

内蒙古阿尔山地区落叶松八齿小蠹 天敌及其控制作用*

袁菲^{1**} 骆有庆^{1***} 石娟¹ Kari Helö vaara² 陈玉洁³ 马凌云³ 王先礼³

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083

2. 赫尔辛基大学应用生物学学院 芬兰 FN-00014 3. 内蒙古阿尔山林业局森林病虫害防治检疫站 内蒙古 137801)

Natural enemies of *Ips subelongatus* in Aershan area of Inner Mongolia and their suppressive effects
YUAN Fei^{**}, LUO Youqing^{***}, SHI Juan¹, KARIHELÖ vaara², CHEN Yujie³, MA Lingyun³, WANG Xianli³
(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education Beijing Forestry University Beijing 100083 China 2. Department of Applied Biology University of Helsinki Helsinki FN-00014 Finland 3. Forest Diseases and Insect Pest Control and Quarantine Station in Aershan Inner Mongolia 137801 China)

Abstract The natural enemies of *Ips subelongatus* Motschulsky (Coleoptera: Scolytidae) were investigated in Aershan Inner Mongolia. The most abundant species were the predatory beetle *Thanasimus substriatus* Gebler (Coleoptera: Cleridae) and the parasitic wasps *Tomichia seineri* (Ruschka) (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Coepides bostrichorum* Giraud (Hymenoptera: Braconidae). In addition, some yet unidentified parasitic mites and pathogenic organisms were also recorded. The natural suppressive effects of the predators and parasitoids were analysed. Average preying rate per day of *T. substriatus* to *I. subelongatus* adults was (3.1 ± 0.77)% (20 *I. subelongatus* with 1 *T. substriatus* 12~24°C outdoors), and the maximum predation was 10.7 *Ips* beetles per day (1 *T. substriatus* with 20, 40, 60, 80, 100 *I. subelongatus* 17~25°C indoors). The parasitic rates of *T. seineri* to *I. subelongatus* larvae and pupae were 20.5% and 13.7%, respectively. The parasitic rate of *C. bostrichorum* to *I. subelongatus* larvae was 6.5%. The parasitic rate of mites to *I. subelongatus* adults was 20.2%; and the parasitic rate of pathogenic organisms to *I. subelongatus* was 4.3% (larvae 5.4% (pupae) and 2.1% (adults)). Our results indicate that *T. seineri* is probably the most potential candidate for biological control of *I. subelongatus*.

Key words *Ips subelongatus* natural enemy suppressive effect

摘要 通过对内蒙古阿尔山地区落叶松八齿小蠹 *Ips subelongatus* Motschulsky 天敌的种类调查, 目前共发现落叶松八齿小蠹天敌包括捕食性天敌红胸郭公虫 *Thanasimus substriatus* Gebler 寄生性天敌暗绿截尾金小蜂 *Tomichia seineri* (Ruschka)、长蠹刻鞭茧蜂 *Coepides bostrichorum* Giraud 以及螨类、微生物。分析了天敌的自然控制作用, 红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹成虫的日均捕食率为 3.1% ± 0.77% (落叶松八齿小蠹成虫 20 头和红胸郭公虫成虫 1 头, 室外 12~24°C), 日最大捕食量为 10.7 头 (1 头红胸郭公虫成虫与 20, 40, 60 和 80 头、100 头落叶松八齿小蠹成虫, 室内 17~25°C); 暗绿截尾金小蜂对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率为 20.5%, 对其蛹的寄生率为 13.7%; 长蠹刻鞭茧蜂对其幼虫的寄生率为 6.5%; 螨类对其成虫的寄生率为 20.2%; 而微生物对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率为 4.3%, 对蛹的寄生率为 5.4%, 对成虫的寄生率为 2.1%。暗绿截尾金小蜂是落叶松八齿小蠹最有利用价值的天敌昆虫。

