

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.01.008

丁氟螨酯对二斑叶螨生长发育的影响

谭德龙^{1,2}, 廖伟涛^{1,2}, 郑苑³, 郑锦荣^{1,2}, 张长远^{1,2*}, 张宝鑫^{3*}, 李敦松³

¹广东省农业科学院设施农业研究所/农业农村部华南都市农业重点实验室, 广东 广州 510640;

²广东省农业科学院农业科研试验示范场/农业农村部华南都市农业重点实验室, 广东 广州 510640;

³广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640

摘要:【目的】丁氟螨酯是一种新型酰基乙腈类非内吸性杀螨剂,对害螨的各个螨态都有很高活性,具有较高的应用价值。本文评价了丁氟螨酯对二斑叶螨生长发育的影响,以期为合理用药和二斑叶螨的综合防治提供理论依据。【方法】采用浸叶法测定丁氟螨酯对二斑叶螨成螨与卵的致死中浓度、雌成螨产卵量、各螨态存活率以及各发育历期的影响。【结果】经丁氟螨酯处理后,二斑叶螨日均产卵量和总产卵量下降,各螨态发育历期延长;LC₇₀、LC₅₀、LC₃₀ 剂量处理二斑叶螨雌成螨后,每雌日均产卵量为(2.09±0.17)、(3.02±0.22)、(3.39±0.13)粒,每雌总产卵量为(29.29±2.31)、(42.32±3.01)、(47.41±1.77)粒,与空白对照差异显著($P<0.05$, $df=3$);不同剂量处理二斑叶螨卵后,各螨态发育历期的延长程度不同,但成功孵化的卵能完成发育历期,LC₇₀ 剂量延长卵历期至(4.45±0.07) d、前若螨历期至(2.75±0.04) d、后若螨历期至(2.61±0.05) d 和总历期至(12.53±0.18) d, LC₅₀ 剂量延长前若螨历期至(2.52±0.08) d、后若螨历期至(2.67±0.09) d 和总历期至(12.22±0.18) d, LC₃₀ 剂量延长前若螨历期至(2.45±0.06) d 和总历期至(11.53±0.08) d,与空白对照差异显著($P<0.05$, $df=3$)。【结论】丁氟螨酯能对二斑叶螨的生长发育产生明显影响,降低二斑叶螨的产卵能力,抑制卵孵化,延长发育历期,从而降低二斑叶螨种群的发育速率,对该螨的种群控制有积极意义。

关键词: 丁氟螨酯; 二斑叶螨; 生长发育; 历期



开放科学标识码
(OSID 码)

Effects of the insecticide cyflumetofen on the growth and development of the spider mite, *Tetranychus urticae* Koch

TAN Delong^{1,2}, LIAO Weitao^{1,2}, ZHENG Yuan³, ZHENG Jinrong^{1,2},
ZHANG Changyuan^{1,2*}, ZHANG Baoxin^{3*}, LI Dunsong³

¹Facility Agriculture Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Urban Agriculture in South China, Ministry of Agriculture, P.R.C., Guangzhou, Guangdong 510640, China; ²Agro-innovative Demonstration Base, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Urban Agriculture in South China, Ministry of Agriculture, P.R.C., Guangzhou, Guangdong 510640, China; ³Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection/Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China

Abstract: 【Aim】 Cyflumetofen is a novel acyl acetonitrile nonabsorbent acaricide, with high activity to pest mites at various mite states and high application value. The effect of cyflumetofen on the growth and development of *Tetranychus urticae* was investigated, so as to provide a theoretical basis for rational drug use and comprehensive control of *T. urticae*. 【Method】 Leaf dipping method was used to determine the effects of cyflumetofen on the median lethal concentration on live adults and eggs, fecundity of female adult mites, survival rate and duration of each developmental stage. 【Result】 After treatment with cyflumetofen, the average daily egg production as well as lifetime egg production of *T. urticae* decreased, and the developmental duration of each mite stage was prolonged. After treatment of female adult mites by LC₇₀(4.86 mg · L⁻¹), LC₅₀(2.37 mg · L⁻¹) and LC₃₀(1.16 mg · L⁻¹), the average

