

DOI: 10.5846/stxb201312253019

张方平, 朱俊洪, 韩冬银, 李磊, 牛黎明, 符悦冠. 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生影响因子. 生态学报, 2015, 35(21): - .

Zhang F P, Zhu J H, Han D Y, Li L, Niu L M, Fu Y G. Factors influencing the parasitism of *Metaphycus parasaissetiae* (Hymenoptera: Encyrtidae). Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): - .

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生影响因子

张方平¹, 朱俊洪², 韩冬银¹, 李磊¹, 牛黎明¹, 符悦冠^{1,*}

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南省热带作物病虫害生物防治工程技术研究中心, 海口 571101

2 海南大学环境与植物保护学院, 海口 570228

摘要: 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* 是橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* 成虫的重要内寄生蜂。寄生蜂的寄生效果受多种因素影响, 本文就温度、光周期、寄主成虫日龄、雌蜂日龄及交配等因子对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率、每寄主的出蜂量及后代雌性率的影响进行研究, 以期探明几种因子对该蜂寄生效果的影响。结果表明: 温度为 27—30 °C 时寄生率最高为 91.7%, 出蜂量以 27 °C 最高为 7.5 头, 雌性率以 24 °C 条件最高为 72.1%, 其次 27 °C 为 62.6%, 说明 24—30 °C 是寄生效果较好的适温范围; 光周期对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的影响明显, 光暗比为 12 h:12 h 条件下, 其寄生率、出蜂量、后代雌性率均最大, 分别为 70.6%、5.3 头、68.3%; 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生用 20—21 日龄橡副珠蜡蚧成虫的寄生率、出蜂量及后代雌性率均为最高, 分别为 87.0%、5.6 头、51.2%, 说明 20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫是副珠蜡蚧阔柄跳小蜂最适合寄生的阶段; 雌蜂日龄对寄生效果的影响明显, 3 日龄的出蜂量最多为 5.6 头, 4 日龄的小蜂寄生率最高为 81.7%, 5 日龄的雌性率最大为 55.2%; 交配是另一影响寄生及性比的重要因子, 已交配的寄生率及出蜂量显著高于未交配的, 分别为 91.7%、7.5 头, 交配的雌性率为 62.1%, 而未交配所育后代均为雄蜂。综合以上结果分析, 可考虑选用 20—21 日龄橡副珠蜡蚧成虫、充分交配的 3—6 日龄小蜂、温度 27 °C 及光周期 L:D=12:12 作为室内扩繁副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的理想条件组合。

关键词: 橡副珠蜡蚧, 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂, 寄生率, 雌性率, 出蜂量

Factors influencing the parasitism of *Metaphycus parasaissetiae* (Hymenoptera: Encyrtidae)

ZHANG Fangping¹, ZHU Junhong², HAN Dongyin¹, LI Lei¹, NIU Liming¹, FU Yueguan^{1,*}

1 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Hainan Engineering Research Center for Biological Control of Tropical Crops Diseases and Insect Pests, Haikou 571101, China

2 College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China

Abstract: *Metaphycus parasaissetiae* is a dominant endoparasitoid found in *Parasaissetia nigra* adults; however, various factors influence the efficiency of the parasite. The parasitic rate, emergence amount per host, and the sexes of its progeny were used to evaluate the effects of temperature, photoperiods, ages of *P. nigra* adults, adult ages, and female *M. parasaissetiae* mating success on parasitic efficiency. The results showed that the parasitic rate peaked (91.7%) at 27—30 °C, but decreased to 88.3% at 33 °C. In the temperature range of 21 to 27 °C, the emergence levels of *M. parasaissetiae* gradually increased with temperature, increasing 7.5 at 27 °C. This emergence level was significantly higher than that recorded at other temperatures. However, in the temperature range of 27 to 33 °C, the emergence level decreased with temperature, declining to 5.1 at 33 °C. The highest female ratio was 72.1% at 24 °C, followed by 62.6% at 27 °C; thus, a temperature range of 24 to 30 °C is suitable for the parasitoid. Parasitic efficiency gradually increased as the illumination

基金项目: 南亚办项目 (12RZBC-20, 13RZBC-15, 14RZBC-15); 热科院基本业务费 (1630042012005)

