

# 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹捕食作用研究\*

叶 辉<sup>1</sup>, 刘宏屏<sup>2</sup>

(1 云南大学生物系, 云南 昆明 650091; 2 云南省森林病虫害防治检疫总站, 云南 昆明 650051)

**摘要:** 研究了疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹成虫捕食量及对纵坑切梢小蠹繁殖过程和繁殖率的影响。在室温为 22~24 °C 条件下, 繁殖期疑山郭公虫平均每天可捕食纵坑切梢小蠹成虫  $0.61 \pm 0.043$  头。在实验室内, 先将纵坑切梢小蠹引入云南松新鲜木段, 7 d 后再引入疑山郭公虫成虫。结果表明: 疑山郭公虫成虫对纵坑切梢小蠹成虫的产卵过程形成干扰, 从而导致后者繁殖率下降。疑山郭公虫幼虫可以捕食木段内纵坑切梢小蠹幼期各虫态, 捕食率为 8.3%。在野外, 将疑山郭公虫成虫放到受到纵坑切梢小蠹危害的树干上, 再用尼龙网将其包裹起来。研究结果表明, 疑山郭公虫对树干内纵坑切梢小蠹幼期(幼虫和蛹)的捕食率大体为 10%。疑山郭公虫对繁殖期纵坑切梢小蠹的影响主要包括捕食繁殖期纵坑切梢小蠹成虫、干扰纵坑切梢小蠹繁殖过程以及捕食纵坑切梢小蠹幼虫等。研究初步认为, 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹种群增长具有明显控制作用。

**关键词:** 疑山郭公虫; 纵坑切梢小蠹; 捕食作用

中图分类号: S763 文献标识码: A

## Studies on Predation of *Thanasimus dubius* (Col: Cleridae) on *Tom icus piniperda* (Col: Scolytidae)

YE Hui<sup>1</sup>, LIU Hongping<sup>2</sup>

(1 Biological Department, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China; 2 Yunnan Provincial General Station of Forest Pest and Disease Control and Quarantine, Kunming 650051, Yunnan, China)

**Abstract** *Thanasimus dubius* (Col: Cleridae) is one of the main natural enemies of many bark beetles and shows an essential natural control to the beetle population. The present paper studied the predation of *Thanasimus dubius* on *Tom icus piniperda* (Col: Scolytidae) adults as well as influences of the clerid predation on the bark beetle reproduction processes and reproduction rate. At room temperature of 22~24 °C, one clerid female adult may averagely feed on  $0.61$  bark beetle adults (SE =  $\pm 0.043$ ) a day. In the laboratory, we placed the clerid adults into Yunnan pine (*Pinus yunnanensis*) logs in which *T. piniperda* adults have been introduced. The result showed that *Thanasimus dubius* adults can interfere reproduction processes of the beetle, causing the decreasing of the beetle reproduction rate. *Thanasimus dubius* larvae preyed all young stages of the beetle inside logs, recorded predation rate of 8.3%. In the field, we placed *Thanasimus dubius* adults on the stems of the damaged Yunnan pine trees and then covered the stems with nylon screen. This study demonstrated that the clerid preyed 10% of larvae and pupae of *Tom icus piniperda* living beneath the bark. The present study indicated that *Thanasimus dubius* may influence *Tom icus piniperda* reproduction through three aspects at least: feeding on the bark beetle adults, interfering the reproduction processes of the bark beetle, as well as preying the beetle larvae and pupae, and was so regarded to play a substantial role in control of *Tom icus piniperda* population.

**Key words** *Thanasimus dubius*; *Tom icus piniperda*; predation

收稿日期: 2005-07-14

基金项目: 云南省攻关项目 (2002NG04)

