

斑翅食蚧蚜小蜂的生物学特性

张方平, 符悦冠*, 韩冬银, 牛黎明, 张敬宝, 金启安

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 农业部热带农林有害生物入侵与控制重点开放实验室,
海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室, 海南省儋州市 571737)

摘要:斑翅食蚧蚜小蜂 *Coccophagus ceroplastae* 是橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* 的重要内寄生蜂。对斑翅食蚧蚜小蜂的形态特征进行了描述, 在实验室条件下观察了斑翅食蚧蚜小蜂的行为、发育、存活、繁殖等生物学特性。结果表明: 斑翅食蚧蚜小蜂幼虫分 3 龄, 完成一个世代需 21—26d。卵巢左右成对, 各由 3 条卵巢管组成, 为发育成熟型, 成虫期补充营养和发育时间对抱卵量的影响不明显。羽化后即可进行交配, 交配时间 2—3s, 雄蜂有竞争交配行为, 交配对雌蜂产卵有显著刺激作用。产卵行为有寻找、寄主检查、产卵器刺探、产卵、产卵针拔出等步骤, 存在过寄生现象。羽化主要是在 08:00—10:00, 温度、相对湿度、光照对其羽化节律均有影响, 温度升高羽化提前, 且相对集中; 相对湿度在 20%—90% 范围内, 随湿度的升高成虫羽化高峰延后; 而光照时间过长或过短均可使斑翅食蚧蚜小蜂的羽化相对分散。随着温度的升高, 雌成蜂的寿命逐渐缩短, 补充营养能延长成虫寿命, 取食 10% 蔗糖的寿命最长, 清水和无补充营养寿命短。

关键词:斑翅食蚧蚜小蜂; 橡副珠蜡蚧; 生物学特性

The biological characteristics of *Coccophagus ceroplastae*

ZHANG Fangping, FU Yueguan, HAN Dongyin, NIU Liming, ZHANG Jingbao, JIN Qian

Environment and Plant Protection Institute, CATAS; Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien pests, Ministry of Agriculture, The People's Republic of China; Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China

Abstract: *Coccophagus ceroplastae* is an important parasitic wasp, endoparasitizing the 2nd and 3rd instar larva of *Parasaissetia nigra*. In this paper, the morphological characteristics of *C. ceroplastae* were described, and behaviors, development, survival, and reproduction of the wasp were also studied in the lab. The results showed that life cycle of *C. ceroplastae* lasted 21—26 days, including eggs, 3 larva instars, prepupae, pupae and adults. Duration from eggs to pupae was 14—17d, and that of pupae was 7—9d. The reproductive system of female was located in the abdomen, with a pair of eudipleural ovaries, and each ovary consisted of 3 ovary tubes. The ligament composed of terminal filament was separate, and didn't joint to median ligament. Ovaries started to develop in the pupa phase. Some eggs are matured in 6-day-old pupae. Mature eggs in the ovaries reached 63.9, 154.7, and 163.2 in 7-day-old pupae, adults just emerged, and adults one day later, respectively. Addition of nutritions in the adult phase had no significant effects on egg number, which indicated that *C. ceroplastae* is a pro-ovigenic parasitoid. Mating happened just after eclosion and lasted 2—3 seconds, and there was mating competition behavior among male wasps. Male wasps could mate several times, but female ones could only mate once. Mating obviously promoted oviposition. An unmated and mated female wasp laid averagely 2 and 164 eggs, respectively, in the 3rd instar nymph of *P. nigra*, under the same conditions, which were 82 times in the difference. *C. ceroplastae* oviposited after mating, and oviposition duration lasted 5—8 seconds. Oviposition behavior included host searching, host inspecting, ovipositor probing, laying eggs and ovipositor pulling out. The wasps had poor ability to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. Superparasitism existed, and one wasp might lay eggs repeatedly in a single host, but only one egg could develop into adults. Eclosion peaked in 8:00—10:00am. There was a circular

基金项目:农业公益性行业科研专项经费 (nyhyzx07-033-2); 南亚热带作物专项经费 (“ZBC200804”); 农热办合同 (2007-9); 现代农业产业体系
技术建设经费 (nycytx-34-CW2-4-4)

