维普资讯 http://www.cqvip.com

第 26 卷第 4 期
2006 年 4 月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.26,No.4
Apr.,2006

白蜡吉丁柄腹茧蜂的羽化和产卵与寄主之间的关系

王小艺[1],杨忠岐[1,*],刘桂军[2],刘恩山[2]

(1.中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,国家林业局森林保护学重点实验室,北京 100091;
2.天津市官港森林公园管理处,天津 300274)

摘要:白蜡窄吉丁是危害白蜡属树木的一种重要蛀干害虫,因其幼虫期高度的隐蔽性生活而极难检测和防治。白蜡吉丁柄腹茧蜂是新发现外寄生于白蜡窄吉丁幼虫的优势天敌种,对寄主害虫的控制作用较强,具有良好的生物防治利用前景。研究调查了白蜡吉丁柄腹茧蜂及其寄主白蜡窄吉丁越冬代成虫羽化的时序差异、不同时期林间的寄生率、寄主密度与寄生率的关系以及寄主幼虫大小与茧蜂产卵量的关系。结果表明,越冬后白蜡吉丁柄腹茧蜂的羽化时间比其寄主害虫白蜡窄吉丁的羽化要晚 1 个多月。2003 年白蜡吉丁柄腹茧蜂越冬代成虫的羽化从 6 月中旬持续到 8 月中旬,羽化高峰期在 7 月份;寄主白蜡窄吉丁的羽化期在 5 月中下旬。2004 年白蜡吉丁柄腹茧蜂越冬代成虫的羽化从 5 月下旬持续到 7 月下旬,羽化高峰期在 6 月下旬至 7 月上旬;寄主羽化期在 4 月中旬至 5 月中旬(室内)。越冬后天敌的羽化时间刚好适应最早寄主发育到可供寄生的龄期,这是二者长期协同进化的结果,也表明白蜡吉丁柄腹茧蜂很可能是一种专性寄生蜂。林间白蜡吉丁柄腹茧蜂对白蜡窄吉丁幼虫的自然寄生率随着时间的推移总体上是逐步上升的。自然条件下茧蜂决定是否产卵与寄主幼虫的大小即龄期有关,它仅在前胸宽和体宽 1.5 mm、体长 12 mm 以上,即 3~4 龄的寄主幼虫体表产卵,但只要接受寄主并产卵,不同龄期寄主幼虫上的产卵量无显著的差异。

关键词:白蜡窄吉丁;白蜡吉丁柄腹茧蜂;羽化;产卵;生态关系;生物防治

文章编号:1000-0933(2006)04-1103-07 **中图分类号**:Q968.1;S476+.3 **文献标识码**:A

Relationships between the emergence and oviposition of ectoparasitoid *Spathius agrili* Yang and its host emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire

WANG Xiao-Yi[1], YANG Zhong-Qi[1,*], LIU Gui-Jun[2], LIU En-Shan[2] (1. *The Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091, *China*; 2. *Administrative Office of Guangang Forest Park, Tianjin* 300274, *China*). ***Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1103~1109.**

Abstract: The emerald ash borer (EAB), *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), (= *A. marcopoli* Obenberger), is an important bark beetle attacking ash trees (*Fraxinus* spp.). It is very difficult to detect and control because of its highly concealed life history. This pest mainly distributed in partial Asia countries (China, Japan, Korea, Mongolia) and Far East Russia, while in China it presented in Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Shandong, Inner Mongolia, Hebei, Tianjin, Taiwan, etc. The important timber species *F. mandshurica* and gardening tree *F. velutina* were damaged severely in northern China. *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae) is an important ectoparasitic wasp of the EAB larvae. This parasitoid has the potential to use as an excellent biological control agent for suppressing populations of EAB. We studied the differences of emergence date between overwintered *S. agrili* and its host, parasitism rates at different periods, relations between parasitism rates and host densities, and relationships between ovipositions of the braconid wasp and body sizes of host larvae using methods of

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(30400343);美国农业部林务局和动植物检疫局资助项目;瑞典国际科学基金项目(D/3689-1)

收稿日期:2005-03-24;**修订日期**:2005-11-12

作者简介:王小艺(1974~),男,湖南临澧人,博士,副研究员,主要从事害虫综合防治研究. E-mail: xywang@forestry.ac.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangzq@forestry.ac.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No: 30400343); Project Funded by US Department of Agriculture, Forest Service, and Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS); and International Foundation for Science (No: D/3689-1, Sweden)