收稿日期(Received): 2020-05-20 接受日期(Accepted): 2020-07-21

基金项目: 广东省重点领域研发计划重大科技专项(2018B020202006); 广东省农业科学院院长基金(201835、201937); 广东省农业科学院新兴团队建设项目(201804XX)

作者简介: 谭德龙, 男, 助理研究员。研究方向: 设施农业病虫害研究。E-mail: tandelong@gdaas.cn

* 通信作者(Author for correspondence), 张长远, E-mail: zhangchangyuan@gdaas.cn; 张宝鑫, E-mail: zhangbaoxin@gdaas.cn

egg production was (2.09 ± 0.17) , (3.02 ± 0.22) and (3.39 ± 0.13) eggs · female⁻¹ one day, and the lifetime eggs production was (29.29 ± 2.31) , (42.32 ± 3.01) and (47.41 ± 1.77) eggs · female⁻¹, which was significantly less than the control ($P < 0.05$, $df = 3$). The LC₇₀ ($20.95 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) dose extended the egg duration to (4.45 ± 0.07) days, the protonymph duration to (2.75 ± 0.04) d, the deutonymph duration to (2.61 ± 0.05) days, and the total duration to (12.53 ± 0.18) d, LC₅₀ ($6.29 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) dose extension before protonymph duration to (2.52 ± 0.08) d, deutonymph duration to (2.67 ± 0.09) d and total duration to (12.22 ± 0.18) d, LC₃₀ ($1.89 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) dose extension before protonymph duration to (2.45 ± 0.06) d and total duration by (11.53 ± 0.08) d, it was significantly different from the blank control ($P < 0.05$, $df = 3$). 【Conclusion】 Cyflumetofen had a significant effect on the growth and development of *T. urticae*, reducing its fecundity, delaying egg hatching and prolonging the development duration, thereby reducing the developmental rate of the population.

Key words: cyflumetofen; *Tetranychus urticae*; growth and development; duration

二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 是一种重要的世界性害螨, 危害蔬菜、果树、花卉等 150 多种农作物 (Nauen *et al.*, 2001), 20 世纪 80 年代传入我国, 后迅速蔓延到河北、山东、宁夏等多个省(自治区) (孟和生等, 2001), 在南方设施环境内能周年繁殖, 造成作物减产与品质降低, 带来巨大经济损失。

化学防治是防治害螨的重要手段, 研究发现, 二斑叶螨对有机磷、拟除虫菊酯类、氨基甲酸酯类农药产生了不同程度的抗性 (徐丹丹等, 2018, 2019; 周兴隆等, 2015, 2017)。因此, 在开发新药剂防治叶螨的同时, 根据药剂特性科学用药也十分重要。丁氟螨酯是一种新型酰基乙腈类非内吸性杀螨剂, 2007 年首次在日本获准登记用于农作物防治害螨, 目前仍处于专利期内, 国内登记的仅有 20% 悬浮剂, 作用方式主要为触杀作用, 抑制害螨的线粒体蛋白复合体 II、阻碍电子(氢)传递、破坏磷酸化反应 (Hayashi *et al.*, 2013)。丁氟螨酯的作用机制新颖, 未发现与其他药剂产生交互抗性 (华乃震, 2016; Hayashi *et al.*, 2013), 对害螨的各个螨态都有很高活性, 同时对多种植物无药害, 对哺乳动物、水生生物、有益生物和部分天敌安全 (杨国璋, 2013), 是一种具有较大应用空间的杀螨剂。

本研究测定了丁氟螨酯处理二斑叶螨后, 雌成螨产卵量、各螨态存活率、发育历期等指标, 以评估丁氟螨酯对二斑叶螨生长发育的影响, 为合理指导用药、综合治理二斑叶螨提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验螨、植物和药剂

