

◆ 残留与环境 ◆

# 乙唑螨腈、丁氟螨酯和腈吡螨酯对家蚕的安全性评价

杨振国, 谢道燕, 柴建萍, 江秀均, 倪婧, 李玲利, 邵榆岚, 白兴荣\*

(云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 云南蒙自 661101)

**摘要:**为了明确乙唑螨腈、丁氟螨酯和腈吡螨酯对家蚕的安全性,采用叶片饲喂法测定了3种杀螨剂对家蚕3龄幼虫的急性毒性和亚致死剂量对家蚕结茧性能的影响。结果表明,3种杀螨剂对家蚕3龄幼虫的致死中浓度大于2 000 mg/L。3种杀螨剂对家蚕4龄幼虫的上蔟率、结茧率无显著影响,但上蔟后,腈吡螨酯处理的蔟中死亡率和死笼率高于空白对照处理。乙唑螨腈处理的全茧量、茧层量低于对照处理,而蛹体重、茧层率与空白对照无显著性差异;腈吡螨酯500、250 mg/L处理的全茧量、茧层量、蛹体重低于空白对照处理,125 mg/L处理的茧层量、蛹体重显著高于对照处理,3个处理的茧层率显著高于空白对照处理;丁氟螨酯3个处理的全茧量、茧层量、蛹体重、茧层率显著高于对照处理。3种杀螨剂对家蚕低毒,推荐剂量下对家蚕结茧性能的影响较小,可用于桑园防控红蜘蛛。

**关键词:**乙唑螨腈;丁氟螨酯;腈吡螨酯;家蚕;急性毒性;结茧性能;安全性

中图分类号:S 884.9<sup>+</sup>6 ;TQ 450.2<sup>+</sup>6 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2024.05.013

## Safety evaluation of cyetpyrafen, cyflumetofen and cyenopyrafen to *Bombyx mori*

YANG Zhenguo, XIE Daoyan, CHAI Jianping, JIANG Xiujun, NI Jing, LI Lingli, SHAO Yulan, BAI Xingrong\*

(Sericulture and Apiculture Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yunnan Mengzi 661101, China.)

**Abstract:** In order to identify the safety of cyetpyrafen, cyflumetofen and cyenopyrafen to *Bombyx mori*. The acute toxicities to the 3rd instar silkworm larvae, and the effects of sublethal dose to cocooning performance of silkworm were determined by leaf feeding method. The results indicated that the values of LC<sub>50</sub> to silkworm larvae were more than 2 000 mg/L. The three acaricides had no significant effects on the mounting rate and cocooning rate. The mortalities after mounting and mortalities in cocooning frame of cyenopyrafen were higher than blank control. The cocoon weight, cocoon shell weight of cyetpyrafen treatments were lower than blank control treatment, but there were no significant differences in pupa weight and cocoon layer rate between cyetpyrafen and the blank control. The cocoon weight, cocoon shell weight and pupa weight of the treatments of cyenopyrafen 500 and 250 mg/L, were significantly lower than those of the control treatment. The cocoon shell weight and pupa weight of cyenopyrafen 125 mg/L were significantly higher than those of the blank control. The cocoon weight, cocoon shell weight, pupa weight and cocoon shell rate of cyflumetofen were significantly higher than blank control treatment. Therefore, cyetpyrafen, cyflumetofen and cyenopyrafen had low toxic to silkworm and had little effects on the cocooning performance of silkworm at the recommended dose. Cyetpyrafen, cyflumetofen and cyenopyrafen could be used to control mulberry red spider.

**Key words:** cyetpyrafen; cyflumetofen; cyenopyrafen; *Bombyx mori*; acute toxicity; cocooning performance; safety

收稿日期:2024-03-06

基金项目:云南省重大科技专项计划项目(202202AE090010);云南省农业基础研究联合专项(202301BD070001-129)