收稿日期: 2009-09-05; 修订日期: 2010-06-01

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

eclosion hole, with irregular edges, about 0.2—0.6 mm in diameter, located in the back of dorsal raphe near the anal cleft of host. Temperature, relative humidity (RH), and photoperiod affected eclosion rhythm of the wasp. Eclosion peaked during 08:00—10:00 AM at 20 and 24°C. Under suitable temperature, eclosion emerged intensively. Proportion of eclosion reached 89.36% and 88.89% during 08:00—10:00 AM at 20 and 24°C, respectively. The peak of eclosion happened during 06:00—08:00 AM at 14°C, with only 31.71% adult eclosing. Eclosion peaked during 06:00—08:00 and 08:00—10:00 AM at 20% and 30%—90% RH , respectively. At the photoperiod ($L:D = 12:12$), eclosion emerged intensively, with 88.89% adult eclosing during the eclosion peak. Longer or shorter photoperiods could scatter eclosion. Temperature and addition of nutritions had significant influences on longevities of adult wasps. Female wasp lived shorter, with the increasing of temperatures. At the same temperature, addition of nutritions offered could prolong the longevities of adult wasps, and to a greater extent with the increasing of nutrition concentration. The longest-lived adult wasps were those offered 10% sucrose, secondly 10% honey, lastly offered clear water or no nutrition.

Key Words: *Coccophagus ceroplastae*; *Parasaissetia nigra*; biological characteristics

自 2004 年以来橡副珠蜡蚧 (*Parasaissetia nigra*) 在云南橡胶上大面积爆发成灾^[1-2], 2008 年该虫在海南局部暴发^[3], 并呈扩散蔓延趋势。该虫大面积发生危害对云南、海南两省橡胶造成了严重损失。斑翅食蚧蚜小蜂 (*Coccophagus ceroplastae*) 是一种广泛记录的寄生蜂, 在中国、日本、印度、美国、南非等国均有分布, 该蜂寄生蜡蚧科昆虫的若虫^[4-7], 是橡副珠蜡蚧 2 龄若虫、3 龄若虫的一种重要内寄生蜂, 田间调查发现该蜂对橡副珠蜡蚧的寄生率高^[8-9], 具有较大的潜在利用价值。目前, 尽管国内外对斑翅食蚧蚜小蜂的分布寄主进行了广泛调查, 并且也开展了一些应用研究^[10-11], 但有关其生物学、生态学特性却未见有系统深入的研究报道。为了进一步更好利用该蜂, 本课题组针对斑翅食蚧蚜小蜂的生物学、生态学特性及其与常用化学农药的协调应用等方面开展系列研究^[9, 12], 本文仅对斑翅食蚧蚜小蜂发育、生殖解剖及部份成虫习性报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

橡副珠蜡蚧 采于云南省热带作物研究所试验场六队橡胶上, 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%—80%) 用南瓜繁殖备用。

斑翅食蚧蚜小蜂 于云南热带作物研究所试验场六队橡副珠蜡蚧严重发生区的橡胶林段收集斑翅食蚧蚜小蜂褐蛹, 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, 将小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 试验方法

1.2.1 斑翅食蚧蚜小蜂发育及形态观察

在南瓜上挑选 800 头 3 龄橡副珠蜡蚧若虫, 接入已交配的雌蜂 30 头, 让蜂在寄主上产卵 4h, 然后每隔 24h 解剖南瓜上的橡副珠蜡蚧, 在体视镜 (NIKON, SMZ1500) 下观察斑翅食蚧蚜小蜂在橡副珠蜡蚧体内的发育情况。

1.2.2 雌蜂的卵巢解剖及生殖潜能

雌虫卵巢的解剖 将刚羽化的斑翅食蚧蚜小蜂雌蜂用 75% 酒精处死后, 放在载玻片上, 滴入少量清水, 用解剖针取下完整的腹部, 然后从腹末轻轻将斑翅食蚧蚜小蜂的卵巢挤出, 置于体视镜下观察其形态特征, 并拍照。

