

中国林业科学研究院

学位论文

斑衣蜡蝉及其卵寄生蜂研究

学位论文作者	侯峥嵘
指导教师姓名	杨忠岐 教授
院外导师姓名	梁洪柱 高级工程师
院外导师单位	北京市西山试验林场
申请学位级别	硕士
专业名称	农业推广
研究方向	生物防治
论文答辩日期	2013年6月



中国·北京



Dissertation for the Degree

Study on the *Lycorma delicatula* and egg parasitoids

Candidate: Hou Zheng-rong

Supervisor: Yang Zhong-qi

Associate Supervisor: Liang Hong-zhu

Academic Degree Applied for: Master of Professional Degree

Speciality: Agricultural Extension

Date of Defence : 2013-06

Degree-Conferring-Institution: Chinese Academy of Forestry

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得本研究生培养单位或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：侯峥嵘 日期：2013年 6月 27日

学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解中国林业科学研究院有关保留、使用学位论文的规定，中国林业科学研究院有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权中国林业科学研究院可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：侯峥嵘

导师签名：李忠岐

2013年 6月 27日

2013年 6月 27日

学位论文作者毕业联系方式

工作单位：北京市西山试验林场

联系电话：(010) 62598342

电子邮件：zhengrongh@163.com

通讯地址、邮编：北京市海淀区香山普安店 206 号 100093

摘 要

斑衣蜡蝉 (*Lycorma delicatula* (White)) 属同翅目(Homoptera)蜡蝉科(Fulgoridae), 别名红娘子、椿皮蜡蝉、斑衣、樗鸡等, 广泛分布于我国陕西、辽宁、山东、山西、河南、河北、北京、江苏、四川、浙江、广东及台湾等地。该虫在北京的寄主主要有臭椿、香椿、千头椿、刺槐、杨、柳、榆、栎、悬铃木、女贞、合欢、珍珠梅、海棠、桃、李等。近年来, 斑衣蜡蝉在葡萄、石榴、猕猴桃等经济果园内危害越来越重, 由于其若虫体壁覆有蜡质, 且善于跳跃移动, 使用化学药物防治效果不显著, 对环境也造成污染。目前, 国内对斑衣蜡蝉的研究大多集中在化学防治方面, 而对其生物防治的方法很少涉及。因此, 本研究从北京地区斑衣蜡蝉的生物学特性研究开始, 并调查斑衣蜡蝉的天敌种类, 筛选出其优势天敌为一种寄生蜂, 鉴定这种寄生蜂的种类为平腹小蜂, 重点对平腹小蜂的生物学特性等进行观察, 并对其寄生特性和人工室内饲养等进行了初步研究, 主要结果和结论如下:

(1) 野外观察及室内饲养结果表明: 斑衣蜡蝉在北京一年发生 1 代, 以卵越冬。翌年 4 月下旬卵开始孵化为若虫, 5 月上旬孵化盛期, 若虫蜕皮 3 次, 共 4 龄。6 月末出现成虫, 8 月下旬开始交尾、产卵。卵多产于树干阳面, 呈不规则的块状, 单层, 卵粒排列整齐, 5~10 行, 每行 10~30 粒, 卵块表面覆盖一层灰色似泥土的疏松粉状蜡质。若虫和成虫均喜群集于树干或叶片, 以叶基为多, 遇惊扰即快速移动或跳飞, 跳跃能力极强。取食时口器深深刺入植物组织, 造成的伤口流出汁液, 肛门能排出蜜汁诱发煤污病的发生。

(2) 斑衣蜡蝉成虫产卵时优先选择杨树产卵、其次是臭椿、柳树等。其卵粒孵化率比较高, 在 3 种寄主上均为 55%以上。平腹小蜂对 3 种寄主植物上斑衣蜡蝉卵粒的寄生率为: 杨树 44.34%, 柳树上为 21.08%, 臭椿上为 9.08%。

(3) 调查发现斑衣蜡蝉卵期、若虫和成虫期天敌共有 5 种, 1 种为寄生性, 3 种为捕食性。其中卵期天敌有 1 种, 经鉴定为斑衣蜡蝉平腹小蜂 (*Ananstatus* sp.) (经杨忠岐教授鉴定为一新种, 待发表); 捕食性天敌 4 种: 小黄家蚁 (*Monomorium pharaonis*), 圆

蛛科的棒络新妇 (*Nephila clavata*) 和大腹圆蛛 (*Araneus ventricosus*) 等, 中华大刀螳 (*Paratenodera sinensis*)。优势天敌是平腹小蜂, 斑衣蜡蝉卵中的自然寄生率为 20%~90%, 平均为 44%。

(4) 斑衣蜡蝉平腹小蜂在室内人工饲养的情况下 (温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $65 \pm 5\%$, L/D=12/12), 一年 7~8 代。在北京地区野外 4 月下旬到 5 月上旬为平腹小蜂的羽化期, 成虫羽化后即离开寄主卵块, 寻找其它寄主。平腹小蜂的世代历期 23~33 天。斑衣蜡蝉平腹小蜂的室内人工饲养表明: 用柞蚕卵作中间寄主, 人工室内饲养的情况下, 雌蜂最长可活 100 天, 玻璃试管内饲养单雌产卵量平均 64 粒, 最高为 98 粒, 繁蜂箱内大量饲养雌蜂平均产卵量为 232 粒, 对中间寄主卵的寄生率可达 77.3%, 羽化率为 78%, 极具天敌利用的价值。

(5) 野外当年寄生的平腹小蜂在第二年有两个羽化期, 第一个羽化期为 4 月下旬到 5 月上旬, 第二个羽化期为 8 月下旬至 9 月上旬。第一个羽化期羽化量占 80% 以上。野外平腹小蜂成蜂在斑衣蜡蝉成虫产卵后即对其卵块进行刺探并产卵, 以幼虫越冬, 直至翌年 3 月末 4 月初, 日均温达到 15°C 时羽化, 也有 15% 的幼虫继续滞育, 直到 8、9 月才羽化。人工室内饲养情况下, 室温低于 17°C , 幼虫即进入滞育, 直到第二年春天室温 20°C 以上才发育至羽化。

关键词: 斑衣蜡蝉, 斑衣蜡蝉平腹小蜂, 生物防治, 寄生率

Abstract

Lycorma delicatula (Homoptera: Fulgoridae) is widely distributed in Beijing, Liaoning, Shandong, Hebei, Shaanxi, Shanxi, Henan, Sichuan, Zhejiang, Jiangsu, Guangdong, Taiwan provinces... The main hosts of *L. delicatula* in Beijing are *Ailanthus altissima*, *Toona sinensis*, *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *populus* spp., *Salix* spp., *Ulmus pumila*, *Prunus salicina*, *Sorbaria kirilowii*, *Malus micromalus*, *Prunus persica*, *Albizia julibrissin*, *Ligustrum lucidum* and so on. In recent years, its damage have become more and more serious in orchards, including grape and pomegranate etc.. Owing to waxy secreted on the nymph's body, it is difficult to control with chemical pesticide. At present, there are many studies on the chemical control techniques of *L. delicatula*. However, considering of the the pollution for fruits and environment, the biological control strategy should be conducted necessarily. For the propurse, the parasitoid of the pest was investigated and an egg parasitoid *Ananstatus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) was found and studied, including mass rearing technique of the parasitoid indoor, as well as its ecological characteristics were studied. The main results of the present studies are as follows:

(1) *L. delicatula* has one generation per year in Beijing, and overwintered as egg. Overwintered eggs began to hatch in late April of next year. Hatching peak was in early May. There were four instars of nymph. Adults emerged in late June, then mating and laying eggs in late August. Eggs were mostly laied in egg-case at sunny shade of trunk, which was arranged in 5~10 lines and 10~30 eggs in each line. There was grey loose and powdery waxy secreted by female adult and covered on egg-case like soil clod. Nymph and adult were good at jumping and prefered to gather together in host tree trunk and leaf. The mouthpart thrusted into the plant tissue deeply when they were feeding, which can made wounds infected sooty fungi.

(2) When *L. delicatula* laying eggs, they prefered poplar than *Ailanthus altissima* and willow. The successful eggs hatching rate was above 55% in the three host trees. The parasitic

rate of *Ananstatus* sp. on the three host trees were 44.34% (poplar), 21.08% (willow), 9.08% (*Ailanthus altissima*) respectively.

(3) The five species of natural enemy of *L. delicatula* by investigation were found and they were as follows: egg parasitoid: *Ananstatus* sp. (which was identified by Professor Yang Zhong-qi, as an undescribed new species to science); predators: *Monomorium pharaonis*, *Nephila clavata*, *Araneus ventricosus* and *Paratenodera sinensis*. The natural parasitic rate of *Ananstatus* sp. was 20%~90% with an average 44% in nature.

(4) A mass rearing technique for the egg parasitoid *Ananstatus* sp. was conducted. With temperature 25 ± 1 °C and relative humidity $65\pm 5\%$, L/D=12/12), it has seven or eight generations a year. Eclosion period of the parasitoid was from late April to early May. The time for the parasitoid complete a generation was 23~33 days. The experiments indoor showed that females of *Ananstatus* sp. could survive 100 days when tussur's eggs in a substitute host. One female which reared in glass tube could lay 64 eggs, with 98 eggs at most, and the females which reared in propagation could lay 232 eggs in an average. the parasitism rate on substitute host was 77.3%, the eclosion rate was 78%. The result showed that the egg parasitoid species has high value in biological control of the pest.

(5) There were two eclosion periods of *Ananstatus* sp. in field: The first eclosion period was from late April to early May, the second period was from late August to early September. The first eclosion number was about 80% and the second eclosion number was about 20%. After emergence *Ananstatus* sp. adults soon began to search for eggs of *L. delicatula* and then laying eggs. They overwintered as mature larvae inside the eggs of its host *L. Delicatula* and emerged in late March to early April when daily average temperature reached 15°C. Only about 15% larvae diapaused and eclosion in August and September. When rearing indoor, larvae became diapaused when room temperature was below 17°C. However, when room temperature was above 20°C, they could develop and emergent normally

Key words: *Lycorma delicatula*, *Ananstatus* sp., Parasitoid, Ecological characteristics, Parasitism rate.

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
引 言.....	1
第一章 文献综述.....	3
1.1 国内外对于蜡蝉科害虫的生物防治研究.....	3
1.1.1 蜡蝉科害虫的危害情况.....	3
1.1.2 斑衣蜡蝉的研究概况.....	3
1.2 利用平腹小蜂进行生物防治研究.....	6
1.2.1 平腹小蜂在利用上的优势.....	7
1.2.2 我国研究较多的几种平腹小蜂.....	7
1.3 我国对天敌昆虫的应用.....	8
1.4 课题来源及研究的目的、内容、技术路线.....	9
1.4.1 课题来源.....	9
1.4.2 研究的目的意义.....	9
1.4.3 研究内容及技术路线.....	10
第二章 斑衣蜡蝉生物学特性研究.....	11
2.1 材料和方法.....	11
2.1.1 调查点情况.....	11
2.1.2 生物学特性调查及研究.....	12
2.1.3 虫源.....	12
2.2 结果与讨论.....	12
2.2.1 形态特征.....	12
2.2.2 危害习性.....	13
2.2.3 寄主范围.....	13

第三章 北京地区斑衣蜡蝉天敌种类及控制作用.....	17
3.1 材料与方法.....	17
3.1.1 调查地点.....	17
3.1.2 调查方法.....	17
3.2.1 斑衣蜡蝉卵的分布.....	18
3.2.2 斑衣蜡蝉卵的孵化.....	18
3.2.3 寄生性天敌种类.....	18
3.2.4 捕食性天敌.....	19
第四章 斑衣蜡蝉平腹小蜂的生物学特性研究.....	21
4.1 材料与方法.....	21
4.1.1 材料.....	21
4.1.2 方法.....	21
4.2 结果.....	23
4.2.1 不同寄主的卵粒和卵块寄生率.....	23
4.2.2 平腹小蜂的羽化和活动.....	24
4.2.4 成蜂的寿命.....	25
4.2.5 产卵量.....	25
第五章 平腹小蜂的室内人工大量繁殖及室内寄生试验.....	27
5.1 材料与方法.....	27
5.1.1 材料.....	27
5.1.2 方法.....	28
5.2 结果.....	29
5.2.1 每代雌蜂的平均产卵量.....	29
5.2.2 雌雄性比的变化.....	30
5.2.3 小结.....	31
第六章 结论与讨论.....	32
6.1 结论.....	32

