

蓝色长盾金小蜂生物学习性观察

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

(1. 海南大学热带农林学院, 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101)

摘要: 蓝色长盾金小蜂 *Scutellista caerulea* Fonscolombe 是橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* Nietner 的重要天敌之一。为了探明该蜂的生物学习性, 作者在室内观察了该蜂的交配行为、寄生行为、发育及其对寄主龄期的选择性。结果显示: 蓝色长盾金小蜂的交配行为包括搜寻与求偶、交尾前期、交尾、交尾后期 4 个阶段。小蜂的寄生行为分为搜寻寄主、触角检测、产卵针刺探、产卵、产卵后梳理 5 个过程; 同一小蜂的寄生次数为 1~3 次, 寄生时间随着寄生次数的增加而减少, 超过 3 次时, 寄生时间相对延长。在室温 25 °C~27 °C, 金小蜂世代发育经卵、幼虫、蛹、成虫共 4 个阶段, 发育历期为 28~30 d, 其中卵期 3 d, 幼虫期 9~10 d, 蛹期 16~17 d。蓝色长盾金小蜂对橡副珠蜡蚧黑色成虫的选择系数最高, 为 0.57, 对初期成虫的选择系数最低, 为 0.07。寄主虫期对蓝色长盾金小蜂的发育与繁殖影响明显, 在寄主为初期成虫至黑色成虫时, 蓝色长盾金小蜂的发育历期随着寄主虫期的增大而缩短, 出蜂数则呈上升趋势, 发育历期以寄主为初期成虫时最长, 为 31.8 d, 寄主为黑色成虫时最短, 为 27.5 d; 出蜂数以寄主为黑色成虫最多, 初期成虫最低; 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂雌雄比无影响。综上所述, 蓝色长盾金小蜂的寄生时间与寄生次数密切相关, 黑色成虫期的橡副珠蜡蚧是最适宜寄主, 研究结果可为该蜂进一步扩繁利用提供依据。

关键词: 蓝色长盾金小蜂; 橡副珠蜡蚧; 橡胶; 寄主虫期; 扩繁

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)03-0327-08

Observations on Biological Characteristics of *Scutellista caerulea* Fonscolombe

LI Xian^{1,2}, NIU Liming², FU Yueguan², CHEN Junyu², LI Lei², HAN Dongyin²,
ZHANG Fangping^{2*}, ZHU Junhong^{1*}

(1. College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Science, Haikou 571101, China)

Abstract: *Scutellista caerulea* Fonscolombe is one of the important natural enemies of *Parasaissetia nigra* Nietner. The wasp is an ectoparasitoid that oviposits eggs on the abdomen of the host and the hatching larva feeds on the host eggs that are produced under the abdomen. The biological characteristics of this wasp, including mating behaviors, parasitic behaviors, development, and preference for host instars were observed indoors. The results show that the whole mating behaviors of the wasp consisted of 4 phases: searching and courtship, pre-copulating, copulating, and post-copulating. The parasitic behaviors of the wasp could be divided into five steps, i.e., host searching, antennal detecting, ovipositor penetrating, ovipositing, and cleaning after oviposition. Duration of the parasitic behaviors of a wasp decreased with the number of parasitism in the range of 1 to 3, but increased when the number of parasitism of a wasp exceeded 3 times. At temperature of 25–27 °C, *S. caerulea* generation lasted 28–30 d, of which the

收稿日期: 2019-10-11

基金项目: 中国热带农业科学院基本业务费 (1630042017002); 国家天然橡胶产业技术体系 (CARS-33-GW-BC2); 海南省重点研发项目 (ZDYF2017041)

作者简介: 李贤, 硕士研究生, E-mail: 2218505312@qq.com; *通信作者, 张方平, 副教授, E-mail: fangpingz97@163; 朱俊洪, 副教授, E-mail: 5477750@qq.com.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.03.005

periods of egg, larv and pupa were 3, 9–10 and 16–17 d, respectively. *S. caerulea* preferred the black adults of *P. nigra* the most and the newly emerged adults of *P. nigra* the lowest. Host age had significant effects on the development and propagation of *S. caerulea*. When the hosts were from newly emerged adults to black adults, development duration of the wasps decreased with host age, while the number of emerged wasps increased with host age. The development duration reached the maximum of 31.8 d and the minimum of 27.5 d when the hosts were newly emerged adults and black adults, respectively. The number of emerged offsprings reached the maximum of 117.3 and the lowest of 36.3 when the hosts were black adults and newly emerged adults, respectively. Host age had no effect on sex ratio of *S. caerulea*. These results show that the black adults of *P. nigra* are the most suitable host for *S. caerulea* and can provide a basis for further propagation and utilization of this wasp.