收稿日期: 2013-12-25; 网络出版日期: 2015-04-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fygcata@163.com

duration was increased from 8 h to 12 h. After 12 h illumination, the number of parasitized hosts, parasitic rate, emergence level, and female progeny ratio of *M. parasaissetiae* were the highest in all groups, i.e., 21.2, 70.6%, 5.3, and 68.3%, respectively. However, these factors decreased after 16 h illumination, i.e., 9.0, 30.0%, 1.7, and 34.1%, respectively. In parasitized *P. nigra* adults aged 20 and 21 days, the highest parasitic rate (87.0%), number of emerging parasitoids (5.6), and female progeny ratio (51.2%) of *M. parasaissetiae* was recorded. In comparison, in parasitized hosts aged 1 and 2 days, these factors were 33.0%, 0.9, and 46.6% respectively. This result indicates that adult *P. nigra* hosts aged 20 and 21 days are the most compatible for *M. parasaissetiae*, while those aged 1 to 2 days were not optimal. The age of female parasitoid adults represented another important factor that influences the parasitic efficiency of *M. parasaissetiae*. The number of parasitized host, emergence level of the offspring, and parasitic rate increased with the age of female adults (in the age range of 2—4 days), reaching 16.3, 5.2, and 81.7%, respectively, at 4 days. These values were higher than those observed at ages 2, 6, 7, and 8 days. In *M. parasaissetiae* females of >4 days of age, the number of parasitized hosts and parasitic rate decreased gradually. At the age of 8 days, the lowest parasitic ratio, emergence level, and number of parasitized hosts was recorded, i.e., 25.0%, 1.5, and 5, respectively. However, the ratio of female offspring was the highest (55.2%) at 5 days. Mating also significantly affected the parasitic efficacy and sex ratio of *M. parasaissetiae*. The parasitic rate (91.7%) and emergence (7.5) induced by mated parasitoids were greater than that by unmated parasitoids. The female ratio of mated female parasitoid offspring was 62.1%, whereas unmated females produced no female offspring. We concluded that a combination of factors are required for the optimum conditions for *M. parasaissetiae*, including *P. nigra* adults aged 20—21 days, mated female parasitoids aged 3—6 days, temperature conditions of 27 °C, and a light:dark photoperiod of 12:12 h.

Key Words: *Parasaissetia nigra*; *Metaphycus parasaissetiae*; parasitic rate; female ratio; emergence amount

橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* 是 2004 年以来在云南橡胶上大面积暴发成灾的一种重要害虫^[1-2], 2008 年以来年该虫在海南局部暴发^[3], 并呈扩散蔓延趋势。橡副珠蜡蚧大面积发生危害对云南、海南两省橡胶造成了严重损失。

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* (Hymenoptera: Encyrtidae) 是橡副珠蜡蚧的一种本土优势天敌, 在云南、海南等地广泛存在^[3]。该蜂内寄生于橡副珠蜡蚧成虫, 在室内较易饲养, 如果能大量扩繁释放, 可在橡副珠蜡蚧的生物防控中起着重要作用。寄生蜂自身的内部因素和外界环境因子均对寄生蜂的繁殖有显著影响, 这些因子主要包括温度、光周期、寄生蜂日龄、寄主龄期以及寄主的食料等^[4-8]。由于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂是 2007 年发现的新种^[9], 所以当时国内外均未有相关报道。为了更加有效利用该天敌, 本课题组自发现后就开始针对其生物学、生态学及对橡副珠蜡蚧的控制作用等方面开展了研究^[5, 10-12]。现已初步探明了该蜂的生长发育、交配、产卵及温度对其种群增长影响等生物学特性, 明确了该蜂对橡副珠蜡蚧有较好的控害能力。尽管如此, 但如何通过多种环境条件及小蜂自身条件进行配比来提升该蜂的扩繁能力仍是一个急需解决的重要问题。本文着重观察了温度、光周期、寄主成虫日龄、雌蜂日龄及交配等对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率、出蜂量、性比等的影响, 以期明确室内繁殖该蜂多种因子的理想组合, 为其有效利用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

橡副珠蜡蚧 *P. nigra*: 采于云南省热带作物研究所试验场六队橡胶树上, 在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所内的养虫室(温度 25—27 °C、湿度 70%—90%)里用南瓜繁殖至成虫备用。

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *M. parasaissetiae*: 于云南省热带作物科学研究所试验场橡副珠蜡蚧严重发生区的橡胶林段收集副珠蜡蚧阔柄跳小蜂褐蛹, 待羽化后用橡胶上的橡副珠蜡蚧繁殖, 形成数量较大的种群, 然后将蜂