作者简介:杨振国(1986—),男,苗族,云南砚山人,副研究员,硕士,主要从事桑树病虫害防控研究。E-mail:zhenguoyang@qq.com

通信作者:白兴荣(1974—),男,云南楚雄人,研究员,硕士,主要从事蚕桑病虫害防控研究。E-mail:bxrong3@163.com

家蚕(*Bombyx mori*)是我国农业生态系统中重要的经济昆虫,长期的室内隔离饲养,使得其抗逆性差,对药剂极为敏感<sup>[1]</sup>。桑叶始终是家蚕重要的饲料来源,其质量优劣直接影响蚕茧的产量和质量<sup>[2]</sup>。而桑园红蜘蛛是严重影响桑叶质量和产量的害虫之一<sup>[3-4]</sup>。其以成、若螨和幼螨栖息在桑叶背面或正面吸取汁液,使叶面水分蒸腾增强,叶绿素减少,被害叶出现斑点,而后逐渐枯萎,光合作用受到抑制,降低桑叶的产量和品质,使其不宜再饲喂家蚕<sup>[5-7]</sup>。桑园红蜘蛛主要包括朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)、桑始叶螨(*Eotetranychus suginamensis*)、神泽氏叶螨(*T. kanzawai*)、二斑叶螨(*T. urticae*)、侧多食跗线螨(*Polyphagotarsonemus latus*)等,其中以朱砂叶螨危害严重<sup>[8]</sup>。这些植食性害螨可以孤雌生殖,具有繁殖力强、生长发育快、适应性极强、易产生抗药性等特点,是最难防治的有害生物之一<sup>[9-10]</sup>。

长期以来,桑园红蜘蛛主要以化学药剂防治为主,但桑园用药需要兼顾药剂对家蚕安全性问题,故其用药种类和品种比较保守,主要以敌敌畏、辛硫磷、氧乐果、炔螨特、虫螨腈等药剂进行防控。长期依赖单一药剂防控,导致桑园朱砂叶螨的耐药性不断提高,防治效果明显下降,用药量不断增加,防治越来越困难<sup>[11]</sup>。此外,氧乐果、辛硫磷等杀虫剂已逐步被禁用或限用。因此,亟需使用高效、安全的新颖杀螨剂替代老药剂防控桑园红蜘蛛。

目前,线粒体复合体电子传递抑制剂类杀螨剂主要有丁氟螨酯、腈吡螨酯、pyflubumide和乙唑螨腈<sup>[12]</sup>。该类杀螨剂对卵和成螨防效优异,且都对捕食螨非常安全<sup>[13]</sup>。室内生物测定结果表明:丁氟螨酯在最大推荐用量下对沃氏新小绥螨(*Neoseiulus womersleyi*)的生长和生殖无不良影响<sup>[13]</sup>;腈吡螨酯在最大推荐用量下对加州新小绥螨(*N. californicus*)、智利新小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)和奥式钝绥螨(*Amblyseius womersleyi*)安全<sup>[14]</sup>。乙唑螨腈在100 mg/L下,对大草蛉(*Chrysopa pallens*)的卵孵化率、幼虫存活率和发育历期无显著影响<sup>[15]</sup>。乙唑螨腈对捕食螨加州新小绥螨也非常安全,采用100和1 000 mg/L的乙唑螨腈分别以浸叶法和叶片残毒法处理加州新小绥螨的卵和雌成螨,其对卵孵化率和雌成螨存活率无影响<sup>[16-17]</sup>。以天敌与害螨LC<sub>50</sub>之比考察选择性,研究表明,丁氟螨酯在巴氏新小绥螨和二斑叶螨之间的选择性系数达78.81倍<sup>[18]</sup>;腈吡螨酯、乙唑螨腈和pyflubumide在捕食螨和叶螨间的选

择性均超过100倍<sup>[16, 18-19]</sup>。Pyflubumide对家蚕、蜜蜂也表现出较高的选择性<sup>[19]</sup>。谢道燕等<sup>[20]</sup>研究表明,乙唑螨腈对家蚕具有较高的安全性,以远高于推荐剂量的药液连续添食家蚕,家蚕无明显中毒症状,且结茧性能不受影响。因此,乙唑螨腈对家蚕也表现出非常高的安全性。丁氟螨酯、腈吡螨酯、乙唑螨腈是当前国内活性较高、应用较广的新型杀螨剂,但尚未登记在桑树上使用。为了明确这3种杀螨剂对家蚕的安全性,本研究评价了3种杀螨剂对家蚕的急性毒性和连续添食对其经济性状的影响,以期桑园防控红蜘蛛选择杀螨剂提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试家蚕

蚕品种为菁松×皓月,由云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所提供,常规饲养至3龄、4龄幼虫。

