

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.06.005

丁氟螨酯和捕食螨协同对二斑叶螨的田间防效

刘凯程^{1,2}, 李宜儒², 戴童舒^{1,2},
夏体渊¹, 吴文伟², 罗雁婕²

1. 昆明学院 农学与生命科学学院, 昆明 650200;
2. 云南省农业科学院 农业环境资源研究所, 昆明 650205

摘要: 为明确丁氟螨酯与加州新小绥螨和巴氏新小绥螨在防治二斑叶螨中的协同作用, 采用药膜法测定丁氟螨酯对二斑叶螨及捕食螨的室内毒力, 并评价其与两种捕食螨协同应用的田间防效。结果表明, 丁氟螨酯对二斑叶螨药后 24 h 的 LC_{50} 值为 12.16 mg/L, 而对两种捕食螨的 LC_{50} 值均大于 10 000 mg/L, 显示出较高的安全性。田间药效试验结果显示, 丁氟螨酯+加州新小绥螨和丁氟螨酯+巴氏新小绥螨在药后 7 d 对二斑叶螨的防效分别为 90.07% 和 90.42%, 与单独使用丁氟螨酯的防效差异不显著, 但均显著高于单独使用捕食螨的防效。药后 14 d, 两种协同处理的防效分别提升至 94.97% 和 91.72%, 显著优于单独使用丁氟螨酯。因此, 丁氟螨酯与捕食螨协同应用不仅具有良好的速效性, 还能显著延长持效期, 其中丁氟螨酯+加州新小绥螨的防控效果最佳。

关键词: 二斑叶螨; 加州新小绥螨;
巴氏新小绥螨; 丁氟螨酯

中图分类号: S482.2

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2025)06-0040-06

Field Control Efficacy of Cyfthimetofen Combined with Two Predatory Mites on *Tetranychus urticae*

LIU Kaicheng^{1,2}, LI Yiru², DAI Tongshu^{1,2},
XIA Tiyan¹, WU Wenwei², LUO Yanjie²

1. College of Agriculture and Life Sciences, Kunming University, Kunming 650200, China;

2. Agricultural Environment and Resources Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China

收稿日期: 2024-12-16

基金项目: 国家自然科学基金(U2202202); 云南省重点科技专项计划(202202AE090010)。

作者简介: 刘凯程, 硕士研究生, 主要从事农业病虫害综合防治研究。

通信作者: 罗雁婕, 研究员。

Abstract: In order to clarify the synergistic control effect of Cyfthimetofen with *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus barkeri* on *Tetranychus urticae*, the indoor virulence of Cyfthimetofen against *T. urticae* and predatory mites was determined by the film method, and the field control efficacy of Cyfthimetofen synergistically used with two predatory mites on *T. urticae* was evaluated. The results showed that the LC_{50} value of Cyfthimetofen against *T. urticae* was 12.16 mg/L at 24 h post treatment, while the LC_{50} value against the two predatory mites was more than 10 000 mg/L, which showed better safety to predatory mites. The results of the field control efficacy test showed that the control efficacy of Cyfthimetofen with *N. californicus* and Cyfthimetofen with *N. barkeri* on *T. urticae* at 7 d post treatment was 90.07% and 90.42%, respectively, which was not significantly different from that of Cyfthimetofen alone, but was significantly higher than that of the predatory mites alone. At 14 d post treatment, the control efficacy of two synergistic treatment was increased to 94.97% and 91.72%, respectively, which was significantly higher than that of Cyfthimetofen alone. Therefore, the synergistic control of *T. urticae* by Cyfthimetofen and the two predatory mites not only showed good quick effect, but also can significantly prolong the duration of efficacy. Among them, the effect of Cyfthimetofen with *N. californicus* was the best for the control of two-spotted leaf mite.

Key words: *Tetranychus urticae*; *Neoseiulus californicus*; *Neoseiulus barkeri*; Cyfthimetofen

二斑叶螨(*Tetranychus urticae*), 隶属叶螨科(Tetranychidae)叶螨属(*Tetranychus*), 是国内外重要的农业害螨^[1]。由于其寄主范围广, 严重危害多种果树、蔬菜和花卉等经济作物^[2-3]。长期以来, 二斑叶螨的防治主要依赖化学药剂, 但由于其世代周期短、繁殖速度快、适应性强且极易产生抗药性, 被认为是最容易产生抗性的节肢动物之一^[4-6]。目前, 二斑叶螨已成为对杀虫剂活性成分抗性类型最多的农业害虫之一, 其抗药性水平仍在不断上升, 使得防治难度加大^[2]。此外, 大多数杀螨剂对害螨和捕食螨缺乏选择性, 长期大量施用不仅抑制了害螨种群, 也对天敌种群造成严重不良影响, 从而引发害螨再猖獗的现象频繁发生^[7]。因此, 探索具有选择性的化学药剂并与捕食螨协同应用, 对于实现高效防控、延缓抗药性产生以及保障生态环境和农产品安全具有重要意义。

