

联苯肼酯对土耳其斯坦叶螨的亚致死效应

段祥坤¹, 王建玉¹, 王志鹏¹, 张建萍²

(1. 新疆生产建设兵团第六师农业科学研究所 新疆五家渠 831300;

2. 石河子大学农学院·新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用重点实验室 新疆石河子 832003)

摘要: 为探索联苯肼酯对土耳其斯坦叶螨的亚致死效应,在试验室恒温条件下,使用种群生命表技术,探讨了亚致死浓度(LC₁₀、LC₂₀)的联苯肼酯对其成螨与卵种群生长发育及生命表相关参数之间的影响。结果表明,与清水对照相比,成螨通过联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理后,平均产卵量、平均寿命和次代卵孵化率下降了48.69%~54.39%、40.32%~44.32%和5.75%~15.79%;其次代种群中,幼螨期、卵期(均为LC₂₀)和若螨期(LC₁₀)明显延长,而产卵前期(LC₁₀)、雌螨寿命与成螨期明显缩短;卵通过处理后,若螨期、幼螨期(均为LC₂₀)、雌螨寿命与成螨期明显缩短。与CK相比,所有联苯肼酯处理下,成螨和卵次代种群中 T 、(平均世代周期) R_0 (种群净生殖率)、平均每雌日产雌数与存活率均明显下降,而 r_m (种群内禀增长率)有所上升。综上所述,施用亚致死浓度的联苯肼酯为制定综合防治土耳其斯坦叶螨策略提供了有益的启示,使其种群的发育速度延缓。

关键词: 联苯肼酯;土耳其斯坦叶螨;亚致死效应;生命参数

中图分类号:S482.5

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)05-196-07

Sublethal effects of bifenthrin on *Tetranychus turkestanii*

DUAN Xiangkun¹, WANG Jianyu¹, WANG Zhipeng¹, ZHANG Jianping²

(1. Institute of Agricultural Research 6th Branch of XPCG, Wujiaqu 831300, Xinjiang, China; 2. College of Agriculture, Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Agricultural Pest Management and Plant Protection Resources Utilization, Shihezi 832003, Xinjiang, China)

Abstract: To explore the sublethal effects of bifenthrin on *Tetranychus turkestanii*, the study was conducted under controlled laboratory conditions using population life table technology to investigate the effects of sublethal concentrations (LC₁₀, LC₂₀) of bifenthrin on the growth and development of adult mites and eggs, as well as life table parameters. The results showed that compared to the control, the adult mites treated with bifenthrin (LC₁₀, LC₂₀) had a 48.69%-54.39% decrease in average egg production, a 40.32%-44.32% decrease in mean longevity, and a 5.75%-15.79% decrease in egg hatchability. In the next generation, the larva stage, the egg stage (all LC₂₀), and the nymph stage (LC₁₀) were significantly prolonged, while the pre-oviposition adult (LC₁₀), the longevity of female mites and the adult stage were significantly shortened. For the eggs, the nymph stage, the larval stage (all LC₂₀), the longevity of female mites, and the adult stage were significantly shortened after treatment. Compared with the control, all bifenthrin treatments significantly decreased the values of T and R_0 , the average number of offspring per female per day, and the survival rate in the adult and egg next-generation populations, while the value of r_m increased. In conclusion, the application of sublethal concentration of bifenthrin provides valuable insights for developing integrated pest management strategy for *T. turkestanii*, as it delays the development rate of its population.

Key words: Bifenthrin; *Tetranychus turkestanii*; Sublethal effect; Life parameter

土耳其斯坦叶螨隶属于真螨目叶螨科、叶螨属^[1],是危害瓜类、棉花和玉米等多种农作物的重要害虫^[2],对农业生产造成严重威胁。新疆作为国内最大的甜瓜产区,在农产品市场中影响力举足轻重,以哈密瓜为代表的特色瓜果,凭借其独特的口

感、上乘的品质享誉海内外^[3-4]。近年来,土耳其斯坦叶螨的危害日益加重,已成为设施甜瓜种植中的主要害虫,严重影响甜瓜的产量和品质。随着设施农业的快速发展、种植模式的变化、品种频繁调引及土地资源的限制,种植风险不断增加,导致瓜农

收稿日期:2024-07-09;修回日期:2024-11-27

基金项目:新疆生产建设兵团第六师科技计划资助项目(2209);新疆生产建设兵团财政科技计划资助项目(2022AB015);新疆生产建设兵团科技创新人才资助项目(2022CB009)