二斑叶螨来自广东省农业科学院植物保护研究所生物防治研究室多代饲养的敏感品系种群, 饲养温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 60% ~ 70%、光周期 16 L : 8 D, 采用芸豆 *Phaseolus vulgaris* L. 叶片饲养。

供试叶螨选取大小一致、健壮活泼的雌成螨, 以及 24 h 内刚产下的大小一致、饱满、半透明的螨卵。供试药剂为 20% 丁氟螨酯悬浮剂 (PD20130410) (苏州富美实植物保护剂有限公司)。供试叶片为芸豆, 鲁农种生许字 (2004) 第 0400022 号, 采用大田栽培芸豆苗, 供试叶片标准为健康、完整、大小一致 (约 60 cm^2), 栽培过程中不使用任何农药。

1.2 试验条件和试验方法

试验在温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 60% ~ 70%、光周期 16 L : 8 D 条件下进行, 在体视显微镜下操作和观察。参照宋子伟 (2013) 的浸叶法, 用打孔器将芸豆叶片打成叶面直径为 2.3 cm 的叶盘, 浸入处理药液 10 s 后平放在吸水海绵上, 周围用细条无纺布包好, 为叶片提供水分和防止叶螨外逃, 待叶盘上药液晾干后接入二斑叶螨成螨或卵, 吸水海绵置于盛水的方形塑料盒, 每 2 d 增加清水保证水面略低于叶片高度。参考 Zhang & Sanderson (1990) 判定螨死亡标准, 用小毛笔尖触动二斑叶螨的足和口器, 无反应者视为死亡, 14 d 内未孵化的卵视为死亡。使用吸尘器剔除死亡的叶螨和卵。

1.2.1 丁氟螨酯对二斑叶螨成螨和卵的毒力测定

采上述浸叶法, 根据预试验结果, 使用纯净水分别稀释丁氟螨酯为 0.25、0.50、1.00、2.00、4.00、8.00、16.00、32.00、48.00 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 9 个浓度梯度, 对成螨进行毒力测定。分别稀释丁氟螨酯为 0.5、1.0、2.0、4.0、8.0、16.0、32.0、48.0、64.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 9 个浓度梯度, 对卵进行毒力测定。空白对照采用纯净水。处理后 2、24、48、96、120 h 观察成螨的死亡情况, 每隔 24 h 观察卵 (持续 14 d) 的死亡情况。每个处理重复 4 次。所有结果使用校正死亡率公式校正后, 拟合相应的毒力回归方程。

1.2.2 丁氟螨酯对二斑叶螨成螨产卵的影响测定

用 LC₁₀、LC₃₀、LC₅₀、LC₇₀、LC₉₀、LC₉₅ 剂量处理叶盘,每个叶盘上放置 30 头刚开始产卵的二斑叶螨雌成螨。每隔 24 h 使用体视显微镜观察统雌成螨存活数和产卵量,统计后剔除死亡的雌成螨和已点数的卵,共统计 14 d。每个处理重复 4 次。

1.2.3 丁氟螨酯对二斑叶螨卵孵化和各螨期发育的影响测定 用 LC₁₀、LC₃₀、LC₅₀、LC₇₀、LC₉₀、LC₉₅ 剂量处理叶盘,每个叶盘上放置卵 30 粒。处理后每隔 24 h 统计卵的孵化数,从卵孵化开始,保持二斑叶螨幼螨、前若螨、后若螨在经过对应药液处理的叶盘上,参考蔡双虎(2003)鉴定二斑叶螨各螨期,记录二斑叶螨的生长发育过程,统计二斑叶螨的发育状态及存活数。每个处理重复 4 次。

1.3 数据统计与分析

校正死亡率/% = (处理死亡率 - 对照死亡率) / (1 - 对照死亡率) × 100,使用 IBM SPSS 24 软件进行数据分析,采用 Duncan 氏新复极差法检验差异显著性,毒力回归采用 Probit 法拟合,显著水平设定为 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 丁氟螨酯对二斑叶螨成螨的毒力

