

三唑锡亚致死浓度对土耳其斯坦叶螨运动速率的影响^{*}

刘 敏^{**} 李永涛 李 婷 苏 杰 段祥坤 王振辉 张建萍^{***}

(新疆石河子大学农学院, 石河子 832000)

摘 要 【目的】通过研究三唑锡亚致死浓度 LC_{10} 、 LC_{20} 及致死中浓度 LC_{50} 对土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* 运动速率的影响, 为杀螨剂对土耳其斯坦叶螨在行为学方面影响提供科学依据, 并将此作为评价药剂的作用机理的理论依据。【方法】采用叶片浸渍法, 明确致死中浓度和亚致死浓度, 使用 LC-100 昆虫行为记录仪对土耳其斯坦叶螨在受到三唑锡亚致死浓度 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} 刺激下其运动速率进行记录, 观察其运动速率在三唑锡不同浓度、不同天数、不同时间段的变化规律。【结果】在三唑锡不同亚致死浓度作用下, 第 1 天到第 3 天的 10:00—12:00, 其运动速率比对照低, 从第 3 天 10:00—12:00 期间到第 5 天 20:00—22:00 期间 其运动速率与对照没有显著性差异。在相同亚致死浓度作用下, 第 1 天 10:00—12:00 期间, 土耳其斯坦叶螨的运动速率显著高于 15:00—17:00 期间和 20:00—22:00 期间, 而在第 3 天和第 5 天的 3 个时间段, 对土耳其斯坦叶螨的运动速率没有显著影响。当作用的时段不同时, LC_{10} 第 1 天 10:00—12:00 显著高于第 3 天和第 5 天, 而 LC_{20} 、 LC_{50} 在 10:00—12:00 没有显著性差异。三种浓度的第 1 天 15:00—17:00 显著低于第 3 天和第 5 天。第 3 及第 5 天 20:00—22:00 没有显著性差异。【结论】 总体来看, 3 唑锡亚不同致死浓度对土耳其斯坦叶螨的运动速率影响受浓度、时间影响, 浓度越高土耳其斯坦叶螨运动速率越慢; 随着时间延长, 农药亚致死浓度对土耳其斯坦叶螨的运动速率基本没有影响。

关键词 三唑锡, 亚致死浓度, 土耳其斯坦叶螨, 昆虫行为记录仪, 运动速率

Effects of sub-lethal concentrations of Azocyclotin on the movement rates of *Tetranychus turkestanii* (Ugarov et Nikolskii)

LIU Min^{**} LI Yong-Tao LI Ting SU Jie DUAN Xiang-Kun
WANG Zhen-Hui ZHANG Jian-Ping^{***}

(College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract [Objectives] To provide a scientific basis for the influence of Acraicides on the behavior of *Tetranychus turkestanii*, and a theoretical basis for investigating the effect of sub-lethal (LC_{10} , LC_{20}), and lethal, concentrations (LC_{50}) of Azocyclotin on the movement rates of *T. turkestanii*. [Methods] The leaf immersion method was used to ascertain the median lethal concentration and sub-lethal concentrations of Azocyclotin. A tracksphere locomotion compensator with behavior recorder (Track Sphere LC-100) was used to record the movement rates of *T. turkestanii* following exposure to the different sub-lethal concentrations of Azocyclotin (LC_{10} , LC_{20} and LC_{50}). Differences in movement rates following exposure to different concentrations of Azocyclotin, on different days and during different time periods, were analyzed. [Results] The results show that exposure to sub-lethal concentrations of Azocyclotin reduced movement rates relative to the control between 10:00 and 12:00 on the first and third day post-exposure. However, rates of movement were not significantly different from the control between 10:00 and 12:00 and between 20:00 and 22:00 on the third and fifth day. Exposure to sub-lethal concentrations

* 资助项目 Supported projects: 公益性行业 (农业) 专项 (201103020); 国家“863”计划(2011AA100508); 国家棉花产业技术体系西北棉区病虫害综合防控 (CARS-18)