发育时间对抱卵量的影响 在温度为 26°C、相对湿度为 70% 条件下自蛹第 1 天时开始, 每天定时在体视镜下解剖 30 头斑翅食蚧蚜小蜂蛹, 观察其卵的成熟情况 (形态接近初产卵的为成熟卵), 并计录每天的成熟卵量。观察至蛹羽化后 24h 结束。

补充营养对抱卵量的影响 待斑翅食蚧蚜小蜂羽化后用清水、10% 蜂蜜、10% 蔗糖、10% 葡萄糖及空白对

照饲养 12, 24, 48, 72h, 然后在体视镜下解剖观察并计数其成熟卵量。

1.2.3 斑翅食蚜小蜂成虫习性

(1) 羽化行为及羽化节律观察

羽化行为观察 将斑翅食蚜小蜂的蛹剥离寄主植物后置于培养皿中, 在体视镜下观察其羽化情况, 并对其羽化过程进行描述。

温度、光周期、相对湿度对羽化节律的影响 采集蛹期的斑翅食蚜小蜂, 单头置于指形管(1.5 cm × 7.5 cm)内, 管口用棉花塞住。50 头 2—3 日龄的斑翅食蚜小蜂蛹为 1 组, 每组 3 个重复。然后置于人工气候箱内, 每日 06:00—24:00 每 2h 观察 1 次, 记录不同条件下羽化的个体数量, 并计算在不同时段内的出蜂率。箱内的条件设置共 3 类: 温度对羽化节律的影响(相对湿度(70 ± 5)%, 光周期 L:D = 12:12, 温度分别为 14、20、24、28、32℃ 共 5 个梯度温度); 相对湿度对羽化节律的影响(温度 26℃, 光周期 L:D = 12:12, 相对湿度分别为 20%、30%、50%、70%、90% 共 5 梯度相对湿度。); 光周期对羽节律化的影响(温度 24℃, 相对湿度为 70%, 光周期 L:D 分别为 10:14、12:12、14:10、16:8 共 4 种光照梯度)。

(2) 交配及产卵

交尾 斑翅食蚜小蜂羽化后, 雌雄配对并置于培养皿中, 用保鲜膜封住培养皿口, 在体视镜下观察其交尾情况, 并对交尾过程进行描述。

产卵行为 挑选 3 龄若虫用局部接蜂器罩住(自制), 接入 1 头已交配过的斑翅食蚜小蜂雌蜂, 观察其寄生橡副珠蜡蚧的情况。

交配对产卵量的影响 待斑翅食蚜小蜂羽化后, 挑选 50 头橡副珠蜡蚧 3 龄若虫, 按斑翅食蚜小蜂 ♀:♂ = 10:3 进行配对、接蜂, 同时在同一个瓜的另一端集中挑选 50 头橡副珠蜡蚧 3 龄若虫, 接入 10 头未交配过的雌蜂, 在局部接蜂器内接蜂, 让小蜂自由寄生 24h 后取出, 并去除在南瓜上的成蜂, 然后随机选择 10 头镜检, 检查斑翅食蚜小蜂的产卵数及被寄生的橡副珠蜡蚧的数量。试验重复 4 次。

(3) 成虫寿命观察

收集初羽化的雌蜂, 分别单头置于试管(1.5 cm × 7.5 cm)内, 管口用棉花塞住。设置提供清水、5% 蜂蜜水、5% 葡萄糖水、5% 蔗糖水、10% 蜂蜜水、10% 蔗糖水、10% 葡萄糖水及不提供营养共 8 种处理。每处理雌蜂 30 头, 重复 4 次。置于人工气候箱内, 箱内设置为相对湿度(70 ± 5)%, 光周期 L:D = 12:12, 温度分别为 18、21、24、27、30℃ 共 5 个梯度。每日在 10:00 及 22:00 共观察两次, 分别记录成蜂的死亡数量和死亡时间。

2 结果与分析

2.1 斑翅食蚜小蜂发育及形态观察

斑翅食蚜小蜂经卵、幼虫(分 3 龄)、蛹发育到成虫。斑翅食蚜小蜂寄生橡副珠蜡蚧 3 龄若虫, 在平均温度为 26℃ 的条件下, 卵期和幼虫期两个阶段共需 14—17d, 蛹期 7—9d, 世代发育历期为 21—26d。各虫态的形态观察见图 1。

