍数差异达 1 483.76 倍, 乙螨唑对若螨和成螨的毒力倍数差异达 147 195.45 倍, 甲氰

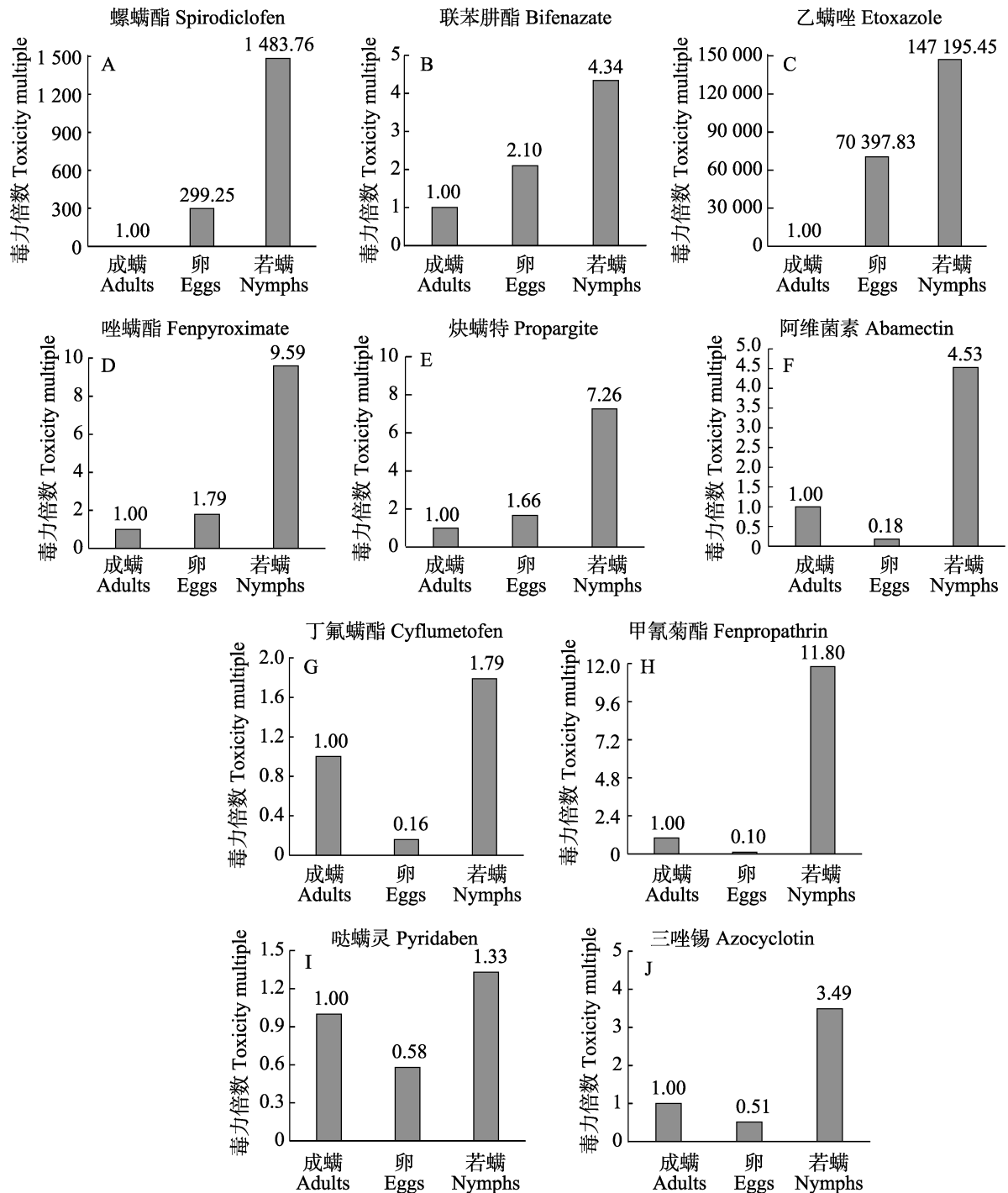


图 1 10 种杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力比较

Fig. 1 Toxicities of ten acaricides against different development stages of *Tetranychus cinnabarinus*