6.1.1 斑衣蜡蝉的生活史及生物学特性.....	32
6.1.2 北京地区斑衣蜡蝉的天敌种类.....	32
6.1.3 平腹小蜂的生物学特性.....	32
6.1.4 平腹小蜂室内繁殖技术.....	33
6.2 讨论.....	33
6.2.1 自然条件下天敌对斑衣蜡蝉的控制作用.....	33
6.2.2 斑衣蜡蝉平腹小蜂生物学和生态学特性的补充研究.....	34
6.2.3 低温冷藏对平腹小蜂的影响.....	34
6.2.4 平腹小蜂的野外释放技术.....	34
6.2.5 斑衣蜡蝉的综合防治措施.....	35
参 考 文 献.....	36
附录 1.....	39
附录 2.....	40
致 谢.....	41

表目录

表 2-1 斑衣蜡蝉生活史（北京，2010~2011）	14
表 5-1 产卵量和羽化量的方差分析结果	30
表 5-2 人工繁殖的平腹小蜂雌雄性比统计	31

图目录

图 1-1 葡萄受斑衣蜡蝉危害状	4
图 1-2 斑衣蜡蝉若虫正在危害香椿	5
图 1-3 斑衣蜡蝉成虫	5
图 1-4 斑衣蜡蝉 4 龄若虫危害香椿	5
图 2-1 斑衣蜡蝉的卵块	15
图 2-2 野外调查地	15
图 2-3 采集到的斑衣蜡蝉卵块	15
图 2-4 卵块孵化	16
图 2-5 室内纱笼饲养斑衣蜡蝉幼虫	16
图 3-1 斑衣蜡蝉孵化后的卵壳	19
图 3-2 出蜂卵壳	20
图 4-1 不同寄主植物的斑衣蜡蝉卵寄生率对比	24
图 4-2 斑衣蜡蝉卵块中羽化的平腹小蜂	26
图 5-1 F1—F4 代斑衣蜡蝉平腹小蜂雌蜂产卵量(粒)	29
图 5-2 F2—F5 代斑衣蜡蝉平腹小蜂羽化量(头)	30
图 5-3 室内繁蜂	31

引 言

葡萄是我国重要的水果之一。作为世界四大文明古国之一的中国，栽培葡萄的历史亦很悠久，原产于我国的葡萄属植物就有 30 多种(包括变种)。例如分布在我国东北、北部及中部的山葡萄，产于中部和南部的葛，产于中部至西南部的刺葡萄等等。而近几十年来，随着我国第三产业的快速发展，葡萄种植的规模也变得越来越大。在我国北纬 25°~45°之间的广阔地域里分布着各具特色的葡萄种植园和葡萄酒产地。截至 2010 年，中国酿酒葡萄种植面积达到 66670 公顷，居世界第一^[1]。据国家统计局、中国酿酒工业协会统计数据显示，2005 年我国葡萄酒的销售收入达 102.3 亿元^[2]。然而，葡萄病虫害是影响葡萄及葡萄酒产量和质量的一个重要因素。近年来，斑衣蜡蝉在为害葡萄的害虫中越来越突出。斑衣蜡蝉在山东省、河北省、陕西省、武汉市、安徽淮北地区等我国多个主要葡萄产区造成很大的危害，严重影响葡萄产量和品质^[3~8]；在河南省，它还对石榴园造成了危害^[9]。此外，斑衣蜡蝉还为害梨、桃、猕猴桃等果树。在绿化树种中，斑衣蜡蝉最喜好的宿主为臭椿^[10]，其次还有香椿、千头椿、合欢、刺槐、榆、杨、桃、李等多种绿化树种和植物。随着全球气温的升高，原本在韩国越冬率比较低的斑衣蜡蝉从 2006 年之后出现暴发趋势，现已在韩国中南部大量发生，对其果园和绿化树种危害严重^[11]。目前，针对斑衣蜡蝉的控制措施主要是化学防治^[12~13]。

当前，人们对生态环境愈来愈关注，尤其是食品安全对人类健康的影响，使更多的人意识到生产和食用“绿色食品”的重要性，进而关注绿色生产和消费，实现人类社会的健康和持续发展。

在这样的形势下，人们对果树害虫和城市绿化树种的害虫的生物防治技术的重视和需求在不断增加，使得以化学防治为主的防治工作向以生物防治为主转变。天敌昆虫现在已经成为生物防治措施中的的重要部分，也是害虫可持续治理的主要方法，它在维护生态平衡、保护生物多样性和食品安全等方面是其他措施所无法替代的。因此，调查斑衣蜡蝉的天敌昆虫种类，筛选出优势天敌，进而人工大量繁殖和工厂化生产，开展对斑衣蜡蝉的生物防治，达到无污染、无公害的生物控制斑衣蜡蝉是十分必要的。

斑衣蜡蝉属同翅目，蜡蝉科，别名椿皮蜡蝉、斑衣、樗鸡、红娘子等。大龄若虫和成虫外表艳丽，分布在我国华北、华东、华中、华南、西南、陕西等地，是一种常见的昆虫^[14]。斑衣蜡蝉成虫、若虫刺吸嫩叶、枝干汁液常造成叶片破裂、穿孔、枝条萎蔫。其排泄物污染果枝覆果实引起煤污病发生，斑衣蜡蝉也为害椿树、桃树、杏树、梨树等^[14]。1997~ 1998年在秦皇岛调查，昌黎地区葡萄斑衣蜡蝉为害率接近100%^[5]。

斑衣蜡蝉在中国北方地区一年发生一代，以卵在树干阳面越冬^[10]。翌年4月中旬孵化并开始危害，6月中旬出现成虫，继续危害。成虫若虫喜群集，常栖息枝叶上或幼苗基部吸食液汁，遇惊扰时，会迅速移动或跳跃逃避，成虫飞翔不远，很少超过3m。取食时，口器插入组织很深，伤口常有树液流出，同时会排泄蜜露，引诱蝇类舔食，并诱发煤污病^[4]，受害枝干树皮凹陷，干枯开裂，使树木生长衰弱。以8、9月份危害最重，危害期共6个月，8月中旬至10月下旬产卵于树干上，排列成行，上有蜡质保护越冬。此虫的发生与气候有关，若秋季8、9月份雨量少，气温高，往往猖獗成灾。反之，若秋季雨量特别多、湿度高、温度低，雨季一过，冬季即开始，可是斑衣蜡蝉成虫寿命缩短，来不及产卵而早死。同时，因雨量多，植物汁液稀薄，营养降低，影响产卵量，使次年虫口大大下降。由于斑衣蜡蝉分布广、迁移性强、寄主多，刺吸式危害，因此，利用常规的化学防治效果不佳。并且，化学农药的大量使用所造成的水果残留和环境污染，不但降低了果实品质，还严重危害人们的身体健康。

为了用生物防治的方法防治斑衣蜡蝉，我们系统调查了野外该虫各虫期的天敌昆虫，从中发现寄生于斑衣蜡蝉卵的一种优势寄生蜂，经鉴定为斑衣蜡蝉平腹小蜂 (*Ananstatus* sp.) (经杨忠岐教授鉴定为一新种，待发表)。林间调查表明：该蜂对斑衣蜡蝉卵的自然寄生率为44.3%，对斑衣蜡蝉有明显的自然控制作用。平腹小蜂在北京地区发生十分普遍，能在寄主卵中以幼虫自然越冬，且种群数量大，一年当中发生多代，是斑衣蜡蝉在卵期最主要的天敌。我国对平腹小蜂在荔枝蜡、松毛虫、茶翅蜡等害虫的寄生方面都有研究，但对其在斑衣蜡蝉上的寄生情况研究较少，因此，深入研究该蜂的生物学、生态学以及与寄主的关系，进而人工大量繁殖释放，将为生物防治斑衣蜡蝉这种害虫提供一种新途径。因此，本研究对该种重要的寄生性天敌做了研究，以期生物防治斑衣蜡蝉打下基础。

第一章 文献综述

1.1 国内外对于蜡蝉科害虫的生物防治研究

1.1.1 蜡蝉科害虫的危害情况

蜡蝉科 (Fulgoridae) 是同翅目昆虫中数目重多一个科, 目前世界范围内已发现 700 多种, 大多数属颜色鲜艳的昆虫, 体积中到大型; 肩板大; 前、后翅发达, 膜质, 臀区多横脉, 翅脉呈网状; 前翅爪片明显^[15]。在许多属中头部额延伸形成一大的空的喙状突出物。有些种能分泌大量的絮状白蜡, 有些种当飞行时这种白蜡呈长丝状拖于体后。蜡蝉科昆虫的革翅、通常还有后翅具增加脉和横脉的网状系统; 产卵管不完全; 阴茎端具一围绕阴茎的明显的鞘, 它们之间的膜通常着生一复杂的角质部分^[16]。蜡蝉通常有十分醒目的体色, 一些前翅有保护色, 而后翅色彩亮丽的蜡蝉, 通常会利用这种色彩差异来吓退潜在的敌人^[17]。蜡蝉科昆虫在我国有 20 多种, 斑衣蜡蝉是最常见的一种, 危害臭椿、香椿等, 龙眼鸡 (*Fulgora candelaria*) 是我国南方龙眼、荔枝、乌桕等的害虫^[15]。

1.1.2 斑衣蜡蝉的研究概况

斑衣蜡蝉学名 *Lycorma delicatula* (White) 属同翅目, 蜡蝉科。别名花蹦蹦、椿皮蜡蝉、斑衣、樗鸡、红娘子等^[18]。《神农本草经》中记载其作为我国传统中药材, 俗名“红娘子”。由于与蝉科昆虫 (*Huechys sanguinea* DeGeer) (蝉科红娘子) 同名而发生混淆, 自清代末期以后, 在临床上被蝉科红娘子取代。《中华本草》中记录斑衣蜡蝉的干燥虫体可以入药, 主要功效为活血通经; 攻毒散结。现代有关其药理及化学成分的研究发现, 斑衣蜡蝉体内所含斑蝥素是治疗肿瘤类病变的有效物质^[19]。刘玉升等 (2006 年) 研究了斑衣蜡蝉成虫的肠道细菌并进行了鉴定^[20]。薛公达等研究了 HPLC 法对斑衣蜡蝉中生物碱成分进行分离和制备, 取得了较好的效果^[21]。而斑衣蜡蝉引起人们的注意主要因为其在农林作物上的危害。近年来随着果树栽植面积的不断增大, 臭椿等绿化树种的广泛种植, 斑衣蜡蝉的危害对人类经济和生活的影响也逐渐加大。

斑衣蜡蝉分布于我国华北、华东、华中、华南、西南、陕西等地，危害的寄主植物很多，主要有葡萄、苹果、海棠、山楂、桃、杏、李、花椒、臭椿、香椿、刺槐、苦楝、楸、榆、青桐、白桐、悬铃木、枫、栎、女贞、合欢、杨、黄杨、麻等^[7]。

斑衣蜡蝉在北京一年发生 1 代，以卵在树干阳面越冬。翌年 4 月下旬（臭椿发芽、黄刺玫开花）卵开始孵化为若虫，5 月上旬为若虫孵化盛期，若虫共 4 龄。6 月中下旬出现成虫，8 月中下旬开始交尾、产卵。卵多产于树干阳面，呈块状，卵粒排列整齐，5~8 行，每行 10~15 粒，每块卵的卵粒数在 50 粒左右。卵块表面覆盖一层似泥土样的灰色粉状蜡质，不易被雨水冲掉。若虫和成虫均喜聚集在嫩枝或叶片背面，以叶基为多，遇到外界惊扰即快速移动或跳飞，若虫跳跃力极强。成虫、若虫均刺吸植物嫩叶、枝干汁液，所造成的伤口比较深，能从肛门排出透明的蜜露，使枝、干、叶和地面湿润常招致蜜蜂、蚂蚁及蝇类舐食。霉菌也蔓延致使臭椿树皮枝叶变得乌黑，引起煤污病发生，影响植物的光合作用。嫩叶受害后常萎缩变形，严重的叶片破裂，树皮干裂，甚至死亡^[14]。