关键词 落叶松八齿小蠹, 天敌, 控制作用

落叶松八齿小蠹 *Ips subelongatus* Motschulsky 属鞘翅目 Coleoptera 小蠹科 Scolytidae 齿小蠹亚科 Ipinae 齿小蠹族 Ipiini 齿小蠹属 *Ips* 异名为 *Ips fallax* Eggers 英文俗名为 larch bark beetle 或 oblong bark beetle 该虫是我国北方的一种重要蛀干害虫, 主要危害

落叶松 Larix spp., 作为次期性害虫的先锋种侵

* 北京林业大学与芬兰赫尔辛基大学、中国林业科学院合作项目“中国东北地区森林害虫问题与生物多样性 (BIOPROC) 长江学者与创新团队发展计划资助 -PCSRT 0607

** E-mail: feier.yuan@126.com *** 通讯作者, E-mail: youqing.lu@126.com

收稿日期: 2009-06-12 修回日期: 2009-06-29

害新伐倒木、濒死木, 在发生盛期可危害健康或半健康活立木, 已给落叶松人工林的经营造成巨大损失, 并构成严重威胁^[1]。

2002年位于大兴安岭的阿尔山林区落叶松毛虫 *Dendrolimus superans* Butler危害严重后, 大量次期性害虫落叶松八齿小蠹、云杉大墨天牛 *Monochamus urusovi* Fisher、云杉小墨天牛 *Monochamus sutor* L. 以及白带长角天牛 *Acanthocinus carinatus* Gebler快速侵入, 在这些主要的钻蛀性害虫中, 落叶松八齿小蠹对寄主兴安落叶松 *Larix gmelinii* Rupr. 的危害程度最大^[2]。由于该虫长期在树干内部隐蔽生活, 不易受外界自然环境因子的影响, 大面积的化学防治比较困难。因此, 作者于 2005~2007年分别对其天敌昆虫的种类及其控制作用进行了研究, 取得了阶段性的研究成果, 为以后更加有效地保护利用天敌昆虫, 防治落叶松八齿小蠹奠定了基础。

1 研究地自然概况

阿尔山林区位于内蒙古自治区东北部, 与蒙古人民共和国交界。地理坐标为东经 $119^{\circ}51' \sim 120^{\circ}57'$, 北纬 $47^{\circ}07' \sim 47^{\circ}55'$ 。东北部与绰尔林区为邻, 东南部与柴河林区交界; 南依大兴安岭主脉与兴安盟白狼、五叉沟林区相接; 北部靠鄂温克族自治县; 西北与新巴尔虎左旗接壤; 西南一角又与蒙古人民共和国毗连。山地构成了本区地形之主体, 境内山峦起伏, 沟系纵横交错, 海拔高在 $820 \sim 1745$ m之间。属于寒温带湿润区, 冬季严寒而漫长, 植物生长期短, 一年四季常受西伯利亚寒流侵袭, 年平均温度 -3.2°C , 平均降水量 452.1 mm, 无霜期 $100 \sim 120$ d。林区经营总面积 4.84×10^9 km², 有林地面积 3.45×10^9 km², 活立木总蓄积 2.28×10^7 m³, 森林覆盖率 71.3%, 林区内多为兴安落叶松人工纯林。

2 研究方法

2.1 天敌标本的采集

2.1.1 笼内采集 选取落叶松八齿小蠹危害

严重的 1 m长木段 20根, 在成虫入侵 1周左右, 寄生性天敌如小蜂类已经跟随进入后, 分别用过滤网套住。每隔 1 d采集笼内飞出的寄生蜂成虫等天敌装入指形管内。

2.1.2 饵木诱集 落叶松八齿小蠹喜欢入侵新鲜的伐倒木, 根据这个习性在 5月中旬落叶松八齿小蠹越冬成虫入侵初期砍伐落叶松活立木 3棵, 截成 2 m长木段置于林外空地, 可诱集大量的落叶松八齿小蠹成虫入侵筑坑道。2~3 d后捕食性和寄生性天敌成虫跟随出现, 仔细观察并采集天敌标本。