转接在用南瓜饲养的橡副珠蜡蚧上,形成以南瓜为植物寄主的种群以供试验所需。

1.2 实验方法

1.2.1 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

在南瓜上挑选 16—17 日龄的橡副珠蜡蚧,将羽化后 1 d 的跳小蜂按 ♀ 蜂:♂ 蜂:蚧虫 = 20:20:20 比例在自制的局部接蜂器^[3]内接蜂。24 h 后取出小蜂,将带蚧虫的南瓜放入温度 21、24、27、30、33 ℃ 的人工气候箱内饲养。当小蜂发育至成虫时,观察、记录被寄生的介壳虫数量、出蜂量等。实验重复 4 次。

1.2.2 光周期对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

在南瓜上挑选 16—17 日龄的橡副珠蜡蚧,将羽化后 1 d 的跳小蜂按 ♀ 蜂:♂ 蜂:蚧虫(16—17 日龄成虫) = 30:30:30 比例在局部接蜂器内接蜂。24 h 后取出小蜂,将带蚧虫的南瓜放入温度(27±1)℃、相对湿度 70%±5%、光周期设置为 10:14、12:12、14:10、16:8 (L:D) 5 个恒定条件的人工气候箱内。当小蜂发育至成虫时,观察、记录被寄生的介壳虫数量、出蜂量及雌、雄蜂数量等。实验重复 4 次。

1.2.3 寄主成虫日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

在南瓜上挑选橡副珠蜡蚧的 1—2 日龄成虫、10—11 日龄成虫(体色为褐色,体背蜡壳未变硬)、16—17 日龄成虫(体色黑色,体壳刚变硬,产卵 1—2 d)、20—21 日龄成虫(体色黑色,有初孵若虫爬出 1—2 d)各 20 头,共计 80 头橡副珠蜡蚧。选用已交配的 2 日龄副珠蜡蚧阔柄跳小蜂按 ♀ 蜂:♂ 蜂:蚧虫 = 80:80:80 的比例在接蜂罩(长×宽×高 = 20 cm×15 cm×15 cm 的养虫盒,盒盖中央挖一个 15 cm×10 cm 面积的孔后粘上 150 目的纱网,以便宜透气)接蜂。24 h 后去除在南瓜上的成蜂,置于室温为 25 ℃—27 ℃ 养虫室内饲养。当小蜂发育至成虫时,观察、记录被寄生的介壳虫数量、出蜂量及雌、雄蜂的数量。实验重复 4 次。

1.2.4 雌蜂日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

将刚羽化的副珠蜡蚧阔柄跳小蜂集中交配 1 d。从成虫第 2 天开始即用局部接蜂器按 ♀ 蜂:♂ 蜂:蚧虫(16—17 日龄成虫) = 20:20:20 比例接蜂 24 h,然后将小蜂取出接于另外的新鲜介壳虫上。将带蚧虫的南瓜立即放入 25—27 ℃ 的饲养室里饲养。设置处理为:雌蜂日龄 2、3、4、5、6、7、8 d。当小蜂发育至成虫时,观察、记录被寄生的介壳虫数量、出蜂量及雌、雄蜂数量。实验重复 4 次。

1.2.5 生殖方式对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

按 ♀ 蜂:♂ 蜂:蚧虫(16—17 日龄成虫) = 20:20:20(交配生殖方式)和 ♀ 蜂:蚧虫 = 20:20(未交配生殖方式)。24 h 后取出小蜂,将带蚧虫的瓜放入 25—27 ℃ 的养虫室里。当小蜂发育至成虫时,观察、记录被寄生的介壳虫数量、出蜂量及雌、雄蜂数量。实验重复 4 次。

1.3 数据分析

寄生率 = 被寄生蚧虫数 / 处理蚧虫头数 × 100 %;

雌性率 = 雌蜂 / (雌蜂 + 雄蜂) × 100 %。

各处理间的被寄生头数、寄生率及性比的比较采用方差分析方法,平均数间的比较采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的影响

温度对副珠蜡蚧跳小蜂的寄生率、出蜂量及雌性比有明显影响(表 1)。寄生率以 27 ℃、30 ℃ 最高均为 91.7%,33 ℃ 时有所下降为 88.3%,三个温度间差异不显著,均显高于 24 ℃ 和 21 ℃。在 21 ℃—27 ℃ 范围内,每头寄主的出蜂量随着温度上升而逐渐增加,27 ℃ 最高为 7.5 头,显著高于其它温度;27 ℃—33 ℃ 范围内,随温度升高,出蜂量逐渐下降,33 ℃ 最低为 5.1 头。雌性率在 24 ℃ 时最高(72.1%),其次为 27 ℃(62.6%),显著高于 21 ℃、30 ℃、33 ℃。

