

3 种化学杀虫剂对筛胸梳爪叩甲幼虫的毒力测定

金京¹, 谢榕², 杜永斌¹, 吴佳昊¹, 周柳江¹, 樊建庭¹

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院 生物农药高效制备技术国家地方联合工程实验室, 浙江 杭州 311300;

2. 玉环市自然资源和规划局, 浙江 玉环 317600)

摘要: 【目的】为明确 3 种化学杀虫剂对筛胸梳爪叩甲 *Melanotus ribricollis* 幼虫的防治效果, 选择最适杀虫剂。【方法】采取拌土法对幼虫阶段筛胸梳爪叩甲进行室内毒力测定。选取了质量分数为 5.0% 的辛硫磷颗粒剂、0.5% 的氟虫腈粉剂 20.0% 的氯虫苯甲酰胺悬浮剂 3 种药剂, 分别以 5 个质量分数梯度均匀拌入按照 1:2 的体积比混合的砂子和竹林土中, 以喷洒清水作为空白对照, 24 h 后观察不同药剂处理后筛胸梳爪叩甲的死亡率。【结果】3 种化学杀虫剂对筛胸梳爪叩甲均有一定的毒杀效果, 毒力由高到低依次为 5.0% 辛硫磷、0.5% 氟虫腈、20.0% 氯虫苯甲酰胺, 其中 5.0% 辛硫磷毒力最高, 致死中质量分数 (LC_{50}) 为 $0.190\ 0\ g\cdot kg^{-1}$, 其次为 0.5% 氟虫腈, LC_{50} 为 $0.950\ 0\ g\cdot kg^{-1}$, 而 20.0% 氯虫苯甲酰胺毒力最低, LC_{50} 为 $1.820\ 0\ g\cdot kg^{-1}$ 。【结论】根据毒力、毒性和防治成本等综合因素考虑, 5.0% 辛硫磷颗粒剂和 0.5% 氟虫腈粉剂均适合防治竹林害虫筛胸梳爪叩甲。表 2 参 27

关键词: 筛胸梳爪叩甲; 毒力; 防治; 杀虫剂

中图分类号: S763.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2021)01-0214-05

Indoor prevention and toxicity test of three chemical insecticides against *Melanotus ribricollis*

JIN Jing¹, XIE Rong², DU Yongbin¹, WU Jiahao¹, ZHOU Liujiang¹, FAN Jianting¹

(1. National Joint Engineering Laboratory for Efficient Preparation of Biopesticides, School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Yuhuan Bureau of Natural Resources and Planning, Yuhuan 317600, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] In order to clarify the control effect of different chemical insecticides on the larvae of the *Melanotus cribricollis*, a virulence test was carried out on the larvae stage for the present study. [Method] With 5.0% phoxim granules, 0.5% fipronil powder and 20.0% chlorantraniliprole suspension selected and mixed into sand and bamboo forest soil in a 1:2 ratio with 5 concentration gradients, to observe the mortality rate of *M. cribricollis* after 24 hours in contrast with a control group where water was sprayed without any insecticides. [Result] The three selected chemical insecticides all have certain control effects on *M. cribricollis*, with the control effect from strong to weak: 5.0% phoxim > 0.5% fipronil > 20.0% chloranthrene Benzoamide. It was found that the 5.0% phoxim has the best control effect, with an LC_{50} of $0.190\ 0\ g\cdot kg^{-1}$, followed by 0.5% fipronil, with an LC_{50} of $0.950\ 0\ g\cdot kg^{-1}$, and 20.0% chlorantraniliprole which has the weakest control effect with a LC_{50} of $1.820\ 0\ g\cdot kg^{-1}$. [Conclusion] With control effectiveness, toxicity and control costs taken into consideration, 5.0% phoxim Phosphorus granules and 0.5% fipronil are suitable for the control of bamboo forest pests *M. cribricollis*, yet with the need to further explore the application methods and relevant

收稿日期: 2019-12-17; 修回日期: 2020-10-17

基金项目: 浙江省科学技术重大专项重点项目 (2017C02016)

作者简介: 金京, 从事森林害虫控制研究。E-mail: 805904241@qq.com。通信作者: 樊建庭, 副教授, 博士, 从事入侵生物学、化学生态学和森林害虫控制研究。E-mail: fanjt123@sina.com

technologies of forest chemicals. [Ch, 2 tab. 27 ref.]