Key words: *Scutellista caerulea*; *Parasaissetia nigra*; parasitism; rubber; mass rearing

橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* Nietner 是橡胶、番荔枝等作物上的一种重要害虫^[1]。自 2004 年以来, 该虫相继在云南及海南的开割胶园、中小苗及苗圃严重暴发成灾, 并对生产造成严重损失^[2]。目前, 该虫在海南的苗圃仍是重要害虫之一。前期对橡副珠蜡蚧的防治措施主要是依赖于化学农药^[3,4], 但随着对该虫有效的高毒药剂的禁用、中毒药剂的限用及人们对生态安全要求越来越高, 对其进行绿色防控也越来越重要。天敌昆虫作为绿色防控的重要组成部分, 长期以来在介壳虫的防治中扮演着重要作用^[5]。自橡副珠蜡蚧在国内暴发以来, 多位学者开展了其天敌资源调查和利用基础及技术研究, 发现日本食蚧蚜小蜂 *Coccophagus japonicus* Compere、副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang、优雅歧脉跳小蜂 *Diversinervus elegans* Silvestri 等优势天敌^[6-8], 并在该虫的防治上起重要的控制作用。

2018 年, 笔者在海南琼中的橡胶增殖苗圃内发现了一种橡副珠蜡蚧成虫寄生蜂, 其田间的寄生率达 60% 以上。该蜂经鉴定为蓝色长盾金小蜂 *Scutellista caerulea* Fonscolombe, 属膜翅目 Hymenoptera, 小蜂总科 Chalcidoidea, 金小蜂科 Pteromalidae^[9]。其寄主有橄榄黑盔蚧 *Saissetia oleae* Olivier、佛州龟蜡蚧 *Ceroplastes floridensis* Comstock、无花果蜡蚧 *Ceroplastes rusci* Linnaeus、褐软蚧 *Coccus hesperidum* Linnaeus 等^[10,11]。据报道, 该蜂是一种外寄生蜂, 将卵产在寄主的腹面, 以寄主产在腹下的卵为食^[12]。笔者将该蜂采回实验室后, 经初步观察发现, 该蜂能取食橡副珠蜡蚧腹下的卵。鉴于目前国外对该寄生蜂的报道多以分布范围和寄主种类为主, 对其生物学习性、扩繁利用等鲜有报道, 而国内未见有对该寄生蜂的相关报道。因此, 笔者在实验室内观察了该蜂的交配行为、寄生行为等习性, 并就该蜂对不同发育阶段的橡副珠蜡蚧成虫的选择性及适宜性进行了研究, 以期明确其生物学习性, 为进一步扩繁利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

橡副珠蜡蚧: 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的养虫室内 (温度 26 °C、相对湿度 70%~90%) 用南瓜繁殖备用。

蓝色长盾金小蜂 (下称金小蜂): 于海南省琼中县新进农场橡胶增殖苗圃园收集金小蜂蛹, 待其羽化后用南瓜饲养的橡副珠蜡蚧繁殖, 形成以南瓜为植物寄主的种群以供试验所需。

1.2 蓝色长盾金小蜂的交配行为观察

将金小蜂蛹单头装入指形管 (高 7.5 cm, 直径 1.3 cm) 内, 待其羽化, 然后按 1♀:1♂ 的比例 (总共 2 头) 置于培养皿 (6 cm) 中。观察、记录寄生蜂交配行为, 并记录各阶段的时间。每对观察 10 min, 若没有交配行为发生, 则更换雄蜂然后继续观察, 若再过 10 min 还是没有发生交配则更换雌蜂。有效观察 30 对蜂。

1.3 蓝色长盾金小蜂的寄生行为观察

将已交配的 1 日龄雌蜂按雌蜂:蚧 (橡副珠蜡蚧褐色成虫) = 1:5 (5 头介壳虫分别编号 1、2、3、4、

5号)的比例在直径6 cm培养皿内接蜂,在体视解剖镜下观察、描述金小蜂的寄生过程,并记录金小蜂不同寄生次数(有产卵行为算寄生1次)条件下触角检测时间(触角检测过程所需时间)、产卵器检测时间(产卵针刺探和产卵两个过程所需时间)、寄生总时间(触角检测时间+产卵器检测时间)。每头蜂观察1 h,有效观察30头雌蜂。