### 1.2 供试药剂

30%乙唑螨腈悬浮剂,沈阳科创化学品有限公司生产;30%腈吡螨酯悬浮剂,日产化学株式会社生产;20%丁氟螨酯悬浮剂,江苏省苏州富美实植物保护剂有限公司生产。

### 1.3 试验方法

试验方法参照《化学农药环境安全评价试验准则 第11部分:家蚕急性毒性试验》(GB/T 31270.11—2014)中的浸叶法,即将桑叶全部浸入不同浓度的药液中10 s后取出,晾干后饲喂家蚕。

急性毒性试验从家蚕3龄幼虫开始饲喂带毒桑叶,每天添食桑叶2次,确保桑叶充足,连续饲喂带毒桑叶1个龄期。3种杀螨剂的处理质量浓度分别为2 000、1 000、500、250、125 mg/L,每个浓度设置3个重复,每个重复40头蚕,以清水处理桑叶为对照。

亚致死剂量毒性试验从家蚕4龄幼虫开始饲喂带毒桑叶,每天添食桑叶2次,确保桑叶充足,连续饲喂带毒桑叶至上簇结茧。3种杀螨剂的处理质量浓度分别为500、250、125 mg/L,每个浓度设3个重复,每个重复100头蚕,以清水处理桑叶为对照。试验结束后对数据进行统计分析,计算累计死亡率、上簇率、结茧率、化蛹率、产茧性状等。

### 1.4 数据分析方法

试验数据的统计与分析软件包括Microsoft Excel 2010、SPSS软件(SPSS 23.0),其中,各处理间的差异性比较采用SPSS软件中的Duncan's新复极差检验( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 急性毒性

将桑叶分别浸入乙唑螨腈、丁氟螨酯和腈吡嘧酯 2 000、1 000、500、250、125 mg/L 药液中 10 s, 取出晾干后, 饲喂家蚕菁松 × 皓月 3 龄幼虫, 连续饲喂带毒桑叶 1 个龄期。药后 48 h, 所有处理无死亡和明显中毒症状, 即 3 种杀螨剂对家蚕 3 龄幼虫的致死中浓度(LC<sub>50</sub>) 大于 2 000 mg/L, 属于低毒农药。但在试验过程中, 丁氟螨酯和腈吡嘧酯 2 000 和 1 000 mg/L 处理的 3 龄幼虫出现发育不齐, 4 龄后取食量减少, 部分死亡等症状, 而乙唑螨腈处理则无影响。