丁氟螨酯是一种苯酰乙腈类新型杀螨剂, 属于典型的线粒体琥珀酸脱氢酶抑制剂类杀螨剂^[8]。丁氟螨酯对叶螨科害螨具有较高的选择性, 对天敌等非靶标生物安全性较好, 同时具有较强的环境友好性, 因此可与害螨天敌联合应用于害螨的综合治理^[9]。巴氏新小绥螨(*Neoseiulus barkeri*)和加州新小绥螨(*N. californicus*)同属植绥螨科(Phytoseiidae)新小绥螨属(*Neoseiulus*)^[10]。巴氏新小绥螨主要分布于中国、美国等国家, 具有食性广、发育历期短、扩散力强等优势, 近年来已被广泛应用于防治叶螨和蓟马等害虫, 是目前应用较为成熟的生物防治产品之一^[11]。研究表明, 巴氏新小绥螨在适宜温度条件下对二斑叶螨各虫态均具有良好的捕食能力^[12]。目前, 巴氏新小绥螨的规模化饲养技术已较为成熟, 并常用于防治蔬菜、柑橘等经济作物的螨类害虫^[13]。加州新小绥螨同样在国内已实现商品化生产, 田间应用广泛^[14]。然而, 丁氟螨酯与这两种捕食螨在二斑叶螨防控中的协同作用尚未见明确报道。为明确丁氟螨酯分别与巴氏新小绥螨和加州新小绥螨对二斑叶螨的协同防控效果, 本研究通过测定丁氟螨酯对二斑叶螨及两种捕食螨的室内毒力, 进一步评价了丁氟螨酯+巴氏新小绥螨和丁氟螨酯+加州新小绥螨对番茄二斑叶螨的田间防效, 以期丁氟螨酯与捕食螨的协同应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试二斑叶螨采自云南省昆明市北郊农业试验基地番茄植株,并带回温室内饲养,饲养条件为室温(25±1)℃、相对湿度70%±5%,光周期为L:D=16:8。巴氏新小绥螨(规格:200头/袋)购自河南省济源白云实业有限公司,加州新小绥螨(规格:200头/袋)购自北京阔野田园生物技术有限公司,均可直接用于试验。

1.2 供试药剂

20%丁氟螨酯悬浮剂由富美实(上海)农业科技有限公司生产。

1.3 室内毒力测定方法

室内毒力测定采用药膜法^[15]。将丁氟螨酯用蒸馏水稀释配制成梯度质量浓度,其中对二斑叶螨设定的质量浓度为3.13、6.25、12.50、25.00和50.00 mg/L;对加州新小绥螨和巴氏新小绥螨设定的质量浓度为500、1 000、2 000、5 000和10 000 mg/L。试验时,分别取0.025 mL供试液加入1.5 mL离心管内,摇匀并晾干后形成药膜。随后,用0号毛笔选取孵化5 d、活力较高且体型一致的雌成螨置于带有药膜的离心管中,每管放入20头雌成螨,每个质量浓度设3个重复,以等量蒸馏水为空白对照。所有处理后的离心管置于温度(25±1)℃、相对湿度70%±5%、光周期L:D=16:8的培养箱中。药后24 h,将离心管内的供试螨倒出于白色A4纸上,用体式显微镜观察并记录雌成螨的存活情况,轻触螨体无反应判定为死亡,统计各处理的存活数与死亡数。

1.4 田间联合防效试验方法

田间药效试验采用常规喷雾,喷雾器具为市售3L手动喷雾器。试验于2024年7月25日至2024年8月15日在云南省昆明市北郊农业试验基地番茄地块(25°14′07.54″N, 102°75′55.93″E,海拔1 982.8 m)进行。试验番茄处于挂果期,平均株高1.5 m。期间平均气温26℃,8月3日和8月7日有小雨。

试验设置20%丁氟螨酯悬浮剂有效成分133.3 mg/L(推荐剂量)、巴氏新小绥螨撒施(600头/小区)、加州新小绥螨撒施(600头/小区)、丁氟螨酯133.3 mg/L+巴氏新小绥螨撒施(600头/小区)、丁氟螨酯133.3 mg/L+加州新小绥螨撒施(600头/小区)和清水喷雾对照。每个处理设3个重复,共18个小区,每小区面积约20 m²。施药时按450 L/hm²的用水量,将药液均匀喷洒至叶片正反面。施药1 h后释放捕食螨。各小区之间设宽2 m的空白隔离带,试验小区采用随机排列。