2.1.3 寄生性螨类的采集 在饵木诱集大量落叶松八齿小蠹成虫入侵的同时, 采集 500头成虫放入离心管内。将采集的成虫带回室内, 放在显微镜下观察, 将寄生在成虫体表的螨类(寄生性螨类多位于落叶松八齿小蠹成虫鞘翅末端)用昆虫针头轻轻沾取采集并放入指形管内。

2.2 寄生性天敌成虫的饲养

5月中旬饵木诱集后, 大量寄生蜂成虫跟随进入。7月初期落叶松八齿小蠹蛹盛期, 拨开树皮采集附着在落叶松八齿小蠹幼虫、蛹体表或落叶松八齿小蠹坑道内的寄生蜂类幼虫或蛹。

2.2.1 小蜂成虫的饲养 参考杨忠岐^[3]小蜂成虫的饲养方法, 采集过程中要注意采集老熟的小蜂幼虫, 即个体比寄主个体大, 寄主即将被取食殆尽, 这样的小蜂已不再需要取食容易饲养成功。把这些幼虫或已在坑道化蛹的天敌用小毛笔轻轻沾取采集, 将野外采集的天敌幼虫或蛹带回室内后, 放入培养皿(直径 5 cm)中进行饲养。培养皿内放有直径小于培养皿的滤纸, 并蘸有适量的蒸馏水(注意水不能太多, 滤纸干后可以补充)。1皿放 5头天敌幼虫, 若是蛹可放 10头左右, 注意小蜂幼虫不能距离太近。然后盖上盖子, 写上采集资料, 放在室内待其羽化。

2.2.2 茧蜂成虫的饲养 在落叶松八齿小蠹坑道内发现有作茧的寄生蜂, 此时将包括整个茧及其坑道的树皮剪下来, 放入培养皿(直径 5 cm)中。培养皿内滤纸和蒸馏水用量与小蜂成虫的饲养一致, 但 1皿只放 1块树皮, 盖上盖

子, 写上采集资料, 放在室内待其羽化。

2.3 天敌捕食率或寄生率的计算

2.3.1 捕食性天敌 饵木诱集过程中发现红胸郭公虫取食落叶松八齿小蠹成虫。采集红胸郭公虫成虫 1 头, 落叶松八齿小蠹成虫 20 头, 放入一个塑料瓶中, 用过滤布扎紧管口。每天检查和记录被食落叶松八齿小蠹成虫数量, 同时除去不甚活跃的落叶松八齿小蠹成虫及被食落叶松八齿小蠹成虫残体, 补充落叶松八齿小蠹成虫以保持每天有相同的供试虫量。室外温度为 12~24℃, 设置了 10 个重复, 测试持续 7 d 计算捕食率。同时分别将 20、40、60、80、100 头小蠹成虫和 1 头饥饿 1 d 的红胸郭公虫成虫组合放入一个塑料瓶中, 用过滤布扎紧管口。共 5 个处理, 每个处理重复 3 次, 24 h 后记录小蠹剩余数目。该试验在实验室内 (17~25℃) 变温条件下进行。

此外, 红胸郭公虫是落叶松八齿小蠹的捕食性天敌, 单纯通过日均捕食量和日均捕食率不能完全说明红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹的控制潜能。1 头捕食者当猎物密度变化时它所捕食猎物数量的变化称作天敌功能反应, 它是测定捕食者捕食潜能较为理想的方法^[4]。天敌功能反应的研究对评价和筛选生防作用物的控害潜能大小是必不可少的^[5], 只有在室内表现良好的生防作用物才值得做进一步研究^[6]。