Key words: *Melanotus cribricollis*; toxicity; control; chemical insecticide

筛胸梳爪叩甲 *Melanotus cribricollis* 属于鞘翅目 Coleoptera 叩甲科 Elateridae, 在世界各地均有分布^[1-2]。其食性杂, 寄主植物种类繁多, 危害范围较广^[3], 在中国北方主要危害水稻 *Oryza sativa*、玉米 *Zea mays*、蔬菜等经济作物^[4], 在中国南方, 是竹林笋期主要的害虫之一^[5]。竹子是具有经济、生态和社会效益的重要林种, 在中国林业经济发展中占据重要地位^[6], 但随着对竹林的开发力度加大, 以及竹林地覆盖经营技术的推广, 在笋期以筛胸梳爪叩甲为主的地下害虫危害也变得愈发严重^[7]。筛胸梳爪叩甲幼虫主要取食鞭笋、鞭根等部位, 造成了虫笋和退笋, 严重影响竹制品的产量和商品价值, 加剧了竹林地衰败^[5, 8]。根据报道, 在浙江安吉竹博园 47 个竹种中, 有 41 个竹种都受到了筛胸梳爪叩甲的危害; 而在德清县, 筛胸梳爪叩甲发生面积超过 2 000 hm², 年损失达千万元^[9-10]。由于筛胸梳爪叩甲幼虫阶段长时间在地下, 危害时间久、隐蔽性强, 并且在土壤的活动深度随着环境变化而变化, 因此, 目前筛胸梳爪叩甲的防治和监测是林业工作的难点^[11]。国内外均对筛胸梳爪叩甲防治开展研究, 并提出了如水淹耕地^[12]、灯光诱杀的物理防治, 作物轮作^[13]的林地管理, 以及农药拌种^[14-15]、毒膳诱杀^[16]及信息素诱捕^[17-19]等生物化学防治方法等。其中, 以化学防治最多, 且效果最好。欧美等国早期曾使用过林丹、艾氏剂等有机氯农药防治筛胸梳爪叩甲, 在种植前喷施及结合肥料施用, 都取得了一定防效^[20]。随后, 有机磷农药如甲拌磷、地虫磷及呋喃丹也被用于筛胸梳爪叩甲防治, 且取得了不错的效果^[21]。也有研究发现氟氯氰菊酯、吡虫啉、油茶饼、白僵菌以及苏云金杆菌等农药对筛胸梳爪叩甲具有一定的防治效果, 但氟氯氰菊酯、吡虫啉等防治效果并不稳定^[11]。此外, 部分植物提取物制剂, 如噻虫嗪、印楝素等也有应用于筛胸梳爪叩甲防治的报道^[22]。由于竹林系统的特殊性, 使得农业上筛胸梳爪叩甲的防治与竹林上的防治手段存在较大区别, 竹林筛胸梳爪叩甲防治目前未取得明显效果^[10, 23]。同时由于部分化学药剂不易分解、毒性大, 给竹类产品和环境安全带来巨大挑战。因此, 本研究对目前市场上普遍应用的几种化学杀虫剂进行测试和评价, 以期防治筛胸梳爪叩甲这种竹林重大地下害虫提供技术指导。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 虫源 虫源采集自浙江省杭州市临安区太湖源镇雷竹 *Phyllostachys violascens* 笋产区, 挑选 6 龄期, 体色、大小、健康状态基本一致的筛胸梳爪叩甲幼虫, 带回实验室在室内温度 24 ℃, 相对湿度 50%~60% 的自然光照环境下继续饲养。将筛胸梳爪叩甲幼虫放置在切开的新鲜雷竹笋上, 并倒扣置于养虫盒中的竹林土壤表面, 同时用少量土壤覆盖竹笋。养虫盒 (24 cm×11 cm×4 cm) 底部铺有 1 层 1 cm 厚的细沙, 顶部用纱网覆盖。每个养虫盒饲养 20~30 头幼虫, 每日更换新鲜雷竹笋, 每隔 1 d 喷洒少量清水。