采用五点取样法调查各处理在施药前及施药后不同时期的二斑叶螨虫口数量。在每个试验小区内随机选取5个点,每点选取1株番茄作为固定调查植株,在该植株上随机选择2片叶片,分别记录二斑叶螨活虫数。调查时间为施药前以及施药后1、3、5、7和14 d。试验结束后,对各处理的虫口减退率和防效进行统计分析,其计算公式如下:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{施药前虫口基数} - \text{施药后残存虫数}}{\text{施药前虫口基数}} \times 100\%$$

$$\text{防效}(\%) = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100\%$$

1.5 数据处理与统计学分析

试验数据采用SPSS 22.0软件进行统计与分析,利用“回归—概率”模块计算毒力回归方

程、LC₅₀ 值及其 95% 置信区间等参数;采用 Duncan 新复极差法检验不同处理之间差异的显著性($p<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 丁氟螨酯对二斑叶螨及捕食螨的室内毒力

丁氟螨酯对二斑叶螨、加州新小绥螨和巴氏新小绥螨的室内毒力测定结果见表 1。药后 24 h,丁氟螨酯对二斑叶螨的 LC₅₀ 值为 12.16 mg/L;而在最高浓度 10 000.00 mg/L 下,两种捕食螨的死亡率仍低于 50%,表明在 10 000.00 mg/L 浓度下,丁氟螨酯对加州新小绥螨和巴氏新小绥螨基本无不良影响。总体而言,丁氟螨酯对二斑叶螨具有较高毒力,而对捕食螨相对安全。

表 1 丁氟螨酯对二斑叶螨及捕食螨的室内毒力

供试螨类	毒力回归方程	LC ₅₀ 及 95% 置信限/(mg · L ⁻¹)	χ ²
二斑叶螨	$y = -2.23 + 2.05x$	12.16(8.77~15.26)	0.78
加州新小绥螨	—	>10 000.00	—
巴氏新小绥螨	—	>10 000.00	—

2.2 丁氟螨酯和捕食螨协同对二斑叶螨的虫口减退的影响

由表 2 可知,丁氟螨酯处理、丁氟螨酯+加州新小绥螨处理和丁氟螨酯+巴氏新小绥螨处理对二斑叶螨的虫口减退率均较高。丁氟螨酯处理在药后 1~7 d 内虫口减退率持续上升,药后 3 d 达 90.10%,表现出较好的速效性;药后 7 d 达到最高值 93.74%,但药后 14 d 降至 82.36%。丁氟螨酯+加州新小绥螨和丁氟螨酯+巴氏新小绥螨处理的虫口减退率在药后 7 d 超过 90%,药后 14 d 分别达到最高值 95.35%和 92.33%,显著高于其他处理。单独使用加州新小绥螨和巴氏新小绥螨时,虫口减退率最高分别为 54.02%和 43.60%。因此,丁氟螨酯与捕食螨协同应用在防控二斑叶螨方面表现出更好的速效性和持效性。

表 2 丁氟螨酯和捕食螨协同对二斑叶螨的虫口减退率 %

处理方法	药后 1 d	药后 3 d	药后 5 d	药后 7 d	药后 14 d
丁氟螨酯	53.76±1.21a	90.10±1.16a	92.04±0.43a	93.74±1.19a	82.36±2.45b
加州新小绥螨	24.52±8.13b	34.78±2.40b	51.15±2.75b	54.02±2.28b	37.00±4.57c
巴氏新小绥螨	17.97±6.86b	32.35±7.35c	43.60±2.04c	38.48±8.08b	37.18±4.08c
丁氟螨酯+加州新小绥螨	41.59±1.06ab	87.10±1.94a	93.25±0.52a	92.40±1.35a	95.35±1.52a
丁氟螨酯+巴氏新小绥螨	53.00±4.73a	69.00±2.08b	84.67±0.33b	92.67±2.33a	92.33±1.45a
清水喷雾对照	3.73±1.45c	25.82±1.07c	22.22±0.71d	23.46±0.71c	7.43±1.41d