通过红胸郭公虫捕食量与落叶松八齿小蠹密度的变化, 可以拟合红胸郭公虫的捕食功能反应类型及功能反应方程。

2.3.2 寄生性天敌 (1) 寄生蜂与微生物 6 月中旬落叶松八齿小蠹幼虫期至 7 月下旬成虫期, 分别在落叶松受害立木和倒木的干部取 10 个 20 cm × 20 cm 的样方, 统计落叶松八齿小蠹的种群数量和被寄生蜂寄生以及微生物感染的情况, 分别计算幼虫期、蛹期和成虫期的寄生率。

(2) 寄生螨类 在饵木诱集大量落叶松八齿小蠹成虫入侵的同时, 采集 500 头成虫放入离心管内。将采集的成虫带回室内, 放在显微镜下观察, 统计被螨寄生的虫口数量, 计算寄生率。

3 结果与分析

3.1 红胸郭公虫的捕食作用

在饵木诱集的过程中, 发现红胸郭公虫成虫取食落叶松八齿小蠹成虫。对红胸郭公虫的捕食作用进行试验, 试验期间 1 头红胸郭公虫 7 d 最多可捕食 6 头落叶松八齿小蠹成虫 (共有 20 头落叶松八齿小蠹成虫), 最少仅 3 头, 日均捕食量为 (0.64 ± 0.15) 头, 日均捕食率为 3.14% ± 0.77% (表 1)。上述结果说明在温度为 12~24℃ 情况下, 每 1 头红胸郭公虫成虫每天可取食落叶松八齿小蠹成虫 3 头左右。

表 1 红胸郭公虫成虫对落叶松八齿小蠹成虫的捕食量 (头 / 7 d) 及捕食率 (% / 7 d)

	红胸郭公虫编号										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
捕食量	6	5	3	4	4	4	6	5	3	5	4.5 ± 1.08
捕食量	0.86	0.71	0.43	0.57	0.57	0.57	0.86	0.71	0.43	0.71	0.64 ± 0.15
捕食率	30	25	15	20	20	20	30	25	15	25	22 ± 5.37
捕食率	4.29	3.57	2.14	2.86	2.86	2.86	4.29	3.57	2.14	3.57	3.14 ± 0.77

在实验室内 (17~25℃) 红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹的捕食量 (表 2)。

由于随着落叶松八齿小蠹密度的增大, 红胸郭公虫的捕食量也逐渐增大, 当猎物密度增加到一定程度时, 其捕食量增加的速度变慢, 因此红胸郭公虫的捕食功能反应应属于 Holling-

表 2 红胸郭公虫成虫在不同猎物密度下的捕食量

猎物密度 (头)	捕食量 (头 / d)
20	1.33 ± 0.58
40	2.33 ± 0.58
60	3 ± 1
80	4 ± 1
100	4.33 ± 1.53

II型, 可用 Holling II型圆盘方程模型拟合: $N_a = a'TN / (1 + a'T_h N)$, 式中: N 为猎物密度, N_a 为被捕食的猎物数量, T 为红胸郭公虫可利用的总时间(在1次试验中通常是固定的、已知的, 在本试验中为1 d因此取 $T = 1$), a' 为攻击系数(瞬间攻击率), T_h 为瞬间攻击率。

表 3 红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹成虫的功能反应

圆盘方程	$N_a = 0.0746N / (1 + 0.00699N)$
攻击系数 a'	0.0746
瞬间攻击率 T_h	0.0938
日最大捕食量(头)	10.66

根据表 2 计算得到红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹的捕食参数及其功能反应方程: $a' = 0.0746$ $T_h = 0.0938$ $N_a = 0.0746N / (1 + 0.00699N)$ 当 $N \rightarrow \infty$ 时, N_a 即为捕食者的最大捕食量, 即捕食者对猎物的捕食上限或饱和能力, 本试验中红胸郭公虫对落叶松八齿小蠹的日最大捕食量为 10.66 头(表 3)。