作者简介:段祥坤,男,助理研究员,主要研究方向为西瓜甜瓜新品种选育及栽培技术。E-mail:511299594@qq.com

通信作者:张建萍,女,教授,主要研究方向为农业有害生物病虫害防治。E-mail:zhjp_agr@shzu.edu.cn

种植积极性下降。为应对这一问题,许多学者从生态学、分子生物学和综合防治等方面开展了广泛深入的研究^[5-8]。

长期以来,作为传统防治叶螨的方式,化学药剂使用不合理从而导致叶螨抗性逐年增强^[9-10]。因此,Stark等^[11]指出,系统评估药剂的致死与亚致死效应是精准防控叶螨的关键。近年来,越来越多的研究开始关注药剂对螨类的亚致死作用的影响^[12-16]。有学者^[17-21]研究表明,施用亚致死剂量的药剂后,叶螨在生长发育、生殖能力及抗药性等方面均出现了不同程度的改变。联苯肼酯(Bifenazate)是一种新型联苯类杀螨剂,能有效作用于叶螨的各个生长阶段(卵、幼螨、若螨和成螨),通过抑制细胞内线粒体间的能量传递,最终导致螨虫神经麻痹并死亡,具有较强的成螨和杀卵活性,且药效持久。

笔者借助种群生命表技术,选取联苯肼酯专用杀螨剂,分析其对土耳其斯坦叶螨参试对象种群相关参数的影响,探索该药剂对其亚致死效应,以期为该螨的田间综合防治提供参考依据。

1 材料与方

1.1 材料

试验药剂:43%联苯肼酯悬浮剂,美国科聚亚公司生产;试验叶螨:取自新疆生产建设兵团第六师农科所设施甜瓜大棚,于石河子大学农学院新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用重点实验室的光照培养箱(型号:FLI-2000H;试验设定:光周期(16L:8D)/温度(28±1)°C/相对湿度(70%±10%)中饲养;试验时间:2023年4—8月;试验地点:石河子大学农学院。

1.2 方法

1.2.1 测定亚致死浓度 玻片浸渍法(雌成螨):设置参试药剂为6个质量浓度梯度(400.00、285.71、200.00、133.33、100.00、66.67 mg·L⁻¹),分别浸渍各参试叶螨雌成螨5 s,放置于光照培养箱中1 d,记录成螨死亡数,确定其LC₁₀、LC₂₀和LC₅₀值;改进型叶片残毒法(卵):设置参试药剂为6个质量浓度梯度

(285.71、200.00、133.33、100.00、66.67、50.00 mg·L⁻¹),分别浸渍各参试豇豆新鲜叶片上的卵5 s,放入培养箱中,连续统计7 d(1次·d⁻¹)内各处理卵的孵化率,确定其LC₁₀、LC₂₀和LC₅₀值。所有处理均设3次重复,CK为清水。

1.2.2 测定亚致死效应 雌成螨:设置雌成螨参试药剂的亚致死浓度(LC₁₀、LC₂₀),分别浸渍各参试雌成螨5 s,待药液晾干后放置于培养箱1 d后取健康个体(各处理雌成螨数≥120头)于备用干净叶碟中(直径=2 cm)进行单独饲养,记录成螨产卵量(1次·d⁻¹),直到其全部死亡;卵:设置卵参试药剂的亚致死浓度(LC₁₀、LC₂₀),将参试叶螨雌成螨(刚产卵)接入豇豆的干净叶片,于培养箱中培养1 d,取其卵采用定量喷雾的方法分别进行处理,于培养箱中继续进行培养并选取初孵幼螨(各处理初孵幼螨数≥120头)于备用新鲜叶碟中进行单独饲养至成虫羽化,配入培养箱备用雄螨,记录雌螨产卵量(1次·d⁻¹),直到其全部死亡。所有处理CK为清水。

1.3 数据统计与分析

使用SPSS 19.0对数据进行分析与处理。土耳其斯坦叶螨试验种群的生命表参考丁岩钦^[22]与Birch^[23]的方法组成,通过赵志模^[24]的公式分别得到相关生命参数(备注: R_0 、 L_x 、 m_x 、 T 、 r_m 、 λ 、 t 分别为种群净增殖率、每日存活率、平均每雌每日产雌率、平均世代周期、种群内禀增长率、周限增长率、种群加倍时间)。

$$R_0 = \sum L_x m_x; r_m = \ln R_0 / T; \lambda = e^{r_m}; T = \sum L_x m_x X / R_0; t = \ln 2 / r_m。$$

2 结果与分析

2.1 联苯肼酯对土耳其斯坦叶螨的亚致死浓度(LC₁₀、LC₂₀)和半致死浓度(LC₅₀)