**第一作者 First author, E-mail: liumin__2007@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhjp_agr@shzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-03-19, 接受日期 Accepted: 2015-03-25

increased the movement rate of *T. turkestanii* on the first day between 10:00 and 12:00 compared to that between 15:00 and 17:00 and between 20:00 and 22:00. However, there was no significant difference in rate of movement during these three time periods on the third and fifth day. Exposure to the LC_{10} dosage significantly increased the movement rate of *T. turkestanii* between 10:00 and 12:00 on the first day compared to that during the same period on the third and fifth days. Nevertheless, no significant difference was found between animals treated with LC_{20} and LC_{50} . Exposure to all three sub-lethal concentrations significantly reduced movement rates between 15:00 and 17:00 on the third and fifth day. There was, however, no significant difference in movement rates between 20:00 and 22:00 on the third and fifth day. **[Conclusion]** The effects of sub-lethal concentrations of Azocyclotin on the movement rates of *T. turkestanii* depended on pesticide concentration and time elapsed since exposure to the pesticide. The higher the sub-lethal concentration of Azocyclotin, the slower the movement rate of *T. turkestanii*. However, this effect dissipated, and eventually became insignificant, over time.

Key words Azocyclotin, sublethal concentrations, *Tetranychus turkestanii*, Track Sphere LC-100, motion rate

土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarov *et* Nikolskii) 隶属于真螨目 (Acariformes) 叶螨科 (Tetranychidae) 叶螨属 (*Tetranychus*), 是一种世界性的重要害螨 (王慧芙等, 1981)。土耳其斯坦叶螨作为新疆棉花、玉米、果蔬的重要害螨, 严重影响了新疆农林业的发展 (谷清义等, 2010a; 李广云等, 2013)。有关土耳其斯坦叶螨的生物学、生态学、药剂防治和天敌等方面已有了大量的研究和报道 (Shi *et al.*, 2008; 谷清义等, 2010b; 袁辉霞等, 2012; Guo *et al.*, 2013)。

评价一种药剂的优劣, 不仅要研究该药剂对靶标的致死作用, 还要考虑一该药剂的亚致死效应 (Stark *et al.*, 1997)。亚致死剂量对昆虫 (螨) 在生态方面 (高海燕等, 2008)、生长发育和繁殖 (文吉辉等, 2008)、性信息素通讯系统 (杨智化和杜家纬, 2003; 徐广春等, 2011) 都有影响。而亚致死剂量对昆虫 (螨) 的行为方面影响鲜有报道。

三唑锡杀螨剂主要通过抑制神经组织信息传递, 使其麻痹死亡。其触杀性强, 对成、若螨、卵均有很高的活性, 残效期一般能维持 1 个月左右 (王洪祥和韩玲玲, 2010)。该药剂是目前使用较为广泛的杀螨剂。LC-100 昆虫行为记录仪目前主要用于害螨或昆虫对不同寄主植物的趋性行为 (Merijn *et al.*, 2004), 在农药对害螨或昆虫的影响未见研究报道。本研究利用 LC-100 昆虫行为记录仪记录三唑锡的亚致死剂量对土耳其斯坦叶螨成螨运动速率, 通过观察其运动速

率在不同浓度、不同天数、不同时间段的变化规律, 可研究三唑锡杀螨剂亚致死剂量做一年过后, 对土耳其斯坦叶螨运动行为的影响, 对进一步掌握三唑锡杀螨剂亚致死作用对土耳其斯坦叶螨的影响具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试土耳其斯坦叶螨

石河子大学农学院昆虫实验室饲养 120 代以上的土耳其斯坦叶螨敏感种群。

1.2 供试药剂

20%三唑锡乳油产于浙江华兴化学农药有限公司。

1.3 试验仪器

试验所用仪器包括 LC-100 昆虫行为记录仪 (Track Sphere LC-100, SYNTECH, Kirchzarten, Germany)、光照度计 (GM1010, 深圳市聚茂源科技)、温度和湿度测量仪 (HC-02, 杭州洪昌科技有限公司)。

1.4 试验方法

1.4.1 三唑锡乳油亚致死浓度的确定 成螨采用 FAO (1980) 推荐的玻片浸渍法进行测定, 将药剂稀释为 6 个浓度梯度, 三唑锡依次为 400.00、285.71、200.00、133.33、100.00 和 66.67 mg/L。将试虫在各药剂浓度中浸渍 5 s 后取出, 用滤纸吸干多余药液, 放在型号为 FLI-2000H 的新型光