3.2 寄生蜂的控制作用

通过天敌标本的采集和饲养, 我们共发现落叶松八齿小蠹寄生性天敌蜂类两种, 分别是寄生落叶松八齿小蠹幼虫和蛹的暗绿截尾金小蜂以及寄生落叶松八齿小蠹幼虫的长蠹刻鞭茧蜂。

在诱木诱集的过程中, 大量落叶松八齿小蠹成虫入侵新鲜的伐倒木, 2~3 d后伐倒木上可以发现暗绿截尾金小蜂成虫, 它们会寻找落叶松八齿小蠹入侵孔并进入坑道。1个月左右落叶松八齿小蠹蛹出现时拨开树皮观察, 暗绿截尾金小蜂的幼虫会附着在落叶松八齿小蠹幼虫和蛹的体背上(图 1, 2), 属于体外寄生, 暗绿截尾金小蜂幼虫刚开始寄生时个体非常小, 随着不断的取食个体逐渐变大, 而寄生落叶松八齿小蠹幼虫或蛹的个体则逐渐的减小直至死亡。调查显示暗绿截尾金小蜂对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率为 20.47%, 对其蛹的寄生率为 13.71%。拨开树皮观察的同时还可以发现长蠹刻鞭茧蜂在落叶松八齿小蠹坑道内做白色的茧化蛹(图 3), 采集标本的时候作者注意到树皮薄的地方茧蜂寄生率较树皮厚的地方高,

调查得出长蠹刻鞭茧蜂对落叶松八齿小蠹幼虫的平均寄生率为 6.52%。

综上所述, 落叶松八齿小蠹两种寄生蜂的寄生率达 40%左右, 可见在阿尔山地区特别是暗绿截尾金小蜂对落叶松八齿小蠹的控制作用非常显著, 是优势寄生天敌种, 也是很有利用价值的天敌种。

3.3 螨类的寄生作用

在落叶松八齿小蠹寄生螨类的调查过程中仅发现螨类寄生成虫, 诱木诱集大量落叶松八齿小蠹成虫入侵的同时, 采集 500 头成虫带回室内, 放在显微镜下观察, 统计被螨寄生的虫口数量。调查显示, 500 头落叶松八齿小蠹成虫中, 被螨类寄生的雌性小蠹 64 头, 雄性小蠹 37 头, 总寄生率达 20.2%。其中, 在被寄生的落叶松八齿小蠹中, 平均每个小蠹上有寄生螨 3.4 头, 最多的 1 头雄性小蠹上有寄生螨 56 头。不过这种落叶松八齿小蠹成虫寄生螨是否属于蒲螨属以及是否可以对成虫致死尚需要进一步研究。

3.4 微生物的寄生作用

在落叶松受害立木和倒木的干部取 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 的样方时, 拨开树皮可以看到落叶松八齿小蠹幼虫、蛹或者成虫体颜色发黑(图 4)、流脓或者体表长出菌丝(图 5) 这些都是被微生物寄生致死的。通过调查得出, 微生物对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率为 4.3%, 对蛹的寄生率为 5.4%, 对成虫的寄生率为 2.1%。分别将不同症状的幼虫、蛹和成虫放入微型离心管内, 便于以后微生物的分离与形态鉴定。

3.5 对现有天敌昆虫的评价

通过对内蒙古阿尔山地区落叶松八齿小蠹天敌的种类调查, 目前共发现落叶松八齿小蠹天敌包括捕食性天敌红胸郭公虫, 寄生性天敌暗绿截尾金小蜂、长蠹刻鞭茧蜂以及螨类、微生物。从表 4 可以看到, 在落叶松八齿小蠹的寄生性天敌种类中, 优势天敌种为暗绿截尾金小蜂, 总寄生率可达 34.18%, 这说明暗绿截尾金小蜂是落叶松八齿小蠹有利用价值的天敌昆虫, 实际上在调查过程中暗绿截尾金小蜂在落