由表1可知,土耳其斯坦叶螨经联苯肼酯处理后,与其成螨相比,该药剂对其卵的毒力作用相对较弱。具体而言,联苯肼酯对其卵和成螨的LC₁₀、LC₂₀、LC₅₀依次是为72.518、104.479、210.092 mg·L⁻¹和71.058、89.751、140.317 mg·L⁻¹。

表1 联苯肼酯对土耳其斯坦叶螨卵和成螨的亚致死浓度与半致死浓度

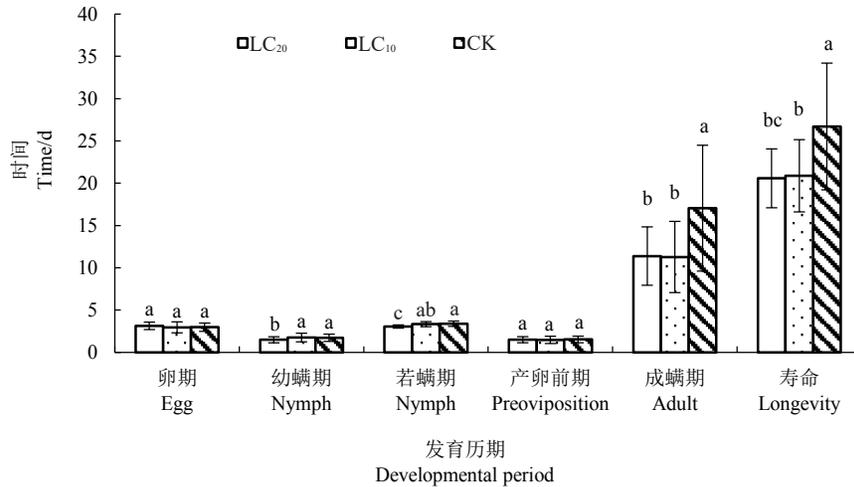
Table 1 Sublethal concentration and median lethal concentration of bifenthrin to eggs and adults of *T. turkestanica*

虫态 Stage	毒力方程 LD-P Line	相关系数 Correlation coefficient	LC ₅₀ (mg·L ⁻¹) (95% CL)	LC ₂₀ (mg·L ⁻¹) (95% CL)	LC ₁₀ (mg·L ⁻¹) (95% CL)
成螨 Adult	$y = -9.311 + 4.337x$	0.994 6	140.317 (130.311-150.944)	89.751 (79.092-98.874)	71.058 (60.030-80.437)
卵 Egg	$y = -6.443 + 2.774x$	0.968 5	210.092 (171.418-278.275)	104.479 (71.341-130.644)	72.518 (40.971-98.894)

2.2 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理卵后其种群发育历期

如图 1 所示,施用药剂后,伴随联苯肼酯浓度的升高,土耳其斯坦叶螨次代种群中,幼螨期、若螨期、成螨期及寿命都出现了不同水平的缩短,而卵

期、产卵前期与 CK 比则表现出不同程度的延长。具体来说,联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的寿命、成螨期以及联苯肼酯(LC₂₀)处理下的幼螨期、若螨期比 CK 显著缩短,而联苯肼酯(LC₁₀)处理下的幼螨期、若螨期及联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的卵期、



注:同一时期内不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters within the same period indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

图 1 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨卵发育历期的影响

Fig. 1 Effects of application of Bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on the egg developmental duration of *T. turkestanii*

产卵前期与 CK 相比并无明显变化。

2.3 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理卵后其种群相关生命参数

由表 2 可知,与 CK 相比,在土耳其斯坦叶螨卵的种群中,联苯肼酯(LC₂₀)处理下的雌性比例显著下降,联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的平均世代历期、净增殖率和种群加倍时间显著下降;联苯肼酯

(LC₂₀)处理下的内禀增长率显著升高,联苯肼酯(LC₁₀)处理下的雌性比例则显著升高;而联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的周限增长率以及联苯肼酯(LC₁₀)处理下的内禀增长率并无显著变化。且联苯肼酯(LC₂₀)处理下的平均世代历期和联苯肼酯(LC₁₀)处理下的净增殖率变化最为明显,表明在合理范围内,伴随联苯肼酯浓度的升高,不同程度上

表 2 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨卵种群生命参数的影响

Table 2 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on life parameters of *T. turkestanii* egg population

处理 (Treatment)	净增殖率 (Net reproductive rate/%)	平均世代周期 (Mean generation time)	内禀增长率 (Intrinsic rate of increase)	周限增长率 (Finite rate of increase)	种群加倍时间 (Doubling time)	雌性比例 (Female rate/%)
LC ₂₀	80.64±0.42 b	14.96±0.66 c	0.29±0.01 a	1.34±0.01 a	2.36±0.01 c	56.00±0.71 c
LC ₁₀	73.73±0.50 c	15.82±0.16 b	0.27±0.01 b	1.31±0.01 a	2.55±0.02 b	70.70±0.20 a
CK	105.32±0.26 a	18.33±0.42 a	0.25±0.01 b	1.29±0.17 a	2.73±0.13 a	69.75±0.22 b