丁氟螨酯对二斑叶螨成螨的毒力回归方程为 y

$= 1.687x - 0.633, R^2 = 0.94$, LC₁₀、LC₃₀、LC₅₀、LC₇₀、LC₉₀、LC₉₅ 分别为 0.41、1.16、2.37、4.86、13.65、22.41 mg · L⁻¹(96 h)。丁氟螨酯处理二斑叶螨 2 h 后即有明显效果,LC₅₀ = 19.07 mg · L⁻¹(13.82 ~ 28.49 mg · L⁻¹),随处理时间增长,中毒程度逐渐加深,24 h 后 LC₅₀ 陡降到 4.54 mg · L⁻¹(3.102 ~ 6.669 mg · L⁻¹),随后下降缓慢(图 1)。试验中,各浓度丁氟螨酯处理二斑叶螨在 24 ~ 96 h 死亡率差异不再显著($P>0.05$)(表 1),由此可知,使用丁氟螨酯防治二斑叶螨,96 h 内可达到较好毒力效果,因此,本文的毒力回归方程的试验时间选用 96 h。

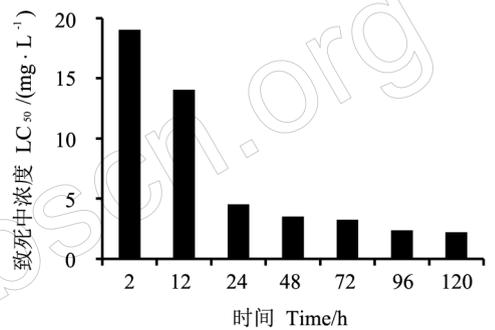


图 1 不同时间下丁氟螨酯对二斑叶螨成螨的致死中浓度

Fig.1 The median lethal concentration of cyflumetofen to adults of *T. urticae* at different times

表 1 不同时间下丁氟螨酯处理二斑叶螨成螨后的校正死亡率

Table 1 Corrected mortality of *T. urticae* adults after cyflumetofen treatment at different times

处理时间 Time/h	校正死亡率 Corrected mortality/%				
	0.25 mg · L ⁻¹	0.50 mg · L ⁻¹	1.00 mg · L ⁻¹	2.00 mg · L ⁻¹	4.00 mg · L ⁻¹
2	0.00±0.00Aa	2.61±2.19Aab	3.48±3.18Aab	12.17±1.67Aabc	13.04±3.18Abc
12	1.91±1.21Aa	3.96±1.90Aa	5.94±6.34Aa	17.82±4.95ABab	24.75±5.11Ab
24	5.68±4.30Ba	5.68±3.41Aa	17.05±9.35ABa	20.45±6.56ABa	51.14±10.88Bb
48	8.05±3.25Ba	13.79±4.35Ba	21.84±6.50ABa	22.99±6.33ABa	57.47±8.88BCb
72	4.88±3.15Ba	14.63±4.22Bab	17.07±6.90ABab	28.05±7.55ABb	63.41±7.04BCc
96	6.17±2.02Ba	16.05±5.33Bb	25.93±3.49Bc	33.33±4.28Bc	74.07±5.09Cd
120	12.66±4.32Ba	16.46±6.70Bab	26.58±4.38Bbc	31.65±4.38Bc	74.68±5.47Cd