作者简介: 叶 辉 (1956—), 男, 天津人, 教授, 主要从事昆虫生态学研究。

\* 研究工作中得到母其爱、陈鹏、刘小飞、王大明、杨春梅等同志的帮助, 刘建宏协助数据分析, 谨此一并致谢。

疑山郭公虫 (*Thanasimus dubius* Fabricius) 属鞘翅目 (Coleoptera)、疑山郭公虫科 (Cleridae)、肉食性, 是森林有害昆虫的主要天敌之一, 对许多森林害虫种群增长具有重要的自然控制作用, 为多种森林蛀干害虫特别是小蠹虫的捕食性天敌<sup>[1]</sup>。疑山郭公虫的重要捕食性特征表现为, 能够利用小蠹虫信息素或小蠹虫寄主植物所释放的萜类化合物搜寻、追踪直至捕食小蠹虫<sup>[2]</sup>。它还将卵产于小蠹虫卵或幼虫附近, 幼虫孵出后即可取食小蠹虫卵, 2龄以上幼虫可取食小蠹虫幼虫、蛹以及初羽化成虫<sup>[2]</sup>。疑山郭公虫成虫和幼虫均以小蠹虫为食, 故而被视为森林小蠹虫的重要捕食者<sup>[1, 2]</sup>。

云南是我国西南地区的最大森林基地, 小蠹虫是云南森林中的 3 大主要害虫之一<sup>[3]</sup>。从 20 世纪 80 年代以来, 纵坑切梢小蠹 (*Tomicus piniperda* L.) 在云南大范围成灾, 导致 10 余万  $\text{hm}^2$  云南松 (*Pinus yunnanensis* L.) 林被毁<sup>[3-5]</sup>。生物防治是纵坑切梢小蠹综合防治中的重要组成部分, 捕食性天敌昆虫是生物防治中的主要因子。捕食性天敌若能在当地形成优势种群, 便能对纵坑切梢小蠹产生长期控制作用<sup>[2, 6]</sup>。

为了寻求和筛选出理想的纵坑切梢小蠹捕食性天敌, 作者于 2001 年从美国引来疑山郭公虫。迄今对疑山郭公虫的研究主要处于室内饲养阶段, 近期在林间也初步开展了疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹捕食效果试验。该研究作为纵坑切梢小蠹生物防治研究中的一部分, 旨在探索利用疑山郭公虫控制纵坑切梢小蠹的有效性和可行性, 其主要内容包括: (1) 测试疑山郭公虫成虫对纵坑切梢小蠹成虫的捕食量; (2) 疑山郭公虫在室内条件下对木段内纵坑切梢小蠹的捕食率; (3) 疑山郭公虫在野外条件下对蠹害木内纵坑切梢小蠹的捕食作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹成虫捕食量

试验取用繁殖期疑山郭公虫雌成虫 1 头, 纵坑切梢小蠹成虫 5 头, 放入底部垫有一层滤纸、直径为 12 cm 的培养皿中。每天检查和记录被食纵坑切梢小蠹成虫数量, 同时除去不甚活跃的纵坑切梢小蠹成虫及被食纵坑切梢小蠹成虫残体, 补充纵坑切梢小蠹成虫以保持每天有相同的供试虫量。室内温度为 22~24 °C, 设置了 10 个重复, 测试持续 7 d。

### 1.2 疑山郭公虫对木段内纵坑切梢小蠹的捕食作用

从野外取回长为 50 cm、直径为 9.6~10.5 cm 的云南松新鲜木段 10 根, 木段两端涂上一层融化石蜡, 以减缓水分散失。从野外带回内有纵坑切梢小蠹成虫的云南松被害枝梢若干, 放入尼龙网袋中, 待其性成熟爬出枝梢后取出, 放入垫有湿润滤纸的培养皿, 置 4 °C 冰箱中备用。根据纵坑切梢小蠹雄性成虫鞘翅摩擦发音的特征, 区分纵坑切梢小蠹雌雄成虫。试验采用 65 cm × 45 cm × 38 cm 的塑料箱作为试验测试箱, 先放入经上述处理的 1 根新鲜木段, 再放入 25 对纵坑切梢小蠹成虫; 7 d 后, 放入处于产卵期的 2 对疑山郭公虫成虫; 试验箱顶部用尼龙网罩住; 试验持续到新羽化小蠹成虫爬离木段。设置了 6 个重复, 4 个对照, 对照组没有放入疑山郭公虫成虫。