Received date: 2005-03-24; **Accepted date**: 2005-11-12

Biography: WANG Xiao-Yi, Ph.D., Associate professor, mainly engaged in integrated pest management. E-mail: xywang@forestry.ac.cn

维普资讯 http://www.cqvip.com

regular surveys in forests and observations in laboratory. Results revealed that the emergence of *S. agrili* was more than one month later than that of its host, suggesting good synchrony between parasitoid emergence and host availability. The overwintered *S. agrili* emerged from mid June to mid August with the peak in July in 2003, and it was lasted from late May till late July with the peak during late June to early July in 2004. While the EAB emergence period ranged in mid-late May in 2003, and in mid April through mid May in 2004 (in laboratory). The emergence date of parasitoid asynchronously inosculated with the optimum developmental instars of the earliest host larvae, which was the results of a long-term co-evolution between the two species. It was also suggested that the parasitoid *S. agrili* could be a host-specificity parasitoid of EAB. The natural parasitism rates gradually increased in field on the whole at different periods. The body sizes of host larvae, i.e. larval instar, affected the decision of parasitoid *S. agrili* to lay eggs or not. Under natural conditions, this parasitoid usually oviposited only on those host larvae with a prontum and body width more than 1.5 mm, and a body length in excess of 12 mm, i.e. the 3rd to 4th instar larvae. But egg number deposited by female wasps showed no significant differences between. These findings would consequentially contribute to the further successfully biological control of the trunk borer.

Key words: emerald ash borer; *Spathius agrili* Yang; emergence; oviposition; ecological relationship; biological control

白蜡窄吉丁 *Agrilus planipennis* Fairmaire 属鞘翅目吉丁甲科，在我国又名花曲柳窄吉丁、溾小吉丁，异名 *A. marcopoli* Obenberger，英文名 Emerald ash borer（简称 EAB），是白蜡属（*Fraxinus*）树木的一种重要蛀干害虫[1]。白蜡窄吉丁原产于亚洲部分国家（中国、日本、朝鲜、蒙古）及俄罗斯远东地区，在我国东北、河北、天津、山东、内蒙古等地均有分布，其敏感寄主植物有美国白蜡 *Fraxinus americana*、水曲柳 *F. mandshurica*、绒毛白蜡 *F. velutina*、美国红溾 *F. pennsylvanica*、洋白蜡 *F. pennsylvanica* var. *lanceolata*、黑白蜡 *F. nigra*、白蜡 *F. chinen-sis*、花曲柳 *F. rhyncophylla* 等。近年来危害有逐渐加重的趋势，受害区域也不断扩大[2,3]。据报道 2002 年白蜡窄吉丁已传入北美地区，在美国 Michigan 州和加拿大 Ontario 省严重为害当地的白蜡树，并不断蔓延扩散，估计有超过 6 百万棵白蜡树受害或死亡[4]。北美国家立即将该虫列为重要的林业检疫对象，加拿大针对包括中国在内的部分白蜡窄吉丁原发生地的亚洲国家以及俄罗斯和美国，对输入白蜡属树木、苗木等有关材料提出了新的检疫要求[5]，这必然对我国部分商品的出口贸易造成较大影响。

白蜡窄吉丁以幼虫取食树木形成层为害，初孵幼虫蛀入树皮内，先取食韧皮部组织，随着虫龄的增长，逐渐向内蛀食，直到形成层。在木质部表面与韧皮部之间形成整体似“S”字的蛀道，内塞满淡褐色虫粪。虫粪不外排，从外表观察，受害树木的树皮不流胶，蛀孔处亦不腐烂，在早期几乎没有很明显症状，仅于次年留下一“D”形羽化孔，因此该虫的隐蔽性极强，往往在发现被害时树木已将近死亡，难以挽救。通过调查，发现了一种白蜡窄吉丁幼虫期的外寄生性优势天敌，鉴定为一新种——白蜡吉丁柄腹茧蜂 *Spathius agrili* Yang（膜翅目：茧蜂科）[6]。该蜂对白蜡窄吉丁的自然寄生率较高，专化性很强，在白蜡窄吉丁的生物防治上具有良好的利用前景。为有效利用该天敌，对白蜡吉丁柄腹茧蜂的羽化规律、自然寄生率、产卵量与寄主害虫之间的关系等进行了系统的调查研究，结果报道如下。