处理时间 Time/h	校正死亡率 Corrected mortality/%			
	8.00 mg · L ⁻¹	16.00 mg · L ⁻¹	32.00 mg · L ⁻¹	48.00 mg · L ⁻¹
2	18.26±4.60Ac	44.35±4.49Ad	66.09±7.29Ae	76.52±4.57Ae
12	29.70±8.30Ab	47.52±6.93Ac	70.30±7.67ABd	80.20±3.23Ad
24	71.59±5.04Bc	82.95±2.18Bcd	78.41±10.06ABcd	97.73±2.27Bd
48	73.56±4.35Bbc	87.36±1.15Bde	81.61±8.18ABCde	97.70±2.30Be
72	71.95±4.62Bc	87.80±1.41Bd	89.02±4.17BCd	100.00±0.00Bd
96	77.78±3.19Bd	87.65±1.43Be	100.00±0.00Cf	100.00±0.00Bf
120	78.48±2.42Bde	88.61±1.27Bef	100.00±0.00Cf	100.00±0.00Bf

表中不同小写字母表示同一时间不同处理之间在 0.05 水平差异显著,不同的大写字母表示同一处理不同时间在 0.05 水平差异显著。Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level between different treatments at the same time, and different uppercase letters indicate significant differences at the 0.05 level at different times within the same treatment.

2.2 丁氟螨酯对二斑叶螨雌成螨产卵的影响

丁氟螨酯能降低二斑叶螨的产卵能力(图 2)。经过丁氟螨酯处理后,二斑叶螨每雌日均产卵量和每雌总产卵量整体为减少趋势。空白对照的每雌日均产卵量为 3.98 粒,每雌总产卵量为 55.65 粒,与 LC₃₀ 剂量以上的处理差异显著。高浓度 LC₉₅、LC₉₀ 剂量处理后,每雌日均产卵量为 0.55、1.02 粒,每雌总产卵量为 7.75、14.25 粒;中浓度 LC₇₀、LC₅₀ 剂量处理后,每雌日均产卵量为 2.09、3.02 粒,每雌总产卵量为 29.29、42.32 粒;低浓度 LC₃₀ 剂量处理后,每雌日均产卵量为 3.39 粒,每雌总产卵量为 47.41 粒。

2.3 丁氟螨酯对二斑叶螨卵孵化和发育的影响

丁氟螨酯能抑制二斑叶螨卵孵化率,即致死二斑叶螨卵。丁氟螨酯对二斑叶螨卵的毒力回归方程为 $y = 1.003x - 0.801, R^2 = 0.96$, LC₅₀ 为 6.29 mg · L⁻¹, LC₁₀ 为 0.33 mg · L⁻¹, LC₃₀ 为 1.89 mg · L⁻¹, LC₇₀ 为 20.95 mg · L⁻¹, LC₉₀ 为 119.06 mg · L⁻¹, LC₉₅ 为 274.04 mg · L⁻¹。对比成螨的致死中浓度可知,卵对丁氟螨酯的敏感性低于成螨。成功孵化的幼螨能

顺利发育到前若螨、后若螨和成螨,各处理发育为幼螨、前若螨、后若螨、成螨的存活率差异不显著($P > 0.05$)(表 2)。

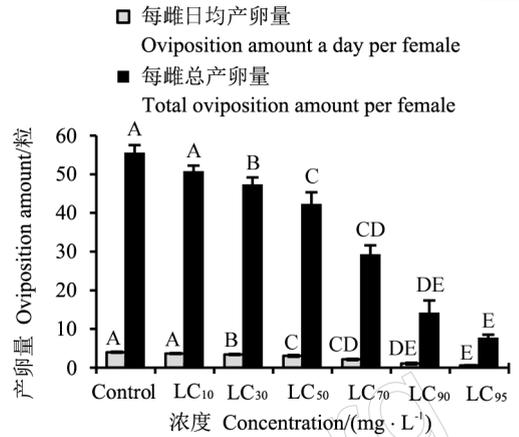


图 2 不同浓度丁氟螨酯处理后二斑叶螨雌成螨的产卵量

Fig.2 The number of eggs laid by the female adult mites of *T. urticae* treated with different concentrations of cyflumetofen

不同大写字母表示在 0.05 水平上的差异 ($P < 0.05$)。The different capital letters indicate the difference at the level of 0.05 ($P < 0.05$).