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

影响着土耳其斯坦叶螨卵的生殖生长。

2.4 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理卵后其卵的产雌数与存活率

如图 2~3 所示,与 CK 相比,卵经过联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理,在其 1~8 d 的生长发育过程中平均每雌日产雌数并没有太大的变化。随后,从 9 d 起,平均每雌日产雌数迅速增多。除了联苯肼酯

(LC₂₀)处理下在 11~15 d 范围内以及联苯肼酯(LC₁₀)处理下在 10~12 d 生长发育过程的相同阶段相较于 CK 都有所增加外,剩下处理在卵整个生育期的存活时间和平均每雌日产雌数则始终低于 CK。随着生长发育过程的不断进行,其总体呈先增后减趋势,在联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下其平均每雌日产雌数均在 13 d 达到峰值,随后呈逐渐减少的

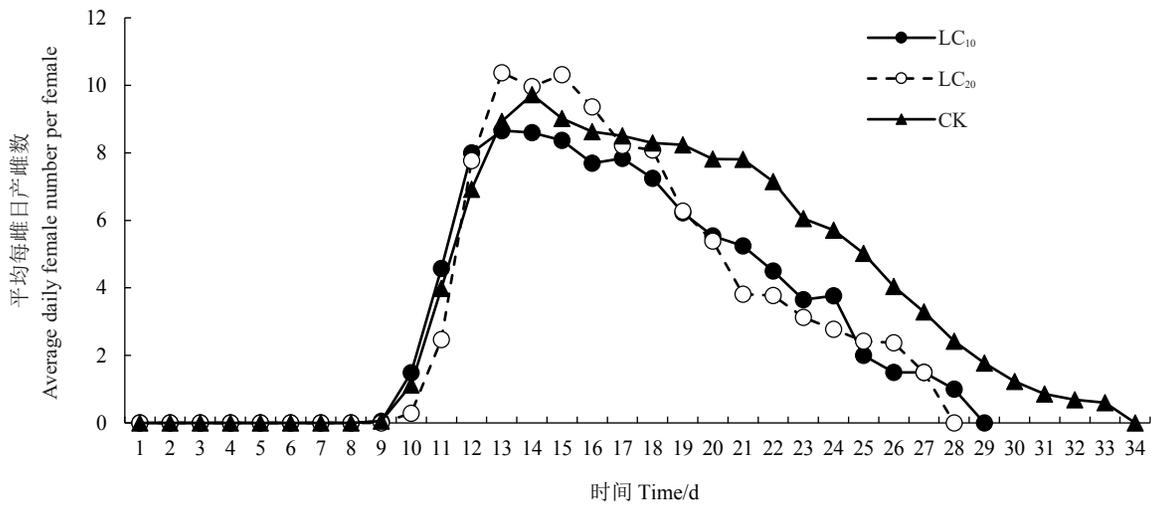


图2 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨卵平均每雌日产雌数的影响

Fig. 2 Effects of application of bifenzate (LC₁₀, LC₂₀) on the average daily female number per female of eggs of *T. turkestanii*

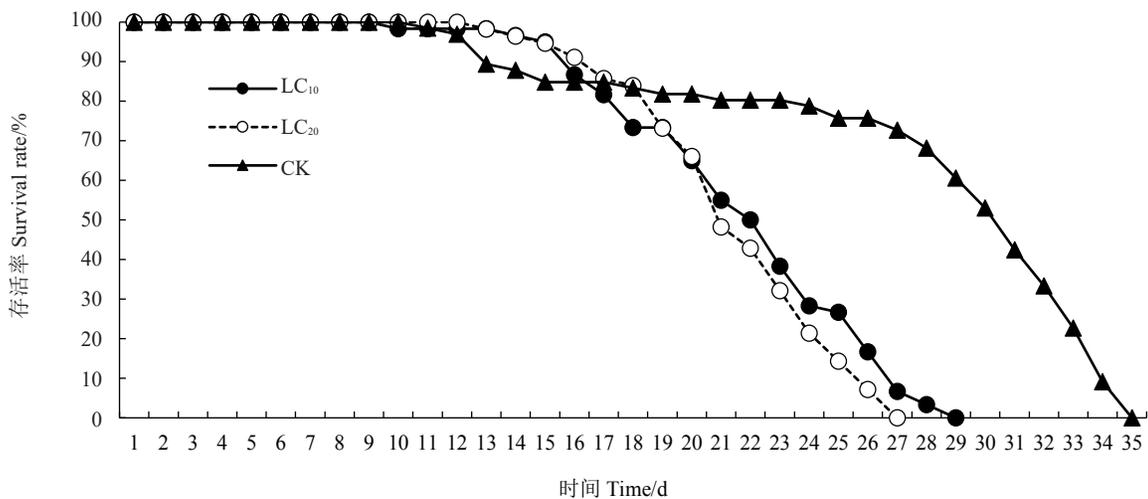


图3 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨卵存活率的影响

Fig. 3 Effects of application of bifenzate (LC₁₀, LC₂₀) on survival rate of eggs of *T. turkestanii*