照培养箱中, 药剂处理 24 h 后统计成螨的死亡数; 以清水对照, 每处理 3 个重复。所有结果均用 Abbott 公式校正后, 计算相应的 LC_{50} 、 LC_{20} 和 LC_{10} 值。

1.4.2 LC-100 昆虫行为记录仪的使用 使用 LC-100 昆虫行为记录仪, 需要对其进行调试, 选择增益 $G=12\text{ db}$, 滤波器 $F=0.1$, 并将显微镜观察调至 2×10 处。由于供试的土耳其斯坦叶螨体色为黄绿色, 则试验中是选择浅色浮动球进行观察。

1.4.3 土耳其斯坦叶螨在三唑锡亚致死浓度影响下运动速率的测定 选择活动能力较强的雌成螨, 用小毛笔将其挑入新鲜干净的豆叶中, 20 min 后, 采用叶片浸渍法将带有雌成螨的豆叶浸入三唑锡的亚致死剂量, 浸渍 5 s 后取出, 用滤纸吸干多余药液。再将雌成螨挑下放在干净的滤纸上, 待其运动时, 将其挑放在浮动球中间, 观察 1 min 后, 开始记录 5 min 内该成螨的运动速率。待 5 min 速率记录完成后, 将其挑下放入叶碟中, 叶碟分为 4 个小室, 并将每个小室编号, 一个叶碟放入 4 头雌成螨后, 将叶碟放入光照培养箱中, 光照强度、温度和湿度分别设定为 3 000 lx、 (28 ± 0.5) 和 60%。三唑锡的亚致死浓度 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} 分别进行试验, 一个处理雌成螨 10~16 头, 每个处理重复 3 次, 以清水处理为对照, 分别观察第 1、3 和 5 d 的 10:00—12:00 (新疆早上时间)、15:00—17:00 (新疆中午时间) 和 20:00—22:00 (新疆晚上时间) 并记录数据。

1.5 数据分析

利用 Microsoft Office Excel 2007 和

SPSS17.0 对数据进行单因素方差分析和 Duncan's 多重比较法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 三唑锡乳油对土耳其斯坦叶螨的亚致死浓度

通过三唑锡乳油 6 个浓度梯度作用下的土耳其斯坦叶螨的死亡率建立独立回归方程, 见表 1, 然后计算出 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} , 三唑锡亚致死剂量 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} 的值分别为 80.11、112.72 和 216.66 mg/L。

2.2 土耳其斯坦叶螨在三唑锡不同亚致死浓度下的运动速率动态变化

在三唑锡 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} 分别作用 1 d 后 (图 1), 土耳其斯坦叶螨雌成螨的运动速率表现为: 在 10:00—12:00 时, 致死中浓度(LC_{50})和两个亚致死浓度 (LC_{20} 和 LC_{10}) 与对照 (CK) 之间动态差异显著, 运动速率有所降低, 但 LC_{10} 降低程度较少, 而 LC_{20} 和 LC_{50} 的浓度处理土耳其斯坦叶螨雌成螨的运动速率降低程度较大, 但两者之间差异不显著。3 个药剂处理 1 d 后 15:00—17:00 时, 比对照运动速率显著降低, 降低程度超过 10:00—12:00 时, 但 3 处理间差异不显著。3 个药剂处理 1 d 后 20:00—22:00 时, 与 15:00—17:00 时相同, 比对照运动速率显著降低, 降低程度超过 10:00—12:00, 但 3 处理间差异不显著。土耳其斯坦叶螨雌成螨在三唑锡 LC_{10} 、 LC_{20} 和 LC_{50} 分别作用 3 d 后运动速率见图 2, 10:00—12:00 时 LC_{10} 处理与对照没有显著差异, 但 LC_{20} 和 LC_{50} 的浓度处理叶螨运动速率比对照有所降低, 但两者之间差异不显著。15:00—17:00 时和 20:00—22:00 时几个处理间差

表 1 三唑锡对土耳其斯坦叶螨成螨的亚致死浓度
Table 1 The sublethal concentrations of Azocyclotin to adults of *Tetranychus turkestani*