菊酯对若螨和卵的毒力倍数差异达 100 倍以上。10 种杀螨剂对若螨的毒力均优于其对成螨或卵的毒力,说明若螨阶段是朱砂叶螨对药剂最敏感的生长发育时期。乙螨唑、螺螨酯、联苯肼酯、唑螨酯和炔螨特对朱砂叶螨卵的毒力均高于其对成螨的毒力,而丁氟螨酯、阿维菌素、甲氰菊酯、哒螨灵和三唑锡对朱砂叶螨成螨的毒力均高于其对卵的毒力。丁氟螨酯、联苯肼酯和阿维菌素对朱砂叶螨成螨、卵和若螨均表现出较好的生物活性,对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力均高于传统杀螨剂哒螨灵、三唑锡、唑螨酯、甲氰菊酯和炔螨特;乙螨唑、螺螨酯虽然对成螨的毒力很低,但对卵和若螨毒力较高。

### 3 结论与讨论

叶螨在适宜的环境条件下可快速繁殖,且不同发育阶段对药剂的敏感性存在很大差异(王开运等, 2002; 张金勇等, 2011), 长期频繁使用同一种或者同一类杀螨剂很容易诱发产生抗性。明确不同杀螨剂的作用特点, 结合害螨实际发生情况, 适时合理的选择防治药剂即可有效控制害螨危害, 还能减缓其抗性发展。

丁氟螨酯是一种新型苯酰乙腈类杀虫杀螨剂, 主要作用机理为抑制螨类线粒体的呼吸作用, 对螨各个生长阶段均有很高的活性(段祥坤等, 2015; 张坤鹏等, 2016), 本研究也证明丁氟螨酯对朱砂叶螨成螨、卵和若螨 3 个不同发育阶段均表现出较高的室内毒力, 但对卵的活性稍弱于成螨和若螨。联苯肼酯属肼基甲酸酯类杀螨剂, 作用于螨类中枢神经传导系统的一氨基丁酸(GABA)受体, 是一种新型选择性叶面喷雾药剂, 具有较好的杀卵活性和对成螨、若螨的击倒活性(华乃震, 2016; 刘少武等, 2016), 对朱砂叶螨若螨和成螨的毒力高于对卵的毒力(谢道燕等, 2017), 对山楂叶螨若螨和卵的毒力高于对成螨的毒力(封云涛等, 2018)。本研究结果表明联苯肼酯对朱砂叶螨若螨和卵的毒力略高于成螨, 可能因靶标种群和实验方法的不同, 结果存在一定差异。阿维菌素作为广谱的杀虫、杀螨、杀线虫剂, 马惠等(2009)认为阿维菌素对朱砂

叶螨成螨和卵均具有较高的毒力, 本研究测定的阿维菌素对朱砂叶螨不同发育阶段的毒力也均排在所选择的 10 种杀螨剂的前三位。

本研究结果表明螺螨酯和乙螨唑对朱砂叶螨成螨活性较低, 对卵和若螨活性较高。这与封云涛等(2018b)测定的螺螨酯和乙螨唑对朱砂叶螨不同发育阶段毒力的大小范围及趋势基本一致。螺螨酯属螺环季酮酸类杀螨剂, 可通过抑制害螨的脂肪合成, 阻断其能量代谢而杀死害螨, 其杀螨机制完全不同于现有的杀螨剂(Nauen, 2005); 乙螨唑属新型噁唑类杀螨剂, 能抑制螨正常蜕皮过程, 并具有杀卵活性, 可有效控制螨的整个幼龄期(李永强等, 2014)。螺螨酯和乙螨唑在田间实际应用时, 对害螨的速效性不如传统药剂及丁氟螨酯、联苯肼酯、阿维菌素等药剂, 但其持效性较好(储春荣等, 2007; 张坤鹏等, 2016), 可能与其对成螨活性较低而对卵、若螨活性较高有关, 可将其与速效性较好的杀螨剂混合使用, 以达到对害螨更好的控制效果。

