

毒死蜱亚致死剂量对朱砂叶螨实验种群动态的影响*

陶士强¹ 吴福安^{2**}

(¹ 江苏科技大学生物技术学院, 镇江 212018; ² 中国农业科学院蚕业研究所, 镇江 212018)

【摘要】 采用 Jackknife 统计推断技术和生存分析 Wilcoxon (Gehan) 技术, 对寄主为桑树的朱砂叶螨种群水平上的亚致死效应进行了研究. 结果表明, 在 30 °C ± 1 °C、RH (70 ± 15)%、16L: 8D 条件下, 朱砂叶螨卵受毒死蜱亚致死剂量 LC₃₅ 处理后, 雌成螨寿命、子代卵孵化率、性比与对照组无显著差异, 而处理组每雌总产卵量 (42.37 ± 2.270) 显著低于对照组 (52.50 ± 2.433); 处理组内禀增长率 (0.3279 ± 0.0033) 显著低于对照组 (0.3717 ± 0.0043).

关键词 毒死蜱 亚致死效应 朱砂叶螨 刀切法

文章编号 1001-9332(2006)07-1351-03 **中图分类号** Q145+.1 **文献标识码** A

Sublethal effect of chlorpyrifos on the dynamics of experimental *Tetranychus cinnabarinus* population. TAO Shiqiang¹, WU Fuan² (¹ College of Biotechnology, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212018, China; ² Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Zhenjiang 212018, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(7): 1351 ~ 1353.

By using Jackknife technique and Wilcoxon (Gehan) statistic method, the LC₃₅ sublethal effect of chlorpyrifos on the population dynamics of *Tetranychus cinnabarinus* was studied in laboratory. The results showed that under the conditions of 30 °C ± 1 °C, (70 ± 15)% RH and a photoperiod of 16L: 8D, there were no significant differences in the longevity of female adult, F1 hatchability, and sex ratio of *T. cinnabarinus* between chlorpyrifos treatment and the control, but the total oviposition (42.37 ± 2.270) and the intrinsic rate of increase (0.3279 ± 0.0033) in chlorpyrifos treatment were significantly lower than those (52.50 ± 2.433 and 0.3717 ± 0.0043, respectively) in the control.

Key words Chlorpyrifos, Sublethal effect, *Tetranychus cinnabarinus*, Jackknife.

1 引言

朱砂叶螨 (*Tetranychus cinnabarinus*) 是世界广泛分布的重要害螨, 寄主超过包括桑树在内的 120 种以上经济作物及草类^[5]. 近年来, 朱砂叶螨已从桑树次要害虫演变为主要害虫之一, 给养蚕业带来了严重损失. 毒死蜱 (Chlorpyrifos) 为替代甲胺磷防治桑园鳞翅目害虫的主要农药品种之一^[20], 能兼治叶螨. 有关该药对朱砂叶螨的防治尚未见报道. 随着人们环境意识的加强, 使用亚致死剂量来评价农药防治效果日益受到研究者的关注^[14-16, 21]. 生命表技术可以从种群水平上分析种群动态规律^[8, 12, 19, 22], 阐明杀虫剂对昆虫的亚致死效应^[3, 7, 13]. 本文应用生殖力生命表的 Jackknife 统计推断技术并结合生存分析, 研究了毒死蜱亚致死剂量处理朱砂叶螨卵对其种群动态的影响, 旨在为毒死蜱在桑园害虫化学防治中的科学、合理使用提供理论基础.

2 材料与方法

2.1 供试材料

朱砂叶螨敏感品系由西南农业大学提供^[4], 2004 年引回本研究室, 饲养在离体桑叶上, 桑树生长季节从未用药剂的实验桑园里采回湖桑 32 号第 3 叶位桑叶, 冬季用室内盆栽桑树第 3 叶位桑叶, 已用桑叶饲养 20 代以上; 供试桑树品种为湖桑 7 号 (中国农业科学院蚕业研究所提供, 树龄 5 年,

常规栽培管理); 40% 毒死蜱乳油由江苏省东台市农药厂提供; 光照培养箱为 LRH-250-G 型, 广东省医疗器械厂生产, 温差 ± 1 °C.