表 2 不同浓度丁氟螨酯处理后二斑叶螨的卵存活率和各螨期存活率

Table 2 Egg hatching rate and survival rate of *T. urticae* after treatment with different concentrations of cyflumetofen

处理 Treatment	存活率 percentage/%			
	卵 Egg	幼螨 Larva	前若螨 Protonymph	后若螨 Deutonymph
Control	94.17±0.83Aa	92.50±0.83Aa	92.50±0.83Aa	92.50±0.83Aa
LC ₁₀	85.00±1.67Aa	83.33±1.36Aa	83.33±1.36Aa	81.67±2.15Aa
LC ₃₀	71.67±5.53Ba	68.33±6.87Ba	68.33±6.87Ba	68.33±6.87Ba
LC ₅₀	50.00±4.71Ca	47.50±3.70Ca	47.50±3.70Ca	44.17±4.17Ca
LC ₇₀	27.50±4.17Da	26.67±4.08Da	26.67±4.08Da	26.67±4.08Da
LC ₉₀	9.17±2.85Ea	5.00±2.15Ea	5.00±2.15Ea	4.17±1.60Ea
LC ₉₅	2.50±0.83Ea	2.50±0.83Ea	2.50±0.83Ea	2.50±0.83Ea

表中不同小写字母表示同一处理不同螨态之间在 0.05 水平差异显著,不同的大写字母表示同一螨态不同处理在 0.05 水平差异显著。

Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level between different mite state at the same treatment, and different upper-case letters indicate significant differences at the 0.05 level at different treatment within the same mite state.

2.4 丁氟螨酯对二斑叶螨各螨态发育历期的影响

丁氟螨酯处理能延长二斑叶螨发育历期(图 3)。丁氟螨酯显著延长了二斑叶螨的发育总历期($P < 0.05$),空白对照是 10.53 d, LC₁₀ ~ LC₉₅ 分别是 11.22、11.53、12.22、12.53、13.83、14.00 d。前若螨历期对丁氟螨酯最敏感,空白对照是 2.39 d, LC₁₀、LC₅₀、LC₉₀ 处理后是 2.35、2.52、2.89 d,与空白对照有统计学上显著差异($P < 0.05$);空白对照的卵历期

是 3.91 d, LC₇₀、LC₉₀、LC₉₅ 处理后是 4.45、4.53、4.67 d,与空白对照差异显著($P < 0.05$);空白对照的幼螨历期是 2.39 d,仅 LC₉₀(3.44 d)、LC₉₅(3.67 d) 处理后才与空白对照有显著差异($P < 0.05$),即丁氟螨酯对二斑叶螨的幼螨历期影响较小。空白对照的后若螨历期是 2.21 d, LC₅₀、LC₇₀、LC₉₀、LC₉₅ 处理后是 5.67、2.61、3.00、2.67 d,与空白对照差异显著($P < 0.05$)。

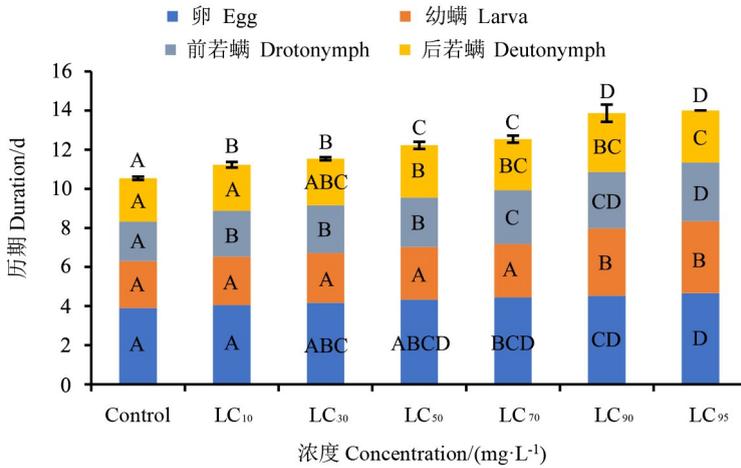


图 3 不同浓度丁氟螨酯处理后二斑叶螨的各螨态历期

Fig.3 Duration of each stage of *T. usurticae* after treatment with different concentrations of cyflumetofen

不同大写字母表示在 0.05 水平上的差异 ($P < 0.05$)。

The different capital letters indicate the difference at the level of 0.05 ($P < 0.05$).