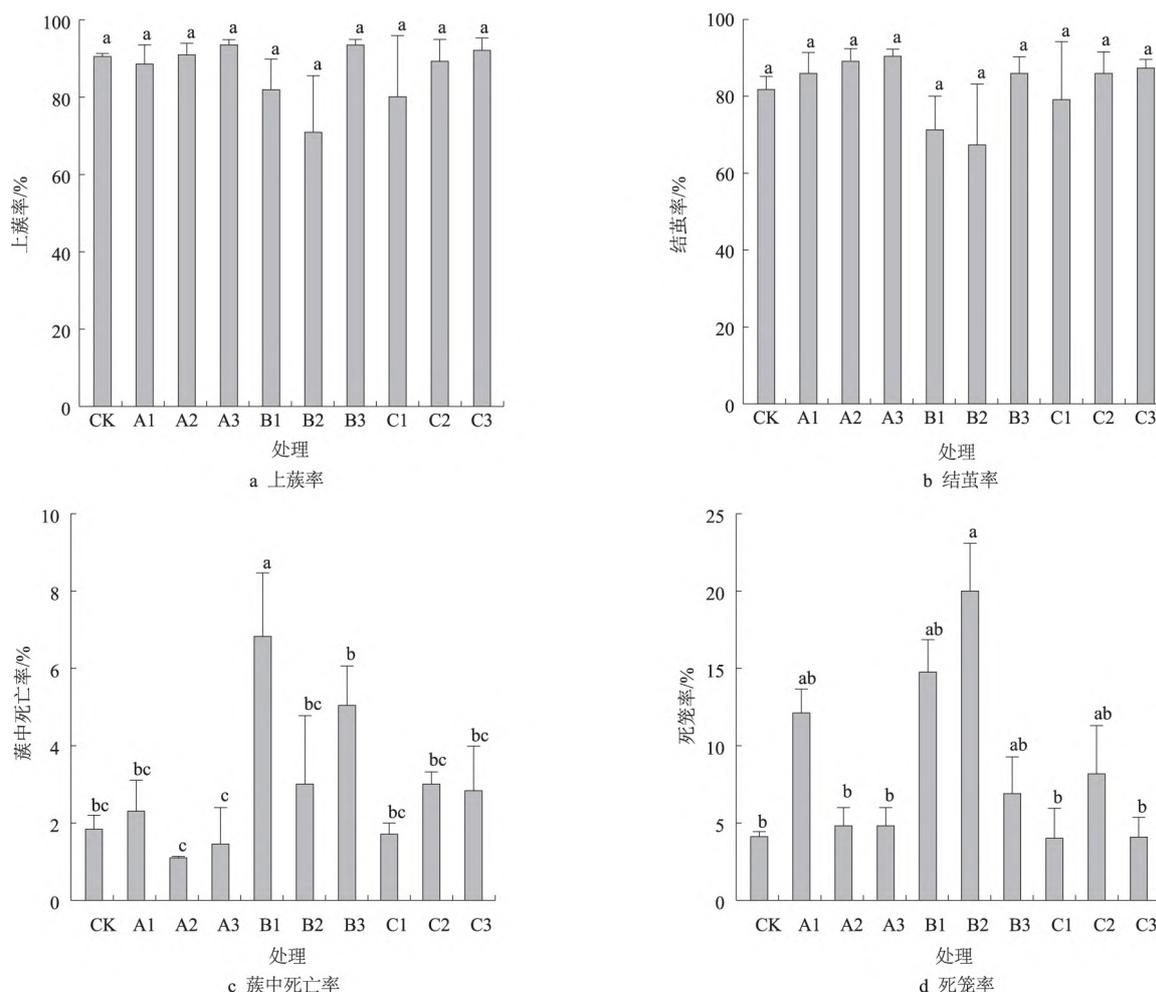
### 2.2 亚致死剂量对家蚕生长发育的影响

家蚕菁松 × 皓月 4 龄幼虫分别连续添食经乙唑螨腈、腈吡嘧酯和丁氟螨酯 500、250 和 125 mg/L 药液处理的桑叶至上簇结茧。其 4 龄期无明显的中毒症

状, 发育与对照相比也无明显差别, 进入 5 龄后, 腈吡嘧酯的 3 个处理表现出一定的中毒症状, 其中主要表现为在 5 龄第 3 天食桑量减少, 5 龄第 6 天拒食, 蚕小, 上簇时间晚于对照处理, 化蛹后, 蛹体肥大, 似水肿。丁氟螨酯 3 个处理的家蚕 5 龄期发育比其他处理快, 5 龄第 6 天出现 5%~10% 的老蚕, 第 7 天全部上簇。乙唑螨腈处理与对照无差异。

### 2.3 亚致死剂量对家蚕上簇、结茧及化蛹的影响

家蚕菁松 × 皓月 4 龄幼虫分别连续添食经乙唑螨腈、腈吡嘧酯和丁氟螨酯 500、250 和 125 mg/L 药液处理的桑叶至上簇结茧, 其上簇率、结茧率、簇中死亡率和死笼率如图 1 所示。3 种杀螨剂高浓度处理的家蚕的上簇率介于 70%~90% 之间, 与空白对照的上簇率无显著性差异; 3 种杀螨剂的结茧率介于 67%~90% 之间, 与空白对照的结茧率无显著差异。



注: 图中CK为对照处理; A1、A2、A3分别表示30%乙唑螨腈悬浮剂500、250和125 mg/L处理; B1、B2、B3分别表示30%腈吡嘧酯悬浮剂500、250和125 mg/L处理; C1、C2、C3分别表示20%丁氟螨酯悬浮剂500、250和125 mg/L处理; 图中不同小写字母表示在0.05显著水平下存在显著性差异(图2同)。

图 1 乙唑螨腈、腈吡嘧酯和丁氟螨酯对家蚕上簇、结茧及化蛹的影响

上簇后,腈吡螨酯处理对家蚕的簇中死亡率存在较大的影响,其中500 mg/L处理的簇中死亡率为6.81%,显著高于空白对照和其他处理;乙唑螨腈和丁氟螨酯处理的簇中死亡率与空白对照处理无显著性差异。腈吡螨酯处理对家蚕死笼率的影响也较大,其500和250 mg/L处理的死笼率分别为14.78%和20.09%,显著高于空白对照处理;乙唑螨腈500 mg/L处理的死笼率为12.14%,高于对照的4.11%。