卵 初产卵乳白色, 长肾形, 两端可见卵黄与卵壳分离(图 1A), 发育 1d 后卵壳和卵黄进一步分离, 胚胎形成, 卵的外层透明(图 1B); 发育 2d 后, 卵的一端透明, 幼虫虫体已基本形成(图 1C)。

幼虫 1 龄虫体细长, 末端十分尖细, 体节不明显, 初孵幼虫体透明, 1 龄后期虫体中部有乳白色内含物, 具有光滑而薄的膜, 口器不明显, 体前后端透明(图 1D); 2 龄虫体长宽比逐渐变小, 头部的褐色口器伸出, 中部具有 1 小块褐色内含物, 身体前后端乳白色(图 1E); 3 龄虫体蜷缩状, 末端弯曲, 体节明显, 体表具有网状纹, 体内的褐色内含物明显(图 1F)。

蛹 前蛹, 乳白色, 体直, 大小与 3 龄幼虫相差不多(图 1G)。蛹, 裸蛹, 初期体乳白色附肢紧贴蛹体; 后期蛹, 体黑色, 腹面逐渐饱满(图 1H)。

雌成蜂(图 1I) 体长 0.89—1.31mm。体黑褐至黑色, 有蓝绿色反光。触角柄节浅褐色, 其余的黑褐色。翅透明, 前翅中部具 1 块大的暗褐色斑。产卵器基部从第 2—3 腹节伸出, 抵腹末端。

雄成蜂(图 1J) 个体较小,腹部尖细,体长 0.62—0.91mm。体黑色,触角柄节浅褐色,其余均为黑色。前后翅透明,翅中央均无黑斑。所有足的基节、腿节(除前、中足腿节末端)、中足胫节基部一半处以及后足胫节为暗黑色,其余为淡黄色。

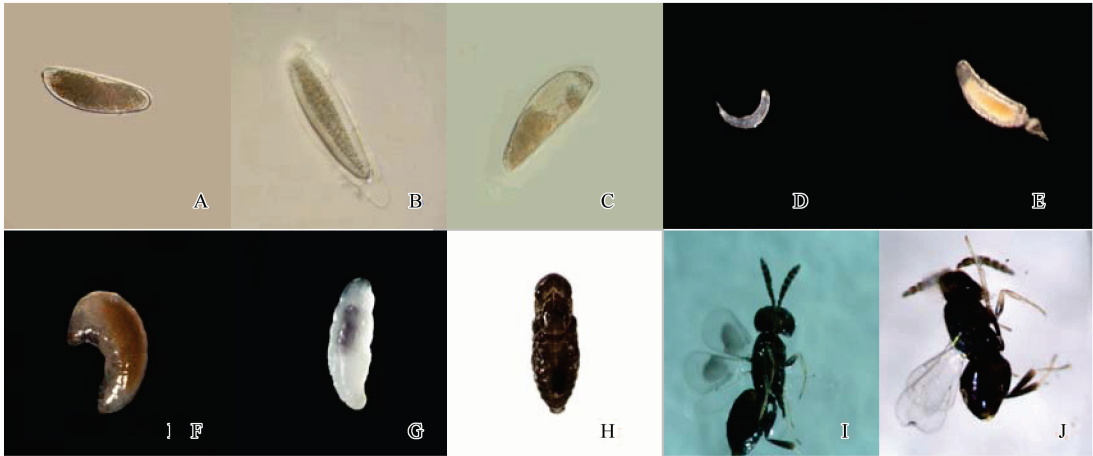


图 1 斑翅食蚜蚜小蜂的形态

Fig. 1 Morphology of *Coccophagus ceroplastae*

A:初产卵; B:1 日龄卵; C: 2 日龄卵; D:1 龄幼虫; E:2 龄幼虫脱皮; F:3 龄幼虫; G:预蛹; H:蛹; I:雌成蜂; J:雄成蜂

2.2 斑翅食蚜蚜小蜂生殖系统及生殖潜能

2.2.1 卵巢观察

通过对刚羽化的斑翅食蚜蚜小蜂解剖可看到,生殖系统位于腹部,几乎充满整个腹腔,其卵巢左右成对,各由 3 条产卵管组成,卵巢管的前端延伸形成的端丝聚集在一起形成悬带,左右两侧的悬带分离;在刚羽化的雌虫体内,发育成熟的卵巢管内有规则排列的成熟卵粒(图 2)。