在农林及花卉等作物害螨的实际防治过程中, 应根据害螨不同发育时期选择不同的防治药剂。在冬季和早春时期, 可选择对成螨活性较高的杀螨剂, 如丁氟螨酯、阿维菌素、联苯肼酯等, 以降低越冬雌成螨的数量; 越冬代成螨出蛰后, 应选择杀卵效果较好的杀螨剂, 如乙螨唑、螺螨酯等, 降低第一代卵的孵化率; 在夏季或秋季害螨盛发期, 螨的各个虫态共存发生, 则应选择一些对螨的各个虫态可兼治的农药, 或选择包含对成螨活性较高成分和对卵或若螨活性较高成分的复配产品进行施用。另外, 在达到理想防治效果的基础上, 应尽可能的减少农药的使用量和使用频率, 以减缓害螨抗性发展, 减轻农药环境污染和农产品残留。

### 参考文献 (References)

- Chen QS, Zhao S, Zou J, Shi L, He L, 2012. Monitoring of acaricide resistance in *Tetranychus cinnabarinus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(2): 364–369. [陈秋双, 赵舒, 邹晶, 石力, 何林, 2012. 朱砂叶螨抗药性监测. 应用昆虫学报, 49(2): 364–369.]

- Chu CR, Chen SB, Zhang CX, Cai JH, Zhu YZ, 2007. Effect of 24% spirodiclofen SC to control *Panonychus citri* in citrus. *Modern Agrochemicals*, 6(5): 49–50. [储春荣, 陈绍彬, 张春晓, 蔡健华, 朱裕忠, 2007. 24%螺螨酯悬浮剂防治柑桔全爪螨药效试验. 现代农药, 6(5): 49–50.]
- Duan XK, Li YT, Chen L, Zhang YN, Wang YQ, Zhang JP, 2015. Sublethal effects of a novel acaricide Cyflumetofen on *Tetranychus turkestanii*. *Journal of Environmental Entomology*, 37(2): 372–380. [段祥坤, 李永涛, 陈林, 张燕南, 王永强, 张建萍, 2015. 新型杀螨剂丁氟螨酯对土耳其斯坦叶螨亚致死效应. 环境昆虫学报, 37(2): 372–380.]
- Feng YT, Guo XJ, Yu Q, Zhang YX, Zhang M, Shi GC, Fan RJ, 2018a. Selection of *Amphitetranychus viennensis* for resistance to spirodiclofen and cross-resistance to seven other acaricides. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(3): 497–502. [封云涛, 郭晓君, 庾琴, 张润祥, 张苗, 史高川, 范仁俊, 2018. 山楂叶螨对螺螨酯的抗药性及对七种杀螨剂的交互抗性. 应用昆虫学报, 55(3): 497–502.]
- Feng YT, Wei MF, Guo XJ, Zhang YX, Yu Q, Fan RJ, 2018b. Toxicity evaluation of three acaricides against hawthorn spider mite *Amphitetranychus viennensis* Zacher. *Journal of Plant Protection*, 45(3): 640–646. [封云涛, 魏明峰, 郭晓君, 张润祥, 庾琴, 范仁俊, 2018. 三种杀螨剂对山楂叶螨的毒力评价. 植物保护学报, 45(3): 640–646.]
- Gao DL, Pei H, Ou XM, Long CY, Yu WL, Yi ZH, Bai JJ, Yu K, 2015. Bioactivity and control of a novel tetroneic acid derivative HNPC-A9012 against *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 17(3): 267–273. [高德良, 裴晖, 欧晓明, 龙楚云, 于伟丽, 易正华, 白建军, 喻快, 2015. 季酮酸类新化合物 HNPC-A9012 的杀螨活性及田间防治效果. 农药学报, 17(3): 267–273.]
- Guo HL, Shi GL, Wang YN, 2010. Evaluation on acaricidal activities in 8 medicinal plants extracts against *Tetranychus cinnabarinus*. *Journal of Beijing University of Agriculture*, 25(3): 21–23. [郭辉力, 师光禄, 王有年, 2010. 8 种中药提取物对朱砂叶螨触杀活性的研究. 北京农学院学报, 25(3): 21–23.]
- Ho CC, Lo KC, Chen WH, 1997. Spider mite (Acari: Tetranychidae) on various crops in Taiwan. *Journal of Agricultural Research of China*, 46(4): 333–346.