趋势,最终联苯肼酯(LC₁₀)处理下至 29 d 趋于 0,联苯肼酯(LC₂₀)至 28 d 趋于 0。如图 3 所示,与 CK 相比,卵经过联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理后,在 1~10 d 的生长过程中,其存活率并没有太大的变化。随着时间的推移,存活率总体呈先不变后下降趋势。在 11~18 d 内的生长过程中,其存活率稍微有所下降,但在自 19 d 起,其存活率急剧下降直至死亡,且整个生育期内的存活时间也明显缩短。从 21 d 起,联苯肼酯(LC₂₀)处理卵的存活率始终不如联苯肼酯(LC₁₀)处理高。

2.5 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理成螨后的其成螨和其次代卵

如表 3 所示,施用药剂后,伴随联苯肼酯浓度的递增,成螨的寿命、产卵量都出现了不同程度的

下降。与 CK 相比,联苯肼酯(LC₁₀)处理下的成螨平均寿命、平均每雌每日产卵量、平均产卵量分别显著下降了 40.32%、14.31%、48.69%;联苯肼酯(LC₂₀)处理下的成螨平均寿命、平均每雌每日产卵量、平均产卵量分别显著下降了 44.32%、21.89%、54.39%;联苯肼酯(LC₂₀)处理下的其次代卵孵化率显著下降 15.79%,而联苯肼酯(LC₁₀)处理下的其次代卵孵化率并无显著差异。

2.6 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理成螨后其次代种群发育历期

如图 4 所示,施用药剂后,伴随联苯肼酯浓度的升高,土耳其斯坦叶螨次代种群中,成螨期、产卵前期及寿命都出现了不同程度的缩短,而幼螨期和卵期则有所延长。在其次代种群中,联苯肼酯

表3 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨成螨和其次代卵的影响

Table 3 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on adults and the next generation eggs of *T. turkestanii*

处理 Treatment	平均每雌每日产卵量 Average number of eggs laid per female per day	平均产卵量 Number of eggs laid per female	平均寿命 Mean longevity/d	卵孵化率 Hatch ability/%
LC ₂₀	4.64±1.66 b	50.18±22.83 bc	10.15±3.51 bc	83.33±37.43 b
LC ₁₀	5.09±1.33 b	56.45±22.06 b	10.88±3.54 b	93.27±25.18 a
CK	5.94±1.22 a	110.01±39.92 a	18.23±4.53 a	98.96±10.21 a

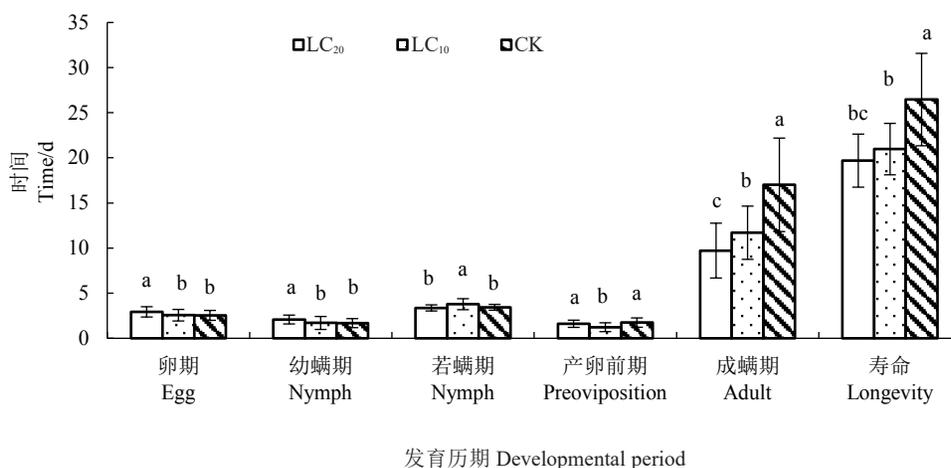


图4 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨次代种群发育历期的影响

Fig. 4 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on developmental period of the next generation of adults of *T. turkestanii*