注:小写字母不同表示同列数据组间比较差异具有统计学意义($p<0.05$)。

2.3 丁氟螨酯和捕食螨协同对二斑叶螨的田间防效

由表 3 可知,丁氟螨酯、丁氟螨酯+加州新小绥螨及丁氟螨酯+巴氏新小绥螨处理均表现出较为显著的田间防效。丁氟螨酯处理对二斑叶螨的田间防效随药后时间延长而上升,药后 7 d 达到最高值 91.82%,但在药后 14 d 降至 81.29%。丁氟螨酯+加州新小绥螨处理在药后 5 d 达 91.33%,丁氟螨酯+巴氏新小绥螨处理在药后 7 d 防效超过 90.42%,两种协同处理在药后 14 d 的田间防效分别达到 94.97%和 91.72%,显著高于其他处理。单独使用加州新小绥螨和巴

氏新小绥螨的田间防效最高值仅为 39.93% 和 32.16%。因此, 丁氟螨酯与两种捕食螨的协同应用在二斑叶螨的田间防效和持效性方面均优于单独使用丁氟螨酯或捕食螨。

表 3 丁氟螨酯和捕食螨协同对二斑叶螨的防效

%

处理方法	药后 1 d	药后 3 d	药后 5 d	药后 7 d	药后 14 d
丁氟螨酯	51.98±1.26a	86.63±1.56a	89.77±0.56a	91.82±1.56a	81.29±2.77b
加州新小绥螨	21.61±8.44bc	11.96±3.24b	37.20±3.53b	39.93±2.98b	31.96±4.94c
巴氏新小绥螨	14.81±7.12b	21.61±4.86c	27.49±2.62c	19.63±10.56b	32.16±4.41c
丁氟螨酯+加州新小绥螨	39.34±1.10b	82.59±2.61a	91.33±0.67a	90.07±1.76a	94.97±1.64a
丁氟螨酯+巴氏新小绥螨	51.19±4.91a	58.15±2.81b	80.28±0.43b	90.42±3.05a	91.72±1.57a

注: 小写字母不同表示同列数据组间比较差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

3 讨论与结论

丁氟螨酯的作用靶标为线粒体琥珀酸脱氢酶, 对害螨具有较高活性, 而对天敌捕食螨则表现出良好的安全性。李金航^[16]的研究表明, 害螨(朱砂叶螨)和捕食螨(巴氏新小绥螨)线粒体琥珀酸脱氢酶 C 亚基的特征氨基酸基序虽然高度保守, 但存在显著差异(害螨: 酪氨酸-苏氨酸; 捕食螨: 组氨酸-X-X), 这一差异是丁氟螨酯在两者之间表现出优异选择性的关键原因之一。本研究结果同样证实, 丁氟螨酯对加州新小绥螨和巴氏新小绥螨具有高度选择性。

在二斑叶螨防控中, 由于化学农药的大量使用及其抗药性的不断增强, 捕食螨在防控中的应用受到越来越多关注^[17]。然而, 捕食螨的防控效果易受种群密度、害螨基数、温湿度等环境因素的影响。孙月华等^[18]报道, 每头伪钝绥螨(*Amblyseius fallacis*)雌成螨每日捕食二斑叶螨雌成螨仅为 4.30 头, 而对二斑叶螨卵的捕食量则高达 44.00 粒; 邱晓红等^[19]的研究发现, 胡瓜钝绥螨(*A. cucumeris*)在草莓上的防治效果与释放密度密切相关, 释放密度为 150 头/株时, 14 d 的防效为 59.09%, 而释放密度提高至 300 头/株时, 14 d 的防效可达 98.97%。本研究结果显示, 单独使用加州新小绥螨和巴氏新小绥螨防控二斑叶螨的田间防效最高分别为 39.93% 和 32.16%, 说明在一定种群数量范围内, 仅靠捕食螨难以迅速降低害螨基数, 难以避免作物经济损失。而在丁氟螨酯与两种捕食螨协同处理下, 药后 7 d 的防效均超过 90%, 药后 14 d 时, 即使单独使用丁氟螨酯的防效已下降, 协同处理的防效仍分别提升至 94.97% 和 91.72%, 显著高于其他单独处理。这一结果表明, 丁氟螨酯能够迅速降低虫口基数, 捕食螨则通过持续扩散捕食残留害螨, 从而形成协同效应; 此外, 捕食螨在田间种群建立后可进一步扩增, 对害螨形成持续控制。因此, 高选择性杀螨剂与捕食螨的协同应用能够兼具速效性与持效性, 是二斑叶螨防控的有效策略。