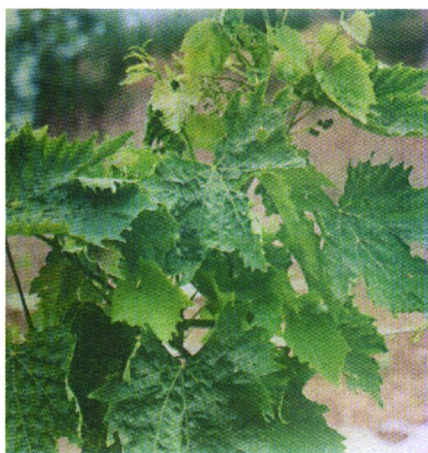


图 1-1 葡萄受斑衣蜡蝉危害状

Fig.1-1 Attacked grape



图 1-2 斑衣蜡蝉若虫正在危害香椿

Fig.1-2 Nymphs feeding on China Toona



图 1-3 斑衣蜡蝉成虫

Fig.1-3 Adult of *Lycorma delicatula* (White)



图 1-4 斑衣蜡蝉 4 龄若虫危害香椿

Fig.1-4 4th instar nymphs feeding on China Toona

1.1.3 斑衣蜡蝉的危害和防治技术研究

斑衣蜡蝉为渐变态昆虫,4龄若虫蜕皮后直接变为成虫。其若虫与成虫以刺吸式口器吸食寄主树木的汁液,特别是葡萄,自早春至秋季采果期均受其害。在南京葡萄园,尤其是在周围有较多灌木的葡萄园中种群密度大,危害较重,是葡萄展叶后的首先危害的害虫。常引起叶片穿孔,新稍变黑等^[1]。在山东葡萄园内,斑衣蜡蝉将卵块产于水泥支柱上,由于其卵块外表有泥土色伪装蜡质,很难发现,对葡萄危害十分严重^[22]。在武汉地区斑衣蜡蝉因为刺吸葡萄枝叶而加剧了葡萄病毒病的传播,危害极大。斑衣蜡蝉喜食的臭椿是我国多个城市的绿化树种,斑衣蜡蝉在臭椿上危害严重时,其排泄物洒在路面上,给城市绿化带来很大困扰^[23]。Kim(2011年)等报导斑衣蜡蝉从2006年起在韩国中南部逐年大量发生,其主要危害葡萄、臭椿等。韩国将其视为一种外来入侵害虫,在韩国本土还未发现其天敌,因此斑衣蜡蝉在韩国的发生呈现增大的趋势。目前,国内外对斑衣蜡蝉的防治主要采取化学防治,在其低龄若虫期喷洒化学药剂。常用药剂有50%乐果乳油1000~1200倍液、50%久效磷水溶剂2000~3000倍液、20%磷胺乳油1500~2000倍液、10%吡虫啉可湿性粉剂3000倍液、2000倍液、菊酯类药剂2000~4000倍液喷杀及25%快杀灵乳油^[3~10]。但喷洒农药常会造成农药残留,导致食品安全问题。

在生物防治方面,利用斑衣蜡蝉1、2龄若虫的寄生性与捕食性天敌—布氏螯蜂(*Dryinus browni* Ashmead)抑制其为害,效果显著。布氏螯蜂的成虫主要产卵于斑衣蜡蝉2~3龄若虫后翅芽盖下的胸部组织上。对斑衣蜡蝉的寄生率达12.5%~43.5%,控制作用明显^[24]。

1.2 利用平腹小蜂进行生物防治研究

我国在建国后积极开展了农林害虫的生物防治研究,20世纪60年代初中国科学院中南昆虫研究所(现为广东省昆虫研究所)成立研究组,开展了荔枝蜡象(*Tessarotoma pupillosa*)卵寄生蜂~平腹小蜂(*Anastatus japonicus*)的生物学、生态学、人工繁殖及野外应用研究。60年代末到70年代,广东省荔枝主产区利用平腹小蜂防治荔枝蜡象的面积占荔枝种植总面积的20%左右^[25]。除广东省外,福建农业大学在福建省也开展利用平

腹小蜂防治荔枝蝽象的试验, 1989~1991 年应用面积达 500ha, 取得良好的效果^[26]。此项技术也为泰国应用防治龙眼树上的荔枝蝽象^[26]。此外, 我国 80 年代还开展利用白附平腹小蜂 (*Anastatus albitarsis*) 防治马尾松毛虫, 防治效果最高可达 68.67%^[27]。陈华盛等研究引进广东平腹小蜂防治北京地区的松毛虫, 防治效果为 23.77%^[28]。笔者也曾成功引进广东荔枝蝽卵平腹小蜂在北京繁殖后释放于桃园和杏园防治茶翅蝽, 也取得了很好的效果^[29]。

1.2.1 平腹小蜂在利用上的优势

平腹小蜂属种类 (*Anastatus* spp.) 的卵、幼虫和蛹均在寄主卵内渡过, 成虫羽化后咬破卵壳飞出^[26]。卵期是大多数昆虫生命周期中最容易受到攻击的时期, 平腹小蜂在害虫的卵期寄生, 可将害虫扼杀在“萌芽”中, 使得害虫在当年的发生量明显的减少, 生物防治效果要比在害虫的幼虫、蛹和成虫期要好。寄主卵发育到任何时期, 平腹小蜂都能寄生, 并能正常羽化出子蜂^[26]。但在寄主卵胚胎后期寄生的, 羽化子蜂雄性比例较高。平腹小蜂在寄主卵胚胎发育任何时期都能寄生这一特性, 对防治害虫十分有利。平腹小蜂个体在寄生蜂群体中属于比较大的, 它的生命力很强, 对环境适应性高, 寄主广泛, 在野外能够续代繁殖, 自然繁衍。大田放蜂通常采用释放平腹小蜂卵卡来防治害虫, 操作方便, 省工省力, 防治费用仅为化学农药防治的 1/4~1/3。在丘陵、高原等缺水地区放蜂防虫更显出优越性。平腹小蜂还具有中间寄主卵易获得的有利条件, 繁蜂方法和条件比较简单, 能在室内大量繁殖, 可以进行大面积的释放。在果园和林地释放平腹小蜂, 可以保护其他天敌, 保护环境, 减少化学农药对人类和环境的伤害。

1.2.2 我国研究较多的几种平腹小蜂

我国已记录的寄生森林害虫的平腹小蜂 (*Anastatus* spp.) 约 10 种, 我国目前有四种平腹小蜂研究和生物防治利用较多^[26]。

(一) 白附平腹小蜂 (*A. albitarsis*), 是多种松毛虫、柳杉毛虫、水青蛾等卵期寄生蜂^[27]。在松毛虫的防治中被广泛研究和利用。在浙江, 是柳杉、柏木上云南松毛虫 (*Dendrolimus latipennis*) 卵的主要寄生蜂之一, 寄生率可达 20%以上^[26]。

(二) 舞毒蛾平腹小蜂 (*A. japonicus*), 是舞毒蛾 (*Lymantria dispar*)、天幕毛虫、多种松毛虫及枯叶蛾科 (*Lasiocampidae*) 害虫卵的寄生蜂^[30]。我国南方省份利用该蜂防治荔枝蝽象效果十分理想^[31, 32], 目前已成功转化为可人工大量繁殖的生物防治产品。

(三) 黄纹卵平腹小蜂 (*Anastatus* sp.), 是多种鳞翅目害虫如松毛虫、枯叶蛾、大蚕蛾等的卵寄生蜂。在黑龙江省用于人工释放防治落叶松毛虫, 寄生率可达 80% 以上^[26]。

(四) 双斑平腹小蜂 (*Anastatus* sp.), 在四川是马尾松毛虫卵期的主要寄生蜂之一, 每年发生 2~4 代, 以老熟幼虫在寄主卵内越冬, 用作蚕卵在室内可繁殖 10 代。人工放蜂对松毛虫有明显的控制作用, 并表现一定的持续效果^[26]。

1.3 我国对天敌昆虫的应用

我国是世界上最早发现和应用天敌昆虫防治害虫的国家, 有着悠久的历史。《南方草木状》上记载古人已经用黄猄蚁来防治柑橘上的害虫。新中国建立后, 随着生物防治科技的发展, 我国开始研究和利用多种天敌昆虫。利用赤眼蜂防治玉米螟^[33, 34], 并从国外引进澳洲瓢虫防治柑橘及木麻黄上的吹绵蚧, 防效最高可达 100%^[35], 效果十分明显。广东地区利用巴氏钝绥螨控制番木瓜皮氏叶螨, 防治效果可达 80% 以上^[36]。云南、北京等地释放异色瓢虫防治蚜虫、介壳虫、木虱, 技术十分成熟^[37]。北京地区应用管氏肿腿蜂防治侧柏上的双条杉天牛, 防治效果达 88.6%^[38]。河北省利用白蛾周氏啮小蜂防治检疫害虫美国白蛾, 寄生率达到 56.85%~68.92%, 使美国白蛾得到了有效控制^[39]。我国天敌昆虫资源不仅种类多、分布广, 而且自然存量较大。近年来, 我国的天敌的商品化产业取得了极大的进展, 能够大量生产多种天敌昆虫。比如赤眼蜂、平腹小蜂、瓢虫、草蛉、肿腿蜂、周氏啮小蜂等。

1.4 课题来源及研究的目的、内容、技术路线

1.4.1 课题来源

葡萄、石榴等种植业近年来在我国经济果树中占据越来越重要的位置，病虫害防治一直是果树健康管理的关键任务，尽管化学农药能快速高效的控制病虫的发生与危害，但其造成的负面效果大。尤其在城市地区，绿化带喷施农药会对人们的身体健康和城市环境造成污染。因此，在农业和城镇绿化管理中减少化学农药尤其是剧毒农药的使用，充分发挥自然界中的生物天敌的作用以及科学的种植技术才是生产绿色果品、保持城市环境健康的关键。

针对上述情况，本试验以北京市绿化树种臭椿上普遍发生的重要害虫—斑衣蜡蝉为研究对象，利用其卵寄生蜂—平腹小蜂对其进行生物防治研究。作者主要研究了北京地区斑衣蜡蝉的生物学特性以及寄生在斑衣蜡蝉卵上的平腹小蜂的生物学、生态学特性及室内大量繁殖等基础性工作，为更好的利用该蜂控制葡萄园、石榴园及园林绿化树种上的斑衣蜡蝉打下基础。

1.4.2 研究的目的意义

蜡蝉科害虫近年来逐步显现出其对人类经济的影响，它们主要是植食性的，以口器插入植物组织，吸取植物汁液，造成植物营养缺失、体质衰弱，并引发其他病虫害。斑衣蜡蝉主要危害臭椿、葡萄等树木，龙眼鸡是我国南方龙眼、荔枝、乌桕等的害虫^[17]。斑衣蜡蝉取食时，口器插入植物组织很深，伤口常有树液流出，同时会排泄蜜露，引诱蝇类舐食，并诱发煤污病，受害枝干树皮凹陷，干枯开裂，使树木生长衰弱。以8、9月份危害最重，危害期共6个月^[12]。

近几年，斑衣蜡蝉在我国的葡萄种植园的危害呈现加重的趋势。斑衣蜡蝉分布广、迁移性强、寄主多，利用常规的化学方法防治该虫效果较差。其次，随着人们对环境保护意识的增强，对绿色食品需求的重视，化学农药所造成的农药残留降低了果实品质，严重危害人们的身体健康。这些都要求我们探索对环境对人类有益的生物防治方法。我们在研究中发现了寄生于斑衣蜡蝉卵的平腹小蜂对斑衣蜡蝉卵有明显的自然控制作用，

最高寄生率接近 80%，是一种很有利用价值的寄生性天敌。因此，深入研究平腹小蜂的生物学、生态学特性以及与寄主的相互关系，进而人工大量繁殖释放，为生物防治园林果树上的斑衣蜡蝉打下基础。