1.1.2 药剂 质量分数为 0.5% 氟虫腈粉剂 (江苏功成生物科技有限公司), 分别配置成质量分数为 0.200 0、0.400 0、0.800 0、1.600 0、3.200 0 g·kg⁻¹ 药剂; 质量分数为 5.0% 辛硫磷颗粒剂 (瑞隆化工有限公司), 分别配置成质量分数为 0.037 5、0.075 0、0.200 0、0.400 0、0.800 0 g·kg⁻¹ 药剂; 质量分数为 20.0% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 (富美实康宽公司), 分别配置成 0.625 0、1.250 0、2.500 0、5.000 0、10.000 0 g·kg⁻¹ 药剂。

1.2 方 法

采用拌土法, 将质地均匀的竹林土壤和砂子按照 2:1 的体积比均匀混合后, 通过 60 目筛网进行筛选, 去除石块等异物, 并对混合土壤进行消毒。每个塑料盆 (24 cm×11 cm×4 cm) 装入无菌混合土壤 750 g, 再加入 100 g 新鲜竹笋作为食物来源。在温度 24~26 ℃、湿度 60% 的室内环境中, 将待测药剂搅拌均匀拌进土壤中, 随后喷洒清水, 使土壤湿度保持在 15%~18%。使用清水为空白对照, 每处理设置 3 个重复, 每个重复 10 头幼虫。24 h 后观察筛胸梳爪叩甲的死亡情况 (包括僵直死亡、腐烂死亡等), 并记录其死亡率。对照组死亡率超过 20% 时, 则视为无效。

1.3 数据处理与统计分析

利用 SPSS 软件计算毒力测定回归方程、致死中质量分数 (LC_{50})、致死 95% 质量分数 (LC_{95})、相关系数 r^2 等。

2 结果与分析

2.1 药剂对筛胸梳爪叩甲的致死效果

筛胸梳爪叩甲经供试杀虫剂处理 24 h 后, 防治效果不均。从表 1 可知: 3 种药剂对筛胸梳爪叩甲致死效果的药效从大到小依次为 5.0% 辛硫磷、0.5% 氟虫腓、20.0% 氯虫苯甲酰胺。这 3 种药剂在相同或相近质量分数下, 致死效果差异较大。5.0% 辛硫磷在质量分数为 $0.800\ 0\ g\cdot kg^{-1}$ 时, 校正死亡率为 100%; 0.5% 氟虫腓在质量分数为 $0.800\ 0\ g\cdot kg^{-1}$ 时, 校正死亡率为 53.85%; 而 20.0% 氯虫苯甲酰胺在质量分数为 $0.625\ 0\ g\cdot kg^{-1}$ 时, 校正死亡率仅为 7.69%。因此, 3 种药剂中 5.0% 辛硫磷对筛胸梳爪叩甲的致死效果最好。

2.2 药剂对筛胸梳爪叩甲的毒力测定

由表 2 可知: 筛胸梳爪叩甲经不同质量分数药剂处理 24 h 后, 5.0% 辛硫磷 LC_{50} 为 $0.19\ g\cdot kg^{-1}$, 0.5% 氟虫腓 LC_{50} 为 $0.95\ g\cdot kg^{-1}$, 20.0% 氯虫苯甲酰胺 LC_{50} 为 $1.82\ g\cdot kg^{-1}$ 。结果显示: 5.0% 辛硫磷毒力最大, 活性较好, 更具选择性, 因此更适用于竹林中筛胸梳爪叩甲的防治。

3 结论与讨论

本研究采用拌土法, 通过室内试验对 3 种化学药剂对筛胸梳爪叩甲毒力进行测定。拌土法是筛胸梳爪叩甲毒力测定采用较多的方法^[11,24], 与林间的实际情况接近, 相当于小型的林间试验^[7]。本研究表明: 3 种农药中 5.0% 辛硫磷颗粒剂效果最好, 其次为 0.5% 氟虫腓粉剂, 20.0% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂效果最差。这样的结果与已有报道^[11,25-26]中 0.1% 氟虫腓效果好于 3.0% 辛硫磷的结果并不