(LC₁₀、LC₂₀)处理下的寿命、成螨期以及联苯肼酯(LC₁₀)处理下的产卵前期比CK显著缩短,联苯肼酯(LC₁₀)处理下的若螨期以及联苯肼酯(LC₂₀)处理下的幼螨期和卵期相较于CK则显著延长,而联苯肼酯(LC₂₀)处理下的产卵前期、若螨期与CK相比较并无显著变化,联苯肼酯(LC₁₀)处理下的卵期、幼螨期与CK相比并无明显变化。

2.7 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理成螨后其次代种群相关生命参数

与CK相比,在土耳其斯坦叶螨次代种群中,联苯肼酯(LC₂₀)处理下的雌性比例以及联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的平均世代历期、净增殖率显著下降,联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的内禀增长率则显著升高,而联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下

的种群加倍时间与周限增长率以及联苯肼酯(LC₁₀)处理下的雌性比例并无显著变化,且联苯肼酯(LC₂₀)处理下的净增殖率变化最为明显,表明在合理范围内,伴随联苯肼酯浓度的升高,不同程度上影响着土耳其斯坦叶螨的生殖生长(表4)。

2.8 联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理成螨后其成螨的产雌数与存活率

如图5所示,联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的成螨在生长发育过程中总体呈先增后减趋势,且其整个生育期内的存活时间也明显缩短。与CK相比,联苯肼酯(LC₁₀)处理下的平均每雌日产雌数在1~2d时有所下降,随后3d则有所上升,4~5d则有所下降,之后急剧下降,至16d平均每雌日产雌数出现

表4 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨次代种群生命参数的影响

Table 4 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on life parameters of *T. turkestanii* adult population

处理 Treatment	净增殖率 Net Reproductive rate	平均世代周期 Mean generation time	内禀增长率 In trinsicrate of increase	周限增长率 Finite rate of increase	种群加倍时间 Doubling time	雌性比例 Female rate/%
LC ₂₀	63.50±1.06 c	15.09±0.67 b	0.28±0.01 a	1.32±0.01 a	2.52±0.01 a	74.74±0.29 b
LC ₁₀	73.49±0.73 b	15.39±0.87 b	0.28±0.01 a	1.32±0.27 a	2.48±0.34 a	81.44±5.25 a
CK	103.46±0.66 a	17.88±0.78 a	0.26±0.01 b	1.30±0.01 a	2.67±0.50 a	85.26±0.56 a

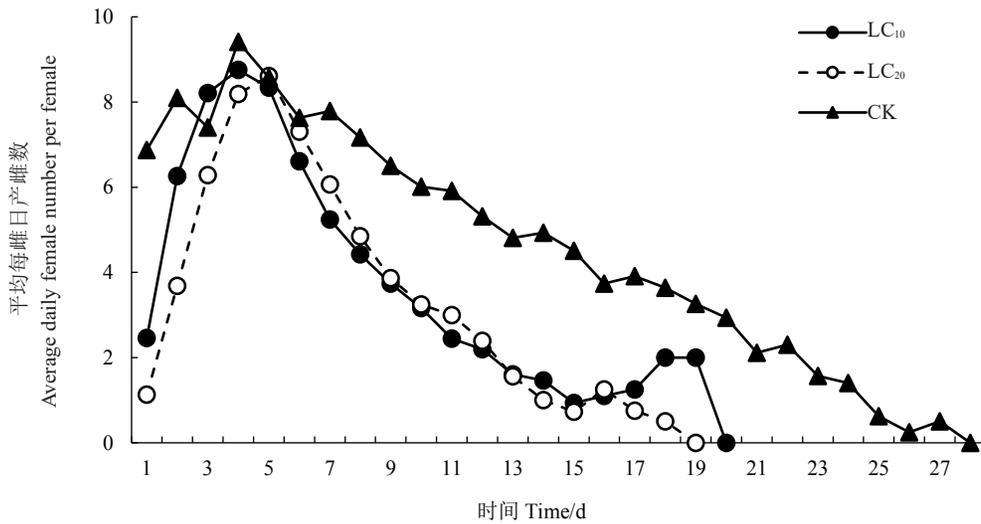


图5 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨成螨平均每雌日产雌数的影响

Fig. 5 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on the average daily female number per female of adults of *T. turkestanii*

短暂的回升,在18~19 d达到峰值,最终在20 d死亡。在联苯肼酯(LC₂₀)处理下,成螨在1~4 d时平均每雌日产雌数较CK有所下降,至5 d时略有上升,6 d略有下降。与联苯肼酯(LC₁₀)处理下相似,随后平均每雌日产雌数迅速减少,16 d平均每雌日产雌数略有回升,在19 d死亡,且除5 d外,其他生