因此,乙唑螨腈、腈吡螨酯和丁氟螨酯对家蚕菁松×皓月的上簇、结茧无显著影响,但上簇后,腈

吡螨酯的簇中死亡率和死笼率高于对照处理。

#### 2.4 亚致死剂量对家蚕蚕茧质量的影响

家蚕菁松×皓月4龄幼虫连续添食经乙唑螨腈、腈吡螨酯和丁氟螨酯处理的桑叶后,其全茧量、茧层量、蛹体重和茧层率如图2所示。据图可知,乙唑螨腈3个处理和腈吡螨酯500、250 mg/L处理的全茧量显著低于对照处理;丁氟螨酯125 mg/L处理的全茧量为2.54 g,显著高于空白对照处理的2.20 g;腈吡螨酯125 mg/L和丁氟螨酯500、250 mg/L处理的全茧量略高于对照处理,但无显著性差异。

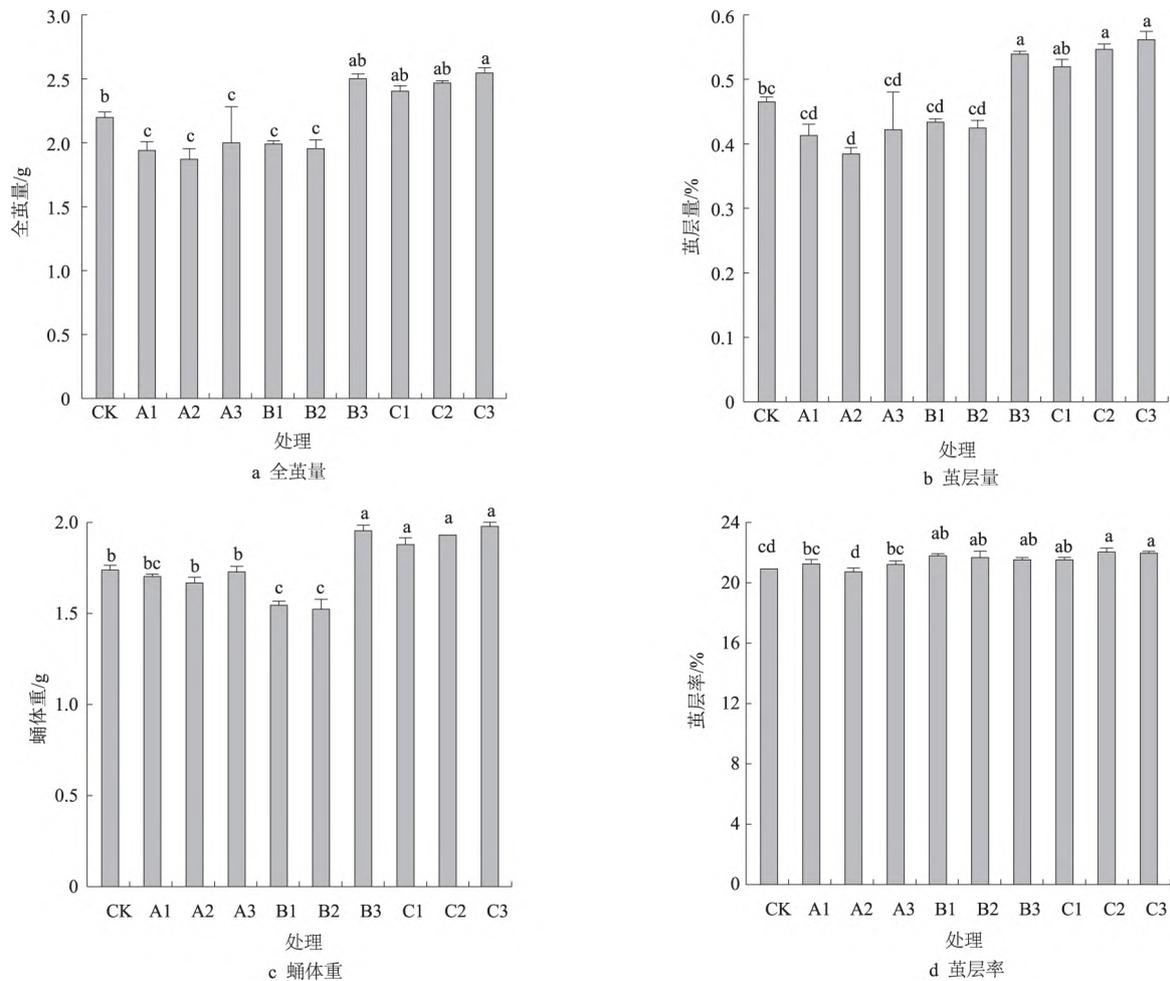


图2 乙唑螨腈、腈吡螨酯和丁氟螨酯对家蚕蚕茧质量的影响

乙唑螨腈3个处理和腈吡螨酯500、250 mg/L处理的茧层量低于空白对照处理;而腈吡螨酯125 mg/L和丁氟螨酯3个处理的茧层量显著高于空白对照处理。此外,蛹体重也存在相同的趋势,腈吡螨酯125 mg/L和丁氟螨酯3个处理的蛹体重显著高于空白对照处理,但腈吡螨酯500、250 mg/L处理的蛹体重低于空白对照处理;乙唑螨腈3个处理的蛹体重与对照处理无显著性差异。乙唑螨腈3个处理的茧

层率与空白对照无显著性差异,而腈吡螨酯和丁氟螨酯3个处理的茧层率显著高于对照处理。

### 3 讨论

家蚕菁松×皓月4龄幼虫连续添食30%乙唑螨腈悬浮剂、30%腈吡螨酯悬浮剂和20%丁氟螨酯悬浮剂处理的桑叶后,4龄期无明显的中毒症状,生长发育与对照也无明显差别;进入5龄后,30%腈吡螨