1.4 蓝色长盾金小蜂发育及形态观察

在南瓜上挑选800头橡副珠蜡蚧褐色期成虫,接入已交配的金小蜂雌蜂40头,让金小蜂在寄主上产卵4 h,然后将接过蜂的南瓜放入温度(27±1)℃、RH 70%、光周期12L:12D的人工气候箱内培养,每隔24 h掀开南瓜上的30头橡副珠蜡蚧,在体视镜(NIKON, SMZ1500)下观察金小蜂在橡副珠蜡蚧腹面的发育情况。

1.5 蓝色长盾金小蜂对寄主虫期的选择性

1.5.1 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂产卵的影响 非选择性产卵:在南瓜表面上分别挑选橡副珠蜡蚧的初期成虫(进入成虫1~2 d)、褐色期成虫(体色褐色)、黑色成虫(体壳刚变硬,体色黑色,产卵1~2 d)各30头,并将带虫区的南瓜用小刀切下,去瓜囊及多余的瓜肉,仅留厚度为3 mm左右的带介壳虫的南瓜表皮,然后将带有上述3个发育阶段蚧虫的南瓜块表面朝上分别放入3个自制接蜂器(长×宽×高=20 cm×15 cm×15 cm的养虫盒,盒盖中央开一个15 cm×10 cm面积的孔并用150目的纱网封孔,以便透气)中,并用脱脂棉蘸取15%的蔗糖水贴于盒子底部作为小蜂的补充营养,按2♀蜂:2♂蜂:30蚧的比例在温度(25±2)℃,RH 70%~90%,光周期12L:12D的人工气候箱内接蜂,24 h后取出、掀起橡副珠蜡蚧,并在体视镜下观察其腹部表面寄生蜂的产卵量及被寄生的橡副珠蜡蚧数量,计算寄生率,试验重复4次。

选择性产卵:在南瓜表面的小区域内分别挑选橡副珠蜡蚧的初期成虫、褐色期成虫、黑色成虫各20头,并将带蚧区的南瓜用小刀切下,去除瓜囊及多余的瓜肉,仅留厚度为3 mm左右的带介壳虫的南瓜表皮,然后将带有上述3个发育阶段介壳虫的南瓜块表面朝上随机放入上述的同一个自制接蜂器内,用脱脂棉蘸取15%的蔗糖水贴于盒子底部作为小蜂的补充营养,按比例4♀蜂:4♂蜂:60蚧(20初期成虫+20褐色成虫+20黑色成虫)在上述人工气候箱内接蜂,24 h后取出、掀起橡副珠蜡蚧,并在体视镜下观察其腹部表面寄生蜂的产卵量及被寄生的橡副珠蜡蚧数量,计算寄生率及产卵选择系数,试验重复4次。

1.5.2 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂发育及繁殖的影响 在南瓜上挑选初期成虫、褐色期成虫、黑色成虫各30头。按2♀蜂:2♂蜂:30蚧比例接蜂,用局部接蜂器(口径为7.5 cm,高为8.5 cm的透明塑料杯边沿粘一层海棉,杯底开一直径略大于1.1 cm的孔口)罩住南瓜上的带介壳虫部位进行非选择性接蜂,让小蜂寄生24 h后取出,并去除南瓜上的成蜂,置于室温约为25℃~27℃的控温室内饲养,观察该蜂的发育历期。试验重复4次。

在南瓜上挑选初期成虫、褐色期成虫、黑色成虫各200头。按20♀蜂:20♂蜂:200蚧比例接蜂2 d,然后置于25℃~27℃的控温室内饲养,观察该蜂的出蜂数和性比。试验重复3次。

1.6 数据统计与分析

寄生率(%)=被寄生蚧虫数/处理蚧虫头数×100%;选择系数= $R_i \sum_{i=1}^m R_i^{[13]}$ 。式中 R_i 为寄主虫期*i*被寄生头数占该龄期供试寄主头数的比例; m 为供试寄主的龄期类别,雌性比=雌蜂/(雌蜂+雄蜂)×100%。

试验数据处理均采用SPSS 17.0统计软件。各处理间的数据采用单因素方差分析(ANOVA),Duncan氏法比较差异显著性。绘图均采用Excel 2010软件。

2 结果与分析

2.1 蓝色长盾金小蜂的交配行为

搜寻与求偶:将一对金小蜂放入培养皿后,雄蜂会快速爬行搜寻雌蜂,雄蜂发现雌蜂后,追逐雌蜂。

求偶前期,雌蜂会逃离雄蜂,直至雄蜂爬至雌蜂背上。

交尾前:雄蜂爬至雌蜂背上之后,用前足抱握雌蜂的头部,中足抚摸雌蜂头部,后足抱握雌蜂的胸部支撑身体,该过程雄蜂触角不断上下摆动敲打雌蜂。交尾前行为总共花费时间为 (19.6 ± 2.8) s。