长发育过程的相同阶段平均每雌日产雌数则始终低于CK。如图6所示,与CK相比,成螨经联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理后,在1~3 d的生长过程中,其存活率并没有太大的变化,随着时间的推移,总体呈先稳定后下降趋势,在4~8 d内的生长过程中,其存活率缓慢下降,然而自9 d开始,其存活率迅速下降

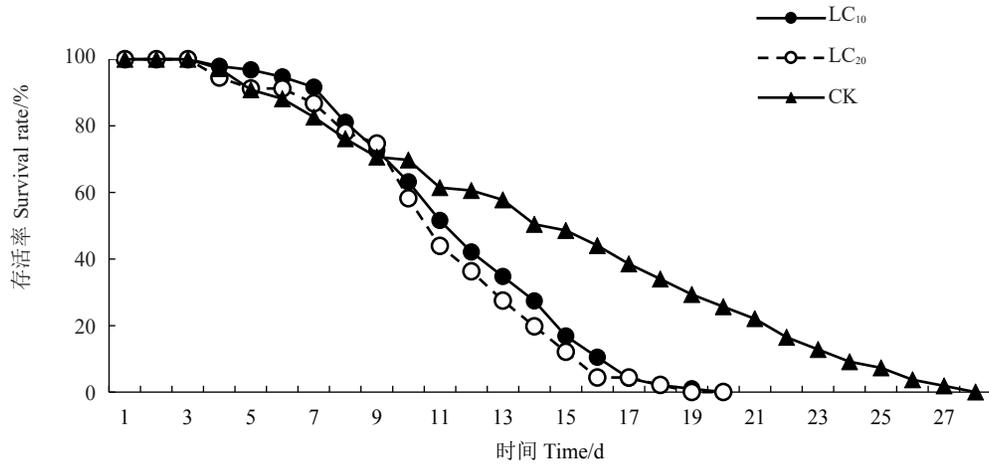


图6 施用联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)对土耳其斯坦叶螨成螨存活率的影响

Fig. 6 Effects of application of bifenazate (LC₁₀, LC₂₀) on survival rate of adults of *T. turkestanii*

直到死亡,且整个生育期内的存活时间也明显缩短。

3 讨论与结论

生命表相关参数可以直观反映出药剂针对害虫(螨类)试验种群的综合作用、长期影响以及整体效益^[25-26]。本试验结果表明,与CK相比,联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下成螨(土耳其斯坦叶螨)次代种群的内禀增长率则明显升高,而周限增长率并无明

显变化。与CK相比,联苯肼酯(LC₂₀)处理下卵(土耳其斯坦叶螨)种群的内禀增长率则明显升高,而联苯肼酯(LC₁₀)处理下的内禀增长率并无显著差异;联苯肼酯(LC₁₀、LC₂₀)处理下的周限增长率无明显变化。这与李定旭等^[27]和陶士强等^[28]研究结果存在一定差异。推测可能的原因包括药剂作用机制不同,不同的温、湿度的控制以及同种药剂不同剂量均可能造成处理试验结果出现偏差。

在施用亚致死浓度的药剂后,可以明显地延长叶螨发育周期。本试验结果表明,与CK相比,施用亚致死浓度的联苯肼酯后,成螨和卵(土耳其斯坦叶螨)的存活率和平均产卵量全部明显下降,而其次世代种群的发育期反而明显延长,谷清义等^[14]、赵向杰等^[15]的试验得出了类似的结论,表明某种程度上,亚致死浓度的联苯肼酯能使土耳其斯坦叶螨种群的生长速度减缓,进一步验证了该药剂在综合防治中的应用潜力。

在物种特征和环境因素的共同作用下,不同种群的存活曲线(Lx曲线)呈现不同的变化^[24]。有学者通过研究指出,与CK相比,施用亚致死浓度的农药后,成螨与卵(土耳其斯坦叶螨)的存活率与平均每雌日产雌数均有明显的下降^[14-15],笔者得出了类似的结论,表明某种程度上亚致死浓度的药剂不仅能减缓土耳其斯坦叶螨种群的生长速度,同时,亚致死效应在害虫综合防治中具有不可忽视的作用。

综上所述,笔者运用生命表技术结合多指标综合评估联苯肼酯对土耳其斯坦叶螨的亚致死效应。经LC₁₀、LC₂₀浓度的联苯肼酯处理后,土耳其斯坦叶螨成螨和卵的生物学寿命明显缩短,种群及其次代种群产卵量显著降低,种群发育历程有所延缓,内禀增长率和周限增长率不同程度提高。研究结果为科学合理选择环境友好且安全有效的药剂提供了理论依据,同时也为协调生物防治与化学防治、实现害螨的可持续控制及田间生态系统的可持续发展提供了指导依据。联苯肼酯具体的作用机制还有待深入探究,后续可从分子生物学层面明确相关基因和信号通路的变化。