1.4.3 研究内容及技术路线

本研究的主要内容是：

- (1) 斑衣蜡蝉的生物学、生态学特性研究。
- (2) 北京地区斑衣蜡蝉的天敌种类。
- (3) 平腹小蜂的生物学及生态学特性。
- (4) 平腹小蜂对斑衣蜡蝉卵的寄生特性。
- (5) 平腹小蜂的寄主范围、寄主龄期的选择及林间寄生率。
- (6) 平腹小蜂雌蜂的生殖能力研究。
- (7) 平腹小蜂的人工室内繁殖研究。

第二章 斑衣蜡蝉生物学特性研究

在北京地区，蜡蝉科昆虫常见的主要是斑衣蜡蝉，斑衣蜡蝉在北京的寄主主要有：臭椿、香椿、千头椿、刺槐、杨、柳、悬铃木、榆、槭、栎、女贞、合欢、珍珠梅、海棠、桃、李、黄杨等^[14]。

斑衣蜡蝉属同翅目、蜡蝉科。是绿化树种臭椿和多种果树的重要害虫，主要危害树木的枝、叶。在北方每年发生 1 代，以卵在树皮上越冬，翌年 4 月中旬若虫孵化并开始危害，6 月中旬成虫出现，继续危害。成虫和若虫均喜聚集，常数十头栖息在寄主的枝干上或幼苗的基部吸食液汁，遇到惊扰，会迅速移开，或跳跃逃避，若虫跳跃能力较强，最高可跳 1m，成虫飞翔能力一般，很少超过 3m。取食时，口器插入植物组织很深，伤口处常有树液流出，同时会排泄蜜露，引诱蚂蚁和蝇类舐食，并诱发煤污病，受害枝干树皮凹陷，干枯开裂，使树木长势衰弱。由于该虫具有很强的迁移性，同时植物受害后初始症状不明显，所以，等发现被害时再进行防治为时已晚。为了弄清斑衣蜡蝉的发生规律，更好地防治该虫，我们对其生物学、生态学特性进行了研究^[38]。

2.1 材料和方法

2.1.1 调查点情况

调查地点位于北京香山香泉环岛和普安店村的臭椿混交绿化林地。该地区位于北纬 39°38'、东经 115°24'，在气候上处于与暖温带到中温带的过渡型，北京在气候类型上主要属于暖温带半湿润大陆性季风型气候。冬季寒冷干燥，夏季炎热多雨。风向有明显的季节变化。水热的时空分配很不均衡。年平均气温 11.8℃。年平均降雨量 400~750mm，75%的雨量集中于 6~8 月份^[40]。

作为主要定点调查的是香泉环岛周边及普安店村沿玉泉山路的臭椿 [*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle]、毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.) 和柳树 (*Salix babylonica*)、榆树 (*Ulmus pumila*) 等的混交林。其中，杨树胸径平均为 25cm，树龄 10 年以上，65

棵；柳树平均胸径 30cm，树龄 10 年以上，34 棵。臭椿平均胸径 25cm，树龄 10 年以上，32 棵。

2.1.2 生物学特性调查及研究

2.1.2.1 斑衣蜡蝉生活史及产卵量调查

试验地点设在北京市西山实验林场生防中心检疫害虫实验室内，3 月中下旬将野外采集的未孵化的卵块带回室内，若虫孵化后在室内水培臭椿的枝条上饲养。以室内饲养种群为研究对象，通过解剖镜及数码相机照相，观察斑衣蜡蝉各虫态的形态特征，并测定其虫体大小。用纱笼罩住野外臭椿的幼苗，斑衣蜡蝉成虫在纱笼内活动，观察斑衣蜡蝉种群产卵、历期等习性。

2.1.2.2 斑衣蜡蝉的卵期及若虫发育历期

在室温 $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $\text{Rh}=70\pm 5\%$ ，将斑衣蜡蝉的卵块放于塑料试管（ $3\times 15\text{cm}$ ）内饲养，每天 7:00、15:00、22:00 定时记录卵的孵化情况。孵化后的若虫继续观察，当发育至二龄若虫开始分散活动时，将其移至纱笼（ $40\text{cm}\times 40\text{cm}\times 60\text{cm}$ ）内饲养，每天 7:00、18:00 观察若虫的发育情况，并在 Olympus 解剖镜下描述斑衣蜡蝉各虫态形态特征。

2.1.3 虫源

从 3 月下旬开始，在实验地的杨树、臭椿、柳树的树皮上采集完整的斑衣蜡蝉卵块。孵化后收集斑衣蜡蝉若虫，放于养虫笼内，每天采集新鲜的臭椿枝叶饲养。于 2010 年 6 月起在实验地采集成虫在室内进行饲养观察。

2.2 结果与讨论

2.2.1 形态特征

成虫：雄虫体长 13~17mm，翅展 40~44mm；雌虫体长 17~21mm，翅展 50~52mm。体隆起，头部小，头顶向上翘起呈短角型。触角在复眼下方，红色，刚毛状，基部膨大呈卵形，鞭节细小。前翅革质，基部 2/3 淡褐色，上有黑点 10~20 余个不等，端部 1/3

黑色，脉纹呈灰白色。后翅膜质，扇状，基部一半红色，有黑色斑 6~7 个，翅中有倒三角形的白色区，翅端及脉纹为黑色^[12]，翅上常有白蜡。

卵 块状，表面覆有一层土灰色粉状疏松的蜡质，内为排列整齐的卵。每块约 5~6 行，每行 10~30 粒，卵粒像小麦粒，长圆柱形，长约 3mm，宽约 1.5mm。卵背 2 侧有凹线，中部隆起，隆起的前半部有长卵形的卵孔盖，前端作角状突出，卵的前面平截或微凹，后面钝圆形，腹面平坦^[12]。

若虫 1 龄体长 4mm，宽约 2mm，体背有白色蜡粉形成的斑点，头顶有脊起 3 条；触角黑色，具有长形冠毛，为触角长的 3 倍。

2 龄体长 7mm，宽 3.5mm，触角鞭节细小，冠毛短，略较触角长，体型与 1 龄若虫相似。

3 龄背部白斑明显，体长 10mm，宽 4.5mm，头部比 2 龄若虫稍长，触角鞭节细小，冠毛长度与触角 3 节的和相等。

4 龄体长 13mm，宽 6mm，翅芽明显，体色为鲜红色，有白点，头部最前的尖角、两侧及复眼基部黑色。有明显的翅芽。

2.2.2 危害习性

斑衣蜡蝉的成虫、若虫均可刺吸树木的嫩叶、枝干汁液，所刺的植物伤口颇深，其排泄的蜜露撒于枝叶和果实上，引诱蜜蜂、蚂蚁及蝇舐食，并引起煤污病发生^[12]，影响植物的光合作用。植物嫩叶受害常造成穿孔，严重的叶片破裂，树皮枯裂，甚至死亡^[4]。此外，在危害的过程中，斑衣蜡蝉还可传播植物病毒病^[6]。

2.2.3 寄主范围

斑衣蜡蝉的寄主十分广泛，绿化树种有刺槐、杨、柳、悬铃木、榆、槭、栎、女贞、合欢、苦楝、珍珠梅、海棠、李、黄杨等^[14]，果树树种有桃、葡萄、海棠、山楂、杏、猕猴桃等^[6]，最喜的宿主是臭椿、葡萄和苦楝^[4]。

2.2.4 成虫生活习性

2.2.4.1 生活史 斑衣蜡蝉在北京地区 1 年发生 1 代，以卵在寄主的枝干上越冬。翌年 4

月中旬后陆续孵化为若虫。若虫喜欢群集在植物的嫩茎和叶子背面为害，受到惊扰即跳跃逃避。若虫期 50~65d，蜕皮 3 次，若虫共 4 龄。6 月中旬至下旬即羽化为成虫，7 月下旬达到羽化高峰期。8 月下旬成虫开始交尾、产卵，直到 10 月下旬。成虫寿命长达 4 个月，为害至 10 月下旬陆续死亡。其生活史见表 2-1。

表 2-1 斑衣蜡蝉生活史（北京，2010~2011）

Tab 2-1 The life history of *Lycorma delicatula* (White)(Beijing, 2010~2011)

4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月			11 月至翌年 3 月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
●	●		~	~	~	~	~	~															
						⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕			
												○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●

注：● 越冬卵；~ 若虫；⊕ 成虫；○ 卵。

2.5.4.1 交配及产卵

通过对野外纱笼内斑衣蜡蝉成虫的观察,该虫一般在上午 7~8 时交配,产卵时行动迟缓,产卵通常从左往右,产完一排后覆盖上蜡粉,然后再产第二排。卵多产在树干阳面和树枝分叉处的下部,单雌产卵量为 20~56 粒,平均 36 粒。产卵历期 4d~8d,平均 5.5 天,田间性比约为 1: 0.82。

2.5.4.2 生活习性

成虫主要在白天活动,以上午 8~10 时和下午 16~17 时最为活跃,正午一般聚集在枝叶的隐蔽处休息;活动时多群集在嫩叶和叶柄基部,受惊时猛跃起飞,跳跃力甚强,能高达 1m 以上。成虫多在白天羽化,以上午 7~11 时居多,约占 75%。

斑衣蜡蝉初产卵为灰白色,后变为褐色。卵粒排列整齐呈块状,外覆一层土灰色蜡粉,使卵块在树干上的隐蔽性很好,不易被发现。野外的卵块孵化调查显示,臭椿上的卵粒孵化率最高,可达 90%。柳树上的卵粒孵化率较低,不到 10%。

斑衣蜡蝉若虫一共 4 龄,蜕 3 次皮,末龄若虫有发达的翅芽,蜕皮后直接变为成虫。若虫喜欢群集在树叶基部和背面,遇到惊扰随即分散,若虫有假死性。



图 2-1 斑衣蜡蝉的卵块

Fig.2-1 Egg mass



图 2-2 野外调查地

Fig.2-2 Investigate field

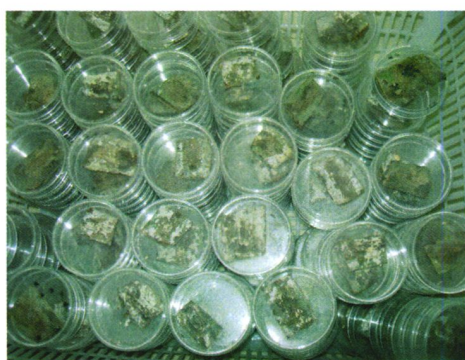


图 2-3 采集到的斑衣蜡蝉卵块

Fig.2-3 Collected egg mass

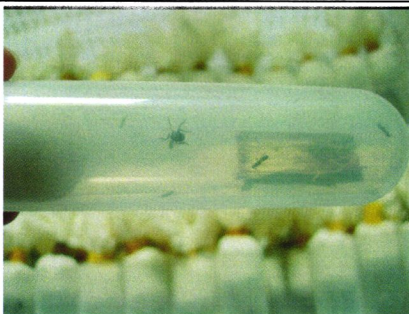


图 2-4 卵块孵化

Fig.2-4 Emerging



图 2-5 室内纱笼饲养斑衣蜡蝉幼虫

Fig.2-5 Rearing nymphs in net

第三章 北京地区斑衣蜡蝉天敌种类及控制作用

自然界中存在的食物链是生物之间的主要关系。从这个概念出发, 每种生物都不可能避免被捕食或者寄生。害虫取食植物, 而天敌又制约害虫。这种平衡是自然和谐存在的原因。如果这种平衡被破坏, 就会造成一些病虫害的爆发成灾。因此, 找到害虫的天敌并利用是最有效的保证生物间平衡的方法, 斑衣蜡蝉在生长发育的过程中也会受到天敌的制约, 通过对斑衣蜡蝉各虫态天敌种类的调查, 从中确定该虫的优势天敌种类, 开发适合利用的天敌, 为进一步生物控制斑衣蜡蝉打好基础。

3.1 材料与方法

3.1.1 调查地点

在北京地区的香山香泉环岛、玉泉山路周围对斑衣蜡蝉发生期的天敌种类进行调查。树种主要是杨树、柳树、臭椿。调查时间为2010年4月10日到2010年11月20日和2011年4月—11月, 每隔7d调查1次。