### 1.3 疑山郭公虫对树木内纵坑切梢小蠹的捕食作用

试验于 2005 年 3 月上旬在距昆明东南约 30 km 的云南松林内进行。该试验原选用了 8 棵云南松受害树, 其中 3 棵树因不同原因被损坏, 最终仅采用了 5 棵树的数据。供试树木胸径为 6~8.5 cm, 高为 3.5~4.5 m, 树干上有大量纵坑切梢小蠹侵入孔。对附近同类受害树木剥皮检查确认, 纵坑切梢小蠹蛀入树干时间大致在 2 月上中旬。用尼龙网罩住距基部 40 cm 处以上约 60 cm 的一段树干, 放入 5 头疑山郭公虫成虫。45 d 后, 伐倒供试树木, 取投放疑山郭公虫的 60 cm 长的树干作为试验木段, 试验木段以上 60 cm 长的树干作为对照木段, 将这两组木段带回实验室。记录各木段上纵坑切梢小蠹羽化孔数目, 然后剥去树皮, 记录各木段纵坑切梢小蠹母坑道数目、每母坑道内子坑道数目、各木段蛹室数目等参数。

平均值和标准误以及方差分析, 采用 SPSS 11.0 统计软件分析, 显著性检验采用两个独立样本的 *t* 检验, 显著水平为 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹成虫的捕食量

测试期间, 1 头疑山郭公虫雌成虫最多可捕食 6 头纵坑切梢小蠹成虫, 最少仅 3 头, 日均捕食量为  $0.61 \pm 0.043$  头, 揭示在该室内条件下, 处于繁殖期的疑山郭公虫雌成虫平均每 3 d 可捕食 2 头纵坑切梢小蠹成虫 (表 1)。

表 1 实验室内疑山郭公虫雌成虫对纵坑切梢小蠹成虫的捕食量

项目	供试疑山郭公虫编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
捕食量 / (头 · 7 d <sup>-1</sup> )	4	4	3	4	6	5	3	5	5	4
捕食量 / (头 · d <sup>-1</sup> )	0.57	0.57	0.43	0.57	0.86	0.71	0.43	0.71	0.71	0.57

## 2.2 疑山郭公虫对木段内纵坑切梢小蠹的捕食作用

表 2 显示, 试验组木段母坑道数目在统计上显著高于对照组。试验组母坑道数目最少为 20 个, 最多为 24 个, 平均为  $22.3 \pm 0.67$  个 (表 2)。母坑道是纵坑切梢小蠹雌虫在木段韧皮内蛀食产卵过程中形成的。多数情况下, 一头纵坑切梢小蠹雌虫只蛀食 1 个母坑道<sup>[7]</sup>。因此, 在正常情况下, 25 对纵坑切梢小蠹成虫应该蛀食至少 25 个母坑道。试验组各木段母坑道数目少于 25 个, 说明有供试纵坑切梢小蠹成虫未能正常蛀坑产卵。对试验箱检查发现, 箱底部有纵坑切梢小蠹成虫被食残体, 说明试验组中有纵坑切梢小蠹成虫被疑山郭公虫所取食。在对照组中, 2 个木段分别有 28、29 个母坑道, 2 个木段有 26 个母坑道, 表明对照组有纵坑切梢小蠹成虫不只蛀食了 1 个母坑道。纵坑切梢小蠹在未产完卵而在坑道前端遇到某种阻碍或需要补充营养等情况下, 会

从该坑道退出再蛀食 1 个坑道产卵繁殖, 表现出 1 头纵坑切梢小蠹雌成虫蛀食 2 个母坑道<sup>[8]</sup>。

母坑道长度是反映纵坑切梢小蠹繁殖能力的重要参数之一。一般地, 子坑道数目随母坑道长度增加而增多<sup>[9]</sup>。表 2 所示, 对照组母坑道的平均长度显著长于试验组, 平均每母坑道的子坑道数目也显著多于试验组, 最终表现为对照组每木段子坑道数目显著多于试验组。子坑道是纵坑切梢小蠹幼虫在韧皮组织中蛀食活动的产物, 子坑道数目与纵坑切梢小蠹幼虫数目完全一一对应<sup>[7]</sup>。考虑到绝大多数纵坑切梢小蠹卵都会正常孵化<sup>[10]</sup>, 初孵纵坑切梢小蠹幼虫子坑道数目可以作为反映纵坑切梢小蠹繁殖率的测度。因此, 试验组子坑道数目减少可以被解释为纵坑切梢小蠹繁殖率下降。研究表明: 试验组纵坑切梢小蠹繁殖率与对照组差异显著。分析认为, 纵坑切梢小蠹繁殖率下降的主要原因是疑山郭公虫捕食作用所致。