图1 暗绿截尾金小蜂幼虫吸附在落叶松八齿小蠹幼虫体背上



图2 暗绿截尾金小蜂幼虫吸附在落叶松八齿小蠹蛹体背上



图3 落叶松八齿小蠹坑道内的被白色茧包围的长蠹刻鞭茧蜂



图4 体表变黑的落叶松八齿小蠹幼虫



图5 体表长出菌丝的落叶松八齿小蠹成虫

叶松八齿小蠹坑道中极易发现。捕食性天敌红胸郭公虫的日均捕食率 $3.14\% \pm 0.77\%$ 虽然不高, 也对落叶松八齿小蠹成虫起到一定的抑

制作用。螨类寄生率虽然不低 20.2% , 但其是否可以对成虫致死尚需要进一步研究。

表 4 落叶松八齿小蠹天敌种类及其控制作用

天敌种类	捕食 / 寄生形态	捕食 / 寄生率
红胸郭公虫	捕食成虫	日均捕食率 $3.14\% \pm 0.77\%$
暗绿截尾金小蜂	寄生幼虫和蛹	对幼虫的寄生率为 20.47% , 对蛹的寄生率为 13.71%
长蠹刻鞭茧蜂	寄生幼虫	寄生率 6.52%
螨类	寄生成虫	寄生率 20.2%
微生物	寄生幼虫、蛹和成虫	对幼虫的寄生率为 4.3% , 对蛹的寄生率为 5.4% , 对成虫的寄生率为 2.1%

4 讨论

在内蒙古阿尔山地区, 落叶松八齿小蠹 1 年发生 2 代, 且有姐妹世代现象, 因此从第 1 次扬飞的 5 月中旬到 9 月初都有成虫出现。而捕食性天敌红胸郭公虫在阿尔山地区 1 年发生 1 代, 成虫从 5 月初开始活动, 一直到 9 月中旬。整个落叶松八齿小蠹成虫期, 天敌红胸郭公虫都可以找到捕食的猎物。当地森防站在进行落

叶松八齿小蠹引诱剂防治时, 引诱剂也能诱到一些红胸郭公虫成虫。为了有效地保护和利用天敌, 此时应该将红胸郭公虫释放, 以便其继续控制落叶松八齿小蠹。

长蠹刻鞭茧蜂对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率不高 (6.52%)。在调查时长蠹刻鞭茧蜂多在树皮薄的坑道内作茧。螨类的寄生率为 20.2% , 其中被螨类寄生的雌性小蠹 64 头, 雄性小蠹 37 头, 雌性略大于雄性, 这与落叶松八

齿小蠹的成虫性比有关系。落叶松八齿小蠹多为复纵坑, 坑道内大多 1雄 3雌, 少数 1雄 2雌或者 1雄 1雌, 雄虫负责交配, 雌虫向不同的方向蛀坑道产卵。这种雌虫多于雄虫的性比使得被螨类寄生的雌虫略多于雄虫。据于丽辰等报道, 蒲螨属 *Pycnotes* 是小蠹虫重要的寄生性天敌, 最常见的是小蠹蒲螨 *Pycnotes scolyti* (Oudemans), 该螨可以寄生小蠹的成虫、幼虫和蛹, 对幼虫及蛹可致死, 在成虫上只吸取营养以及随之寻找新的寄主, 不影响成虫寿命, 称之为迁移性螨^[7]。在落叶松八齿小蠹寄生螨类的调查过程中仅发现螨类寄生成虫, 这种落叶松八齿小蠹成虫寄生螨是否属于蒲螨属以及是否可以成虫致死尚需要进一步研究。

综上所述, 目前阿尔山地区落叶松八齿小蠹天敌主要包括捕食性天敌红胸郭公虫, 寄生性天敌暗绿截尾金小蜂、长蠹刺鞭茧蜂、螨类和微生物。暗绿截尾金小蜂对落叶松八齿小蠹幼虫的寄生率为 20.47%, 对其蛹的寄生率为 13.71%, 是阿尔山地区落叶松八齿小蠹最有利用价值的天敌昆虫。暗绿截尾金小蜂成虫的饲养方法简单, 成本不高, 可用于落叶松八齿小蠹的生物防治。但是随着时间的推移、环境的变化, 天敌优势种与非优势种的地位有相互置换的可能性, 所以应对它们继续监测研究。