3.1.2 调查方法

调查寄生性天敌时, 在斑衣蜡蝉发生严重的臭椿、杨树、柳树混交林地, 随机在3种树上采集斑衣蜡蝉卵块带回室内饲养, 待羽化后鉴定种类, 统计其对斑衣蜡蝉卵的寄生率。调查捕食性天敌时, 在野外观察且将斑衣蜡蝉危害地附近发现的天敌带回室内试验确定其取食对象。

3.2 调查结果

3.2.1 斑衣蜡蝉卵的分布

杨树（共调查 65 棵）2 米以下树干部位平均 210 块，柳树（34 棵）2 米以下树干部位平均 11 块，臭椿（32 棵）2 米以下树干部位平均 24 块。从统计结果可以看出，斑衣蜡蝉喜在臭椿上活动，但在杨树上产卵的密度比在臭椿上高。

斑衣蜡蝉在杨树上的卵块非常集中，阳面的卵块数量大大高于阴面，约占到 4/5。斑衣蜡蝉成虫也有在往年卵块上重叠产卵的现象，在采集卵块过程中，经常发现新鲜卵块的下面重叠有往年已孵化的卵块。

3.2.2 斑衣蜡蝉卵的孵化

通过对野外采集的卵块孵化情况统计，产于柳树上的卵块 30 块，卵粒平均孵化率 78.92%，臭椿上的卵块 73 块，卵粒平均孵化率为 92%，杨树上的卵块共 318 块，卵粒平均孵化率为 56.66%，从中可以看出，斑衣蜡蝉卵的自然孵化率很高。

3.2.3 寄生性天敌种类

通过对调查、饲养得到的标本进行初步鉴定，发现北京地区寄生斑衣蜡产卵期的寄生蜂只有 1 种，经杨忠岐鉴定为斑衣蜡蝉平腹小蜂 (*Ananstatus* sp.) (为一新种，待发表)。

上个世纪 60 年代初，在我国南方各省，蒲蛸龙、黄明度等（1974 年）、研究发现并首创了利用蓖麻蚕卵（后改用柞蚕卵）作为中间寄主大量繁殖平腹小蜂防治荔枝蜡^[42]。每年 4—5 月荔枝产卵期，将人工饲养的平腹小蜂释放到林间，以补充自然种群数量，可大大提高荔枝蜡卵的寄生率，有效降低荔枝蜡的危害。方惠兰等研究了白附平腹小蜂对松毛虫的自然寄生效果可达到 22.29%^[43~45]；童新旺等研究了白附平腹小蜂的生物学特性及其利用^[27]。周祖基等研究了枯叶蛾平腹小蜂的中间寄主卵，筛选出柞蚕卵并研究了其保鲜方法，接蜂后羽化率可达 80%^[46, 47]。平腹小蜂在北京地区发生十分普遍，是广谱性寄生天敌，可寄生多种鳞翅目及半翅目昆虫卵，陈华盛等曾研究了寄生松毛虫卵的平腹小蜂^[28]，仇兰芬等研究了寄生于茶翅蜡蛾卵的平腹小蜂^[48]，但寄生同翅目斑衣蜡蝉卵的情况很少报道。通过对卵块标本的统计，发现平腹小蜂对斑衣蜡蝉卵的自然寄生率为 20%~100%，平均寄生率达到 44.3%，在斑衣蜡蝉的整个发生期都处于相对较高的水平，是斑衣蜡蝉

卵的优势寄生蜂，对斑衣蜡蝉的种群控制作用十分明显。在野外，4月份就可见在野外活动的成蜂，该蜂在北京室内人工养殖1年可发生7~8代。对其生物学特性及其人工繁殖利用详见第四章和第五章。

3.2.4 捕食性天敌

斑衣蜡蝉除了卵期的寄生性天敌外，还有几种捕食性天敌。

(1) 蚂蚁 野外调查发现，斑衣蜡蝉的一龄若虫孵化初期，即有蚂蚁在旁等候，伺机将初孵若虫捕获。

(2) 蜘蛛 野外调查经常发现斑衣蜡蝉的成虫、若虫被蜘蛛捕食。有圆蛛科的棒络新妇（*Nephila clavata* L. Koch）；大腹圆蛛[*Araneus ventricosus* (L. Koch)]等。

(3) 螳螂 北京常见的中华大刀螳（*Paratenodera sinensis*）在野外也捕食斑衣蜡蝉的成虫和若虫。



图 3-1 斑衣蜡蝉孵化后的卵壳

Fig.3-1 Egg shells after *Lycorma delicatula* hatching



图 3-2 出蜂卵壳

Fig.3-2 Egg shells after *Ananstatus* sp. emergence

第四章 斑衣蜡蝉平腹小蜂的生物学特性研究

平腹小蜂属(*Anastatus*)属膜翅目(Hymenoptera)旋小蜂科(Eupelmidae)^[26],是我国研究和应用比较早的寄生蜂,其在广东、福建^[49~51]等地的生物学和生态学特性已有较多的报道,其人工繁殖技术也已成熟。平腹小蜂在北京地区寄生多种鳞翅目和半翅目昆虫卵,陈华盛等引进荔枝蜡蝉卵平腹小蜂防治北京地区的松毛虫^[28],笔者在2003年也引进广州地区的平腹小蜂防治北京地区果园中的茶翅蜡,均取得良好的防治效果^[29]。本次研究在北京地区发现的寄生斑衣蜡蝉卵的平腹小蜂经鉴定为斑衣蜡蝉平腹小蜂(*Anastatus* sp.)(经杨忠岐教授鉴定为一新种,待发表),因此,研究斑衣蜡蝉平腹小蜂这个新种在北京地区的生物学和生态学特性对其利用十分必要。

4.1 材料与方法

4.1.1 材料

观察地点

在北京西山试验林场生防中心天敌饲养车间内,恒温恒湿,保证斑衣蜡蝉卵的正常发育。

虫源

4月中旬从香泉环岛及玉泉山路两侧的杨树、柳树、臭椿等树上采集完整的斑衣蜡蝉卵块,带回室内让其自然发育至羽化,羽化后将平腹小蜂移入直径5cm*12cm的玻璃试管内,喂食20%蜂蜜水。

4.1.2 方法

4.1.2.1 成蜂的羽化、性比、交配、寿命等生物学特性

将野外采集的斑衣蜡蝉卵块每块单独放于一个塑料培养皿(直径3.5cm*1cm)中,每天观察记录寄生蜂的羽化情况,确定羽化蜂的种类并统计寄生率。野外采集的被寄生

斑衣蜡蝉卵块在室内羽化后统计雌雄性比。成虫活动、羽化、取食、交配、产卵、寿命为室内观察结果，部分特性结合室外调查所得资料^[38]。寿命观察试验的处理分为3组：补充20%蜂蜜水、补充蒸馏水、不补充任何物质，每天记录成蜂的死亡数量，每组处理雌雄成蜂的观察数量大于30头。

4.1.2.2 平腹小蜂对斑衣蜡蝉卵的寄生行为

将树皮上新产的斑衣蜡蝉卵块整块取下，放于玻璃试管中，接入1头雌蜂，在Olympus双目实体解剖镜下持续观察并记录其产卵寄生过程，以雌蜂对第1粒寄主卵进行刺探开始计时，计时工具为秒表。室内温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度60%~75%，光照强度2000~3000lx。

4.1.2.3 孤雌生殖

将羽化后未交配的雌成蜂，接入玻璃试管中，管内放入新鲜未被寄生的斑衣蜡蝉卵块，观察雌蜂的产卵情况、后代发育和性比等。对照为经过交配后的雌蜂对卵块的寄生情况。

4.1.2.4 平腹小蜂在室温下的产卵量

在室温($25\pm 1^{\circ}\text{C}$)下,相对湿度 $65\pm 5\%$,将1头羽化5天后并已交配的雌蜂单头饲养于玻璃试管内,管内有20粒新鲜柞蚕卵制成的卵,再放入蘸有20%蜂蜜水的脱脂棉球,两天后把已寄生的卵卡取出,放入新的卵卡,直至雌蜂死亡。将已寄生的卵卡放于室温下继续发育,统计出蜂情况。按此方法,重复30头蜂。

4.1.2.5 平腹小蜂对斑衣蜡蝉卵的林间寄生率调查

在3~9月间,在试验林地内每隔7天调查1次,每次调查杨树、臭椿、柳树共30棵,将卵块采集回室内观察,对卵块进行标记,卵块羽化后,统计羽化日期、羽化率、寄生率等。

4.1.2.6 怀卵量的解剖

试验器械和试剂

日本产Olympus解剖镜,生物显微镜,计数器,尖头镊子,解剖针,昆虫针,白滴瓶,载玻片,凹面载玻片,中量滤纸,白蜡,70%的酒精,蒸馏水,20%蜂蜜。

平腹小蜂

采自野外的斑衣蜡蝉卵块在室内孵化后的寄生蜂用中间寄主扩繁后的次代蜂。羽化后雌雄交尾 5 天，其间饲喂 20% 的蜂蜜水。

生殖系统解剖

把交尾 5 天后的雌蜂放在白蜡制作成的蜡盘上，先用 70% 的乙醇固定 2min，然后加 1~2 滴蒸馏水，在 Olympus 解剖镜下，用昆虫针将蜂的胸部固定在蜡盘上，然后用解剖针首先剥离腹部侧板，然后从腹部层层剥离腹板，露出生殖系统观察。

卵巢中卵量解剖

取交尾 5 天后的雌蜂，用昆虫针将其固定在白蜡盘上，白蜡盘中用尖头镊子和小号解剖针小心地从腹部开始剥离腹板，露出卵巢后，将卵巢摆正，分别记录左右卵巢的卵粒数。用同样的方法取交尾后在繁蜂箱中产卵 5d、10d、15d、20d、25d、30d 的雌蜂，分别解剖记录卵巢中的卵粒数。

4.2 结果

4.2.1 不同寄主的卵粒和卵块寄生率

表 4-1 斑衣蜡蝉卵野外寄生调查表

Tab.4-1 Parasitism rate of *Lycorma delicatula* (White) eggs

树种	卵块数	寄生卵块数	卵粒寄生率	卵块寄生率
杨树	358	218	0.4434	0.609
柳树	58	37	0.2108	0.636
臭椿	33	21	0.0908	0.638

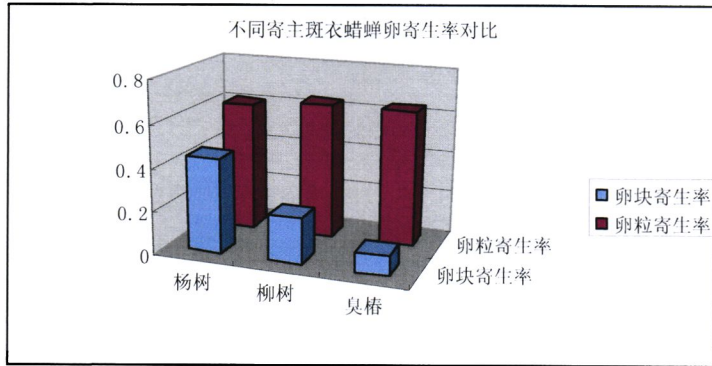


图 4-1 不同寄主植物的斑衣蜡蝉卵寄生率对比

Fig.4-1 Parasitism rate of eggs in different host plants

在杨树上共采集 358 块卵块，寄生蜂对单块卵的卵粒的最高寄生率为 100%，最低为 2.86%，平均 44.34%；在柳树上共采集 33 块卵块，寄生蜂对卵粒的最高寄生率为 82.14%，最低为 0，平均 21.08%；在臭椿上共采集 58 块卵块，寄生蜂对卵粒的最高寄生率为 100%，最低为 0，平均 9.08%。

寄生蜂对卵块的寄生率：杨树 60.9%，柳树 63.6%，臭椿 63.8%。

4.2.2 平腹小蜂的羽化和活动

室内观察，4 月初当室温达到 16℃ 时，平腹小蜂的雄蜂开始羽化，1~2d 后，雌蜂开始羽化。一般情况下，上午为成蜂的羽化高峰，以 8~11 时最多，约占成蜂的 70%，下午羽化较少。