交尾:雌蜂打开生殖孔,保持静止,雄蜂后退,后足支撑身体,前足和中足抱握雌蜂腹部,并将交配器插入雌性生殖孔。交尾时长为 (6.7 ± 0.7) s。

交尾后:交尾结束后,雄蜂向前移动到交尾前期的位置,仍会继续用触角不断敲打雌蜂的触角,雌蜂开始爬行和挣扎,并将雄蜂踹开,雄蜂将继续寻找新的雌蜂进行交配。该过程历时 (3.8 ± 1.1) s。

观察发现,雄蜂一生可交配数次,雌蜂一般仅交配一次,在雌蜂交配后,若有雄蜂试图与之交配,雌蜂则迅速逃离。

2.2 蓝色长盾金小蜂的寄生行为

2.2.1 搜寻寄主 小蜂被引入放有南瓜块的培养皿后,小蜂迅速沿南瓜块表面爬行,触角不停的摆动以搜寻寄主。该过程需时 6~960 s 不等。

2.2.2 触角检测 小蜂在接近寄主时放缓爬行速度,用触角敲打寄主边缘,并沿直线在寄主表面移动,此过程中小蜂会持续敲打介壳虫表面以确认是否适合寄生。小蜂翻过介壳虫中部凸起部位,直到触角接触到寄主另一边缘,敲打边缘确认是否有适合产卵的缝隙,如果适合,小蜂会用产卵针对寄主及介壳虫之间的缝隙进行刺探;如果不适合产卵,小蜂会继续用触角敲打寄主边缘直至找到合适的产卵缝隙。

2.2.3 产卵针刺探 后足向后,中足伸向两侧弯曲稳定身体,前足向两侧撑开,快速伸缩产卵针对在产卵位点附近刺探以寻找合适的产卵位点,如果产卵位点合适,继续进行产卵;如果产卵位点不合适,重新用触角敲打寄主以确定新的产卵位点,然后再次调整姿势用产卵针对刺探寻找产卵位点,如果重复 3~5 次依旧找不到合适产卵位点,小蜂将会放弃在该介壳虫腹下产卵,开始寻找其他寄主。

产卵:刺探到合适的产卵位点后,小蜂将开始在寄主体表下产卵,产卵中小蜂触角折起,腹部颤动,后足不时向后蹬。

产卵后:小蜂腹部收缩,产卵器收起,然后离开该寄主一段距离,并用前足梳理触角,后足梳理翅。

2.2.4 寄生次数对寄生时间的影响 寄生次数对该金小蜂的寄生时间影响见表 1。寄生次数对小蜂触角检测时间、产卵器检测时间及寄生总时间影响明显。在寄生次数为 1~3 次范围内,小蜂的触角检测时间、产卵器检测时间、总时间均随寄生次数的增加而缩短,而寄生次数多于 3 次时,触角检测时间、产卵器检测时间、总时间则有所延长。小蜂第 1 次寄生时的触角检测时间、产卵器检测时间、总时间最长,分别为 30.0、44.3、74.3 s,均显著长于第 2 次、第 3 次及第 4 次的相应时间;第 3 次的触角检测时间、产卵器检测时间、总时间最短,分别为 17.2、23.9、41.2 s,均显著短于寄生第 1 次、第 2 次、第 4 次的相应时间。

表 1 蓝色长盾金小蜂寄生次数对寄生时间的影响

Table 1 The effect of parasitic times of *S. caerulea* on parasitic time spent

寄生次数 Parasitic times	触角检测用的时间 Time spent on tentacle detection (s)	产卵器检测用的时间 Time spent on spawning device detection (s)	总时间 Total time (s)
1	30.0±0.2 a	44.3±0.3 a	74.3±0.4 a
2	21.1±1.3 b	33.1±1.8 c	54.1±1.3 c
3	17.2±0.9 c	23.9±2.1 d	41.2±2.0 d
4	21.4±1.5 b	39.8±0.2 b	61.2±1.3 b

注:表中数据为平均值±标准误,数据后不同小写字母表示同列数据间在 0.05 水平差异显著。

Note: Data were mean±SE, different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level between the same column.