1 材料和方法

1.1 调查点情况

调查地点位于天津市官港森林公园内，树种为绒毛白蜡 *F. velutina* Torr.。整个森林公园内种植白蜡树的面积约 130 hm^2，其中常年作为主要定点调查的树林面积为 5 hm^2 左右，为东西向种植的 9～10 年生白蜡人工片林，行距为 1.5 m，株距为 1.0 m。

1.2 越冬代成虫的羽化

1.2.1 白蜡窄吉丁的林间羽化 2004 年 5 月 5 日选取 30 株标准树，作好记号，并记录树木的树皮光滑程度、胸径大小、生死情况等，逐日观察记录成虫羽化孔的数目、方位和高度等参数，并记录每天的天气情况。每天记录完羽化情况后即用刮刀挖去当日的羽化孔，减少对后来观察时的干扰，以免重复统计。

1.2.2 白蜡窄吉丁的室内羽化 2003 年 4 月 19 日于天津调查地采集白蜡窄吉丁蛹 46 头，带回室内移入

维普资讯 http://www.cqvip.com

Φ1.5 cm×10 cm 的玻璃试管单头培养,管内用折叠的多层湿滤纸片保湿。每日检查 1 次试虫的发育进度,记录每头试虫的羽化日期和性别。2004 年 3 月 7 日、3 月 20 日、4 月 15 日分别从林间采集已越冬完毕的老熟幼虫或蛹,带回室内培养,培养方法和条件同上。

1.2.3 白蜡吉丁柄腹茧蜂的室内羽化　2003 年 4 月 19 日于林间采集 15 窝白蜡吉丁柄腹茧蜂的茧,带回室内移入 Φ1.5 cm×10 cm 的玻璃试管单窝培养,管内用折叠的多层湿滤纸片保湿。每日检查 1 次试虫的发育进度,记录每头试虫的羽化日期和性别。2004 年 3 月 7 日、4 月 15 日、5 月 7 日分别从林间采集一定数量的茧,每窝单独放入 1 支 Φ1.5 cm×10 cm 玻璃试管内培养,编号,管内用折叠的湿滤纸片保湿,逐日观察成蜂羽化情况,分雌雄记录。并从 5 月下旬起每隔 3 d 到林间进行扫网和实地观察,确定成蜂最早在林间出现的日期。

1.3 不同时期寄生率的调查

在寄主白蜡窄吉丁的幼虫活动期(2003 年 7～10 月),每隔 2 d 到林间进行一次调查,随机取样,每次调查 5～10 株白蜡树,按不同方位在离地 0.5～1.5 m 高度范围内树皮纵裂处剥取 4～6 点,检查白蜡窄吉丁幼虫是否被寄生,统计每次调查的寄生率,直到无茧蜂成虫活动为止。

1.4 寄主密度与寄生率的关系

2003 年 8 月 15 日在上述白蜡林中随机伐倒 12 株胸径不一的受害白蜡树,带回室内仔细将树皮完全剥开,统计每株树的胸径、虫口总数、被寄生数等。另外,2003 年 10 月下旬至 11 月上旬,对公园 7 个地块有虫株率和虫口密度进行了调查,每个地块按东南西北中不同方位各选 5 株共 25 株树,从地面至 2.5 m 高处刮树皮检查,由于树龄不大,该高度范围内基本能查清所有虫口。记录每棵树白蜡窄吉丁的虫口数量、被寄生数等,计算寄生率。

1.5 产卵量与寄主幼虫大小的关系

1.5.1 林间调查　在 1.3 和 1.4 的调查过程中,如发现被寄生的白蜡窄吉丁幼虫,将每头幼虫连同其体上的茧蜂(包括各个虫态)单独装入一支试管,带回室内在带刻度的 Motic 双目解剖镜下测定寄主幼虫的体长、体宽、前胸宽等参数,并统计每头被寄生幼虫体上的茧蜂卵、幼虫或茧的数量。

1.5.2 室内测定　寄主白蜡窄吉丁幼虫采回室内用白蜡树枝进行饲养,将直径为 1.0～1.5 cm 白蜡树枝剪成 5～10 cm 的小段,劈开成两半,在其中一半靠近树皮处掏一长约 3 cm 的小槽,将白蜡窄吉丁幼虫放入槽中,合上剖开的两部分枝段,用橡皮筋绑好,枝段两头用石蜡封住以防过早失水,令吉丁虫在枝段内自行蛀食。将新羽化的白蜡吉丁柄腹茧蜂成蜂 1 雄 1 雌引入 Φ2.8 cm×11.5 cm 的玻璃管内,每管接入 1 根带有寄主幼虫的小木段,用棉团塞紧管口,每隔 2～3 d 取出小木段检查幼虫是否被寄生,直到雌成蜂死亡,已被寄生的统计产卵数量并更换新鲜寄主,测量被寄生寄主幼虫的体长、体宽和前胸宽等参数。试验分 2 组,一组在管内放入醮有 20%蜂蜜水的棉团供茧蜂取食补充营养,另一组仅加蒸馏水保湿。每组试验重复 15 次。