酯悬浮剂高浓度处理出现拒食、吐水、勾头、S型、扭曲等中毒症状,但最终都能够上簇、结茧。3种杀螨剂对家蚕菁松×皓月的上簇、结茧无显著影响,但上簇后,30%腈吡螨酯悬浮剂高浓度处理的簇中死亡率高于对照处理,结茧后,其死笼率高于对照处理。丁氟螨酯对家蚕菁松×皓月的全茧量无影响,乙唑螨腈3个处理和腈吡螨酯500、250 mg/L处理的茧层量低于对照处理,腈吡螨酯500、250 mg/L的处理的蛹体重低于对照处理。因此,在试验的剂量下,3种杀螨剂对家蚕的结茧性能、蚕茧质量、化蛹等有一定的影响。

3种杀螨剂对害螨具有显著的活性,乙唑螨腈、腈吡螨酯和丁氟螨酯对二斑叶螨敏感种群的 $LC_{50}$ 分别为1.14、1.50和1.10 mg/L<sup>[18,21]</sup>。在实际应用中,30%乙唑螨腈悬浮剂防治柑橘树、苹果树和棉花红蜘蛛的推荐剂量为50~100 mg/L,20%丁氟螨酯悬浮剂防治柑橘树红蜘蛛的推荐剂量为80~130 mg/L,30%腈吡螨酯悬浮剂防治苹果树红蜘蛛的推荐剂量为100~150 mg/L。在本研究中,采用3种杀螨剂500、250和125 mg/L的药液处理桑叶,连续添食到上簇,均能够正常的结茧,而田间使用量低于该剂量,这足以证明3种杀螨剂对家蚕具有很高的安全性。此外,3种杀螨剂在推荐剂量下应用于田间后,还会受雨水、光照等环境因素的影响,农药有效成分还会降解,再保持一定的安全期,将会更加保证对家蚕的安全性。