3 结论与讨论

丁氟螨酯能对二斑叶螨的生长发育产生影响,中高剂量(LC₇₀)处理能显著降低产卵量,抑制螨卵孵化率,延长卵历期、前若螨历期、后若螨和总历期;中剂量(LC₅₀)处理能减少叶螨产卵量,明显抑制螨卵孵化率,延长前若螨期、后若螨期和总历期;低剂量(LC₁₀)处理对二斑叶螨雌成螨产卵量影响较小,但同样能降低螨卵孵化率和延长前若螨历期和总历期。二斑叶螨因繁殖力强、世代历期短,以及寄主广泛,容易给农业生产带来巨大危害,化学防治是最直接有效的手段,而过分使用药剂易造成抗性上升,导致药剂逐渐失去防效,合理科学使用药剂,必须建立在充分认知药剂作用的基础上。丁氟螨酯除了触杀二斑叶螨外,还能在一定程度上影响该螨的生长发育,为有效控制二斑叶螨为害提供了新思路。

丁氟螨酯是一款新型杀螨剂,自生产应用以来就受到了较多重视,多名学者发现其对害螨有优异的防治作用,李伟群等(2013)指出,丁氟螨酯防治柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 优于炔螨特、螺螨酯,乔岩等(2018)使用丁氟螨酯联合智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot 防治二斑叶螨取得良好效果。此外,丁氟螨酯的合成工艺也在国内研究成功,生物活性表现优异(何丽英等,2014; 李爱军和田红雨,2015),并有研究表明,丁氟螨酯尚未发现与其他药剂产生交互抗性,对鳞翅目、半翅目和缨翅目昆虫几乎无活性,对哺乳动

物、多种水生生物、有益生物和天敌等非靶标生物安全(杨国璋,2013)。这些都为丁氟螨酯的科学应用提供了重要实验支撑。

影响二斑叶螨生长发育的因子通常有温度、光照、寄主和食物等,在农业生产中农药也是重要的影响因子,善用药剂对害虫害螨生长发育的影响能起到调节有害生物种群动态的效果,如,印楝素能干扰红脉穗螟 *Tirathaba rufivena* (Walker) 的生长发育和后代产卵力(田蜜等,2014),烯啶虫胺亚致死浓度能对当代褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stal) 生长发育和繁殖产生不利影响(程世阳等,2020),虱螨脲对小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 子代种群发展有一定干扰作用(贾变桃等,2019)。不同药剂对不同有害生物的生长发育影响不同,挖掘它们的作用特性充分发挥药剂的使用价值。二斑叶螨繁殖力强、单雌产卵量多、世代历期短,因而种群增长速度快,丁氟螨酯能够减少二斑叶螨的产卵量、抑制卵孵化率和延长生长历期,种群倍增时间必然延长,对该螨的成灾暴发有着积极防治意义。值得一提的是,药剂使用后由于施药技术、自然降解、个体接触药量差异等因素会使得害螨在较长时间内处于非初配药剂剂量的控制下,即本试验的中、低浓度,部分个体存在亚致死效应。如经 LC₁₀ 浓度处理,螨卵孵化率得到显著抑制,前若螨历期和总历期延长,幼螨历期和后若螨历期与空白处理无显著差异;LC₅₀ 浓度处理,螨卵孵化率抑制显著,前若螨期、后若螨期和总历期显著延长,仅幼螨历期与空白对照无显著差异。这说明不同浓度丁氟螨酯处