- Hua NZ, 2016. A review of new high efficiency and low toxicity acaricides. *World Pesticides*, 38(3): 25–34, 39. [华乃震, 2016. 新型高效、低毒杀螨剂产品的综述. 世界农药, 38(3): 25–34, 39.]
- Kenna MA, Grafton-cardwell E, Granett J, 1991. Variability in response of laboratory-reared and field-collected populations of *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae) to hexythiazox. *Journal of Economic Entomology*, 84(4): 1128–1134.
- Li PZ, Liu WB, Cao FQ, 2008. Detection on pesticide resistance of *Eotetranychus sexmaculatus* to common acaricides. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 36(27): 11837–11838. [李培征, 刘文波, 曹凤勤, 2008. 六点始叶螨对常用杀螨剂的抗药性测定. 安徽农业科学, 36(27): 11837–11838.]
- Li YQ, Yu XL, Liu YX, Wang QM, 2014. Progress in the studies on 2, 4-diphenyl -1, 3-oxazoline acaricide. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 16(6): 619–634. [李永强, 于秀玲, 刘玉秀, 汪清民, 2014. 新型 2,4-二苯基-1,3-噁唑啉类杀螨剂的研究进展. 农药学报, 16(6): 619–634.]
- Liu B, Gui LY, 2007. Advances in the study on *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval in China. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition) Agricultural Science Volumn*, 4 (3): 9–12. [刘波, 桂连友, 2007. 我国朱砂叶螨研究进展. 长江大学学报(自然科学版)农学卷, 4 (3): 9–12.]
- Liu SW, Ban LF, Feng C, Song YQ, 2016. Research on bioactivity of bifenazate. *Agrochemicals*, 55(3): 223–225. [刘少武, 班兰凤, 冯聪, 宋玉泉, 2016. 杀螨剂联苯肼酯活性研究. 农药, 55(3): 223–225.]
- Liu YH, Jiang HB, Yuan ML, Fan YH, Chen J, Wang JJ, 2010. Resistance monitoring and synergism on four acaricides against *Panonychus citri*. *Journal of Fruit Science*, 27(4): 570–574. [刘永华, 蒋红波, 袁明龙, 樊钰虎, 杨丽红, 陈静, 王进军, 2010. 柑橘全爪螨对 4 种杀螨剂的抗性监测及增效作用. 果树学报, 27(4): 570–574.]
- Ma H, Zhou Y, Xia XM, Zhao M, Wang HY, 2009. Toxicities of nine acaricides to *Tetranychus cinnabarinus* of different developmental stages. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(23): 375–379. [马惠, 周玉, 夏晓明, 赵鸣, 王红艳, 2009. 9 种杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的室内毒力测定. 中国农学通报, 25(23): 375–379.]
- Ma L, Jia W, Hong XY, Wang DS, 2005. Influences of different host plants on the development duration and egg deposition of *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 28(4): 60–64. [马俐, 贾炜, 洪晓月, 王冬生, 2005. 不同寄主植物对二斑叶螨和朱砂叶螨发育历期和产卵量的影响. 南京农业大学学报, 28(4): 60–64.]
- Nauen R, 2005. Spirodiclofen: Mode of action and resistance risk assessment in tetranychid pest mites. *Journal of Pesticide Science*, 30(3): 272–274.
- Pei H, Ou XM, Wang YJ, Yu K, Lin XM, 2006. Toxicity and mode of action of bhlorfenapyr against insects. *Modern Agrochemicals*,