2.3 蓝色长盾金小蜂的发育及形态观察

蓝色长盾金小蜂世代经卵、幼虫、蛹发育至成虫,寄主为褐色成虫期橡副珠蜡蚧时,在 27 °C 条件下,该蜂发育历期为 22~27 d,其中卵期约 3 d,幼虫期 9~10 d,蛹期 10~11 d,金小蜂羽化为成蜂后,在蜡质介壳内约呆 1 d,然后再咬破厚厚的蜡壳钻出到介壳虫体外。其各发育阶段的形态特征如下。

卵：初产卵为乳白色，椭圆形，表面光洁（图 1A）；随着卵的发育，逐渐变透明，发育至 2 d 时，卵完全变透明（图 1B），3 d 时，卵孵化为幼虫。

幼虫：初期幼虫身体两端白色，中间微微泛黄，呈镰刀形（图 1C），分节明显；随着幼虫体积的增大，体色变为黄褐色（图 1D），第 7 d 时，体色变为褐色，并且体表紧致有光泽（图 1E）；第 10 d 时，幼虫体积显著增大，呈褐色，失去光泽（图 1F）；幼虫发育后期，头部较钝，尾部较尖，体表呈白色，内部褐色（图 1G）。

蛹：裸蛹，附肢紧贴蛹体，体长 1.5~2.5 mm。前期乳白色，身体弯曲（图 1H）；随后体色变透明，出现黑色复眼（图 1I）；后期，蛹变为黑色，直至羽化（图 1J）。

雌成蜂（图 1K）：体长 1.3~2.3 mm，体黑色，且腹部具有蓝色金属光泽。头略宽于前胸背板，触角除梗节和顶端黑色外，其余为褐色；足基节与体色一致，胫节末端和跗节褐色，其余为深褐色；前胸稍窄于中胸，前胸背板前缘无脊，后纵沟深而完整，小盾片明显向后伸长，后胸背板表面粗糙，翅透明；腹后部较尖，产卵针部分外露，为深褐色。

雄成蜂（图 1L）：体长 1.2~1.5 mm，体型比雌蜂瘦，触角除梗节黑色外，其余为褐色，翅超过身体，其他与雌蜂类似。



A: 初产卵 The original egg; B: 卵 Egg (2 d); C: 1日龄幼虫 Larvae (3 d); D: 3日龄幼虫 Larvae (5 d); E: 5日龄幼虫 Larvae (7 d); F: 8日龄幼虫 Larvae (10 d); G: 9日龄幼虫 Larvae (11 d); H: 前蛹 Prepupa (12 d); I: 蛹 Pupa (13 d); J: 蛹 Pupa (14 d); K: 雌成蜂 Female wasp; L: 雄成蜂 Male wasp

图 1 蓝色长盾金小蜂的发育及形态

Fig. 1 Development and morphology of *S. caerulea*

2.4 蓝色长盾金小蜂对寄主虫期的选择性

2.4.1 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂产卵的影响 寄主的发育阶段对小蜂产卵量及寄生率的影响明显。非选择性产卵时（表 2），寄主为黑色成虫和褐色成虫的产卵量及寄生率都显著高于初期成虫，产卵量以褐色成虫最多（24.0 粒），其次为黑色成虫（22.8 粒），初期成虫最少（2.3 粒）；寄生率以黑色成虫期最高，

为 68.34%，其次是褐色成虫期，为 63.34%，而初期成虫期最低，仅为 7.50%。选择性产卵时（表 3），寄主为橡副珠蜡蚧黑色成虫期、褐色成虫期、初期成虫期的产卵量、寄生率、选择系数均有显著性差异。褐色成虫的产卵量、寄生率、选择系数最高，分别为 21.5 粒、81.25%、0.57；初期成虫最低，分别为 2.3 粒、10.00%、0.07。

表 2 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂非选择性产卵的影响

Table 2 The effect of host age on non-selective spawning of *S. caerulea*

虫期 Host stage	产卵量 (粒) The number of eggs	寄生率 Parasitic rate (%)
初期成虫 Adult of early instar	8.0±2.6 b	22.50±4.98 b
褐色成虫 Adult of brown instar	24.0±1.7 a	63.34±3.04 a
黑色成虫 Adult of black instar	22.8±2.2 a	68.34±4.81 a

注：表中数据为平均值±标准误，数据后不同小写字母表示同列数据间在 0.05 水平差异显著。

Note: Data were mean±SE, different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level between the same column.