2.2 亚致死浓度测定

选供试桑树第 3 叶位的桑叶, 挑取处于第 3 静止期的后若螨和雄成螨置于叶背, 待雌成螨产卵后, 取间隔 2 h 内产的卵供实验使用. 将 40% 毒死蜱乳油配成 5 个不同浓度 (400、133、80 和 57、44 mg · L⁻¹), 将有卵的桑叶用不同浓度毒死蜱乳油及蒸馏水 (对照) 处理 5 s 后取出, 置于 30 °C ± 1 °C、RH (70 ± 15)%、16L: 8D 的光照培养箱中孵化, 每处理 3 次重复. 第 5 天调查孵化幼螨头数, 采用 Bliss 方法, 计算 LC₃₅.

2.3 生命表构建与分析

将有朱砂叶螨卵 (2 h 内产) 的桑叶, 用 LC₃₅ 剂量 (57.54 mg · L⁻¹) 和蒸馏水 (对照) 各处理 5 s, 待卵发育至成螨后, 每雌螨接一头雄成螨, 观察记录雌螨每天产卵量直至死亡为止, 收集每天产的卵, 确定卵的孵化率和子代的性比. 生命表构建与分析方法参照 Birch^[2] 和陶士强等^[18] 的方法. 应用 Jackknife 统计推断技术计算生命表综合参数的变异程度^[10, 11, 17]. 设 x 为以 1 d 为单位时间间隔, l_x 表示任一个体

* 国家“十五”科技攻关项目 (2001BA502B01) 和中国科学院青年科学基金资助项目 (SP200503).

** 通讯联系人. E-mail: fuword@126.com
2005-06-21 收稿, 2006-05-08 接受.

在 x 期间得以存活概率, m_x 是在 x 期间平均每头雌螨的产卵数. 由公式 $\sum e^{-mx} l_x m_x = 1$ 采用精确算法求出精确 r_m , 净增殖率 $R_0 = \sum l_x \times m_x$, 种群倍增时间 $DT = \ln(2)/r_m$, 周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$, 世代平均周期 $T = \ln(R_0)/r_m$.

2.4 生存分布比较

参照 Lee^[6] 和陶士强等^[17] 的方法, 构建存活率表, 用 Gehan 的广义 Wilcoxon 方法检验对照与处理的生存分布差异显著性. 生存分布数据比较采用 SPSS 12.0 软件处理.

3 结果与分析

3.1 亚致死浓度的测定

根据朱砂叶螨卵孵化率与毒死蜱亚致死浓度数值之间的关系, 得出的毒力曲线为 $y = -5.15 + 2.70 \lg x$, 计算得到毒死蜱对朱砂叶螨卵死亡的 LC_{35} 剂量为 $57.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

3.2 雌成螨的产卵量、寿命、卵孵化率和性比变化

毒死蜱亚致死剂量处理后, 朱砂叶螨雌成螨的产卵量、寿命、卵孵化率和性比结果见表 1. 对照组每雌螨总产卵量为 (52.50 ± 2.43) 颗, 处理组每雌螨总产卵量为 (42.37 ± 2.27) 颗, 两者差异显著. 每天的产卵量分布见图 1. 图 1 表明, 朱砂叶螨卵经亚致死剂量 LC_{35} 处理后, 发育至成螨, 每雌螨总产卵量明显降低, 产卵峰值低于对照组.

雌成螨寿命对照组为 (17.57 ± 0.38) d, 处理组为 (17.50 ± 0.38) d, 两者差异不显著. 而且生存分布经 Wilcoxon (Gehan) 方法检验, 差异也不显著. 子代卵孵化率和性比对照组和处理组之间差异也不显著 (表 1).

3.3 朱砂叶螨种群的动态变化

表 2 为应用 Jackknife 技术统计两个生殖力生命表的综

表 1 毒死蜱亚致死剂量对朱砂叶螨雌成螨的产卵量、寿命、卵孵化率和性比的影响

Table 1 Impacts of chlorpyrifos on total fecundity per female adult, longevity, F_1 hatchability, sex ratio of *T. cinnabarinus*

处理 Treatment	每雌总产卵量 Total fecundity per female adult	雌成螨寿命 Longevity of female adult	子代卵孵化率 F_1 hatchability (%)	性比 Sex ratio
对照 CK	52.50 ± 2.433^a	17.57 ± 0.383^a	96.44 ± 0.856^a	0.847 ± 0.013^a
处理 LC_{35}	42.37 ± 2.270^b	17.50 ± 0.377^a	96.97 ± 0.705^a	0.855 ± 0.012^a