2.2.2 发育时间对抱卵量的影响

从图 3 可看出斑翅食蚜蚜小蜂的生殖系统在褐蛹期已开始发育。26℃条件下,在蛹期第 5 天之前无成熟卵,在蛹期第 6 天已有少量形态成熟的卵,第 7 天有大量的成熟卵,数量高达 63.9 粒,刚羽化的小蜂抱卵量为 154.7 粒,而羽化后 1d 的小蜂抱卵量为 163.2 粒。蛹期第 6 天、第 7 天及刚羽化的小蜂的抱卵量呈显著性差异,而刚羽化的小蜂和羽化后 1d 小蜂的抱卵量则无显著性差异,说明斑翅食蚜蚜小蜂大部份的成熟卵是在羽化前或刚羽化时形成,为卵细胞发育成熟型的寄生蜂。

2.2.3 成虫期补充营养对抱卵量的影响

从表 1 中可以看出,羽化后 12h,无补充营养及补充营养为清水、10% 蜂蜜水、10% 蔗糖水、10% 葡萄糖水的抱卵量分别为 147.5、161.8、152.2、151.2、161.9 粒;羽化后 24h 的抱卵量分别为 163.2、155.3、172.4、179.3、166.7 粒。通过显著性分析各营养处理之间抱卵量差异不显著,且同一营养在不同时间的抱卵量差均

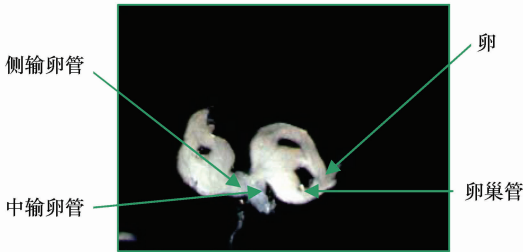


图 2 斑翅食蚜蚜小蜂雌蜂生殖系统

Fig.2 The reproductive system of female *Coccophagus ceroplastae*

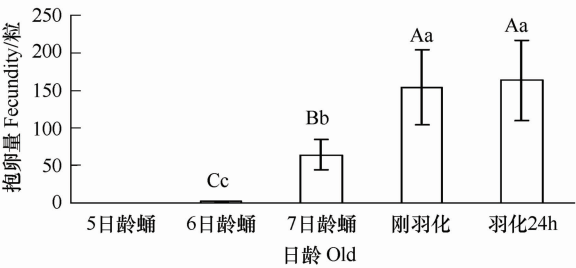


图 3 不同日龄斑翅食蚜蚜小蜂的抱卵量

Fig. 3 Fecundity of *Coccophagus ceroplastae* at different development time

未达极显著,说明成虫期的补充营养及发育时间对斑翅食蚜蚜小蜂的影响不明显。

表 1 补充营养对斑翅食蚜蚜小蜂成蜂抱卵量的影响(粒)

Table 1 Effect of addition of nutrients on fecundities of *Coccophagus ceroplasta* (eggs)

营养 Food	抱卵量 Fecundities/粒			
	12h	24h	48h	72h
无补充营养 No nutrition	147.5 ± 23.0Aa	163.2 ± 38.5Aa	—	—
清水 Water	161.8 ± 34.3Aa	155.3 ± 31.2Aa	—	—
10% 蔗糖 Saccharose	152.2 ± 32.0Aa	172.4 ± 38.7Aa	174.62 ± 35.5Aa	167.3 ± 32.0Aa
10% 葡萄糖 Dextrose	151.2 ± 30.0Aa	179.3 ± 40.9Aa	178.40 ± 30.6Aa	176.3 ± 30.5Aa
10% 蜂蜜 Honey	161.9 ± 28.2Aa	166.7 ± 30.2Aa	161.63 ± 23.3Aa	167.4 ± 27.7Aa