1.6 统计分析方法

所有数据的统计分析均采用 SAS 软件包(Version 8.2)进行[7]。方差分析采用 PROC GLM 命令,相关分析采用 PROC CORR 命令。

2 结果与分析

2.1 白蜡吉丁柄腹茧蜂及其寄主成虫羽化的时序差异

2003 年 4 月 19 日采集白蜡窄吉丁蛹 46 头,5 月 14 日至 5 月 24 日共成功羽化成虫 42 头,羽化高峰期在 5 月 20 日前后。采集白蜡吉丁柄腹茧蜂 15 窝共 152 只茧,最后成功羽化 77 雌 20 雄共 97 头成蜂,羽化期从 6 月 18 日持续到 8 月 11 日,羽化高峰在 7 月上旬至 7 月下旬(图 1)。从图 1 还可以看出,越冬后白蜡窄吉丁的羽化时间比较集中,而其天敌白蜡吉丁柄腹茧蜂要比寄主的羽化日期迟 1 个多月,且寄生蜂的羽化历期拉得很长,接近 3 个月,即同一窝的茧蜂,其不同个体的羽化时间也很不一致。

2004 年实验中参与统计的室内饲养羽化的白蜡窄吉丁成虫共 59 头,羽化历期从 4 月 11 日至 5 月 16 日,

维普资讯 http://www.cqvip.com

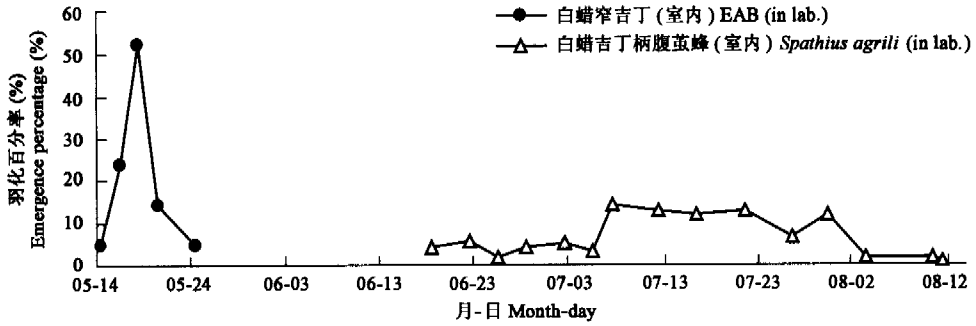

图 1 2003 年白蜡吉丁柄腹茧蜂及其寄主成虫的羽化规律

Fig.1 Emergence of *Spathius agrili* and its host EAB in 2003

羽化高峰期集中于 4 月底至 5 月初;林间观察计数羽化孔的共 534 头(5 月 10 日至 5 月 27 日,高峰期在 5 月中旬)。白蜡吉丁柄腹茧蜂成蜂共 341 头,其中雌蜂 229 头,雄蜂 112 头,羽化期从 5 月 25 日一直持续到 7 月 23 日,其中有 3 个比较明显的羽化高峰,分别在 6 月 12 日至 14 日、6 月 21 日至 25 日和 6 月 28 日至 7 月 5 日(图 2)。2004 年林间最早发现白蜡吉丁柄腹茧蜂成蜂活动的日期为 5 月 31 日,最早发现白蜡窄吉丁成虫羽化出蛰的日期为 5 月 5 日。