根据表 1 数据,分别对温度与被寄生的介壳虫数、寄生率、出蜂量、雌性率的关系进曲线回归拟合,并求出

相应的最佳温度及对应值。

被寄生的介壳虫数: $Y = -0.1095T^2 + 6.8943T - 90.111$ ($r = 0.9258^*$)。令 Y 的导数为 0, 求出最适温度 31.5 °C, 最高寄生数量 18.4 头;

寄生率: $Y = -0.5444T^2 + 34.233T - 446.26$ ($r = 0.9307^*$)。令 Y 的导数为 0, 求出最适温度 31.4 °C, 最高存活率为 92.3%;

出蜂量: $Y = 0.0333T^3 - 2.7667T^2 + 87.3T - 843$ ($r = 1^*$) (方程用仅 24、27、30、33 °C 4 个温度进行拟合)。令 Y 的导数为 0, 求出最适温度 27.2 °C, 平均每头寄主最高出蜂量 7.5 头。

雌性率: $Y = 0.1245T^3 - 10.395T^2 - 284.19T - 2481.3$ ($r = 0.9999^*$)。令 Y 的导数为 0, 求出最适温度 24.1 °C, 最高雌性比 72.9%。

表 1 温度对副珠蜡蚧跳小蜂寄生效果的影响

Table 1 The parasitic effects of *M. parasaissetiae* on temperature

温度(°C) Temperature	被寄生的介壳虫数(头) No. of Parasitized scale	寄生率(%) Parasitic rate	每寄主的出蜂量(头) Emergence amount per host	雌性率(%) Female ratio
21	7.5±1.5b	38.3±7.6b	4.4±0.3c	54.3b
24	9.3±0.6b	46.7±2.9b	4.2±0.3c	72.1a
27	18.3±1.2a	91.7±5.8a	7.5±0.7a	62.6a
30	18.3±0.6a	91.7±2.9a	6.0±0.6b	49.5b
33	17.7±3.2a	88.3±16.1a	5.1±0.9b	49.4b

表中数据为平均数±标准差,同一列中不同小写字母表示同列数据在 0.05 水平差异显著(DMRT 法)。下同

2.2 光周期对副珠蜡蚧跳小蜂寄生效果的影响

光周期对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生效果影响明显(表 2)。光照时间为 8 h—12 h 范围内随光照时间的增长寄生效果逐渐增强,光照时间为 12 h 时最好,被寄生的介壳虫数、寄生率、每头寄主的出蜂量及雌性率等各项指标均达最大值,分别为 21.2 头、70.6%、5.3 头、68.2%,显著高于光照时间 8 h;光照时间在 12—16 h 范围内,随光照时间的延长,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生效果逐渐变差,光照时间为 16 h 时寄生效果最差,被寄生的介壳虫数量、寄生率、每头寄主的出蜂量、雌性比分别为 9.0 头、30.0%、1.7 头、34.1%。

表 2 光周期对副珠蜡蚧跳小蜂寄生效果的影响

Table 2 The parasitic effects of *M. parasaissetiae* on photoperiod

光周期(L:D) Photoperiod	被寄生的介壳虫数(头) No. of Parasitized scale	寄生率(%) Parasitic rate	每寄主的出蜂量(头) Emergence amount per host	雌性率(%) Female ratio
16:8	11.5±0.5b	38.3±5.9b	2.8±0.8bc	42.4b
14:10	17.7±2.6a	58.9±8.6a	4.8±1.0a	48.4b
12:12	21.2±4.2a	70.6±14.1a	5.3±1.3a	68.3a
10:14	18.7±6.1a	62.2±20.2a	3.5±0.7b	64.4ab
8:16	9.0±3.5b	30.0±11.7b	1.7±0.4c	34.1c

2.3 寄主成虫日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生影响

寄主成虫日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生效果有明显影响(表 3)。寄主为 20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫时该蜂的寄生率、后代出蜂量均显著高于其它几个时期的成虫,分别为 87.0%、5.6 头;小蜂寄生 10—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫(56.7%)与寄生 16—17 日龄成虫(54.4%)的雌性率差异不显著,显著高于寄生 10—11 日龄和 1—2 日龄成虫的雌性率。结合寄生率、出蜂量、雌性率考虑,寄主为 20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫的寄生效果最好,16—17 日龄成虫及 10—21 日龄成虫的寄生效果次之,而 1—2 日龄成虫的寄生效果最差,寄生率、出蜂量分别仅为 33.0%、0.9 头,雌性比为 46.6%。综合分析,10—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫是该蜂最适合寄生的阶段。

表 3 不同时期寄主成虫对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响
Table 3 The parasitic effects of *M. parasaissetiae* on different adult stages of host