- 5(1): 33–35. [裴晖, 欧晓明, 王永江, 愉快, 林雪梅, 2006. 溴虫脲的杀虫活性及作用方式研究. 现代农药, 5(1): 33–35.]
- Tang XF, Wang SL, Zhang YJ, Wu QJ, Xie W, 2014. Abamectin resistance of *Tetranychus urticae* and detection for resistance-related gene by PASA technique. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(1): 67–73. [唐小凤, 王少丽, 张友军, 吴青君, 谢文, 2014. 二斑叶螨对阿维菌素的抗药性及抗性基因的 PASA 检测技术. 植物保护学报, 41(1): 67–73.]
- Van Leeuwen T, Tirry L, Yamamoto A, Nauen R, Dermauw W, 2015. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry & Physiology*, 121: 12–21.
- Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W, Tirry L, 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry & Molecular Biology*, 40(8): 563–572.
- Wang KY, Zhao WD, Jiang XY, Wang JH, 2002. The toxicity testing of resistance population of *Tetranychus urticae* Koch to several acaricides. *Agrochemicals*, 41(3): 29–31. [王开运, 赵卫东, 姜兴印, 王金花, 2002. 十种杀螨剂对二斑叶螨抗性种群不同发育阶段的毒力比较. 农药, 41(3): 29–31.]
- Wu QH, Yang GP, Jing ZQ, Wang HB, Qian J, Wu SL, Xiao YN, 1995. Dynamics of *Tetranychus cinnabarinus* natural poplation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 6(3): 255–258. [吴千红, 杨国平, 经佐琴, 王海波, 钱吉, 吴士良, 肖跃南, 1995. 朱砂叶螨自然种群动态研究. 应用生态学报, 6(3): 255–258.]
- Xie DY, Shen XF, Yang ZG, Chai JP, Ni J, Luo YJ, 2017. Acaricidal activity of bifenazate suspension concentrate and safety evaluation to *Bombyx mori*. *Science of Sericulture*, 43(4): 631–637. [谢道燕, 沈雪凤, 杨振国, 柴建萍, 倪婧, 罗雁婕, 2017. 联苯腈酯悬浮剂的杀螨活性测试及对家蚕的安全性评价. 蚕业科学, 43(4): 631–637.]
- Zhang KP, Gong QT, Wu HB, Xia WX, Sun RH, 2016. Control effect of three kinds of miticides against *Tetranychus viennensis*. *Agrochemicals*, 55(1): 67–69. [张坤鹏, 宫庆涛, 武海斌, 夏文霞, 孙瑞红, 2016. 新型杀螨剂对山楂叶螨的防治效果. 农药, 55(1): 67–69.]
- Zhang JY, Tu HT, Guo XH, Chen HJ, 2011. Toxicities of several acaricides to different development stages of *Tetranychus urticae* Koch and their safety evaluations. *Agrochemicals*, 50(1): 65–67. [张金勇, 涂洪涛, 郭小辉, 陈汉杰, 2011. 多种杀螨剂对二斑叶螨不同发育阶段的毒力比较及安全性评价. 农药, 50(1): 65–67.]
- Zhang YQ, Ding W, Zhao ZM, Wu J, Fan YH, 2008. Studies on acaricidal bioactivities of the extracts from *Artemisia annua* L. against *Tetranychus cinnabarinus* Bois. (Acari: Tetranychidae). *Scientia Agricultura Sinica*, 41(3): 720–726. [张永强, 丁伟, 赵志模, 吴静, 樊钰虎, 2008. 黄花蒿提取物对朱砂叶螨生物活性的研究. 中国农业科学, 41(3): 720–726.]
- Zhou XL, 2015. Study on the multiple resistance of abamectin, spiroticlofen and fenpropathrin to *Tetranychus urticae*. Master dissertation. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [周兴隆, 2015. 二斑叶螨对阿维菌素、螺螨酯及甲氰菊酯的多重抗性研究. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]
- Zhu LM, Ni YP, Huang CX, Cao XY, Cui Q, Hou HM, 2001. Multiple bioassay method to *Tetranychus cinnabarinus*. *Journal of Nanjing Agricultural Technology College*, 17(1): 13–17. [朱丽梅, 倪钰萍, 黄春霞, 曹晓宇, 崔勤, 侯华民, 2001. 螨的综合测试方法的研究. 南京农专学报, 17(1): 13–17.]