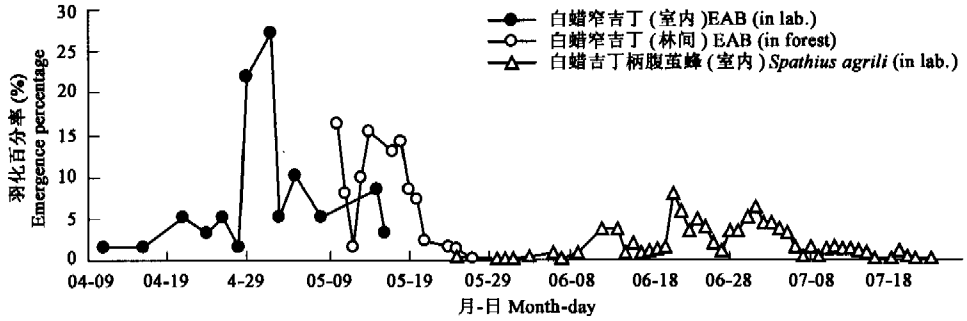

图 2 2004 年白蜡吉丁柄腹茧蜂及其寄主成虫的羽化规律

Fig.2 Emergence of *Spathius agrili* and its host EAB in 2004

2004 年的观察结果与 2003 年相近,在室内白蜡吉丁柄腹茧蜂成蜂的最早羽化日期较其寄主要延迟 1 个半月,较林间寄主成虫羽化日期晚 20 多天,而根据白蜡窄吉丁的发育历期推算,产卵前期约 7 d,卵期约 15 d,1 龄幼虫期 18 d,2 龄幼虫期 11 d[8],那么,白蜡窄吉丁发育至可被茧蜂寄生的最早日期约为 6 月底至 7 月初。事实上,在林间调查到最早被寄生的白蜡窄吉丁幼虫的日期为 6 月 28 日,且此时茧蜂幼虫已发育至 4 龄,按茧蜂的发育进度[9]推算,实际寄生的日期大致在 6 月 22 日前后。虽然在 5 月份气温已超过白蜡吉丁柄腹茧蜂的发育起点温度,但该蜂仍然要等到其寄主白蜡窄吉丁幼虫发育到一定程度(适宜被寄生的龄期)以后才大量羽化,说明这种茧蜂极有可能是白蜡窄吉丁的专性寄生物。而且从这两种昆虫的年生活史看,白蜡吉丁柄腹茧蜂完全可以全年在白蜡窄吉丁上完成其所有世代的生活史,并不需要其它转主寄主。这也是它们长期协同进化的结果,白蜡吉丁柄腹茧蜂越冬后的羽化期持续如此之长,是为了保证总有部分后代能获得食源,从而确保物种的延续。

此外,2003 年室内观察的白蜡窄吉丁和白蜡吉丁柄腹茧蜂的羽化日期均较 2004 年的要迟 3 周左右,可能除了与不同年份的物候差异有关以外,还与这两次试虫存放在不同实验室有关系。2003 年试虫采集后存放的实验室平均室温较低,2004 年采集试虫后存放于另外一间实验室,室温稍高,室温的差异对试虫的羽化日期会造成一定的影响。

2.2 白蜡吉丁柄腹茧蜂不同时期的寄生率

维普资讯 http://www.cqvip.com

虽然在6月份林间已有白蜡窄吉丁幼虫活动,但此时白蜡吉丁柄腹茧蜂很少羽化,可能是因为寄主幼虫的龄期尚小,不足以完成后代的发育。直到7月底8月初林间才调查到被寄生的寄主幼虫,且此时的寄生率较低,仅10%以下。从8月中旬起,寄生率总体上呈上升趋势,到寄主越冬时平均寄生率已达40%以上,最高时甚至接近70%,某些地块的寄生率甚至达90%以上。当然,由于取样的误差和昆虫分布型的影响,有些时期的寄生率也出现了一些不规律的波动现象,但总体上是逐步升高的(图3)。

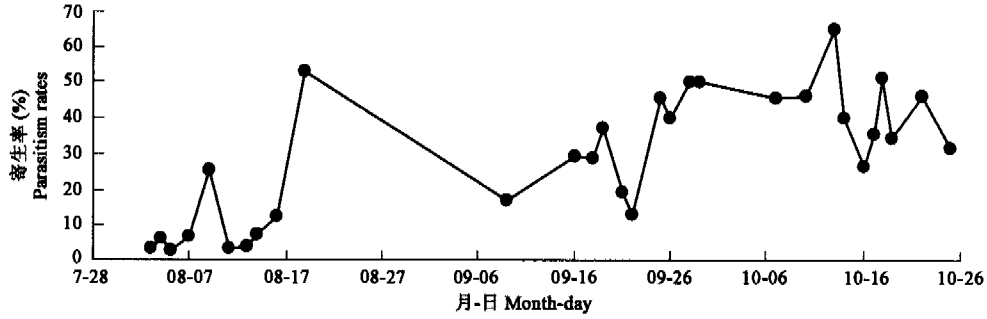

图3　林间白蜡吉丁柄腹茧蜂不同时期对寄主的自然寄生率

Fig.3　Parasitism rates of EAB attacked by *Spathius agrili* Yang at different periods in forests