药剂 Insecticide	毒力方程 LD-P line	相关系数 Correlation coefficient	LC_{50} (mg /L) (95% CL)	LC_{20} (mg/L) (95% CL)	LC_{10} (mg/L) (95% CL)
三唑锡 Azocyclotin	$y= - 6.927+2.966x$	0.995	216.659 (196.037- 241.287)	112.719 (95.101- 128.169)	80.105 (63.179- 94.965)

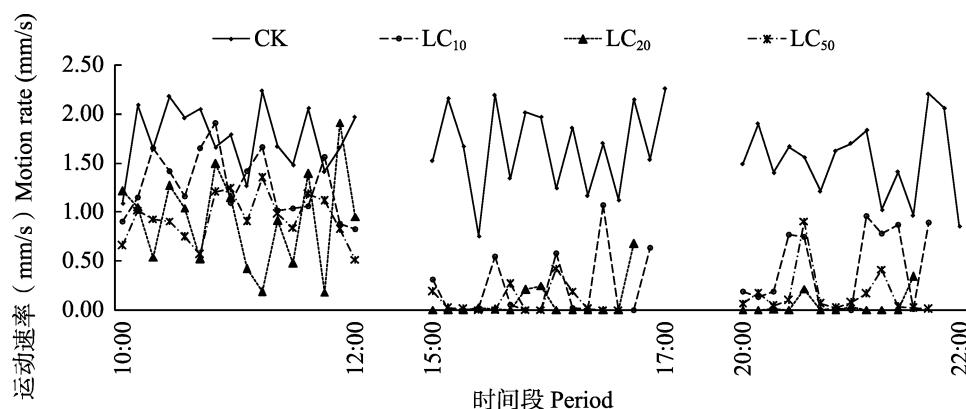


图 1 土耳其斯坦叶螨在三唑锡亚致死浓度处理后第 1 天不同时间段中的运动速率

Fig. 1 The rates of movement of the *Tetranychus turkestanii* under the effect of Azocyclotin with the different sub-lethal concentrations on three periods of the first day

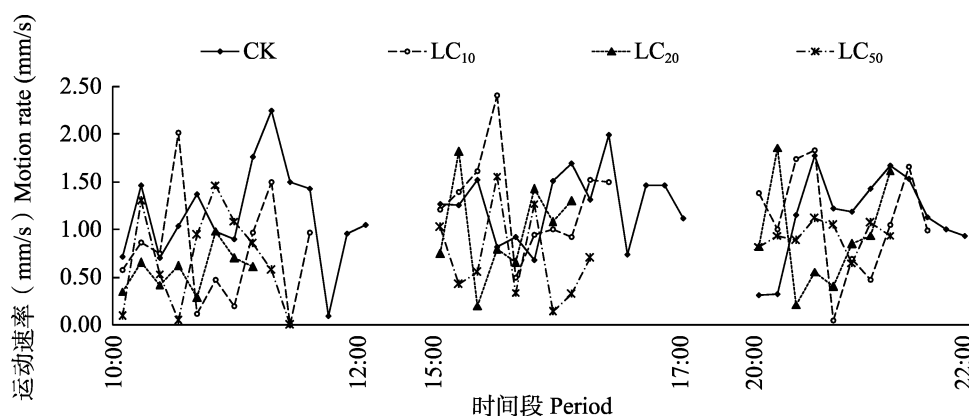


图 2 土耳其斯坦叶螨在三唑锡亚致死浓度处理后第 3 天不同时间段中的运动速率

Fig. 2 The rate of movement of the *Tetranychus turkestanii* under the effect of Azocyclotin with the different sub-lethal concentrations on three periods of the third day

异不显著。土耳其斯坦叶螨雌成螨在三唑锡 LC₁₀、LC₂₀ 和 LC₅₀ 分别作用 5 d 后运动速率见图 3, 几个浓度与处理之间 3 个时间段运动速率均没有显著性差异。