平腹小蜂成虫没有明显的趋光性，但需要在光线下活动。在光线微弱或黑暗处，多处于静伏状态。室内繁殖需提供充足的光照，光照度在 90~100Lux 条件下利于平腹小蜂交尾和产卵^[28]。光照度大于 150Lux，平腹小蜂过份活跃，反而很难进行交尾和产卵。在野外，成虫一般以爬行方式扩散，也能跳跃及飞翔，扩散能力为 100 米左右。成虫在野外一般以花蜜、裂果汁液为食料，发现个别蜂吸食寄主卵内流出的内含物。

4.2.3 交配和产卵

平腹小蜂在夜晚和白天均能羽化，雄蜂一般比雌蜂早羽化 1~2 天，先羽化的雄蜂一般会在未羽化的卵粒旁徘徊等候，雌蜂羽化后随即追逐交尾。多头雄蜂为了争夺一头雌

蜂，会出现争斗现象。雌蜂一般只交尾一次，也有个别雌蜂可多次交尾。雄蜂可多次交尾，每次交尾时间约几秒钟。交尾后的雌蜂可持续产下两性后代，未交尾的雌蜂产下后代均为雄蜂。室内观察，雌蜂在柞蚕卵上产卵时，首先用触角不停的对卵粒进行敲打，确定后才将产卵期插入产卵。一般产卵时间约 7 分钟，最长的 35 分钟，最短 4 分钟。人工繁殖中，尽管卵粒充足，平腹小蜂仍有重复寄生现象。斑衣蜡蝉卵和柞蚕卵中均只能羽化出一头成蜂，没有发现一卵羽化出多头蜂的现象。

平腹小蜂的雌雄性比

卵块中的平腹小蜂羽化后，统计平腹小蜂的雌雄性比。采集于杨树上的雌雄比为 2.11: 1，柳树上的雌雄比为 2.91: 1、臭椿上的雌雄比为 1.38: 1。三种寄主植物上采集的卵寄生蜂雌雄比平均为 2.13: 1。

4.2.4 成蜂的寿命

试验结果表明，补充营养对延长斑衣蜡蝉平腹小蜂成虫的寿命有着重要影响。通过不加任何物质、加蒸馏水、喂 20% 蜂蜜水 3 种处理，羽化后补充水分的雌蜂寿命为 10~15d，雄蜂为 3~5d；没补充任何物质的雌蜂平均寿命为 3~5d，雄蜂为 1~4d；而补充营养的成蜂寿命明显长于补充水分和没补充任何物质的成蜂，室温下雌蜂最长达 75d，平均为 35d。雄蜂 3~7d。平腹小蜂寿命在卵寄生蜂中是较长的一种，是其利用上的优越特性。

4.2.5 产卵量

表 4-2 单头雌蜂产卵量统计

Tab.4-2 Egg Number of single *Lycorma delicatula* (White) female adult

编号 Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均产卵量 Average value
产卵量 Egg Number	70	69	53	20	78	98	66	68	42	38	89	83	74	65	37	78	79	84	56	88	67	65	39	49	45	78	67	48	59	88	64.67

通过对单头雌蜂在 30 天内的产卵调查发现，30 头雌蜂中产卵最高为 98 粒，最低为 20 粒，平均 64.67 粒。

雌成虫内生殖系统观察

解剖发现，平腹小蜂雌成虫内生殖系统主要由一对卵巢组成，每个卵巢含 3~6 根卵巢管。左右卵巢管分别位于腹部两端，占据了腹腔 80% 的空间。卵巢管外观像一串腊肠。外有一层透明而薄的膜，内部充满颗粒状的卵粒。卵粒呈粥样的不规则椭圆形，没有明显的卵柄。显微镜下测量，卵粒大小为 0.05~0.1mm。每根卵巢管有 10~20 粒不等的卵粒。左右卵巢管连接在位于腹部中央的乳黄色受精囊上，受精囊下还连接一输卵管，并附有数根线状尾丝。

平腹小蜂在产卵 5 天、10 天、15 天、20 天、30 天后解剖生殖系统发现，卵巢内卵粒含量和状态无明显变化，卵粒总数在 50~120 之间不等。通过平腹小蜂单头雌蜂的产卵量统计可得知，平腹小蜂在补充营养的同时，卵巢内可产生新的卵，其间卵不断发育成熟至产卵。每天产卵量随着体内卵粒的成熟程度在变化，在 2~10 粒之间。



图 4-2 斑衣蜡蝉卵块中羽化的平腹小蜂

Fig. 4-2 *Ananstatus* sp. Emerged from the eggs of *Lycorma delicatula* (White)

第五章 平腹小蜂的室内人工大量繁殖及室内寄生试验

斑衣蜡蝉平腹小蜂是斑衣蜡蝉卵期的主要寄生性天敌之一，它寄生率高，对该虫起着重要的控制作用。通过研究，发现斑衣蜡蝉平腹小蜂具有如下特点：

(1) 对斑衣蜡蝉卵的寄生率比较高，是斑衣蜡蝉的主要天敌；(2) 繁殖迅速、雌雄性比高。在温度 25℃ 条件下，斑衣蜡蝉平腹小蜂一代发育时间只有 22~25 天，一年可以繁殖多代，且雌蜂数量高于雄蜂，非常有利用价值。鉴于此，作者对其的大量繁殖进行了探索，以期找到大量繁殖该蜂的方法，在生产中通过大规模的繁殖释放来控制斑衣蜡蝉的危害。

5.1 材料与方法

平腹小蜂为广谱性寄生天敌，可寄生多种鳞翅目及半翅目昆虫卵。上个世纪 60 年代初，在我国南方各省，蒲蛸龙、黄明度等研究发现并首创了利用蓖麻蚕卵（后改用柞蚕卵）作为中间寄主大量繁殖平腹小蜂防治荔枝瘿^[42, 49]。每年 4—5 月荔枝产卵期，将人工饲养的平腹小蜂释放到林间，以补充自然种群数量，可大大提高荔枝瘿的寄生率，有效降低荔枝瘿的危害^[26]。而在南方各省平腹小蜂繁殖所用中间寄主均采用柞蚕卵，作者本人曾引进南方荔枝瘿平腹小蜂在北京室内人工大量繁殖防治北京地区果园的茶翅瘿卵。繁蜂材料也采用柞蚕卵。柞蚕卵作为繁殖平腹小蜂的中间寄主卵的优点是易获得，卵粒大，营养充足，繁殖出的子代蜂个体大、活力强。因此，斑衣蜡蝉平腹小蜂作为北京当地的寄生蜂，作者在大量繁殖的试验中没有进行中间寄主的筛选，而是直接将柞蚕卵作为中间寄主接蜂。

5.1.1 材料

试验中所用蜂种为从调查地杨树、柳树、臭椿上所采集的斑衣蜡蝉卵块孵化后所得。饲喂食物为 20% 的蜂蜜水^[28]。

自动控温控湿的饲养间；长×宽×高=60×40×80cm 的杨木制作的木繁蜂箱^[28]，前后为 100 目透明纱网，便于观察蜂的活动情况。繁蜂箱内对称两角安装 40 瓦日光灯两支，为补充室内光线的不足。

观察蜂对卵的寄生情况的仪器为 Olympus 双目解剖镜。

柞蚕茧来自河北秦皇岛。

用于粘贴中间寄主卵的普通白纸、乳胶。盛放卵卡的尼龙纱盘。

5.1.2 方法

5.1.2.1 柞蚕茧的加温技术 将冬储的柞蚕茧从冷库中移入温度为 10℃ 的室内，适度为 65±5%，每日将室内温度增加一度，使柞蚕茧逐渐升温至 20℃，计算接近柞蚕积温时，将室内温度降低 2℃，变为 18℃，可以使柞蚕卵羽化整齐。

5.1.2.2 新鲜柞蚕卵 柞蚕成虫羽化后，要将雄蛾及时去除，避免雌雄交配。雌蛾羽化 1 天之后再行取卵，因为刚刚羽化的雌蛾腹内的卵粒还未完全发育成熟。用家用绞肉机将雌蛾绞碎后清洗，把卵粒上的附着物清洗干净后在阴凉通风处晾干。

5.1.2.3 制作卵卡 将晾干后的柞蚕卵粒中的瘪卵和未发育成熟的绿卵去除，之后用白乳胶将卵粒粘在白纸上做成卵卡，每张卵卡卵粒约 500 粒，重约 5 克。

5.1.2.4 繁蜂 室温 25±1℃，相对湿度 65±5%，L/D=12/12，将新羽化的平腹小蜂雌蜂 100 头，雄蜂 50 头，（野外调查寄生卵粒所孵化的雌雄比约 3: 1）放于繁蜂箱内，每天供给新鲜的蜂蜜水，等雌雄蜂充分交尾 5 天后，放入 4 张新鲜卵卡(500 粒/张)让雌蜂寄生。2 天后把已寄生的卵卡取出，放入新的卵卡。卵卡上标注日期。每代繁蜂时间 30 天，共繁蜂 4 代。

5.1.2.5 雌蜂产卵量的调查 随机选取一张发育 5 天后卵卡，在解剖镜下解剖 50 粒卵，观察寄生情况。每两天的卵卡观察 50 粒，共观察 750 粒卵。室内繁蜂 4 代，共解剖卵粒 3000 粒。

5.1.2.6 雌雄性比的统计 每代蜂按照寄生的日期随机选取 50 粒寄生卵粒，在室温下发育，羽化后统计雌雄性比。每代统计 750 粒卵。

5.1.2.7 由于平腹小蜂在野外扩散能力较强，试验地面积比较小，难以统计放蜂效果，因

此 8 月间从林间采集斑衣蜡蝉新产卵块带回室内，接入人工繁殖的平腹小蜂，观察平腹小蜂的寄生能力和效果。

5.2 结果

在室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度为 $70 \pm 5\%$ 的条件下，平腹小蜂完成一代需要约 17~22 天，其中卵期 2 天，幼虫期 5~7 天，预蛹期 5~7 天，蛹期 5~6 天。繁蜂箱中雌蜂的产卵时间持续最长为 50 天，雌蜂的最长寿命 100 天，平均 45 天。

5.2.1 每代雌蜂的平均产卵量

从 2011 年 4 月 20 日至 10 月 20 日室内共繁蜂 4 代。雌蜂最高产卵量和羽化率在第二代，为 232 粒和 222 头。在室内繁蜂箱繁殖 4 代后，产卵量和羽化率变化不大，这说明，该蜂有很强的适应性，在相同的室内环境下，生命力和生殖力没有表现出明显的退化现象，这对于人工驯化和繁殖是十分有利的。

产卵和羽化结果统计如下：

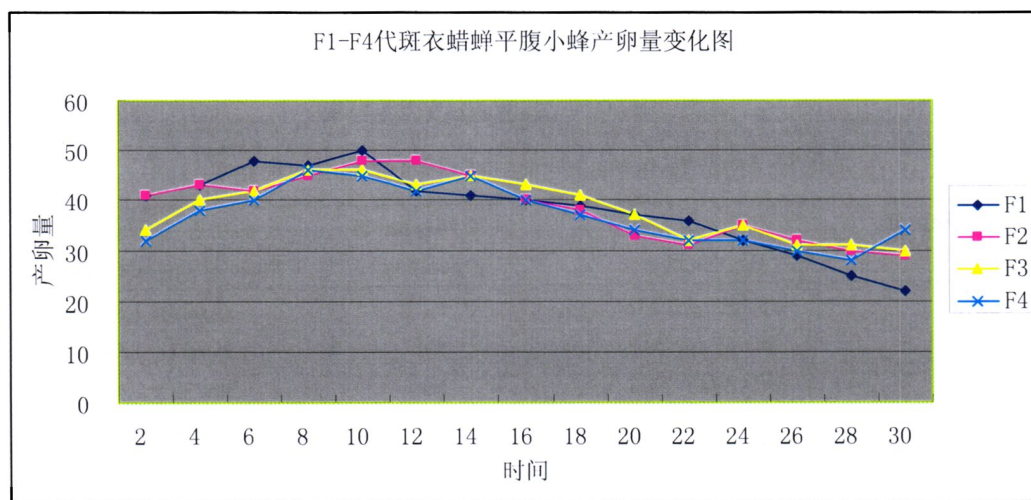


图 5-1 F1—F4 代斑衣蜡蝉平腹小蜂雌蜂产卵量(粒)

Fig.5-1 Egg Number of F1—F4 *Anastatus* sp.