表 3 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂选择性产卵的影响

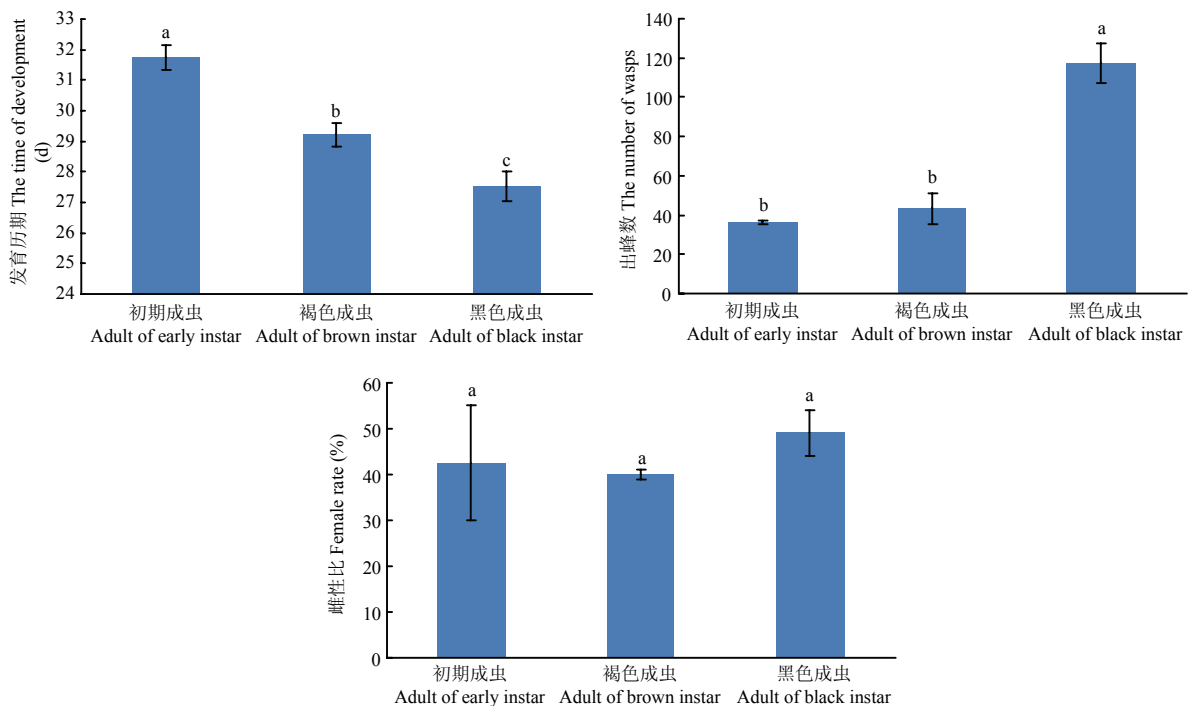
Table 3 The effect of host age on selective spawning of *S. caerulea*

虫期 Host stage	产卵量 (粒) The number of eggs	寄生率 Parasitic rate (%)	选择系数 Selection coefficient
初期成虫 Adult of early instar	2.3±1.6 c	10.00±6.77 c	0.07
褐色成虫 Adult of brown instar	12.3±1.7 b	52.50±4.33 b	0.37
黑色成虫 Adult of black instar	21.5±4.4 a	81.25±7.18 a	0.57

注：表中数据为平均值±标准误，数据后不同小写字母表示同列数据间在 0.05 水平差异显著。

Note: Data were mean±SE, different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level between the same column.

2.4.2 寄主龄期对蓝色长盾金小蜂发育及繁殖的影响 寄主发育阶段对金小蜂的发育历期及出蜂数均有明显的影响，但对小蜂雌性比影响不明显（图 2）。随着寄主龄期的增大，金小蜂的发育历期逐渐缩短，



注：图中数据为平均值±标准误，柱上不同小写字母表示处理间数据在 0.05 水平差异显著。

Note: Data were mean±SE, different lowercase letters in the bar indicated significant difference at 0.05 level between treatments.

图 2 寄主虫期对蓝色长盾金小蜂发育及繁殖的影响

Fig. 2 Effects of host age on the development and propagation of *S. caerulea*

在室内条件下(25℃~27℃), 寄主为初期成虫期的发育历期最长(31.8 d), 其次是褐色成虫期(29.2 d), 寄生黑色成虫期发育历期最短(27.5 d), 3个龄期间存在显著差异; 小蜂出蜂量也随着寄主虫期的增大而增多, 初期成虫期的小蜂出蜂量最少, 仅为36.3头, 其次是褐色成虫期, 43.3头, 黑色成虫期的出蜂量最多, 为117.3头, 相互间也存在显著差异; 寄生初期成虫期(42.53%)、褐色成虫期(39.92%)、黑色成虫期(49.06%)的小蜂雌性别比两两间无显著差异。