相同字母表示处理间差异不显著 ($P > 0.05$) Data followed by the same letters meant no significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

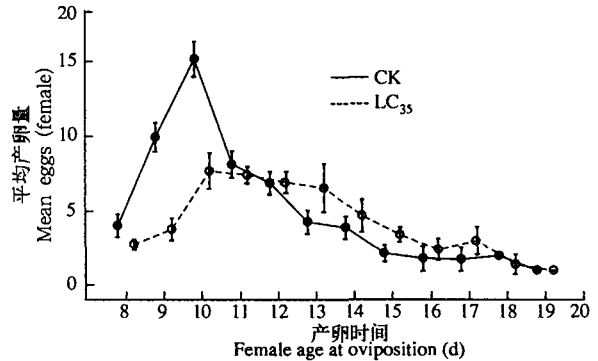


图 1 毒死蜱亚致死剂量对朱砂叶螨雌成螨每日产卵量的影响
Fig. 1 Impacts of chlorpyrifos on mean eggs by female adult.

合参数. 从表 2 可以看出, 对照组的内禀增长率为 0.3717 ± 0.0043 , 处理组的内禀增长率为 0.3279 ± 0.0033 , 两者差异显著, 表明朱砂叶螨卵经亚致死剂量 LC_{35} 处理后, 种群内禀增长率显著低于对照组. 处理组的净增殖率、世代平均周期、周限增长率、种群倍增时间与对照也有显著差异.

表 2 毒死蜱亚致死剂量处理后朱砂叶螨的种群生命参数
Table 2 Life table parameters of *T. cinnabarinus* treated by of chlorpyrifos

处理 Treatment	内禀增长率 Intrinsic rate of increase	净增殖率 Net reproductive rate	世代平均周期 Mean generation time	周限增长率 Finite rate of increase	种群倍增时间 Doubling time
对照 CK	0.3717 ± 0.0043^a	44.4675 ± 2.0607^a	10.2112 ± 0.0587^a	1.4502 ± 0.0062^a	1.8644 ± 0.0213^a
处理 LC_{35}	0.3279 ± 0.0033^b	36.2242 ± 1.9408^b	10.9509 ± 0.1212^b	1.3881 ± 0.0046^b	2.1135 ± 0.0211^b

4 讨论

昆虫内禀增长率 (r_m) 是反映昆虫与所处环境之间相互关系的一个综合指标. 传统的生命表统计方法根据种群出生率和死亡率综合计算 r_m 而无法计算其变异程度, 为此, Meyer 等^[11] 和 Maia 等^[10] 利用 Jackknife 原理, 提出了计算 r_m 及其变异的方法, 使其适用于不同种群生命表参数的比较.

生物在吸收有毒物质后, 个体生长发育的一部分能量要用于解毒, 会导致生物体寿命、产卵能力等的变化^[1]. 本研究表明, 毒死蜱亚致死剂量 LC_{35} 处理朱砂叶螨卵, 对朱砂叶螨生殖力有明显的抑制作用, 而对其寿命、生存分布、子代卵孵化率和性比影响不显著, 表明药剂处理朱砂叶螨卵后, 成螨产卵量减少, 繁殖力下降. 在种群水平上, 种群的内禀增长率、净增殖率、世代平均周期和周限增长率显著下降, 种群倍

增时间延长.

亚致死剂量杀虫剂对朱砂叶螨生殖力也有明显的抑制作用^[9], 但亚致死剂量溴氰菊酯对朱砂叶螨有极强的刺激增殖作用^[9]. Stark 等^[14] 研究亚致死剂量对二斑叶螨 (*Tetranychus urticae*) 种群的影响时也发现, 二斑叶螨种群的年龄分布不同, 杀虫剂对种群增长的影响也不同. 也许螨类用于解毒与生存、发育和繁殖之间的能量分配存在多样性机制, 这方面的内容有待于进一步研究.