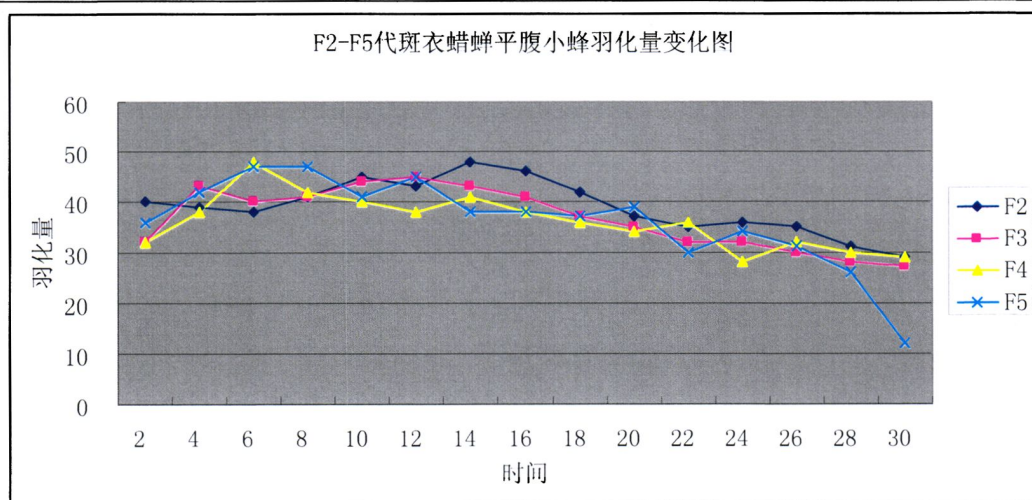


图 5-2 F2—F5 代斑衣蜡蝉平腹小蜂羽化量(头)

Fig.5-2 Mean emergence amount of F2—F5 *Anastatus* sp.

对上述 8 组产卵量和羽化量用 SPSS 2.0 进行显著性分析:

产卵量

Fisher's LSD, $F=0.18$, $\alpha = 0.05$.

羽化量

Fisher's LSD, $F=0.62$, $\alpha = 0.05$.

表 5-1 产卵量和羽化量的方差分析结果

Tab. 5-1 Analysing of Egg Number and Mean emergence amount

代数 Number of generation	产卵量 (平均值) Egg Number	代数 Number of generation	羽化量 (平均值) Mean emergence amount
F1	38.133 ± 2.11a	F2	39.000 ± 1.39 a
F2	38.667 ± 1.70 a	F3	36.667 ± 1.59 a
F3	38.400 ± 1.51 a	F4	36.133 ± 1.41 a
F4	37.000 ± 1.51 a	F5	36.200 ± 2.33 a

5.2.2 雌雄性比的变化

通过对人工繁殖的平腹小蜂进行性比统计, 室内雌雄性比远远高于该蜂在野外寄生斑衣蜡蝉卵的雌雄比, 最高为第 3 代, 为 6.09: 1, 是野外的 3 倍。考虑原因应该是柞蚕卵要比斑衣蜡蝉卵卵粒大, 营养高。

表 5-2 人工繁殖的平腹小蜂雌雄性比统计

Tab.5-2 Sex ratios of mass-rearing *Ananstatus* sp. indoor

F1		F2		F3		F4		F5	
♀ No.	♂ No.	♀ No.	♂ No.	♀ No.	♂ No.	♀ No.	♂ No.	♀ No.	♂ No.
500	250	518	118	530	87	508	91	531	114
2: 1		4.39: 1		6.09:1		5.58:1		4.66:1	

5.2.3 小结

室内繁蜂的结果表明, 人工繁殖的蜂雌雄比高于野外, 而且繁蜂 4 代后, 雌蜂的产卵能力没有表现出明显的下降, 尤其前 20 天的产卵量变化不大, 25 天之后, 子代雄蜂比例增高, 这说明该蜂在室内繁蜂中, 应该在产卵初的 25 天内, 提供充足的中间寄主卵供平腹小蜂寄生, 25 天之后可考虑放弃饲养。



图 5-3 室内繁蜂

Fig. 5-3 Mass-rearing *Ananstatus* sp. indoor

第六章 结论与讨论

斑衣蜡蝉是葡萄、石榴、猕猴桃、臭椿等的重要害虫，在我国多个省市如山东、湖北、北京等果园和绿化带危害严重^[1~10]。本文针对斑衣蜡蝉和其主要的天敌—平腹小蜂的生物学及其生物防治方面进行了研究，取得成果和结论如下。

6.1 结论

6.1.1 斑衣蜡蝉的生活史及生物学特性

在北京地区，斑衣蜡蝉 1 年发生 1 代，以卵越冬。4 月中下旬开始孵化活动，6 月中旬至下旬羽化为成虫，7 月下旬达到羽化高峰期。8 月下旬成虫开始交尾、产卵，直到 10 月下旬。成虫可活 4 个多月，整个危害期长达半年。

斑衣蜡蝉卵多产在树干阳面和树枝分叉处的下部，单雌产卵量为 20~56 粒，平均 38 粒。产卵历期 4d~8d，平均 5.5 天。田间性比约为 1: 0.82。斑衣蜡蝉卵孵化率高，只要不被寄生或破坏，孵化率可达 100%。若虫分为 4 龄，野外发育期约 60 天。

6.1.2 北京地区斑衣蜡蝉的天敌种类

初步调查发现斑衣蜡蝉卵期、若虫和成虫期天敌共有 5 种，1 种为寄生性，3 种为捕食性。其中卵期天敌有 1 种，为平腹小蜂，捕食性天敌 4 种：小黄家蚁，圆蛛科的棒络新妇和大腹圆蛛等，中华大刀螳。优势天敌是平腹小蜂，在北京发生十分普遍，斑衣蜡蝉卵中的自然寄生率为 20%~90%，平均为 44%。

6.1.3 平腹小蜂的生物学特性

该蜂在北京地区室内 1 年发生 7~8 代，以幼虫在寄主卵内越冬。每年 4 月气温升高至 20℃即羽化活动。寄生蜂在斑衣蜡蝉卵内完成卵、幼虫、蛹期及羽化的发育。该蜂一般雄性先羽化，羽化后的雄蜂在未羽化的卵粒旁等候，羽化后如果是雌蜂即追逐交尾，

雌蜂一般只交尾一次，雄蜂可多次交尾，每次交尾时间约几秒钟。交尾后的雌蜂可持续产下两性后代，未交尾的雌蜂行孤雌生殖，产下后代均为雄蜂。成蜂性比约为 2.13: 1。在 25℃ 下，完成一代约 17~22 天。饲喂 20% 蜂蜜水下，雌蜂的寿命平均为 45 天，最长 100 天，雄蜂寿命平均 8 天，最长 15 天。雌蜂有重复寄生现象，但每个卵粒只能羽化出一头蜂。雌蜂在交尾后 5 天解剖发现，卵巢内含卵粒 50~120 粒之间。野外该蜂 4 月中旬从斑衣蜡蝉卵中羽化飞出即找寻其他寄主卵寄生，在 8 月中下旬斑衣蜡产卵发生时又进行寄生。

6.1.4 平腹小蜂室内繁殖技术

通过室内试验，发现野外羽化的平腹小蜂能顺利寄生中间寄主~柞蚕卵，并能正常发育羽化出蜂。玻璃试管内饲养单雌产卵量平均为 64 粒，最高为 98 粒，繁蜂箱内大量饲养雌蜂平均产卵量为 232 粒，对中间寄主卵的寄生率可达 77.3%，羽化率为 78%，是一种极具生物防治利用价值的天敌。

6.2 讨论

6.2.1 自然条件下天敌对斑衣蜡蝉的控制作用

通过在北京地区的调查发现，平腹小蜂是斑衣蜡蝉卵期的优势天敌，自然寄生率在 20%~100%，平均寄生率达到 44%，整个发生期都处于相对较高的水平。卵期寄生性天敌在对斑衣蜡蝉的控制中起主要作用。其他的诸如蚂蚁和蜘蛛等天敌在斑衣蜡蝉的若虫期对其捕食也在一定程度上起到了效果。闫家河等报道布氏螯蜂 (*Dryinus browni* Ashmead) 在山东商河寄生斑衣蜡蝉若虫，具有捕食和寄生的双重控制作用。对斑衣蜡蝉的寄生率达 12.5%~43.5%^[24]。资料表明布氏螯蜂在北京也有分布，但作者在野外调查中还未发现。

6.2.2 斑衣蜡蝉平腹小蜂生物学和生态学特性的补充研究

平腹小蜂属近年陆续发现 9 个新种, 分别采集自江西和海南省^[50~52]。目前, 对斑衣蜡蝉平腹小蜂的生物学特性研究方面还未见报道, 而对该蜂的鉴定和各虫态的形态特征还需下一步研究和描述。而北京地区报道的寄生松毛虫^[28]、舞毒蛾^[53]、茶翅蜡蝉^[49]等的平腹小蜂种类和寄生斑衣蜡蝉的种类是属于同一种, 还是不同种, 将这些平腹小蜂的种类作进一步鉴定的话, 对完善我国目前的平腹小蜂属的相关资料和研究将大有帮助。斑衣蜡蝉平腹小蜂的有效积温、其雌蜂在野外对寄主卵的搜索机制、产卵行为等都对系统的研究该蜂至关重要。野外采集到的斑衣蜡蝉卵块的孵化结果表明, 15%的斑衣蜡蝉平腹小蜂在 4 月份不会羽化飞出, 而是继续滞育, 直至 8、9 月才会羽化飞出寄生斑衣蜡蝉成虫当年新产的卵块, 该蜂这一为了保存其种族数量而采取部分滞育长达 1 年的特性十分罕见, 十分有研究的价值。方惠兰等^[43]研究了白附平腹小蜂在浙江地区野外的寄主多达 12 种, 且全年当中可供白附平腹小蜂不断转主寄生, 使白附平腹小蜂的种群得以保持。斑衣蜡蝉平腹小蜂 4 月中旬从斑衣蜡蝉卵中羽化后同样会进行转主寄生, 但在北京地区, 可供其转主寄生的其他寄主还有待野外考察。这对于研究斑衣蜡蝉平腹小蜂在北京地区的生活史至关重要。而各寄主之间的关系也将影响斑衣蜡蝉平腹小蜂对斑衣蜡蝉的寄生效果。

6.2.3 低温冷藏对平腹小蜂的影响

室内试验表明, 将 25℃ 条件下寄生中间寄主的平腹小蜂 2 龄幼虫如果置于低于 17℃ 的环境中, 平腹小蜂幼虫即进入休眠状态, 直至翌年春季温度升至 20℃ 才羽化。而天敌昆虫的休眠率与温度有密切的关系, 无论是恒温或是变温处理, 温度越低, 休眠率越高^[42]。平腹小蜂的休眠特性, 在繁殖上十分有利。野外释放需要累积蜂量, 因此, 研究清楚平腹小蜂的冷藏条件很必要。

6.2.4 平腹小蜂的野外释放技术

天敌的野外释放技术对害虫的防治效果至关重要, 平腹小蜂在广东^[54]、福建等地防治荔枝蜡蝉的野外释放技术已趋成熟, 这对斑衣蜡蝉平腹小蜂在斑衣蜡蝉发生地的释放有

一定的借鉴作用。因此，针对斑衣蜡蝉卵平腹小蜂的生物学和生态学特性，研究其野外释放技术将成为下一步工作的重点。

6.2.5 斑衣蜡蝉的综合防治措施

斑衣蜡蝉寄主多，食性杂，迁飞性较强，化学防治效果较差，对早春葡萄园的嫩梢和臭椿枝叶均造成很大危害，还会传播病毒病。因此，防治策略应重点放在生物防治和人工防治上。

针对斑衣蜡蝉发生危害特点，我们可以考虑以下 3 种防治方法：

(1) 人工大量繁殖、释放平腹小蜂，以增加果园和林地中平腹小蜂的种群数量，达到生物控制斑衣蜡蝉的目的。

(2) 保护利用天敌。据调查，平腹小蜂在北京地区发生十分普遍，是斑衣蜡蝉卵期的优势寄生蜂，其自然寄生率在 20%—100%，平均寄生率达到 44%，整个发生期都处于相对较高的水平。人工收集斑衣蜡蝉寄生的卵块，放在容器内，待寄生蜂羽化后，将蜂放回果园，以提高自然寄生率。另外蜘蛛和螳螂对斑衣蜡蝉也有较好的控制效应，应予以保护。