表 2 实验室内疑山郭公虫对试验木段内纵坑切梢小蠹的捕食作用

项目	试验组	对照组	<i>t</i>	df	<i>P</i>
	M ± SE / cm	M ± SE / cm			
母坑道数 / 木段 / 个	22.3 ± 0.67	27.3 ± 0.75	4.81	8	0.010
母坑道长 / cm	6.8 ± 0.18	7.7 ± 0.24	3.38	239	0.010
子坑道数 / 母坑道 / 个	48.8 ± 1.42	60.4 ± 1.73	5.14	229	0.001
子坑道数 / 木段 / 个	1 089.5 ± 61.87	1 589.3 ± 91.02	5.77	8	0.001
羽化孔数 / 木段 / 个	754.2 ± 36.72	1 242.2 ± 41.37	8.66	8	0.001
幼期存活率 / %	69.8 ± 1.17	77.1 ± 1.23	4.14	8	0.003
疑山郭公虫幼虫数 / 木段 / 个	6.8 ± 1.08	0			

羽化孔是纵坑切梢小蠹新羽化成虫蛀食树皮离开木段的通道, 羽化孔数目可以大体反映新羽化成虫的数目<sup>[11]</sup>。对照组木段上羽化孔数目显著大于试验组 (表 2), 说明对照组新成虫显著多于试验组。基于羽化孔和子坑道数目与新羽化成虫和幼虫数目之间的对应关系, 将各木段羽化孔数目除以子坑道数目可得到幼期存活率 (表 2), 此地幼期指幼虫和蛹 2 个虫态 (下同)。如表 2 所示, 试验组纵坑切梢小蠹的幼期存活率显著小于对照组纵坑切梢小蠹幼期存活率, 说明试验组羽化孔数目减少不仅是因为试验组繁殖率下

降, 还与幼期存活率下降有关。

在各试验组木段上发现数量不等的疑山郭公虫幼虫 (表 2), 最多的有 11 头, 最少的仅 4 头, 均为 2 ~ 3 龄。这些幼虫是试验初期放入试验组木段中的疑山郭公虫成虫产生的后代。疑山郭公虫幼虫可以在木段内沿着纵坑切梢小蠹所蛀食的坑道跟踪捕食纵坑切梢小蠹卵、幼虫和蛹<sup>[2]</sup>。因此, 对上述结果的综合分析认为, 试验组纵坑切梢小蠹幼期存活率下降或者说死亡率上升是由于疑山郭公虫幼虫捕食作用造成的。疑山郭公虫幼虫的捕食作用可以通过纵坑切梢小蠹幼虫死亡率增大反映出来。试验组纵坑

切梢小蠹相对于对照组所增加的幼期死亡率部分, 可以作为疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹种群捕食率的估计值。表 2 所示, 试验组与对照组幼期纵坑切梢小蠹死亡率的差值为 8.3%, 表明疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹幼期数量的捕食率为该种群数量的 8.3%。

### 2.3 疑山郭公虫对蠹害木内纵坑切梢小蠹的捕食作用

试验组 (即释放了疑山郭公虫的树段部分) 与对照组的母坑道数目基本相同, 经统计分析无显著差异 (表 3)。试验组母坑道长度比对照组平均长 1.1 cm, 差异显著 (表 3), 但试验组和对照组每母坑道所含子坑道数目以及各木段子坑道总数无显著差异 (表 3), 表明试验组和对照组的纵坑切梢小蠹蛀坑数目及繁殖率大体相同, 即在释放疑山郭公虫以前对照组和试验组的试验条件基本一致。