参考文献

- 王慧英. 中国经济昆虫志,第二十三册,螨目 叶螨总科[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- 庞保平,周晓榕,史丽,等. 不同寄主植物对截形叶螨生长发育及繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2004, 47(1): 55-58.
- 吴明珠. 当前西瓜甜瓜育种主要动态及今后育种目标研讨[J]. 中国西瓜甜瓜, 2003, 16(3): 1-3.
- 沈琦,玛合巴丽·托乎塔尔汗,曹叶青,等. 甜瓜中矿物元素分布特征及其相关调控机制研究[J]. 核农学报, 2021, 35(10): 2305-2310.
- 吐尔逊·阿合买提,刘帅,阿尔孜姑丽·肉孜,等. 寄主植物和温度对截形叶螨生长发育及繁殖的影响[J]. 中国生物防治学报, 2024, 40(6): 1228-1236.
- 王常清,韩永金,曹进刚,等. 二斑叶螨雌成螨对高温胁迫的生理响应[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43(1): 181-190.
- 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.
- 张宣,刘雪莹,胡迪,等. 河西走廊棉田主要害虫发生动态及植物源杀虫剂防治技术[J]. 植物保护学报, 2021, 48(5): 1125-1138.
- 杨丽梅,宫亚军,胡彬. 15种药剂对二斑叶螨防治效果研究[J]. 蔬菜, 2019(4): 47-53.
- 王小军,包建红,张燕娜,等. 土耳其斯坦叶螨对杀螨剂的抗性选育及解毒酶活力变化[J]. 植物保护, 2017, 43(4): 70-75.
- STARK J D, TANJGOSHI L, BOUNFOUR M, et al. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1997, 37(3): 273-279.
- 韩文素,任承才,闫海燕,等. 氰氟虫腙对小菜蛾阿维菌素抗性和敏感种群的亚致死效应[J]. 昆虫学报, 2012, 55(6): 694-702.
- 辛天蓉,练涛,李雪儿,等. 亚致死浓度除虫脲对朱砂叶螨生长和繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 736-743.
- 谷清义,陈文博,王利军,等. 阿维菌素和哒螨灵亚致死剂量对土耳其斯坦叶螨实验种群生命表的影响[J]. 昆虫学报, 2010, 53(8): 876-883.
- 赵向杰,周浩然,刘倩,等. 乙唑螨腈和腈吡唑酯对山楂叶螨的亚致死效应[J]. 果树学报, 2023, 40(3): 547-555.
- 谷清义,陈文博,王利军,等. 螺螨酯对土耳其斯坦叶螨实验种群的亚致死效应[J]. 石河子大学学报, 2010, 28(6): 685-689.
- 王允场. 几种杀虫(螨)剂对巴氏钝绥螨的毒力及亚致死效应研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- PIRAMOON P, MOHAMMADZADEH A, MOHAMMADZADEH M, et al. Toxicity and sublethal effects of plant essential oils on life history and detoxification enzymes activity of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) [J]. Toxin Reviews, 2022, 41(4): 1191-1198.
- 陈文博,孙磊,杨涛,等. 土耳其斯坦叶螨对阿维菌素和哒螨灵抗性机理及抗性适合度研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 229-235.
- 杨振国,谢道燕,倪婧,等. 联苯肼酯药后对朱砂叶螨和二斑叶螨的产卵抑制作用及所产螨卵的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(10): 1692-1698.
- 雍小菊,张永强,丁伟. 东莪若内酯对朱砂叶螨实验种群的亚致死效应[J]. 昆虫学报, 2011, 54(12): 1377-1383.
- 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- BIRCH L C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population[J]. Journal of Animal Ecology, 1948, 17: 15-26.
- 赵志模. 生态学引论: 害虫综合防治的理论及应用[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984.
- WALTHALL W K, STARK J D. Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous rates of increase[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 1997, 16(5): 1068-1073.
- HANSEN F, FORBES V E, FORBES T L. Using elasticity analysis of demographic models to link toxicant effects on individuals to the population level: An example[J]. Functional Ecology, 1999, 13(2): 157-162.
- 李定旭,田娟,沈佐锐. 不同药剂对山楂叶螨的亚致死效应[J]. 植物保护学报, 2006, 33(2): 187-192.
- 陶士强,吴福安,程嘉翎. 杀螨剂“克螨特”亚致死剂量对朱砂叶螨实验种群生命参数的影响[J]. 蚕业科学, 2006, 32(3): 411-413.