相同, 这可能是由于农药的有效含量不同引起的差异。此外, 有研究表明: 药剂的剂型对防效也有一定的影响^[10], 这也可能是 5.0% 辛硫磷颗粒剂毒力效果较好的重要原因。颗粒剂型防效较乳油等其他剂型更为明显, 这可能是由于颗粒剂型具缓释作用, 较其他剂型具有更长持效性, 防治效果更好。因此, 在施药方法上, 可将药剂制成颗粒剂按深度撒施在竹鞭周围, 同时施药后及时翻土, 并在雨前施药, 加速药剂渗入土壤, 以达到更好的药效。施药时间也是影响药效的重要因素。研究表明: 连续 3 a 施用质量分数为 3.0% 毒死蜱+5.0% 辛硫磷颗粒剂才达到满意的防治效果^[10]。

在毒性方面, 0.5% 氟虫腓粉剂和 20.0% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂都是微毒, 而 5.0% 辛硫磷颗粒剂为低毒, 相对另外 2 种化学杀虫剂毒性稍高; 在防治成本方面, 5.0% 辛硫磷颗粒剂防治成本为 $750\sim 1\ 500\ 元\cdot hm^{-2}$, 而 0.5% 氟虫腓粉剂和 20.0% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂防治成本分别为 $1\ 500\sim 3\ 000$ 和 $4\ 500\sim 9\ 000\ 元\cdot hm^{-2}$ 。因此, 根据防效、毒性和防治成本等因素综合考虑, 5.0% 辛硫磷颗粒剂和

表 1 筛胸梳爪叩甲在杀虫剂不同有效质量分数下 24 h 的死亡率

Table 1 Mortality of *M. cribricollis* at 24 h at different concentrations of pesticides

药剂	质量分数/ ($g\cdot kg^{-1}$)	死亡率/%	校正死亡率/%
5.0%辛硫磷	0.037 5	14.29±1.33	7.69±1.43
	0.075 0	14.29±0.28	7.69±0.31
	0.200 0	42.86±1.56	38.46±1.67
	0.400 0	71.43±1.53	69.23±1.68
	0.600 0	85.71±2.57	84.62±2.76
	0.800 0	100.00±0.00	100.00±0.00
0.5%氟虫腓	0.100 0	14.29±0.50	7.69±0.54
	0.200 0	14.29±0.41	7.69±0.44
	0.400 0	28.57±1.08	23.08±1.16
	0.800 0	57.14±0.85	53.85±0.91
	1.600 0	42.86±2.07	38.46±2.23
	3.200 0	85.71±1.45	84.62±1.56
20.0%氯虫 苯甲酰胺	0.625 0	14.29±0.47	7.69±0.50
	1.250 0	28.57±0.78	23.08±0.84
	2.500 0	42.86±0.61	38.46±0.65
	5.000 0	57.14±1.23	53.85±1.33
	10.000 0	100.00±0.00	100.00±0.00

表 2 杀虫剂对筛胸梳爪叩甲的毒力测定结果

Table 2 Test results of insecticide toxicity on *M. cribricollis*

药剂	毒力回归 方程	$LC_{50}/$ ($g\cdot kg^{-1}$)	$LC_{95}/$ ($g\cdot kg^{-1}$)	相关 系数
5.0%辛硫磷	$y=2.453+2.275x$	0.19	1.09	0.95
0.5%氟虫腓	$y=0.031+1.308x$	0.95	17.11	0.78
20.0%氯虫苯 甲酰胺	$y=-2.89+1.019x$	1.82	79.07	0.99

0.5% 氟虫腈粉剂适合用于防治筛胸梳爪叩甲。

在防治过程中, 可针对不同时期的筛胸梳爪叩甲采取不同的防治手段。在幼虫阶段, 可利用幼虫对二氧化碳、鲜嫩草及羊粪有明显趋向性的特点与化学药剂防治相结合, 将发芽种子或经杀虫剂浸染的杂草作为诱杀筛胸梳爪叩甲的重要手段^[13,16,27]。而在成虫期间可利用灯光诱捕、信息素诱捕等方法与化学药剂结合的方式实现筛胸梳爪叩甲防治。