寄主不同成虫阶段 Stage adult host	被寄生的介壳虫数(头) No. of Parasitized scale	寄生率(%) Parasitic rate	每寄主的出蜂量(头) Emergence amount per host	雌性率(%) Female ratio
1—2 日龄成虫 1-2 day adult	6.6±2.3b	33.0±0.1c	0.9±0.3c	46.6b
10—11 日龄成虫 10-11 day adult <i>P. nigra</i>	15.4±2.5ab	77.0±0.1b	4.0±1.1b	49.5b
16—17 日龄成虫 16-17 day adult <i>P. nigra</i>	16.2±2.7ab	81.0±0.1b	4.3±1.5b	54.4ab
20—21 日龄成虫 20-21 day adult <i>P. nigra</i>	17.4±1.5a	87.0±0.1a	5.6±2.1a	56.2a

2.4 雌蜂日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响

雌蜂日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生效果影响明显(见表 4)。雌蜂日龄在 2—4 日内,被寄生的介壳虫数、寄生率等随着雌蜂日龄的增加,4 日龄时为最大值,分别为 16.3 头、81.7%,显著高于 2、6、7、8 日龄的;雌蜂日龄大于 4 日龄后,随着成蜂日龄的增加,被寄生的蚧虫数均逐渐减少,寄生率逐日降低,8 日龄的雌蜂寄生率、被寄生的蚧虫最低为 16.67%、5.0 头。每头寄主的出蜂量以 3 日龄最多为 5.6 头,8 日龄最低少 1.5 头。雌性比例以 5 日龄最高为 55.2%,显著高于 8 日龄,而与 2、3、4、6、7 日龄的相比差异不显著。可见 3—4 日龄跳小蜂的寄生效果最好。

表 4 雌蜂日龄对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响
Table 4 The influence of female adult age on parasitic effects of *M. parasaissetiae*

雌蜂日龄(d) Female adult age	被寄生的介壳虫数(头) No. of Parasitized scale	寄生率(%) Parasitic rate	每寄主的出蜂量(头) Emergence amount per host	雌性率(%) Female ratio
2	7.3±0.6bc	36.7±14.4c	2.3±0.2d	44.4ab
3	15.5±4.0a	77.6±10.0a	5.6±1.1a	46.3ab
4	16.3±3.8a	81.7±9.5a	5.2±1.0ab	43.5ab
5	14.3±2.1a	71.7±5.2a	3.8±0.6bc	55.2a
6	11.3±1.3b	56.7±2.9b	3.5±0.9bc	46.4ab
7	10.8±1.5b	54.2±3.8b	3.2±1.4c	45.1ab
8	5.0±3.0c	25.0±7.5c	1.5±0.3d	42.37b

2.5 生殖方式对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的影响

交配对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果的影响明显(表 5)。已交配的寄生率及每头寄主的出蜂量分别为 91.7%、7.5 头,显著高于未交配的(75.8%、6.3 头);未交配所育后代均为雄蜂,而交配的雌性率为 62.1%,因此是典型的产雄孤雌生殖。

表 5 生殖方式对副珠蜡蚧跳小蜂寄生效果的影响
Table 5 The influence of mating status on parasitic effects of *M. parasaissetiae*

生殖方式 Methods of reproduction	被寄生的介壳虫数(头) No. of Parasitized scale	寄生率(%) Parasitic rate	每寄主的出蜂量(头) Emergence amount per host	雌性率(%) Female ratio
交配 Mated	18.3±1.2a	91.7±5.8a	7.5±0.7a	62.1 a
未交配 Unmated	15.2±5.7b	75.8±28.5b	6.3±2.2b	0b

3 结论与讨论

3.1 寄主、温度、光周期、雌蜂日龄及交配对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率、出蜂量的影响

温度和光周期是影响昆虫生长、发育、繁殖的重要外在环境因子^[13-15]。本实验中,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂

在 21—27 ℃ 范围内随温度的升高,寄生率和出蜂量逐渐增加,27 ℃ 时寄生率与出蜂量均达到最大值(91.7%、7.5 头),在 30—33 ℃ 范围内则随温度的上升寄生率及出蜂量均下降趋势,结果与斑翅食蚜小蜂(*Coccophagus ceroplastae*)、椰甲截脉姬小蜂(*Asecodes hispinarum*)等热带寄生蜂相似^[5,16],但比丽蚜小蜂(*Encarsia formosa*)、丝角姬小蜂(*Sympiesis soriceicornis*)、茶细蛾绒茧蜂(*Apanteles theivora*)等略高^[17,18],其原因可能与不同寄生蜂对环境的适宜性及其自身的种群特性有关。光周期作为一种影响昆虫生活节律的信息,对生长发育、产卵、取食、存活等活动造成影响^[19]。本研究结果表明为光暗比 12 h:12 h 时,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率最高(70.6%)、每头寄主的出蜂量最大(5.3 头),长光照和短光照条件均不利于寄生和出蜂,结果与斑翅食蚜小蜂和丽蚜小蜂相似^[5,18],说明光周期是影响副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生及繁殖的重要因子之一。另外,笔者在试验中观察到跳小蜂在黑暗条件下不活跃,这可能该蜂在短日照条件下寄生率和出蜂量下降的原因之一。