表 3 表明, 试验组羽化孔数目显著低于对照组, 大致为对照组的 3/4。试验组与对照母子坑道数目

无显著差异, 试验组羽化孔数目显著下降表明试验组纵坑切梢小蠹幼期死亡显著增大。试验组在试验条件下不同于对照组主要在于前者释放了疑山郭公虫, 故而认为, 试验组纵坑切梢小蠹幼期死亡率增大是疑山郭公虫捕食作用所致, 而其相对于对照组增大的部分可视为疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹幼期的捕食率 (表 3)。对疑山郭公虫捕食率的估计如前所述。在该试验条件下, 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹的捕食率为 10.6% (表 3)。

试验结束后, 在试验组的 3 个木段上发现了疑山郭公虫成虫各 1 头, 并在一个木段中发现了 1 头疑山郭公虫 2 龄幼虫。比较室内试验结果, 野外试验组木段中本应有更多疑山郭公虫幼虫, 实际情况与预期的不一致。尽管如此, 基于试验组幼期死亡率显著增大, 以及疑山郭公虫幼虫才能进入纵坑切梢小蠹坑道捕食的特点, 有理由认为, 纵坑切梢小蠹幼期死亡率增大的主要原因仍然是疑山郭公虫幼虫捕食作用所致。

表 3 林间疑山郭公虫蠹害木内纵坑切梢小蠹的捕食作用

项目	试验组	对照组	<i>t</i>	df	<i>P</i>
	M ± SE/cm	M ± SE/cm			
母坑道数 / 木段 / 个	15.2 ± 1.24	15.8 ± 0.86	0.40	8	0.701
母坑道长 / cm	7.2 ± 2.42	6.1 ± 2.29	2.96	158	0.003
子坑道数 / 母坑道 / 个	33.0 ± 1.49	30.2 ± 1.30	1.41	174	1.159
子坑道数 / 木段 / 个	455.0 ± 55.11	417.6 ± 32.04	0.59	8	0.570
羽化孔数 / 木段 / 个	167.8 ± 15.39	207.4 ± 42.34	0.88	8	0.040
幼期存活率 / %	38.4 ± 0.04	49.0 ± 0.09	1.09	8	0.030

## 3 讨论

在室内 20~23 °C 恒温条件下, 疑山郭公虫可以存活 500 d 以上, 其中仅成虫期可长达 1 a 以上<sup>[1-12]</sup>。本研究表明: 疑山郭公虫雌成虫在产卵期每 2 d 平均可取食 3 头纵坑切梢小蠹。考虑到雌成虫可以存活 400 d 则其在繁殖期间可捕食 600 头左右的纵坑切梢小蠹成虫。50 对纵坑切梢小蠹成虫足以导致 1 株树高 4 m 左右云南松蛀害致死<sup>[11]</sup>。以此推算, 1 头疑山郭公虫雌成虫可以使 12 株云南松树免遭蠹害。自然森林生态系统的情况较为复杂, 各种生态因子交错影响。室内测试得到疑山郭公虫捕食率势必与野外条件下的实际捕食率有所不同<sup>[13]</sup>。鉴于疑山郭公虫经长期进化与小蠹形成了较为专一捕食及搜索能力<sup>[2-8]</sup>, 如果生态环境条件适宜, 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹仍具有不可忽视

的控制作用。

上述研究表明: 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹种群数量的控制作用, 表现在直接捕食纵坑切梢小蠹成虫、干扰纵坑切梢小蠹繁殖率、捕食纵坑切梢小蠹幼期各虫态等多个方面。疑山郭公虫成虫个体为纵坑切梢小蠹成虫个体的 3~4 倍, 难以直接进入纵坑切梢小蠹坑道进行捕食活动。室内研究试验组中, 进入木段内的纵坑切梢小蠹成虫可继续产卵而没有被疑山郭公虫捕食, 也说明了这一点; 但是, 如果纵坑切梢小蠹成虫因某种原因退出坑道, 脱离坑道的庇护, 就可能被疑山郭公虫所取食。室内研究中, 试验组纵坑切梢小蠹成虫被疑山郭公虫捕食也间接地证明了这一现象。

室内试验组纵坑切梢小蠹母坑道显著短于对照组似乎说明, 尽管疑山郭公虫不能直接进入坑道捕食纵坑切梢小蠹, 但疑山郭公虫在树皮表面的搜索

行为可能干扰纵坑切梢小蠹蛀坑产卵过程, 并影响到纵坑切梢小蠹繁殖率(表 2)。有关疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹繁殖过程间接影响的现象过去尚无报道, 其机理有待进一步探索。