3 讨论

交配是寄生蜂种群繁衍和存活的重要条件^[14], 在交配过程中, 主动的一方一般都是雄蜂, 而雄蜂的这种主动可能是接收到了雌蜂发出的信号, 如性信息素、听觉或视觉^[15,16]。本研究中, 蓝色长盾金小蜂雄蜂在交配过程中行动迅速, 主动寻找雌蜂、求偶、拥抱、交尾等行为, 但同一雄蜂在与不同的雌蜂交配时, 雄蜂搜寻迅速及兴奋程度有明显差异, 这可能是雌蜂个体性信息素的释放量或雌蜂振翅频度差异导致^[17,18]; 金小蜂的交配过程分搜寻求偶、交尾前、交尾中、交尾后4个行为阶段, 雌蜂一生一般交配一次, 雄蜂可进行多次交配, 这与一般寄生蜂交配相似。交尾前所需时间远高于交尾中所需时间, 这与蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani 类似^[19]。

昆虫搜寻寄主和产卵寄生行为是其寻找生存资源和繁衍后代的一种本能^[20]。寄生蜂的寄生行为常被人划分为几个阶段, 但事实上, 它们是相互联系、相互影响的, 每一环节会受到物理或化学等因素的影响^[21]。为了方便描述, 笔者将蓝色长盾金小蜂的寄生过程划分为搜寻寄主、触角检测、产卵针刺探、产卵、产卵后五个阶段。研究表明, 该金小蜂为外寄生蜂, 该蜂将产卵针从橡副珠蜡蚧边缘与南瓜缝隙伸入, 进行产卵针刺探行为, 并将卵产在橡副珠蜡蚧的腹部表面, 这与直接将产卵针刺入寄主体内进行刺探和产卵的内寄生蜂寄生行为明显不同^[22,23]; 因为该寄生蜂虽然将卵产在蚧虫腹部下面, 但它是通过在蚧虫背部出蜂, 所以易被误导为内寄生蜂; 同样为外寄生蜂的管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* Xiao et Wu 卵直接产在松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope 的体表^[24]、蝇蛹金小蜂将卵产在蛹壳与蛹体之间^[25], 明显与本研究中的蓝色长盾金小蜂在寄生行为存在差异。本研究中, 金小蜂的寄生次数少于3次时, 随着寄生次数的增加, 寄生时间显著减少, 但第4次寄生时, 寄生时间又开始增加。这与陈庭慧等^[26]研究发现浅黄恩蚜小蜂 *Cotesia plutellae* (Kurdj)雌蜂产卵时间随寄生次数的增加而显著性延长相反。可能是因为1~3次内, 因为寄生蜂对寄生行为熟练程度的增强, 而导致各阶段的时间减少, 4次以后各时间延长是因为短时间内前几次的产卵导致寄生蜂的体能及体内的卵量有所下降导致, 还是其他原因导致有待进一步研究。

影响寄生蜂产卵有温度、光照、寄主等诸多因素, 而寄主虫期及个体大小也是一个重要因素^[27,28]。寄生蜂对寄主的选择通常会考虑寄主对其后代的发育适合度影响^[29,30]。在试验观察中发现金小蜂幼虫以橡副珠蜡蚧下产的卵为食物, 这可能是导致该蜂只能产卵于成虫期的橡副珠蜡蚧, 且嗜好产卵于黑色成虫期, 其次是褐色成虫期, 最后是初期成虫期的主要原因。寄主龄期是影响寄生蜂发育及后代繁殖力的重要因素, 主要体现在对寄生蜂发育历期、性比及后代成虫寿命等方面的影响^[30]。本研究表明蓝色长盾金小蜂寄生于橡副珠蜡蚧成虫不同阶段的发育历期由大到小依次为初期成虫, 褐色期成虫, 黑色期成虫, 说明橡副珠蜡蚧黑色期成虫更有利于其发育, 可能是该阶段的橡胶副珠蜡蚧能为该蜂提供较为优质的营养供其发育, 而褐色成虫期仅有少量卵, 初期成虫几乎没有卵。

综上所述, 大量繁殖蓝色长盾金小蜂应考虑选用黑色成虫期的蚧虫为繁殖寄主; 另外, 在野外释放该天敌应选择橡副珠蜡蚧处于黑色成虫期或褐色成虫期时进行释放。

致谢: 本文中涉及的蓝色长盾金小蜂由中国科学院动物研究所张彦周老师鉴定, 特此致谢!

参 考 文 献

- [1] 杨前屏, 周祥, 张利荷, 等. 橡副珠蜡蚧及其两种寄生蜂的空间分布型[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(6): 65-67, 72.
- [2] 王倩, 符悦冠, 李磊, 等. 高温对橡副珠蜡蚧和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂存活的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(11): 2160-2164.
- [3] 杨建发. 西双版纳州橡胶树重要害虫的发生及防治[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(3): 177, 181.
- [4] 周明, 李国华, 阿红昌. 橡胶蠹蚧的发生及防治对策[J]. 中国植保导刊, 2007, 27(3): 23-24.