寄主是影响寄生蜂寄生率的重要因素之一,当寄主质量(寄主的龄期、大小等)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^[20,21]。寄生蜂对寄主龄期的选择通常综合了寄主不同发育阶段对其产卵、发育及后代繁殖力影响的因素^[22,23]。本研究寄生 20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫寄生率、每头寄主的出蜂量均最高,说明此阶段是该蜂寄生的最适宜阶段。据橡副珠蜡蚧的生物学观察发现:20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫个体较大、内含物丰富且体内含有大量的未成熟和成熟卵,因此,本研究结果(该阶段的寄生率和出蜂量均最高)是否与寄主内含物和未产卵均能为内寄生蜂的发育提供营养所致有待于进一步研究。

雌蜂日龄是影响寄生蜂的寄生率及子代数的重要内在因素^[23]。寄生的高峰期出现与具体种类有关,白蛾周氏啮小蜂(*Chouioia cunea*)在出壳第 1 d 就达产卵量的 51.2%^[24],管侧沟茧蜂(*Microplitis tuberculifer*)在 3 日龄时寄生率达到最大^[25],本研究中发现副珠蜡蚧阔柄跳小蜂成蜂在 4 日龄时为寄生高峰。造成不同种类寄生蜂的寄生高峰期差异的原因可能与卵细胞的发育类型或快慢有关^[25,26],也可能与某些种类的寄生蜂羽化后在寄主壳内停留的时间长短有关^[27],甚至与成蜂期的补充营养有关^[5]。

许多两性生殖的昆虫,交配对其繁殖力影响明显,如未交配小地老虎所产的卵均为不能孵化不育卵^[28],未交配斑翅食蚜小蜂的产卵量则显著变少^[29];苹淡褐卷蛾(*Epiphyas postvittana*)^[30]、角腹蠊(*Nauphoeta cinerea*)^[31]、印度谷螟[*Plodia interpunctella*]^[32]等雌虫繁殖能力均则随着交配日龄增长而逐渐降低。Gillott 等认为交配能促使雌性个体产卵增加是因为交配时雄性分泌的一种产卵促进物(fecundity-enhancing substances)对雌性个体产卵有刺激作用^[33]。副珠蜡蚧阔柄跳小蜂是一种卵细胞发育未成熟型寄生蜂^[3],成虫期的补充营养与稻虱缨小蜂、*Gelis agilis* 一样能显著提高其体内的成熟卵量及产卵量(未发表)^[34,35]。本研究发现副珠蜡蚧阔柄跳小蜂是典型的产雄孤雌生殖寄生蜂,在补充相同的营养条件下其已交配的寄生率和每头寄主的出蜂量均比未交配的高,结果与斑翅食蚜小蜂相似^[29]。因此,交配对寄生率和出蜂量的影响是因交配能促进卵巢发育还是刺激产卵需进一步研究明确。

3.2 寄主、温度、光周期、雌蜂日龄及交配对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的性比分配的影响

寄生蜂的性比通常分为原生性比和次生性比,前者指雌蜂在寄主上产卵的雌雄卵比,后者则指所产的卵经历孵化、幼虫和蛹的死亡后最终羽化为成蜂的雌雄数量比^[36]。副珠蜡蚧阔柄跳小蜂与大多数寄生蜂一样原生性比较难确定,所以本文仅以次生性比评价其不同条件下的性比分配情况。已知许多因素能影响寄生蜂的性比分配^[36],大致可归纳为来自雌蜂本身、寄主、外界环境因子等 3 个方面。本研究通过研究副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在不同雌蜂日龄、寄主成虫日龄、温度、光周期及生殖方式下的后代性比,发现该蜂的性比分配与温度、光周期、寄主、生殖方式等多种因素密切相关。寄主对性比的影响表现为小蜂寄生 20—21 日龄的橡副珠蜡蚧成虫的雌性率最高(56.2%),说明该阶段最适合该蜂的种群增长。温度 24 ℃—27 ℃ 时雌性率较高,当温度高于 27 ℃ 或低于 24 ℃ 时雌性率均有所下降,与温度对半闭弯尾姬蜂(*Diadegma semiclausum*)的研究结果相似^[37],这是因为温度对小蜂的存活率影响还是其它原因有待于进一步研究。光周期对小蜂性比的影