表中数据为平均数 ± 标准差,同一列中不同小写和大写字母的数字分别表示经方差分析(DMRT)存在 5% 和 1% 的差异)

2.3 成虫习性

2.3.1 羽化及羽化节律

(1) 羽化

斑翅食蚜蚜小蜂成蜂羽化后一般先在介壳内静伏一段时间,然后其成虫通常是用上颚把寄主蜡壳的里层咬薄,再把蜡壳外层咬成一个嘴可伸出的小孔,之后继续对小孔进行反复修理,并把所咬的废物吐出,对小孔进修理的过程中时常用头去试探小孔的大小,当小孔大小适合时,小蜂头部先出,紧跟着触角弹出,头和触角出后,其身体便能轻易出来。成蜂羽化出介壳后,立即用前足清理触角和头部,用中足和后足相互搓洗,稍后便爬行、跳跃。

(2) 温度、光周期及相对湿度对斑翅食蚜蚜小蜂羽化节律的影响

斑翅食蚜蚜小蜂主要在白天羽化。由图 4A 看出在温度 14—32℃ 之间斑翅食蚜蚜小蜂都能羽化,在适宜温度下羽化较为集中,高温和低温条件下羽化均较为分散,20—32℃ 条件下羽化高峰均出现在 08:00—10:00 之间,其中 20、24℃ 时羽化最为集中,该时段羽化率分别为 89.36%、88.89%,而在 14℃ 时小蜂的羽化高峰出现在 10:00—12:00,高峰时段的羽化率仅为 31.71%。另外,温度对斑翅食蚜蚜小蜂每天开始羽化的时间有影响,表现为高温羽化起始时间提前,低温则延后。

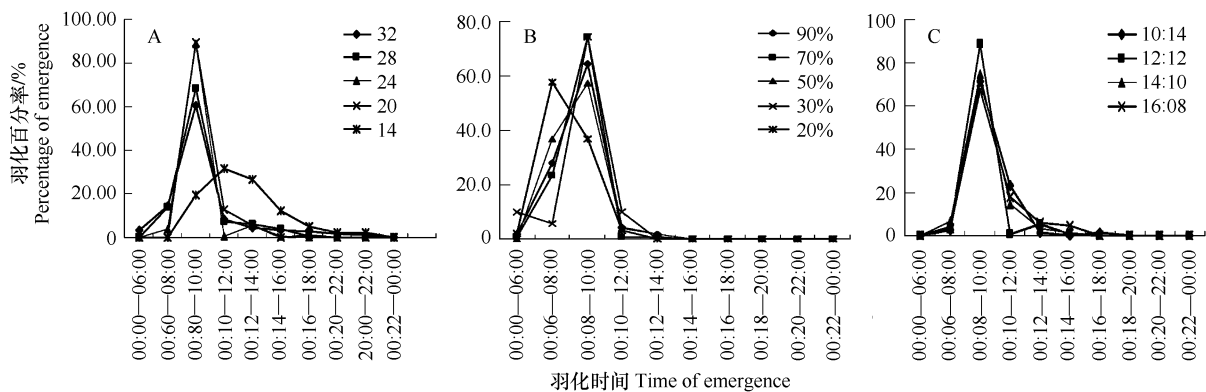


图 4 斑翅食蚜蚜小蜂在不同温度、光周期、相对湿度条件下的羽化节律

Fig. 4 Eclosion rythm of *Coccophagus ceroplastae* at different temperatures, humidities and photoperiods

A: 温度对斑翅食蚜蚜小蜂羽化节律的影响; B: 相对湿度对斑翅食蚜蚜小蜂羽化节律的影响; C: 光周期对斑翅食蚜蚜小蜂羽化节律的影响

图 4B 中看出,在相对湿度为 20%—90% 范围内斑翅食蚜蚜小蜂在白天羽化。相对湿度为 30%、50%、70%、90% 时成虫羽化高峰集中在 08:00—10:00,其羽化高峰时段的羽化率分别为 74.29%、57.28%、74.40%、64.46%;相对湿度为 20% 时,羽化高峰在 06:00—08:00,在这个时间段内羽化率为 57.61%,说明相对湿度过低则羽化提前。