2.4 土耳其斯坦叶螨在三唑锡亚致死浓度下的平均运动速率

由表 2 可知, 土耳其斯坦叶螨在三唑锡的不同亚致死浓度处理在早上 (10:00—12:00) 期间, 3 种浓度的平均运动速率在第 1 天、第 3 天和第 5 天均低于 CK。LC₁₀ 在第 1 天均高于 LC₂₀ 和 LC₅₀, LC₂₀ 和 LC₅₀ 没有显著性差异。第 5 天, 3 种浓度之间没有显著性差异。

在中午 (15:00—17:00), 3 种浓度处理下, 土耳其斯坦叶螨的平均运动速率在第 1 天均显

著低于 CK。LC₁₀ 处理的第 1 天、第 3 天和第 5 天均高于 LC₂₀ 和 LC₅₀。LC₂₀ 和 LC₅₀ 在第 1 天、第 3 天和第 5 天没有显著性差异。3 种浓度在第 5 天与 CK 均没有显著性差异。

在晚上 (20:00—22:00), 3 种浓度处理下, 土耳其斯坦叶螨的平均运动速率在第 1 天均显著低于 CK。3 种浓度处理的叶螨在第 3 天运动速率与 CK 均没有显著性差异。LC₁₀ 第 1 天和第 3 天均高于 LC₂₀、LC₅₀。LC₁₀ 的第 5 天运动速率低于 CK、LC₂₀ 和 LC₅₀。

由表 2 可知, 在 LC₁₀ 作用下, 10:00—12:00, 土耳其斯坦叶螨第 1 天的运动速率显著高于第 3 天和第 5 天。而第 3 天与第 5 天没有显著差异。15:00—17:00, 第 1 天的运动速率显著低于第 3

天和第 5 天, 第 3 天和第 5 天没有显著差异。
20:00—22:00, 第 1 天与第 5 天没有显著差异,
第 3 天显著高于第 1 天和第 5 天。

在 LC_{20} 作用下, 10:00—12:00, 土耳其斯坦
叶螨第 1 天的运动均高于第 3 天和第 5 天, 第 1
天和第 5 天没有显著性差异。15:00—17:00, 第

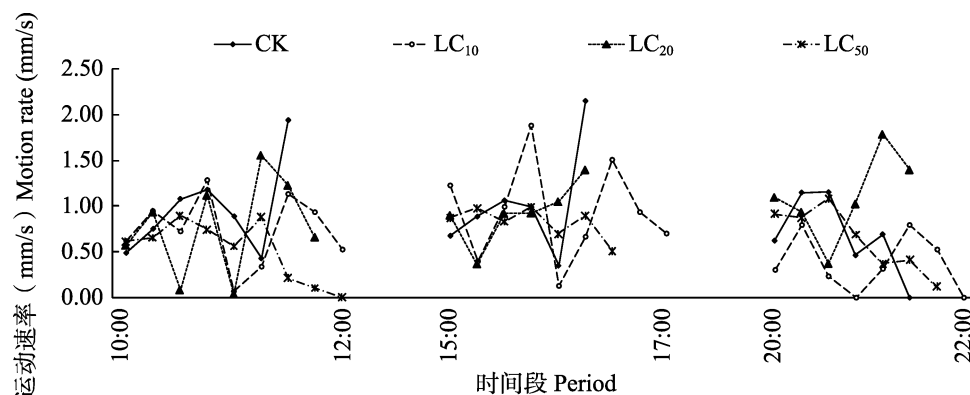


图 3 土耳其斯坦叶螨在三唑锡亚致死浓度处理后第 5 天不同时间段中的运动速率

Fig. 3 The rate of movement of the *Tetranychus turkestani* under the effect of Azocyclotin with the different sub-lethal concentrations on different periods of the fifth day

表 2 土耳其斯坦叶螨在三唑锡的不同亚致死浓度下的平均运动速率

Table 2 The average rate of movement about the *Tetranychus turkestani* under the effects of Azocyclotin with the different sub-lethal concentrations