综上,30%乙唑螨腈悬浮剂、30%腈吡螨酯悬浮剂和20%丁氟螨酯悬浮剂在高浓度下,连续给家蚕添食,其生长发育、上簇、结茧及蚕茧质量与对照相比,影响较小。3种杀螨剂具有较高的安全性,在桑园红蜘蛛防控上具有广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] LI B, WANG Y H, LIU H T, et al. Resistance comparison of domesticated silkworm (*Bombyx mori* L.) and wild silkworm (*Bombyx mandarina* M.) to phoxim insecticide[J]. African J Biotechnol, 2010, 9(12): 1771-1775.
- [2] ASANO N, YAMASHITA T, YASUDA K, et al. Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (*Morus alba* L.) and silkworms (*Bombyx mori* L.)[J]. J Agr Food Chem, 2001, 49(9): 4208-4213.
- [3] 柴建萍,余凌翔,高东芬,等.桑园红蜘蛛、桑蓟马在云南省不同地域桑园的发生规律及防控要点[J].蚕业科学,2010,36(3):475-480.
- [4] 谢道燕,杨振国,柴建萍,等.桑园朱砂叶螨与桑蓟马的生态位及环境温度和湿度对其种群消长的影响[J].蚕业科学,2016,42(4):583-590.
- [5] DAR M Y, ILLAHI I, AGRAWAL O, et al. Preliminary studies on the mulberry mite diversity and dynamics in Kashmir[J]. Indian J Entomol, 2012, 74(1): 1-8.
- [6] DAR M Y, ILLAHI I, AGRAWAL O, et al. Impact of mite infestation on mulberry leaf and silkworm, *Bombyx mori* L [J]. Indian J Entomol, 2011, 73(4): 378-381.
- [7] DAR M Y, RAMEGOWDA G K, MITTAL V, et al. A preliminary study on mite damage assessment in mulberry[J]. Munis Entomol Zool, 2012, 7(2): 899-903.
- [8] 夏志松.桑树害虫螨类的识别与防治[J].中国蚕业,1996(1):31-33.
- [9] SPARKS T C, NAUEN R. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management[J]. Pestic Biochem Phys, 2015, 121: 122-128.
- [10] VAN LEEUWEN T, VONTAS J, TSAGKARAKOU A, et al. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review[J]. Insect Biochem Mole, 2010, 40(8): 563-572.
- [11] LUO Y J, NI J, LIU Y G, et al. Acaricide resistance of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) from mulberry plantations in southwest China[J]. Int J Acarol, 2013, 39(7): 522-525.
- [12] ZHOU C, WANG X, QUAN X C, et al. Silicon-containing complex II acaricides horizontal line design, synthesis, and pharmacological optimization[J]. J Agr Food Chem, 2022, 70(36): 11063-11074.
- [13] CHEON G S, PAIK C H, KIM S S. Selective toxicity of three acaricides to the predatory mite, *Neoseiulus womersleyi* and its Prey, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)[J]. Korean J Pestic Sci, 2008, 12(3): 249-255.
- [14] KUNIMITSU N. Strategy for discovery of a novel miticide cyenopyrafen which is one of electron transport chain inhibitors[J]. J Pestic Sci, 2011, 36(4): 511-515.
- [15] FENG Y J, ZHANG L S, CHEN H Y, et al. Contact toxicity of a new acaricide, SYP-9625, to the natural predator, *Chrysopa pallens* [J]. J Asia-Pac Entomol, 2021, 24(2): 125-130.
- [16] OUYANG J Q, TIAN Y J, JIANG C X, et al. Laboratory assays on the effects of a novel acaricide, SYP-9625 on *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) and its natural enemy, *Neoseiulus californicus* (McGregor)[J]. PLoS One, 2018, 13(11): e0199269.
- [17] 田亚静.乙唑螨腈和丁氟螨酯对朱砂叶螨及加州新小绥螨的亚致死效应研究[D].四川雅安:四川农业大学,2017.
- [18] HAYASHI N, SASAMA Y, TAKAHASHI N, et al. Cyflumetofen, a novel acaricide - its mode of action and selectivity[J]. Pest Manag Sci, 2013, 69(9): 1080-1084.
- [19] FURUYA T, MACHIYA K, FUJIOKA S, et al. Development of a novel acaricide, pyflubumide[J]. J Pestic Sci, 2017, 42(3): 132-136.
- [20] 谢道燕,杨振国,柴建萍,等.乙唑螨腈的杀螨活性及对家蚕的安全性评价[J].农药,2019,58(12):918-921.
- [21] CHEN J C, GONG Y J, PAN S, et al. Field-evolved resistance and cross-resistance of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, to bifentazate, cyenopyrafen and SYP-9625[J]. Exp Appl Acarol, 2019, 77: 545-554.

(编辑:顾林玲)