疑山郭公虫通常将卵产于靠近有小蠹虫的树皮, 以保证幼虫有足够的食物<sup>[1 8 12]</sup>。疑山郭公虫幼虫根据小蠹虫蛀食过程中发出的声响以及小蠹虫幼虫特有的气味, 积极跟踪和搜寻小蠹虫幼虫, 对小蠹虫具有较强的搜寻和捕食能力<sup>[8]</sup>。室内研究中, 试验组纵坑切梢小蠹幼期死亡率显著增大, 揭示疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹幼期虫态的捕食率较大。由于疑山郭公虫成虫不能进入纵坑切梢小蠹的坑道, 对纵坑切梢小蠹幼期的捕食主要由疑山郭公虫幼虫完成。在室内研究中, 疑山郭公虫幼虫对纵坑切梢小蠹幼期的捕食率为 8 3%, 揭示疑山郭公虫幼虫数量对于纵坑切梢小蠹幼期各虫态的捕食率具有至关重要的作用。因此, 疑山郭公虫幼虫数量可作为疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹幼期控制能力的评估。

需要指出的是, 影响疑山郭公虫捕食作用的因素较为复杂, 其包括疑山郭公虫繁殖率、疑山郭公虫幼虫存活率, 以及纵坑切梢小蠹幼期个体大小等多种因素。疑山郭公虫 1 龄幼虫只能取食纵坑切梢小蠹卵和 1 龄幼虫, 不能取食纵坑切梢小蠹的大龄幼虫和蛹, 故受食物限制死亡率较高<sup>[8]</sup>。因此, 如果疑山郭公虫幼虫的发育进度滞后于纵坑切梢小蠹幼期的发育进度, 疑山郭公虫幼虫对纵坑切梢小蠹的捕食率将会受到影响。此外, 在疑山郭公虫幼虫数量确定的情况下, 如果纵坑切梢小蠹种群数量较大, 疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹的捕食率将相应减小。因此, 分析疑山郭公虫对纵坑切梢小蠹的控制作用, 需要综合考察疑山郭公虫幼虫龄期及其数量, 以及纵坑切梢小蠹幼虫龄期及其数量等多种因素。

野外试验有助于揭示疑山郭公虫在自然条件下对纵坑切梢小蠹捕食作用的规律。在野外研究中, 试验组木段母坑道长度较对照组更长些, 这可能与试验组木段所在部位韧皮较厚有关。通常树木下部的韧皮组织比树木上部的更厚<sup>[11]</sup>, 纵坑切梢小蠹在较厚的韧皮组织中蛀食可以获得更多的营养, 蛀食的坑道更长, 所产下的卵更多<sup>[8]</sup>。该研究试验组母坑道子坑道数目多于对照组子坑道数目与过去的研究结果是一致的(表 3)。

在野外试验研究中, 释放疑山郭公虫的时间相对较晚, 多数纵坑切梢小蠹已经产完或临近产完卵, 故对纵坑切梢小蠹繁殖产卵过程没有作用。由于试验组木段树皮厚于对照组, 其结果是试验组子坑道比对照组子坑道数量多(表 3)。这一现象也可以作为对室内研究结果的阐释, 即正是由于疑山郭公虫在纵坑切梢小蠹产卵初期对纵坑切梢小蠹产卵过程有一定影响, 才使得试验组纵坑切梢小蠹繁殖率小于对照组(表 2)。

野外研究试验组木段羽化孔数目显著少于对照组数目, 这与室内研究结果一致, 可互为印证, 说明了疑山郭公虫幼虫对纵坑切梢小蠹幼期的捕食作用(表 2 3); 但是, 野外研究试验组所找到的疑山郭公虫幼虫较少, 这与室内研究结果以及羽化孔数目显著减少的结果不同。对此是这样认识的, 因释放疑山郭公虫时间较晚, 疑山郭公虫幼虫发育相对于纵坑切梢小蠹幼虫发育有所滞后, 当纵坑切梢小蠹羽化为新成虫离开试验木段后, 疑山郭公虫幼虫尚未发育完成, 从而因食物短缺而死亡。基于试验组和对照组结果的分析认为, 疑山郭公虫幼虫对纵坑切梢小蠹幼期有较大的捕食作用, 只是由于某种原因, 试验组疑山郭公虫幼虫死亡率也相当高。这也给予重要启示, 即在繁殖期, 疑山郭公虫必须紧密跟随纵坑切梢小蠹, 尽可能与纵坑切梢小蠹的产卵繁殖过程同步, 否则, 如果多数疑山郭公虫幼虫不能顺利发育为成虫, 必将影响其自身种群的繁殖, 也因此难以对纵坑切梢小蠹发挥可持续的控制作用。