时间段 Periods	天数 Days	浓度 Concentrations			
		CK	LC_{10}	LC_{20}	LC_{50}
10 : 00—12 : 00	第 1 天 1st day	1.76±0.11 A a	1.29±0.10 A b	0.92±0.09 A c	0.93±0.12 A c
	第 3 天 3rd day	1.19±0.12 B a	0.81±0.16 B ab	0.55±0.11 B b	0.73±1.18 A b
	第 5 天 5th day	0.91±0.13 B a	0.77±0.14 B a	0.78±0.17 AB a	0.60±0.16 A a
15 : 0+0—17 : 00	第 1 天 1st day	1.66±0.12 A a	0.19±0.08 B b	0.07±0.04 B b	0.08±0.04 B b
	第 3 天 3rd day	1.26±0.13 AB a	1.31±0.21 A a	0.98±0.17 A ab	0.71±0.17 A b
	第 5 天 5th day	0.88±0.14 B a	0.99±0.20 A a	0.89±0.17 A a	0.85±0.17 A a
20 : 00—22 : 00	第 1 天 1st day	1.53±0.11 A a	0.39±0.12 B b	0.04±0.03 B c	0.17±0.08 B bc
	第 3 天 3rd day	1.17±0.15 AB a	1.14±0.18 A a	0.88±0.19 A a	0.93±0.18 A a
	第 5 天 5th day	0.77±0.14 B ab	0.40±0.12 B b	1.01±0.19 A a	0.70±0.16 A ab

表中数据为平均值±标准误。同一行数据后标有相同小写字母是表示同一天、相同时间段的不同浓度间的显著性不显著。同一列数据后标有相同大写字母是同一浓度、同一时间段、不同天数之间的显著性不显著。所有数据经 Duncan's 多重比较差异显著性 ($P > 0.05$)。

The data in the table are mean±SE, and followed by the same small letters indicate no significant difference comparison of the same day, same period and different concentrations in the same row, while followed by the same capital letters indicate no significant difference comparison of the same concentration, same period and different days in the same column at the 0.05 level by Duncan's multiple range test.

1 天的运动速率显著低于第 3 天和第 5 天,第 3 天和第 5 天没有显著性差异。20:00—22:00,第 1 天的运动速率显著低于第 3 天和第 5 天,第 5 天高于第 3 天。

在 LC_{50} 作用下,10:00—12:00,土耳其斯坦叶螨第 1 天的运动均高于第 3 天和第 5 天,第 3 天和第 5 天没有显著性差异。15:00—17:00,第 1 天的运动速率显著低于第 3 天和第 5 天,第 5 天略高于第 3 天,没有显著性差异。20:00—22:00,第 1 天的运动速率显著低于第 3 天和第 5 天,第 3 天略高于第 5 天,但两者之间没有显著性差异。

3 讨论

随着对农药的不断研究,在药效评价多是以死亡率来评价,实际在药剂处理后或较低浓度药剂处理(即亚致死剂量),未死亡的叶螨或昆虫生长发育也受很大的影响,也是抗药性形成的重要机理(谷清义,2010b)。关于农药对害虫亚致死影响的研究已成为生产上评价农药使用技术和揭示害虫种群猖獗机制一个新的热点问题(吴进才,2011)。

国内外对于昆虫(螨)行为学研究的技术也有较多的报道。在昆虫行为研究中,风洞技术是一个非常重要的实验手段,周弘春和杜家纬(2001)及李静静等(2014)对风洞技术的具体操作步骤做了详细的报道。张辉洁等(2012)用四臂嗅觉仪观测家蚕 *Bombyx mori* 对非桑科植物的选择行为。田厚军等(2011)和忻伟隆等(2013)对触角电位仪在昆虫对化学气味物质的反应活性和敏感性进行研究。在昆虫行为学的研究中,昆虫雷达因能无干扰地远距离探测到自然状态下昆虫自由飞行行为,已被广泛用于昆虫高空远距离迁飞和近地飞行行为研究(封洪强,2011)。Wang 等(2013)利用 LC-100 昆虫行为记录仪研究了在不同光强和波长情况下对东亚小花蝽 *Orius sauteri* 的繁殖和活动的的影响。