(3) 清除卵块。 秋末和早春，清除树干和葡萄园水泥柱上集中的斑衣蜡蝉卵块。

参 考 文 献

- [1] 南国健报, 第 036 版, B012·酒水市场 2012-05-25.
- [2] 唐文龙.中国酿酒葡萄种植基地的产区营销策略.中外葡萄与葡萄酒[J], 2006,3:59~61.
- [3] 邱益三,洪平,范亦刚,杨文勤.斑衣蜡蝉产卵习性调查及防治方法研究.植物保护[J],1991, 17(2):14~16.
- [4] 邢作山,孔德生,刘秀才.斑衣蜡蝉的发生规律与防治技术.植保技术与推广.2000,20(5):19.
- [5] 薛毅民,徐增美,陈仁宏,苏杰.葡萄斑衣蜡蝉的发生及防治.2000.11:36~37.
- [6] 何华平,龚林忠,顾霞,王富荣.斑衣蜡蝉在武汉地区葡萄上的发生规律与防治措施.果农之友,2007,3 : 36.
- [7] 郭建.斑衣蜡蝉的形态特征与防治方法.科学种养,2010,10:31.
- [8] 李进步,方丽平,宋效刚,薛建平.淮北地区葡萄斑衣蜡蝉的生物学特性及发生规律研究.现代农业科技, 2009, 22:137~138.
- [9] 马延年,孙宝灵,贾国华,王坤宇.石榴园蜡蝉类害虫的发生与防治.现代农业科技, 2010,12: 167.
- [10] 倪同良,李福双,李志勇,王 曼.臭椿主要病虫的危害及其综合治理对策.林 业 科 技[J],2004, 29(6): 24~25.
- [11] Jae Geun Kim, Eun-Hyuk Lee, Yeo-Min Seo, Na-Yeon Kim. Cyclic Behavior of *Lycorma delicatula* (Insecta: Hemiptera: Fulgoridae) on Host Plants. Insect Behav[J], 2011,24:423~435.
- [12] 张执中 主编, 森林昆虫学,1999,中国林业出版社,P154~155.
- [13] 中国林业科学研究院 主编,中国森林昆虫,1980,中国林业出版社.
- [14] 徐公天, 杨志华.中国园林害虫,中国林业出版社.2007,36.
- [15] 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦 编著.普通昆虫学,中国农业大学出版社,2004,p312.
- [16] 张志祥.中国果树病虫原色图谱.金盾出版社.
- [17] [英]克里斯托弗.奥图尔 主编.林汉梅 译.昆虫百科全书,黑龙江科学技术出版社,2008.
- [18] 中国农业科学院网页: <http://www.caas.net.cn/caasnew/nykjxx/njbk/41071.shtml>
- [19] 刘玉升, 叶保华. 精细养殖经济昆虫[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001: 71.
- [20] 刘玉升,陈艳霞,吕 飞,何 华.斑衣蜡蝉成虫肠道细菌的鉴定研究山东农业大学学报(自然科学版),

2006. 37(4): 495~498.

- [21] 薛公达,原思通.HPLC 法分离制备斑衣蜡蝉中的吡啶类生物碱. 中国中药杂志,1996,21(9)554~555.
- [22] 王记侠,张新杰,任玉华,何维华,陈蕾,张艳.斑衣蜡蝉和东方蝽蚧的生物学特性及在葡萄上的发生规律和综合防治.中外葡萄与葡萄酒,2008,02:36~39.
- [23] 虞国跃 编著,寻虫记,2007,化学工业出版社,p72.
- [24] 闰家河,丁世民,秦绪兵,王芙蓉,柏鲁林. 布氏螫蜂生物学特性观察研究. 山东林业科技[J], 2008, 5:16~18.
- [25] 张宝鑫, 黄萍, 李敦松. 利用平腹小蜂防治荔枝蜡技术. 病虫防治. 2007. 1:50.
- [26] 包建中, 古德祥. 中国生物防治[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1998: 127~136.
- [27] 童新旺,倪乐湘.白跗平腹小蜂的生物学特性及其利用.昆虫学报,1989.32(4):451~458.
- [28] 陈华盛,李连芝, 高东翔, 杨莉, 宋宏伟. 移殖荔枝蜡卵平腹小蜂防治松毛虫的研究.1992.北京林业大学学报.14 (2) 54~60.
- [29] 侯峥嵘,梁洪柱,陈倩,胡雅君,田会鹏. 利用平腹小蜂防治茶翅蜡田间应用效果 中国森林病虫 2009年7月 第28卷 第4期 p. 39~40.
- [30] 李保聚,娄巨贤.舞毒蛾卵平腹小蜂的观察.生物防治通报, 1992, 3:144.
- [31] 郭伦发,何金祥.荔枝蜡卵平腹小蜂对荔枝蜡的控制效果.广西植保,2003,16(1):7~9.
- [32] 邢嘉琪,李丽英.荔枝蜡象卵寄生蜂~平腹小蜂体外培育研究.昆虫学报,1990,33(2):166~173.
- [33] 李永林,李丹,李维艳.赤眼蜂防治玉米螟技术.中国园艺文摘,2011,2:179~180.
- [34] 鲍晓来.赤眼蜂防治玉米螟原理及技术.现代农业科技,2011,3:199~203.
- [35] 张格成,黄良炉.利用澳洲瓢虫防治吹绵蚧初步研究.昆虫昆虫学报,1963,12(5-6):688~700.
- [36] 吴伟南,方小端,刘慧,凌兴汉,王小川.利用巴氏钝绥螨控制番木瓜皮氏叶螨的研究.中国南方果树,2008,30(1):50~52.
- [37] 高福虹,潘悦孔,宁川,弓新国,岳宁,王夸平.异色瓢虫释放技术概况.湖北农业科学,2012,51(11):2172~2193.
- [38] 李昌丕,冯继华,刘海东,梁洪祝.人工繁殖管氏肿腿蜂防治双条杉天牛的试验和推广应用.林业科技通讯,1993,4:13~15.

参考文献

- [39] 乔秀荣,韩义生,徐登华,张永乐,彭进友,田勤科.白蛾周氏啮小蜂的人工繁殖与利用研究.河北林业科技,2004,3:1~7.
- [40] 仇兰芬,危害果树的重要害虫—茶翅蜡生物学及其生物防治研究.中国林业科学院博士学位论文,2008.
- [41] 张志霄.防治斑衣蜡蝉抓四点.西北园艺,2006,2:53.
- [42] 黄明度,麦秀慧,吴伟南,等.荔枝蜡象卵寄生蜂—平腹小蜂 *Anastatus* sp. 的生物学及其应用的研究[J].昆虫学报,1974,17(4):362~375.
- [43] 方惠兰,廉月琰,朱锦茹,张爱仙.白附平腹小蜂(*Anastatus albitarsis* Ashmead)中间寄主研究.浙江林业科技,1993,13(3):33~35.
- [44] 方惠兰,胡海军.白附平腹小蜂对松毛虫卵的寄生率及控制作用.林业科学研究,1993,6(6):703~706.
- [45] 方惠兰,廉月琰,朱锦茹,张爱仙.白附平腹小蜂对主要森林害虫抑制力研究.浙江林业科技,1994,14(2):1~3.
- [46] 周祖基,张务民,杨春平,吴猛耐,谭林,吴平辉.枯叶蛾平腹小蜂人工繁育技术研究寄主卵的筛选及保鲜贮存.四川林业科技,1989,10(3)34~37.
- [47] 周祖基,张务民,杨春平,吴猛耐,谭林,吴平辉.枯叶蛾平腹小蜂人工繁育技术研究 II,种蜂滞育时间的缩短及繁蜂技术研究.四川林业科技,1989,10(4):30~34.
- [48] 仇兰芬,杨忠岐.2种茶翅蜡卵期寄生蜂的竞争关系及种群动态研究.中国农学通报2010,26(8):211~225.
- [49] 蒲蛰龙.利用平腹小蜂防治荔枝蜡象.蒲蛰龙.蒲蛰龙选集.广州:中山大学出版社,1992:135~169.
- [50] 盛金坤,王国红,俞云祥,俞景霆.平腹小蜂属四新种记述①②(膜翅目:旋小蜂科).昆虫分类学报.1997.19(1):58~64.
- [51] 胡婷玉,胡好远,肖晖.平腹小蜂属中国三新纪录种(膜翅目,旋小蜂科).动物分类学报.2011.36(2):482~485.
- [52] 盛金坤,俞云祥.平腹小蜂属 *Anastatus* 两新种记述(膜翅目:旋小蜂科).武夷科学.1998.14:5~8.
- [53] 姚德富,严静君.两种卵蜂在舞毒蛾卵上的寄生动态.林业科学,1994,30(4):334~337.
- [54] 何金祥,张帆,张君明,罗晨.平腹小蜂田间应用效果.北京农业科学.2001.4:21~23.

附录 1

导师简介

杨忠岐，男，中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所教授，博士，首席专家，博士生导师，主要从事天敌昆虫分类和林业害虫生物防治研究。1996 年获国家杰出青年基金；为国家百千万人才工程国家级人才入选者，是林业部有突出贡献的中青年专家；享受国务院特殊津贴；被人事部、教育部授予全国有突出贡献的留学回国人员；现任国家林业局森林保护学重点实验室主任，森林生态环境与保护研究所学术委员会主任，国际林联东北亚森林保护学工作委员会主席，中国昆虫学会第五、六届副理事长，北京昆虫学会副理事长。在国内外学术刊物上发表论文 216 篇（其中 SCI 论文 38 篇），出版专著 4 部，译著 1 部。1995 年荣获国际林联科学成就奖，是国际林联成立 120 多年来所表彰的 75 名世界知名林业科学家之一，是我国首位获此国际林业大奖者；2006 年获国家科技进步二等奖；还获得省部级科技进步二等奖 3 项、三等奖 3 项；获首届“刘业经教授基金奖”，首届“蒲蛰龙优秀生物防治工作者奖”；申请和获得国家发明专利 11 项。

现任全国政协委员。

附录 2

发表论文情况

侯峥嵘, 梁洪柱, 陈倩, 胡雅君, 田会鹏. 利用平腹小蜂防治茶翅蝽田间应用效果[J]. 中国森林病虫, 2009, 28 (4) : 39~43.

关玲, 薛洋, 陈凤旺, 郭一妹, 侯峥嵘, 屈海学. 几种药剂对美国白蛾的毒力测定和防效对比[J], 中国森林病虫, 2010, 5: 26~30.

田会鹏, 侯峥嵘, 陈倩, 梁洪柱, 宁少华. 饲养密度对两种生物型花绒寄甲产卵和存活的影响[J], 中国森林病虫, 2013, 已采纳稿件, 待发表。

致 谢

本研究是在杨忠岐教授的细心指导下完成的。从最开始的论文选题、试验内容的规划和实施还有毕业论文的完成，无不倾注着导师的辛劳。4年来，导师辛勤工作、严谨治学、对待科学研究的热忱和认真都使我受益匪浅。在此谨向杨忠岐教授表达我的衷心感谢。

在试验的具体实施阶段，我获得了院外导师梁洪柱高级工程师的大力支持和无私的指导。在工作的同时要进行学习和试验，本人所在单位的所有同事和领导均给予了热情的帮助和关心，在此还要特别感谢陈倩博士、田会鹏工程师、胡雅君高级工程师和宁少华工程师的无私帮助！

感谢中国林科院研究生院的史文石和陈红老师的热情和耐心，感谢中国林科院森保所曹亮民博士的无私帮助！

最后，向所有帮助过我和关心过我的老师们和朋友们表示我衷心的感谢。