理下,二斑叶螨种群的生长发育情况也会不同。使用亚致死剂量评价防治效果能在种群水平上评价药剂对害虫害螨的全面影响(Stark *et al.*, 2003),能全面了解药剂使用后害虫害螨的存活、发育、生殖等变化,进而有助于害虫害螨管理措施的制订(段祥坤等,2015),这将是进一步研究工作的重点。

致谢: 苏州富美实植物保护剂有限公司蔡家先生提供了试验药剂,广东省农业科学院植物保护研究所宋子伟副研究员对论文提供了大量宝贵的修改意见,特此致谢。

参考文献

蔡双虎, 2003. 二斑叶螨种群特征及为害性研究. 硕士学位论文. 海口: 华南热带农业大学.

程世阳, 龚佑辉, 王福莲, 侯茂林, 2020. 烯啶虫胺对褐飞虱的亚致死效应. *植物保护*, 46(2): 243-247.

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.

何丽英, 徐满才, 陈小阳, 程立军, 高德良, 裴晖, 柳爱平, 2014. 丁氟螨酯的合成与初步生物活性研究. *精细化工中间体*, 44(2): 15-17.

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.

贾变桃, 卢晶晶, 袁嘉伟, 李显春, 2019. 虱螨脲对小菜蛾成虫繁殖力及子代种群发展的影响. *植物保护学报*, 46(3): 582-588.

李爱军, 田红雨, 2015. 丁氟螨酯的合成新工艺. *农药*, 54(11): 786-789.

李伟群, 曾东强, 刘晓亮, 何宁祖, 贾道田, 贤振华, 2013. 20%丁氟螨酯悬浮剂对柑橘全爪螨的防效评价. *南方农业学报*, 44(2): 240-243.

孟和生, 王开运, 姜兴印, 仪美芹, 2001. 二斑叶螨发生危害特点及防治对策. *昆虫知识*, 38(1): 52-54.

乔岩, 张正伟, 张涛, 庞博, 郑书恒, 祝保英, 王步云, 王恩东, 吕佳乐, 2018. 联合应用智利小植绥螨与丁氟螨酯防治草莓二斑叶螨. *中国生物防治学报*, 34(4): 514-519.

宋子伟, 张宝鑫, 李敦松, 郑苑, 2013. 阿维菌素对虚伪新小绥螨生长发育影响的初步研究. *中国生物防治学报*, 29(3): 349-353.

田蜜, 钟宝珠, 郭霞, 2014. 印楝素对红脉穗螟发育调节及产卵力的影响. *生物安全学报*, 23(1): 56-59.

徐丹丹, 王少丽, 何艳艳, 张友军, 谢文, 吴青君, 2019. 我国二斑叶螨抗药性现状及抗性基因突变频率检测. *中国瓜菜*, 32(8): 155-156.

徐丹丹, 张友军, 谢文, 吴青君, 王少丽, 2018. 二斑叶螨对阿维菌素抗性的 CAPS 标记. *植物保护学报*, 45(4): 782-787.

杨国璋, 2013. 杀虫杀螨剂——丁氟螨酯. *世界农药*, 35(6): 59-60.

周兴隆, 杨顺义, 郝雨, 王进军, 张新虎, 沈慧敏, 2015. 二斑叶螨多重抗药品系最优内参基因的筛选及 CYP392A 亚家族基因的表达分析. *昆虫学报*, 58(11): 1229-1236.

周兴隆, 杨顺义, 李静静, 沈慧敏, 2017. 二斑叶螨多重抗药品系的选育及其解毒酶活力分析. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 45(6): 134-140.

HAYASHI N, SASAMA Y, TAKAHASHI N, IKEMI N, 2013. Cyflumetofen, a novel acaricide—its mode of action and selectivity. *Pest Management Science*, 69(9): 1080-1084.

STARK J D, BANKS J E, 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505-519.

ZHANG Z Q, SANDERSON J P, 1990. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 83(5): 1783-1790.

(责任编辑:郭莹)