2.3　寄主密度与寄生率的关系

从林间的调查数据来看,白蜡窄吉丁的虫口密度与被寄生数量之间似乎没有明显的相关性($r = 0.3612$, $p = 0.0005$),这可能是因为在林间寄生蜂活动的时间和范围过于宽广,且搜索和攻击寄主害虫的时间也不能控制统一,这与室内严格的功能反应试验完全不同,因此看上去规律较差(图4)。但将被寄生的情况稍作变换,转化为寄主密度(x)与寄生率(y)之间的关系,立即可以发现这二者存在较强的相关性(图5),为非线性的负相关,通过统计分析,拟合的曲线回归方程式为 $y = 92.6110x - 0.6347$($r = 0.6714$, $p < 0.0001$, $F = 70.58$, $df = 1,86$)。在一定的生境内,二者间的大致规律为,寄主幼虫的虫口密度越高,其自然寄生率越低,相反,如果寄主幼虫的密度较低,则其寄生率较高。这可能是由于寄生蜂的种内竞争行为所造成的,或者是因为寄生蜂产卵后留下的标记信息化合物阻止了其它寄生蜂个体在生境缀块内的进一步搜索和产卵活动。

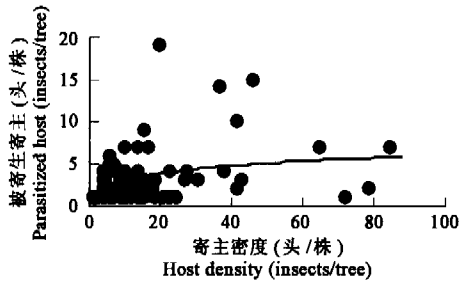

图4　寄主密度与被寄生寄主数量的关系

Fig.4　Relationships between host larval densities and number of parasitized host larvae

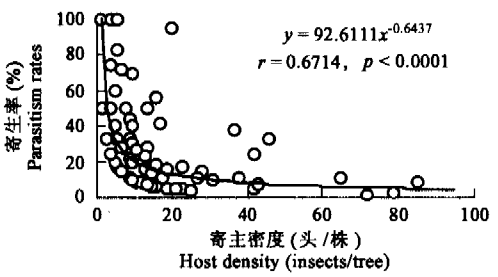

图5　寄主密度与寄生率的关系

Fig.5　Relationships between host larval densities and parasitism rates

2.4　产卵量与寄主幼虫大小的关系

白蜡吉丁柄腹茧蜂是否决定产卵与寄主大小即龄期有关,即该天敌只寄生体长在12 mm、体宽在1.5 mm和前胸宽在1.6 mm以上即3~4龄的寄主幼虫,但是一旦茧蜂接受寄主并成功产卵,则其产卵量的多少在不同龄期的寄主幼虫上差异不显著(图6、图7和图8)。其产卵量与寄主体长、体宽和前胸宽之间的相关系数和显著水平分别为($r = 0.1808$, $p = 0.2107$, $n = 50$)、($r = 0.1836$, $p = 0.2167$, $n = 47$)、($r = 0.1767$, $p = 0.3025$, $n = 36$)。这可能因为该天敌为抑性寄生蜂,寄生后的寄主停止发育,故寄生蜂为了满足更多后代的营养需求只能