本研究利用 LC-100 昆虫行为记录仪记录三唑锡杀螨剂的亚致死浓度对土耳其斯坦叶螨成

螨运动速率,研究结果说明了三唑锡亚不同致死浓度对土耳其斯坦叶螨的运动速率影响不同,浓度越高土耳其斯坦叶螨运动速率越慢。在不同亚致死浓度的作用下,土耳其斯坦叶螨在第 1 天的运动速率都比对照显著降低,在第 3 天速率有所提升,到第 5 天其运动速率和对照没有显著性差异。通过观察其运动速率在不同浓度、不同天数、不同时间段的变化规律,可直观的看出在受到三唑锡亚致死剂量的刺激后土耳其斯坦叶螨运动速率是有变化的,并且其在 5 d 内速率是开始降低,然后又逐渐提高的,说明在土耳其斯坦叶螨受到三唑锡亚致死剂量作用下,叶螨在 5 d 内,体内有一个解毒的过程以及螨有个适应过程,逐渐恢复运动能力。这样就可以从行为学方面来研究害虫在抗药性产生的过程中的活动能力的变化,为杀螨剂对土耳其斯坦叶螨在行为学方面提供科学依据,并将此作为评价药剂的标准提供一定的理论依据。

参考文献 (References)

- FAO, 1980. Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. *FAO Plant Production and Protection Paper 21 Rome*, 49–54.
- Feng HQ, 2011. Applications of radar in entomological research. *Plant Protection*, 37(5): 1–13. [封洪强, 2011. 雷达在昆虫学研究中的应用. *植物保护*, 37(5): 1–13.]
- Gao HY, Wang J, Zhu JS, Qiao XW, 2008. Sublethal effects of Emamectin benzoate on food utilization of *Bombyx mori* larvae. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 10(3): 297–302. [高海燕, 王静, 朱九生, 乔雄梧, 2008. 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕食物利用的影响. *农药学报*, 10(3): 297–302.]
- Gu QY, Chen WB, Wang LJ, Jiao XD, Zhang JP, 2010a. Sublethal effects of Spirodiclofen on *Tetranychus turkestanii* population in lab. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 28(6): 685–689. [谷清义, 陈文博, 王利军, 焦旭东, 张建萍, 2010a. 螺螨酯对土耳其斯坦叶螨实验种群的亚致死效应. *石河子大学学报(自然科学版)*, 28(6): 685–689.]
- Gu QY, Chen WB, Wang LJ, Shen J, Zhang JP, 2010b. Effects of sublethal doses of Avermectin and Pyridaben on life table of laboratory populations of *Tetranychus turkestanii* (Acari: Tetranychidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(8): 876–883. [谷清义, 陈文博, 王利军, 申君, 张建萍, 2010b. 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.]