在研究中, 利用纵坑切梢小蠹蛀害过程中形成的坑道(如母坑道和子坑道)对纵坑切梢小蠹相应时期的虫态数量予以估计。这一方法作者在过去多次使用, 对于研究如同纵坑切梢小蠹这样的小蠹虫是有效、可行的<sup>[7]</sup>; 但是, 羽化孔的数目并不完全等于羽化纵坑切梢小蠹成虫的数目。这是因为在密度较大情况下, 纵坑切梢小蠹成虫可能会利用相邻成虫的羽化孔<sup>[9]</sup>。因此, 羽化孔数目可能会比实际纵坑切梢小蠹新成虫数目的少一些<sup>[7, 9]</sup>。研究中试验组与对照组纵坑切梢小蠹数量相对接近, 而研究重点是开展两组试验的比较, 故这种误差对于该研究所得结论不会产生实质影响。

## 参考文献:

- [ 1 ] 萧刚柔. 拉汉英昆虫蛛螨蜘蛛线虫名称 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1997
- [ 2 ] Ye H, Alf Bakke. Development and reproduction of *Thanasimus formicarius* L. (Col., Cleridae) at three temperatures [ J ]. Can Ent 1996, 129: 379~ 583
- [ 3 ] Ye H. On the biology of *Tom iaus piniperda* L. in the Kunming region of China [ J ]. Appl Ent 1992, 112: 366~ 369
- [ 4 ] Ye H, Haack R, Lu J *Tom iaus piniperda* (Scolytidae): A serious pest of Yunnan pine in southwestem China [ J ]. Newsletter of the Michigan Entomological Society, 2002, 47: 18~ 19
- [ 5 ] 叶辉, 周旭东, 吕军, 等. 切梢小蠹伴生真菌发生及病害特征研究 [ J ]. 林业科学研究, 2000, 13(4): 451~ 454
- [ 6 ] 叶辉. 小蠹虫重要天敌——蚁形疑山郭公虫的饲养繁殖技术 [ J ]. 昆虫知识, 1998, 35(3): 174~ 175
- [ 7 ] 叶辉, 党承林. 纵坑切梢小蠹 (*Tom iaus piniperda* L. )对云南松危害习性研究 [ J ]. 云南大学学报, 1986, 8( 2): 218~ 222
- [ 8 ] Reeve JD, M G Rojas Morales-Ramos JA. Artificial diet and rearing methods for *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae), a predator of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) [ J ]. Biological Control 2003, 27: 315~ 322
- [ 9 ] 叶辉. 纵坑切梢小蠹种内竞争研究 [ J ]. 云南大学学报, 1997, 19(4): 388~ 392
- [ 10 ] Ye H, Zhao ZM. Life table of *Tom iaus piniperda* L. and its analysis [ J ]. J Appl Ent 1995, 119: 145~ 148
- [ 11 ] Ye H. Preliminary observations on the trunk attacks by *Tom iaus piniperda* L. on Yunnan pine in Kunming, China [ J ]. J Appl Ent 1995, 119: 1~ 33
- [ 12 ] Vite J P, Williamson D L. *Thanasimus dubius* prey perception [ J ]. Insect Physiol 1970, 16: 233~ 239
- [ 13 ] Schroeder LM. Interactions between the predators *Thanasimus formicarius* (Col., Cleride) and *Rhizophagus depressus* (Col.: Rhizophagidae), and the bark beetle *Tom iaus piniperda* (Col.: Scolytidae) [ J ]. Entomophaga 1996, 41: 63~ 75