有报道指出, 落叶松八齿小蠹的天敌还有褐小茧蜂 *Coeloides* sp.、线虫、白僵菌 *Beauveria* sp.、大斑啄木鸟 *Dendrocopos major* (L.)、条圈阎甲 *Cylister lineare* Erichson等, 在我国的落叶松八齿小蠹的发生区均有分布, 并起到一定的抑制作用^[8~11]。这对阿尔山地区落叶松八齿小蠹天敌的种类调查提供参考依据。事实上, 在调查的过程中, 落叶松八齿小蠹危害严重的木段上发现有啄木鸟的啄痕, 但啄木鸟具体种类有待进一步证实。落叶松八齿小蠹坑道内也发现鞘翅目幼虫, 因为数量少且饲养困难, 成虫形态未知, 因此种名难以确定。另外, 作者还发现有种食虫虻 *Asilidae* sp. (Diptera)成虫捕食

落叶松八齿小蠹成虫。

总的来说, 阿尔山地区落叶松八齿小蠹天敌资源较为丰富, 对落叶松八齿小蠹有一定的控制能力, 但其种群数量非常大, 入侵速度快, 适应能力强, 致使天敌不足以达到能够自然控制落叶松八齿小蠹的水平。因此, 在落叶松八齿小蠹种群数量大时, 成虫扬飞期间可以配合使用环保型化学药剂或者聚集信息素诱集(诱到的红胸郭公虫释放), 同时加强对天敌资源的保护与利用。

致 谢 本文在研究过程中还得到内蒙古阿尔山林业局森林病虫害防治检疫站韩勇师、陈超、虞宏斌等的大力支持和帮助, 特此致谢!

参 考 文 献

- 1 殷蕙芬, 黄复生, 李兆麟. 中国经济昆虫志. 北京: 科学出版社, 1984. 133~134.
- 2 Yuan F, Luo Y, Q, Shi J, et al. Invasive sequence and ecological niche of main insect borers of *Larix gmelinii* forest in the Ar Shan Inner Mongolia For Sta, China, 2008 10(1): 9~13
- 3 杨忠岐著. 中国小蠹虫寄生蜂. 北京: 科学出版社, 1996. 16
- 4 杨燕燕, 李照会, 王如刚, 等. 异色郭公虫对柏肤小蠹捕食作用的研究. 山东林业科学, 2004 (6): 40~42
- 5 MunYaneza J, Obrycki J J. Functional response of *Colletes maculata* to Colorado potato beetle eggs. Biol Control, 1997 8(3): 215~224
- 6 张世泽, 吴林, 许向利, 等. 小花蜂对牛角花齿蓟马的捕食作用. 应用生态学报, 2006 17(7): 1259~1263
- 7 于丽辰, 梁荣荣, 敖贤斌, 等. 我国新天敌资源——小蠹蒲螨形态与生物学研究. 蛛形学报, 1997 6(1): 46~52
- 8 毕华明, 朱凤恩, 国志锋, 等. 塞罕坝地区落叶松八齿小蠹生物学特性及防治技术的研究. 河北林果研究, 2004 19(4): 362~366
- 9 胡长效. 落叶松八齿小蠹研究进展. 河北林业科技 2003 (6): 20~22
- 10 刘篆芳, 张庆贺, 初冬, 等. 影响大兴安岭火烧迹地干部害虫发生的生态因子. 北京林业大学学报, 1991 13(3): 69~74
- 11 杨静莉, 林强, 陈国发. 落叶松八齿小蠹的危险性分析. 东北林业大学学报, 2007 35(3): 60~63