响明显,随着光照时间增长雌性率增高,光暗比为 12 h:12 h 时小蜂最高(68.3%),随着光照的延长雌蜂率随之下降,结果与平腹小蜂(*Anastatus japonicus*)存在差异^[38],这可能是因种类不同造成。吕增印发现布氏潜蝇茧蜂(*Fopius vandenboschi*)后代雌性比随成蜂日龄增加而增高^[39],15 d 时最高,本研究中副珠蜡蚧阔柄跳小蜂呈相似趋势,5 日龄的小蜂后代雌性率最大(55.2%),然后随着雌蜂日龄增加而降低。

综上所述,寄主、温度、光周期、雌蜂日龄及交配等条件变化对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生效果及后代种群增长的影响较为明显,室内可考虑选用 20—21 日龄副珠蜡蚧成虫、充分交配的 3—6 日龄副珠蜡蚧阔柄跳小蜂在温度 27 ℃ 及光周期 L:D=12 h:12 h 条件下繁殖该蜂。尽管如此,许多学者研究发现寄生蜂的寄生效果及后代性比分配还与成蜂的密度、营养状况等种因素相关^[32,33],这说明了副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的大量繁殖还应充分考虑其它因素的影响。对其它环境条件的影响也有待于进一步研究。

致谢:中国热带农业科学院环境与植物保护研究所龚治博士和安徽师范大学胡好远博士在英文摘要修改方面给予帮助,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 段波,周明,李加智,李国华. 西双版纳橡胶介壳虫种类鉴定及其防治. 热带农业科技, 2005, 28(2): 1-3.
- [2] 管志斌,陈勇,雷建林,潘育文. 西双版纳橡胶介壳虫大面积暴发. 植物保护, 2005, 31(1): 92-93.
- [3] 温丽娜,符悦冠,张方平,金启安,张敬宝. 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang 生物学特性的研究. 中国生物防治, 2009, 25(2): 112-119.
- [4] Flanders S E. Environmental control of sex in hymenopterous insects. Annals of the Entomological Society of America, 1939, 32(1): 11-26.
- [5] 张方平,符悦冠,彭正强,王帮,张敬宝,金启安. 温度和光周期对斑翅食蚜小蜂发育与繁殖的影响. 生态学报, 2010, 30(5): 1280-1286.
- [6] 季香云,化丽丹,蒋杰贤,万年峰,杨建军. 温度和光周期对淡足侧沟茧蜂寄生和雌性比率的影响. 应用昆虫学报, 2011, 48(2): 370-374.
- [7] Duodu Y A, Davis D W. Selection of alfalfa weevil larval instars by, and mortality due to, the parasite *Bathyplectes curculionis* (Thomson). Environmental Entomology, 1974, 3(3): 549-552.
- [8] Vinson S B, Barras D J. Effects of the parasitoid, *Cardiophiles nigriceps*, on the growth, development, and tissues of *Heliothis virescens*. Journal of Insect Physiology, 1970, 16(7): 1329-1338.
- [9] Zhang Y Z, Huang D W, Fu Y G, Peng Z Q. A new species of *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae) from China, parasitoid of *Parasaissetia nigra* (Nietner) (Homoptera: Coccoidea). Entomological News, 2007, 118(1): 68-72.
- [10] 张方平,牛黎明,许永池,韩冬银,张敬宝,符悦冠. 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对橡副珠蜡蚧的控制作用. 应用生态学报, 2010, 21(8): 2166-2170.
- [11] 张方平,朱俊洪,李聪,韩冬银,张敬宝,符悦冠. 常用杀虫剂对橡副珠蜡蚧及副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的选择毒杀作用. 热带作物学报, 2010, 31(1): 116-121.
- [12] 温丽娜,符悦冠,张方平,金启安,张敬宝. 温度对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂发育和繁殖的影响. 昆虫知识, 2010, 47(1): 151-155.
- [13] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社, 2002: 16-27.
- [14] 陈夜江,罗宏伟,黄建,洪清竹,谢依弟. 光周期对烟粉虱实验种群的影响. 华东昆虫学报, 2003, 12(1): 38-41.
- [15] Saunders D S. Insect photoperiodism-the clock and the counter: a review. Physiological Entomology, 1981, 6(1): 99-116.
- [16] 唐超,彭正强,金启安,符悦冠,万方浩. 变温对椰甲截脉姬小蜂生长发育的影响. 植物保护学报, 2007, 34(1): 1-4.
- [17] 张金钰,李鑫,姜超,孟芳,马丽,吴素蓉. 温度与营养对丝角姬小蜂及茶细蛾绒茧蜂发育和寿命的影响. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(6): 153-158.
- [18] 朱楠,王玉波,张海强,郑礼,刘顺,魏国树. 光周期、温度对丽蚜小蜂生长发育的影响. 植物保护学报, 2011, 38(4): 381-382.
- [19] 朱道弘,刘世大,赵吕权. 光周期与温度对林地德国小蠊生长发育与繁殖的影响. 生态学报, 2006, 26(7): 2125-2132.
- [20] 曹林,李保平. 寄主龄期对可疑柄瘤蚜茧蜂寄生及其后代适合度的影响. 生态学杂志, 2006, 25(11): 1380-1383.
- [21] 王小艺,杨忠岐,刘桂军,刘恩山. 白蜡吉丁柄腹茧蜂的羽化和产卵与寄主之间的关系. 生态学报, 2006, 26(4): 1103-1109.
- [22] 周祥,黄光斗,马子龙,赵松林,周焕起. 椰心叶甲啮小蜂对寄主的选择性、适宜性和功能反应. 热带作物学报, 2006, 27(2): 74-77.
- [23] 李建成,张青文,刘小侠,潘文亮. 中红侧沟茧蜂成虫日龄及粘虫幼虫龄期对寄生效果的影响. 中国生物防治, 2005, 21(1): 14-17.