- 昆虫学报, 53(8): 876–883.]
- Guo XJ, 2005. Azocyclotin acaricide product registration steadily. *Agrochemical New Century*, 1(4): 22–23. [过成吉, 2005. 三唑锡杀螨剂产品登记稳步推进. 农化新世纪, 1(4): 22–23.]
- Guo YL, Jiao XD, Xu JJ, Yang S, Duan XK, Zhang JP, 2013. Growth and reproduction of *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus* (Acari: Tetranychidae) on cotton and corn. *Systematic & Applied Acarology*, 18(1): 89–98.
- Li JJ, Huang CH, Zhou L, Yan FM, 2014. The windtunnel technique. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(2): 591–596. [李静静, 黄翠虹, 周琳, 闫凤鸣, 2014. 风洞技术. 应用昆虫学报, 51(2): 591–596.]
- Li GY, Li HQ, Guo YL, Yang SH, Li JJ, Xia W, Zhang JP, 2013. Effect of transgenic cotton on life table parameters of *Tetranychus turkestanii*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 376–381. [李广云, 李海强, 郭艳兰, 杨帅, 李晶晶, 夏伟, 张建萍, 2013. 转基因棉对土耳其斯坦叶螨生命参数的影响. 应用昆虫学报, 50(2): 376–381.]
- Merijn VT, Maurice WS, Peter R, 2004. State-dependent and odour-mediated anemotactic responses of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* in a wind tunnel. *Experimental and Applied Acarology*, 32(4): 263–270.
- Shi WB, Zhang LL, Feng MG, 2008. Field trials of four formulations of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisoplae* for control of cotton spider mites (Acari: Tetranychidae) in the Tarim Basin of China. *Biological Control*, 45(1): 48–55.
- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A, 1997. Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pestiodes. *Ecotoxicol. Environ. Safe*, 37(3): 273–279.
- Tian HJ, Chen YX, Huang YQ, 2011. Advances in electroantennogram (EAG) technique of insect. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 26(5): 907–910. [田厚军, 陈艺欣, 黄玉清, 2011. 昆虫触角电位技术的研究进展. 福建农业学报, 26(5): 907–910.]
- Wang HF, 1981. China Economic Insect Fauna (Article 23). Beijing: Science Press. 125–126. [王慧英, 1981. 中国经济昆虫志(第 23 册). 北京: 科学出版社. 125–126.]
- Wang HX, Han LL, 2000. Azocyclotin determination of security on citrus. *Plant Protection*, 26(5): 37–38. [王洪祥, 韩玲玲, 2000. 三唑锡对柑桔安全性的测定. 植物保护, 26(5): 37–38.]
- Wu JC, 2011. Mechanisms on pesticide-induced resurgence of pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 799–803. [吴进才, 2011. 农药诱导害虫再猖獗机制. 应用昆虫学报, 48(4): 799–803.]
- Wen JH, Hou ML, Lu W, Li JW, 2008. Bioactivities of sublethal dosages of Azadirachtin on laboratory populations of sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 24(1): 16–21. [文吉辉, 侯茂林, 卢伟, 黎家文, 2008. 印楝素亚致死浓度对烟粉虱实验种群的生物活性. 中国生物防治, 24(1): 16–21.]
- Wang S, Tan XL, Michaud JP, Zhang F, Guo X, 2013. Light intensity and wavelength influence development, reproduction and locomotor activity in the predatory flower bug *Orius sauteri* (Poppus) (Hemiptera: Anthocoridae). *BioControl*, 58(5): 667–674.
- Xin WL, Jiang ZHK, Lu PY, Liao SL, Wang ZD, 2013. Electroantennogram technique and its application in mosquito attractant and repellent research. *Chin. J. Hyg. Insect & Equip.*, 19(2): 162–165. [忻伟隆, 姜志宽, 卢平英, 廖圣良, 王宗德, 2013. 触角电位技术及其在蚊虫引诱与驱避研究中的应用. 中华卫生杀虫药械, 19(2): 162–165.]
- Xu GC, Gu ZHY, Xu DJ, Xu XL, 2011. Effects of sublethal dose of chlorpyrifos on the virulence and productivity of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Homoptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(6): 680–686. [徐广春, 顾中言, 徐德进, 许小龙, 2011. 毒死蜱亚致死剂量对灰飞虱致害性和繁殖力的影响. 昆虫学报, 54(6): 680–686.]
- Yang ZH, Du JW, 2003. Sublethal effects of two insecticides on the chemical communication system of *Ostrinis furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 30(2): 181–186. [杨智化, 杜家纬, 2003. 两种亚致死量的农药对亚洲玉米螟化学通讯系统的干扰作用. 植物保护学报, 30(2): 181–186.]
- Yuan HX, Li Q, Yang S, Zhao YY, Guo YL, Zhang JP, 2012. Effects of cotton cultivars on the population dynamics and population parameters of *Tetranychus turkestanii*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(4): 923–931. [袁辉霞, 李庆, 杨帅, 赵伊英, 郭艳兰, 张建萍, 2012. 不同棉花品种对土耳其斯坦叶螨的种群动态和种群参数的影响. 应用昆虫学报, 49(4): 923–931.]
- Zhou HC, Du JW, 2001. Wind tunnel technique in the study of insect chemical communication. *Entomological Knowledge*, 38(4): 267–272. [周弘春, 杜家纬, 2001. 风洞技术在昆虫化学通讯研究中的应用. 昆虫知识, 38(4): 267–272.]
- Zhang HJ, Sun LN, Yang CY, Xiao QY, 2012. An observation on food selection behavior of silkworm larvae to non-moraceae plants with four-arm olfactometer. *Science of Sericulture*, 38(1): 74–81. [张辉洁, 孙乐娜, 杨承远, 夏庆友, 2012. 用四臂嗅觉仪观测家蚕对非桑科植物的选择行为. 蚕业科学, 38(1): 74–81.]