参考文献

- Bayne BL, Moore MN, Widdows J, et al. 1979. Measurements of responses to environmental stress and pollution: Studies with bivalve molluscs. *Phil Trans Royal Soc London B*, **286**: 563 ~ 581
- Birch LC. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J Anim Ecol*, **17**: 15 ~ 26
- Day K, Kaushik NK. 1987. An assessment of the chronic toxicity of

- the synthetic pyrethroid fenvalerate to daphniagaleara mendotae using life tables. *Environ Pollut*, **44**:12 ~ 26
- 4 Deng X-P (邓新平), He L (何林), Liu H (刘怀), et al. 2003. Studies on the experimental population life table parameters of *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae) resistance to pesticide. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), **16**(2): 63 ~ 65 (in Chinese)
 - 5 Jeppson LR, Keifer HH, Baker EW. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. Berkeley: University of California Press. 614
 - 6 Lee E.T. 1992. Statistical Methods for Survival Data Analysis. New York: John Wiley & Sons.
 - 7 Levin L, Caswell H, Bridges T, et al. 1996. Demographic responses of estuarine polychaetes to sewage, algal, and hydrocarbon additions: Life-table response experiments. *Ecol Appl*, **6**:1295 ~ 1313
 - 8 Liu X (刘新), You M-S (尤民生). 2003. Construction and important factors analysis of natural life table of diamondback moth, *Plutella xylostella* under pesticides treatment. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(8): 1395 ~ 1397 (in Chinese)
 - 9 Liu X-C (刘孝纯), Li Q-S (李巧丝), Liu Q-X (刘芹轩). 1998. The effects of insecticides on dispersal behavior and fecundity of carmine spider mite. *Acta Phytophyl Sin* (植物保护学报), **25**(2): 156 ~ 160 (in Chinese)
 - 10 Maia ADH, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique; Computational aspects. *J Econ Entomol*, **93**(2): 511 ~ 518
 - 11 Meyer JS, Ingersoll CG, McDonald LL, et al. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology*, **67**:1156 ~ 1166
 - 12 Pang B-P (庞保平), Liu J-X (刘家襄), Zhou X-R (周晓榕). 2005. Effects of corn cultivar on *Tetranychus truncatus* Ehara (Acarina: Tetranychidae) population parameters. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **16**(7): 1313 ~ 1316 (in Chinese)
 - 13 Robertson JL, Worner SP. 1990. Population toxicology: Suggestions for laboratory bioassays to predict pesticide efficacy. *J Econ Entomol*, **83**: 8 ~ 12
 - 14 Stark JD, Banken JAO. 1999. Importance of population structure at the time of toxicant exposure. *Ecotoxicol Environ Safe*, **42**: 282 ~ 287
 - 15 Stark JD, Banks JE. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu Rev Entomol*, **48**:505 ~ 519
 - 16 Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, et al. 1997. Reproductive potential; Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol Environ Safe*, **37**: 273 ~ 279
 - 17 Tao S-H (陶士强), Wu F-A (吴福安). 2006. VFP program on variance of life table parameters using jackknife technique. *Entomol Knowl* (昆虫知识), **43**(2): 262 ~ 265 (in Chinese)
 - 18 Tao S-H (陶士强), Wu F-A (吴福安), Yu M-D (余茂德). 2005. Analysis of laboratory population life table of carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus*) infesting *Fengchisang morus* L. *Acta Arachnol Sin* (蛛形学报), **14**(1): 33 ~ 36 (in Chinese)
 - 19 Wang Y (王岩), He Z-H (何志辉). 2001. Effect of temperature and salinity on intrinsic increasing rate of *Moina mongolica* Daddy (Cladocera: Moinidae) population. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **12**(1): 91 ~ 94 (in Chinese)
 - 20 Wu F-A (吴福安), Yu M-D (余茂德), Cheng J-L (程嘉翎), et al. 2005. Studies of controlling-effects on 40% lesang emulsion to mulberry-geometrid. *Acta Sericol Sin* (蚕业科学), **31**(2): 208 ~ 211 (in Chinese)
 - 21 Xia B (夏冰), Shi T (石泰), Liang P (梁沛), et al. 2002. Effect of sublethal concentration of insecticides on the carboxylesterase in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. *Chin J Pestic Sci* (农药学报), **4**(1): 23 ~ 27 (in Chinese)
 - 22 Xu C-T (徐春婷), Huang S-S (黄寿山), Liu W-H (刘文惠), et al. 2003. Establishment and analysis of laboratory population life table of *Trichogramma dendrolimi* developed on *Antherea pernyi* eggs. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(11): 1947 ~ 1950 (in Chinese)

作者简介 陶士强,男,1966年生,硕士,讲师。主要从事昆虫生态学教学与研究,发表论文7篇。E-mail: tshiq@sina.com.cn

责任编辑 肖红