- [24] 孙海燕, 丛斌, 张海燕, 董辉, 崔蕾. 白蛾周氏啮小蜂雌蜂繁殖力与发育期及个体大小的关系. 中国生物防治, 2010, 26(1): 24-29.
- [25] 钟勇, 路子云, 屈振刚, 刘文旭, 刘小侠, 李建成. 管侧沟茧蜂雌蜂日龄和寄生经历对寄生率及子代的影响. 河北农业科学, 2010, 14(8): 77-79, 136-136.
- [26] Jervis M A, Kidd N A C, Fitton M G, Huddleston T, Dawah H A. Flower visiting by hymenopteran parasitoids. Journal of Natural History, 1993, 27: 67-105.
- [27] Jervis M A, Heimpel G E, Ferns P N, Harvey J A, Kidd N A C. Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. Journal of Animal Ecology, 2001, 70(3): 442-458.
- [28] 向玉勇, 杨茂发, 李子忠. 交配对小地老虎成虫寿命和繁殖的影响. 四川动物, 2010, 29(11): 85-86, 104.
- [29] 张方平, 符悦冠, 韩冬银, 牛黎明, 张敬宝, 金启安. 斑翅食蚜蚜小蜂的生物学特性. 生态学报, 2010, 30(17): 4708-4716.
- [30] Foster S P, Howard A J. The effects of mating, age at mating, and plant stimuli, on the lifetime fecundity and fertility of the generalist herbivore *Epiphyas postvittana*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 91(2): 287-295.
- [31] Moore P J, Moore A J. Reproductive aging and mating: the ticking of the biological clock in female cockroaches. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2001, 98(16): 9171-9176.
- [32] Huang F N, Subramanyam B. Effects of delayed mating on reproductive performance of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 2003, 39(1): 53-63.
- [33] Gillott C. Insect accessory reproductive glands: key players in production and protection of eggs // Hilker M, Meiners T. Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition. New York: John Wiley & Sons, 2002: 37-59.
- [34] 祝增荣, 程家安, 陈琇. 温度和食物对稻虱缨小蜂发育、存活和繁殖的影响. 生态学报, 1999, 11(1): 66-72.
- [35] Harvey J A. Comparing and contrasting development and reproductive strategies in the pupal hyperparasitoids *Lysibia nana* and *Gelis agilis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Evolutionary Ecology, 2008, 22(2): 153-166.
- [36] 王问学. 寄生蜂的性比分配. 生物防治通报, 1990, 6(4): 173-178.
- [37] 原建强, 李欣. 半闭弯尾姬蜂性比的影响因素研究. 河南农业大学学报, 2008, 42(3): 334-336.
- [38] 汤玉清, 徐清元. 光周期以荔枝卵平腹小蜂日产卵量及后代性比的影响. 生物防治通报, 1993, 9(4): 148-151.
- [39] 吕增印, 杨建全, 黄居昌, 季庆娥, 陈家骅. 影响布氏潜蝇茧蜂子代性比的因素. 福建林学院学报, 2008, 28(3): 225-228.