维普资讯 http://www.cqvip.com

选择高龄寄主产卵。当然也有可能与低龄寄主幼虫的蛀道过小,将来寄生蜂结茧化蛹时的空间不够有关。

3 讨论

当寄主质量变化时,最适觅食理论假设寄生蜂是以提高后代个体适应性来选择寄主的。这个规律在抑性寄生蜂(idiobiont parasitoid)中表现尤为突出,对于抑性寄生蜂,特别是幼虫期寄生蜂,则更偏向于寄生高龄寄主幼虫,因为寄生行为一旦发生,则寄主被完全麻痹、停止生长发育、甚至死亡,寄生蜂要给后代留下足够的食物,使后代能够完成发育,保证物种的延续,必然要选择个体大生物量多的高龄寄主产卵。如本研究中的白蜡吉丁柄腹茧蜂只选择 3 ~ 4 龄寄主幼虫产卵(白蜡窄吉丁幼虫最高龄为 4 龄)。然而在容性寄生蜂(koinobiont parasitoid)中,被寄生的寄主仍然需要继续发育一段时间,此时的寄主选择似乎并不能反映寄主质量,寄生蜂可能是根据对寄主幼虫未来的生长率和资源的可利用性而作出选择的[10]。除此之外,容性寄生蜂选择低龄寄主产卵,另一个原因还可能是低龄幼虫较容易制服,寄生耗费的能量较少。如斜纹夜蛾侧沟茧蜂 *Microplitis* sp.能寄生 1 ~ 4 龄的斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 幼虫,但最偏好寄生 1 龄末 ~ 2 龄初的幼虫,而 5 龄以上的幼虫则不能寄生[11]。还有些寄生蜂虽然对寄主幼虫的龄期选择性不明显,但它们可以根据寄主大小调节其产下的卵数,如 Lee 报道了一种群聚外寄生性的肿腿蜂 *Goniozus legneri* 可寄生在替代寄主地中海面粉蛾 *Anagasta kuehniella* 任一龄期的幼虫上,但寄生蜂产卵量和寄主体重呈线性正相关[12]。

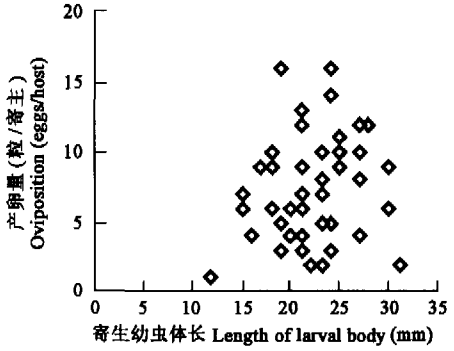

图 6 产卵量与寄主幼虫体长的关系

Fig.6 Relationships between oviposition and length of host larval body

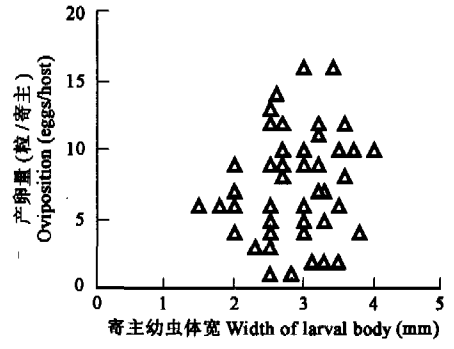

图 7 产卵量与寄主幼虫体宽的关系

Fig.7 Relationships between oviposition and width of host larval body

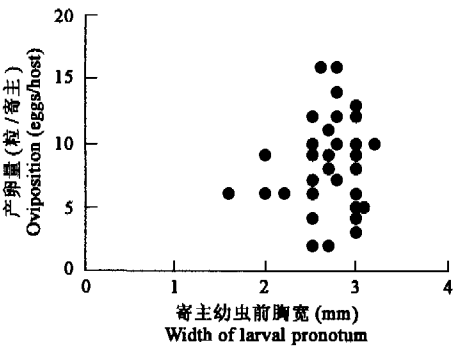

图 8 产卵量与寄主幼虫前胸宽的关系

Fig.8 Relationships between oviposition and width of host larval pronotum

据报道,引进寄生蜂进行生物防治时,其成功的可能性随着天敌在原产地最大寄生率的增加而显著升高。当寄生蜂在原产地的最大寄生率低于 32% 时,引进后对入侵地害虫将不具有控制效果[13]。本研究中对不同时期白蜡吉丁柄腹茧蜂林间寄生率的调查显示,其最大寄生率远远大于 32%,最高时可达 70% 左右。这对于北美地区引进该蜂控制从亚洲传入的白蜡窄吉丁可能具有较高的成功率。白蜡吉丁柄腹茧蜂是白蜡窄吉丁的一种专化性很强的寄生物,有研究证实,专化性天敌与寄主之间的强耦合作用(coupling)将导致寄主种群动态维(dynamical dimension)的上升,这种强耦合关系能够显著压低寄主的种群密度,从而有利于生物防治的成功[14]。由于白蜡窄吉丁幼虫期很长(在天津一年发生 1 代,其中幼虫期约 10 个月[8]),白蜡吉丁柄腹茧蜂一年可以在寄主上繁育 3 ~ 4 代,少数为 2 代[9],而且不断提高其种群数量和寄生率,对白蜡窄吉丁起到较强的控制作用。若能将该天敌进行人工饲养扩大繁殖,则具有良好的利用前景。