4 参考文献

- [1] CHALFANT R B, JANSSON R K, SEAL D R, *et al.* Ecology and management of sweet potato insects [J]. *Annu Rev Entomol*, 1990, **35**(13): 157 – 180.
- [2] KUDRYAVTSEV I, SIIRDE K, ISM AILOV V, *et al.* Determination of distribution of harmful click beetle species (Coleoptera, Elateridae) by synthetic sex pheromones [J]. *J Chem Ecol*, 1993, **19**(8): 1607 – 1611.
- [3] 江世宏, 王书杰. 中国经济叩甲图志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 9 – 11.
- [4] 张丽坤, 张屡鸿. 中国东北地区危害人参的金针虫种类研究 [J]. 东北农业大学学报, 1994, **25**(4): 332 – 336.
ZHANG Likun, ZHANG Lühong. Study on the species of wireworms (Coleoptera: Elateridae) on ginseng in northeast of China [J]. *J Northeast Agric Univ*, 1994, **25**(4): 332 – 336.
- [5] 徐天森, 王浩杰. 中国竹子主要害虫 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 26 – 28.
- [6] 杨开良. 我国竹产业发展现状与对策 [J]. 经济林研究, 2012, **30**(2): 140 – 143.
YANG Kailiang. Development status and strategies of Chinese bamboo industry [J]. *Nonwood For Res*, 2012, **30**(2): 140 – 143.
- [7] 胡敏骏, 莫润宏, 舒金平, 等. 丁烯氟虫腈对竹林地下害虫金针虫的防效及其室内毒力评价 [J]. *浙江农业科学*, 2014(10): 1577 – 1579, 1581.
HU Minjun, MO Runhong, SHU Jinping, *et al.* Control effect of butenflupronil on the underground insect pest of bamboo forest and its toxicity evaluation in laboratory [J]. *Zhejiang Agri Sci*, 2014(10): 1577 – 1579, 1581.
- [8] 张祺. 早园竹林叩甲优势种生物学特性研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005: 11 – 31.
ZHANG Qi. *Study on Biological Characteristics of Dominant Species of Elatera in Phyllostachys praecox Forest* [D]. Beijing: China Academy of Forestry, 2005: 11 – 31.
- [9] 邓顺, 舒金平, 王浩杰. 筛胸梳爪叩甲幼虫寄主调查及其土壤空间分布 [J]. 昆虫知识, 2010, **47**(5): 983 – 987.
DENG Shun, SHU Jinping, WANG Haojie. Investigation of host rang of wireworms (*Melanotus cribricollis*) and their spatial distribution in soil [J]. *Chin Bull Entomol*, 2010, **47**(5): 983 – 987.
- [10] 舒金平, 滕莹, 陈文强, 等. 筛胸梳爪叩甲的防治技术研究 [J]. *林业科学研究*, 2012, **25**(5): 620 – 625.
SHU Jinping, TENG Ying, CHEN Wenqiang, *et al.* Control techniques of *Melanotus cribricollis* (Coleoptera: Elateridae) [J]. *For Res*, 2012, **25**(5): 620 – 625.
- [11] 宋洋, 王鹏, 王浩杰, 等. 8 种杀虫剂对竹林金针虫的室内毒力测定 [J]. *林业科学研究*, 2009, **22**(3): 446 – 448.
SONG Yang, WANG Peng, WANG Haojie, *et al.* Toxicity of 8 pesticides to bamboo shoot wireworms (Coleoptera: Elateridae) [J]. *For Res*, 2009, **22**(3): 446 – 448.
- [12] van HERK W G, VERNON R S. Effect of temperature and soil on the control of a wireworm, *Agriotes obscurus* L. (Coleoptera: Elateridae) by flooding [J]. *Crop Prot*, 2006, **25**(9): 1057 – 1061.
- [13] PARKER W E, HOWARD J J. The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to U.K. [J]. *Agric For Entomol*, 2001, **3**(2): 85 – 98.
- [14] CHATON P E, LEMPERIERE G, TISSUT M, *et al.* Biological traits and feeding capacity of *Agriotes* larvae (Coleoptera: Elateridae): atrial of seed coating to control larval populations with the insecticide fipro [J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2008, **90**(2): 97 – 105.
- [15] VERNON R S, van HERK W G, CLODIUS M, *et al.* Crop protection and mortality of *Agriotes obscurus* wireworms with blended insecticidal wheat seed treatments [J]. *J Pest Sci*, 2011.
- [16] VERNON R S. Aggregation and mortality of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) atinsecticide-treated trap crops of wheat [J]. *J Econ Entomol*, 2005, **98**(6): 1999 – 2005.
- [17] IWANAGA S, KAWAMURA F. Trapping efficacy of funnel-vane and water pan traps baited with synthetic sex pheromone