丁氟螨酯与加州新小绥螨协同应用时防效最高, 其原因可能在于加州新小绥螨作为一种高效捕食性螨类, 具有较强的搜寻能力, 即使在害螨密度较低的情况下, 也能积极捕食目标害螨。同时, 该捕食螨对环境适应性较强, 能够在多种作物及环境条件下生存和繁衍^[20]。符振实等^[21]的研究建议, 先通过杀螨剂降低害螨基数, 再释放捕食螨进行防控; 而本研究是在施药后 1 h 即释放捕食螨, 结果显示丁氟螨酯与捕食螨的协同处理存在一定的防效滞后, 这可能与田间复杂环境对药效的影响有关。此外, 虽然丁氟螨酯未对捕食螨造成致死作用, 但较高剂量在初期可能削弱了捕食螨的捕食功能。考虑到田间多种因素均可能影响捕食螨对害螨的控制效

果,该问题仍有待进一步深入研究。

综上所述,丁氟螨酯对二斑叶螨表现出较强的毒杀活性,同时对捕食螨具有较高的安全性。田间应用中,将丁氟螨酯与加州新小绥螨或巴氏新小绥螨协同使用,其防效和持效性均优于单独施用丁氟螨酯或捕食螨,具有良好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 田甜,张妍,张友军,等. 蒜和葱上二斑叶螨的发生为害及其抗药性监测[J]. 植物保护, 2023, 49(4): 302-308.
- [2] 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 Biochemistry and Molecular Biology, 2010, 40(8): 563-572.
- [3] 韩旸,吴京城,庞秋凌,等. 我国二斑叶螨发生及防控研究概况[J]. 农药, 2023, 62(4): 235-239, 251.
- [4] ILIAS A, VONTAS J, TSAGKARAKOU A. Global Distribution and Origin of Target Site Insecticide Resistance Mutations in *Tetranychus urticae*[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2014, 48: 17-28.
- [5] 孙勤哲,牛金志,王进军. 叶螨适应寄主植物的分子机制[J]. 应用昆虫学报, 2022, 59(2): 250-256.
- [6] DERMAUW W, WYBOUW N, ROMBAUTS S, et al. A Link Between Host Plant Adaptation and Pesticide Resistance in the Polyphagous Spider Mite *Tetranychus urticae*[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(2): E113-E122.
- [7] AKEMI L I, EIDI M S, FAYER F C, et al. Comparison of Conventional and Integrated Programs for Control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2015, 65(2): 205-217.
- [8] 李洋,张弘,刘远雄,等. 新型杀螨剂 Cyflumetofen 的合成与杀螨活性[J]. 农药, 2009, 48(7): 474-475, 478.
- [9] 刘永琴,张永强. 丁氟螨酯研发历程及其在作物害虫防控中应用前景[J]. 湖北植保, 2024(6): 6-8.
- [10] 王蔓,李波,黄婕,等. 加州新小绥螨和巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食能力比较[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6): 1256-1263.
- [11] 江高飞,陈飞,李晓娇,等. 巴氏新小绥螨的研究进展[J]. 中国南方果树, 2012, 41(2): 36-40.
- [12] 尚素琴,刘平,陈耀年,等. 巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能及控制潜力研究[J]. 植物保护, 2017, 43(3): 118-121, 159.
- [13] 刘俊清,方小端,刘庆岩,等. 巴彦淖尔市野生枸杞地植绥螨种类记述[J]. 山西农业科学, 2019, 47(2): 256-258.
- [14] 贾静静,符悦冠,吉训聪,等. 不同叶螨对加州新小绥螨发育和繁殖的影响[J]. 中国生物防治学报, 2024, 40(3): 568-574.
- [15] 高海龙,闫翔,叶俊棵,等. 2种杀虫剂及其与增效剂混用对牧草盲蝽室内生物活性和田间药效[J]. 农药, 2024, 63(9): 675-679, 684.
- [16] 李金航. 靶点差异介导的丁氟螨酯/AB-1 对害螨和捕食螨选择性的分子机制[D]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [17] SATO M E, DA SILVA M Z, RAGA A, et al. Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): Selection, Cross-Resistance and Stability of Resistance[J]. Neotropical Entomology, 2005, 34(6): 991-998.
- [18] 孙月华,鄧军锐,王清,等. 伪钝绥螨对二斑叶螨的捕食作用[J]. 中国生物防治, 2009, 25(3): 196-199.
- [19] 邱晓红,熊凯凡,陈雅婷,等. 胡瓜钝绥螨防治二斑叶螨的效果和对草莓品质的影响[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(8): 51-54.
- [20] 唐文颖,曲诚怀,杨勤民,等. 两种捕食螨对苹果园叶螨的控制效果[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(1): 181-186.
- [21] 符振实,唐思琼,苏杰,等. 三种杀虫(螨)剂对双尾新小绥螨捕食作用的影响[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38(1): 42-49.

责任编辑 苏荣艳