利用生物之间相生相克的原理来控制害虫,是生物防治的应用基础。掌握天敌昆虫与其寄主之间的生态学关系,对于如何合理而有效地利用天敌生物控制害虫是至关重要的。林木蛀干害虫长期营隐蔽性生活,有

维普资讯 http://www.cqvip.com

些连检测都很困难,更谈不上采取及时有力的防治措施了。因此,对于这类害虫应用生物防治技术较之其它措施如化学防治就显得更有优势。因为天敌生物可以主动搜索、发现并最终制服寄主害虫,且能在自然界反复增殖,自我壮大其种群数量,能起到快速而持续地控制害虫的长效作用,达到维持生态平衡,保护森林健康的最终目的。

References:

[1] Yu C M. *Agrilus marcopoli* Obenberger. In: Xiao G R ed. Forest Insects of China (2nd edition). Beijing: China Forestry Publishing House, China, 1992. 400 ~ 401.

[2] Liu H Q, Ma R S, Li Q H. Investigation and control techniques of *Agrilus marcopoli* Obenberger. Tianjin Agricultural & Forestry Sciences, 1996, (1): 46 ~ 48.

[3] Zhang L Y, Chen Z X, Yang G D, *et al*. Studies on the control techniques of *Agrilus marcopoli* Obenberger. Letters of Horticultural Science and Technology, 1995, (4): 1 ~ 7.

[4] Haack R A, Jendek E, Liu H P, *et al*. The emerald ash borer: a new exotic pest in North America. Newsletter of the Michigan Entomological Society, 2002, 47(3&4): 1 ~ 5.

[5] http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/protect/dir/d-03-08e.shtml "Phytosanitary Requirements to Prevent the Introduction into and Spread within Canada of the Emerald Ash Borer, Agrilus planipennis (Fairmaire), into Canada".

[6] Yang Z Q, Strazanac J S, Marsh P M, *et al*. First Recorded Parasitoid from China of *Agrilus planipennis*: A New Species of Spathius (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae). Annals of the Entomological Society of America, 2005, 98(5): 636 ~ 642.

[7] Chen Z X, Xu X S eds. Key to exercises in SAS program of biostatistics. Computer Centre of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China, 1997. 38 ~ 40, 117 ~ 123.

[8] Wang X Y, Yang Z Q, Zhang Y N, *et al*. The biology and ecology of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) in China. Journal of Economic Entomology.

[9] Yang Z Q, Wang X Y, Zhang Y N, *et al*. The biology of a new parasitic braconid, *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae) in China. Annals of the Entomological Society of America.

[10] Rivero A. The relationship between host selection behaviour and offspring fitness in a koinobiont parasitoid. Ecological Entomology, 2000, 25: 467 ~ 472.

[11] Wang K W, Jiang J X, You L S, *et al*. Preference of *Microplitis* sp. to host age. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2001, 27 (5): 367 ~ 369.

[12] Lee H J. Ovipositional mechanism of an ecto-parasitoid, *Goniozus legneri* Gordh (Hymenoptera: Bethylidae). Chinese Journal of Entomology, 1992, 12 (3): 193 ~ 199.

[13] Hawkins B A, Cornell H V. Maximum parasitism rates and successful biological control. Science, 1994, 266: 1886.

[14] Bjørnstad O N, Sait S M, Stenseth N C, *et al*. The impact of specialized enemies on the dimensionality of host dynamics. Nature, 2001, 409: 1001 ~ 1006.

参考文献:

[1] 于诚铭.花曲柳窄吉丁.见:萧刚柔主编.中国森林昆虫(第2版).北京:中国林业出版社,1992. 400 ~ 401.

[2] 刘海清,马润生,李庆海.壤小吉丁虫的调查研究及防治技术.天津农林科技,1996, (1):46 ~ 48.

[3] 张良玉,陈周羡,杨国栋,等.绒毛白蜡窄吉丁虫防治技术的研究.园林科技通讯,1995, (4):1 ~ 7.

[7] 陈子星,徐夕水.生物统计 SAS 程序题解.北京:中国农业科学院计算中心,1997. 38 ~ 40, 117 ~ 123.

[11] 王奎武,蒋杰贤,游兰韶,等.斜纹夜蛾侧沟茧蜂对寄主龄期的选择.湖南农业大学学报(自然科学版),2001, 27(5): 367 ~ 369.