- of the sugarcane wireworms *Melanotus sakishimensis* Ohira and *M. okinawensis* Ohira (Coleoptera: Elateridae) [J]. *Appl Entomol Zool*, 2000, **35**(2): 283 – 285.
- [18] TÓTH M, FURLAN L, YATSYNIN V G, *et al.* Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests (Coleoptera: Elateridae) in central and western Europe [J]. *Pest Manage Sci*, 2003, **59**(4): 417 – 425.
- [19] MILONAS P G, KONTODIMAS D C, MICHAELAKIS A, *et al.* Optimization of pheromone trapping method for click beetles (*Agriotes* spp.) in Greece [J]. *Phytoparasitica*, 2010, **38**(5): 429 – 434.
- [20] MSKELL F E. Aldrin and gammar BHC for the control of wireworm damage to potatoes [J]. *Plant Pathol*, 1958, **7**(3): 98 – 100.
- [21] PARKER W E, CLARKE A, ELLIS S A, *et al.* Evaluation of insecticides for control of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato [J]. *Ann Appl Biol*, 1990, **116**: 28 – 29.
- [22] PETER M, MAX A, FRANZ B, *et al.* Neural targets chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid [J]. *Pest Manage Sci*, 2001, **57**(10): 906 – 913.
- [23] 楼君, 滕莹, 高百龙, 等. 筛胸梳爪叩甲监测技术及应用[J]. 林业科学研究, 2014, **27**(2): 290 – 294.
LOU Jun, TENG Ying, GAO Bailong, *et al.* Monitoring techniques of *Melanotus cribricollis* (Coleoptera: Elateridae) and its application [J]. *For Res*, 2014, **27**(2): 290 – 294.
- [24] 党志红, 高占林, 李耀发, 等. 17种杀虫剂对细胸金针虫的毒力评价[J]. 农药, 2009, **48**(3): 213 – 214.
DANG Zhihong, GAO Zhanlin, LI Yaofa, *et al.* Evaluation on the toxicity of 17 insecticides against *Agriotes fuscicollis* Miwa [J]. *Agrochemicals*, 2009, **48**(3): 213 – 214.
- [25] van HERK W G, VERNON R S, TOLMAN J H, *et al.* Mortality of a wireworm, *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae), after topical application of various insecticides [J]. *J Econ Entomol*, 2008, **101**(2): 375 – 383.
- [26] VERNON R S, VANHERK W G, TOLAM J H, *et al.* Transitional sublethal and lethal effects of insecticides after dermal exposures to five economic species of wire worms (Coleoptera: Elateridae) [J]. *J Econ Entomol*, 2008, **101**(2): 365 – 374.
- [27] 刘丹丹, 陈爱端, 李克斌, 等. 饥饿胁迫对褐纹金针虫生理特征的影响[J]. 昆虫学报, 2016, **59**(5): 509 – 515.
LIU Dandan, CHEN Aiduan, LI Kebin, *et al.* Effects of starvation stress on the physiological characteristics of *Melanotus caudex* (Coleoptera: Elateridae) [J]. *Acta Entomol Sin*, 2016, **59**(5): 509 – 515.