- [5] 熊忠平. 介壳虫的生物防治研究进展[J]. 中国科技信息, 2012(8): 100-102.
- [6] 沈顺章, 张方平, 符悦冠, 等. 日本食蚜蚜小蜂的交配影响因子研究[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(5): 1135-1141.
- [7] 张方平, 朱俊洪, 韩冬银, 等. 副珠蜡蚜阔柄跳小蜂的寄生影响因子[J]. 生态学报, 2015, 35(21): 7255-7262.
- [8] 李凤菊, 郑海涛, 黎来云, 等. 优雅歧脉跳小蜂田间防治橡胶盔蚜试验[J]. 热带农业科技, 2017, 40(2): 1-3.
- [9] Badary H, Abd-Rabou S. Role of pteromalid parasitoid *Scutellista caerulea* (Fonscolombe) (Hymenoptera: Pteromalidae) for biological control of the soft scale insects (Hemiptera:Coccidae) in Egypt[J]. Egyptian Academic Journal of Biological Science, 2011, 4(1): 49-58.
- [10] Tena A, Soto A, Garcia-Mari F. Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend[J]. BioControl, 2008, 53: 473-487.
- [11] Abd-Rabou S N. New records of the soft scale insects hosts associated with the promising parasitoid, *Scutellista caerulea* (Fonscolombe) (Hymenoptera: Pteromalidae) in Egypt[J]. Egyptian Journal of Agricultural Research, 2011, 89 (4): 1295-1301.
- [12] Ehler L E. Observations on *Scutellista cynea* Motsch. (Hymenoptera: Pteromalidae)[J]. Pan-pacific Entomologist, 1989, 65: 151-155.
- [13] 周祥, 黄光斗, 马子龙, 等. 椰心叶甲啮小蜂对寄主的选择性、适宜性和功能反应[J]. 热带作物学报, 2006, 27(2): 74-77.
- [14] 罗丽林, 李莉. 管氏肿腿蜂的交配行为[J]. 昆虫学报, 2018, 61(5): 604-612.
- [15] Fonseca M G, Silva S E B, Auad A M, et al. Mating behavior of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) under laboratory conditions[J]. Journal of Insect Behavior, 2013, 26(6): 824-831.
- [16] 罗旭初, 刘丽, 黄山春, 等. 褐带卷蛾茧蜂羽化、交配及产卵行为观察[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(2): 382-389.
- [17] 王世飞, 荆小院. 栎黄枯叶蛾成虫交配行为特征及性趋向[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(8): 557-561,566.
- [18] Wen S Y, Yamada H, Li Y F, et al. Copulatory courtship behavior and sine song as a mate recognition cue in *Drosophila lini* and its sibling species[J]. Zoological Science, 2011, 28(7): 469-475.
- [19] 孙芳, 陈中正, 段毕升, 等. 蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4354-4360.
- [20] Vinson S B. The behavior of parasitoids[M]//Kerkut G A, Gilbert L I, Eds. Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. Oxford: Pergamon Press, 1985, 205-233.
- [21] Fedde G F. Laboratory study of egg parasitization capability of *Telenomus alsophilo*[J]. Environmental Entomology, 1977, 6(6): 773-776.
- [22] 欧晓明, 江汉华, 陈常铭. 茶毛虫黑卵蜂寄生行为观察[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(6): 62-65.
- [23] 禹海鑫, 徐志宏, 陈瑞屏, 等. 友恩蚜小蜂对松突圆蚧的寄生行为及选择性[J]. 中国生物防治, 2010, 26(1): 7-12.
- [24] 罗淋淋, 蔡紫玲, 林同. 松墨天牛的天敌生防利用研究进展[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(2): 21-25.
- [25] 段毕升, 郑金土, 方磊, 等. 蝇蛹金小蜂对黑腹果蝇蛹的寄生习性[J]. 热带作物学报, 2012, 33(6): 1111-1115.
- [26] 陈庭慧. 浅黄恩蚜小蜂的过寄生现象及其对子代发育的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [27] 汤玉清, 徐清元. 光周期对荔枝卵平腹小蜂日产卵量及后代性比的影响[J]. 生物防治通报, 1993, 9(4): 148-151.
- [28] Håvar E B, Hofsvang T. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control[J]. Biocontrol News and Information, 1991, 12(1): 13-42.
- [29] King B H. Sex ratio manipulation in response to host size by the parasitoid wasp *Spalangia cameroni*: a laboratory study[J]. Evolution, 1988, 42(6): 1190-1198.
- [30] 张方平, 韩冬银, 朱俊洪, 等. 副珠蜡蚜阔柄跳小蜂对寄主发育阶段的选择性[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(3): 344-348.