光周期对斑翅食蚱蜢小蜂羽化节律的影响见图 4. C。由图可见,在所设光照条件下斑翅食蚱蜢小蜂全部在 06:00—18:00 期间羽化,羽化高峰均出现在 08:00—10:00。光周期为 L:D = 12:12 时羽化高峰时段内的羽化率最高为 88.89%,说明光周期为 L:D = 12:12 时羽化最集中,而长光照或短光照下斑翅食蚱蜢小蜂的羽化均相对分散。

2.3.2 交配及产卵

(1) 交配

斑翅食蚱蜢小蜂雌、雄蜂羽化不久即可交配。交配前雄蜂会不停追逐雌蜂,雌蜂有意交配时会放慢速度,雄蜂便迅速用中后足抱握住雌蜂腹部进行交配,交配时间为 2—3s。雄蜂一生能进行多次交配,个别雄蜂在半小时内可以和 3 头雌蜂进行交配;雌蜂一般只交配 1 次,雌蜂在交配后的短时间内仍有雄蜂试图与之交配,但雌蜂会迅速逃离。

(2) 产卵习性

雌虫羽化、交配后不久就可产卵。雌蜂在寻找寄主过程中可短距离的跳跃和飞行。一旦着落在寄主植物上后迅速爬动,不停用触角和足试探、寻找合适的寄主。当遇到合适的寄主停下来用触角和足仔细检查,经检查认为适合寄生后,就爬上寄主体背对寄主进行多个方位反复检查,并最终将产卵器插入寄主胸腹部产卵。产卵时间很短,一般为 5—8s。产卵时腹部末端倾斜,产完卵后,将产卵器抽出,尾部翘起,通常马上离去。

斑翅食蚱蜢小蜂对同一寄主能重复产卵,寄主较少时重复产卵现象更明显。通过解剖发现部分被寄生的橡副珠蜡蚧体内有多粒寄生蜂卵,多头小蜂在同一寄主体内能发育到 2 龄期幼虫,但是最终只有一头能羽化成蜂。说明该蜂存在过寄生现象。

(3) 交配对产卵量的影响

交配对斑翅食蚱蜢小蜂的产卵量影响十分明显,从表 1 可看出:未交配雌蜂产卵 2 粒,每头橡副珠蜡蚧体内产卵 0.05 粒,而交配雌蜂产卵 164 粒,每头橡副珠蜡蚧体内产卵 4.8 粒;另外,斑翅食蚱蜢小蜂交配与否对其寄生率也有较大影响,交配的寄生率为 100%,而未交配的寄生率仅为 5%。

表 2 交配对斑翅食蚱蜢小蜂产卵量的影响

Table 2 Effect of mating on fecundities of <i>Coccophagus ceroplastae</i>			
	产卵总数/粒 Oviposition	产卵数/寄主/粒 Oviposition per host	橡副珠蜡蚧被寄生率/% Parasitic rate
未交配 No mated	2Bb	0.05 ± 0.057 Bb	5 ± 5.77 Bb
交配 Mated	164Aa	4.1 ± 0.25 Aa	100 ± 0 Aa

2.3.3 不同营养及温度条件下的成虫寿命

从表 3 中可以看出,温度和营养对小蜂寿命影响明显。在同一营养条件下,随着温度升高,雌蜂寿命均逐渐缩短。经显著性测验,除补充营养为 5% 蔗糖和清水在 21℃ 和 24℃ 时差异不显著外,其余处理间均存在着极显著差异。

相同温度条件下,不同补充营养处理的小蜂寿命的比较见表 3 同列数据的比较。从表 3 可见补充营养可延长成蜂寿命,并随营养浓度升高其寿命有所增加。在 18—30℃ 范围内,用 10% 蔗糖喂养的成蜂寿命显著长于其它处理,用清水和无任何补充营养寿命则相对偏短,显著短于有补充营养的。

3 讨论与结论

3.1 斑翅食蚱蜢小蜂的幼期发育及卵巢观察

斑翅食蚱蜢小蜂属于内寄生蜂,具体的龄期较难确定。据报道斑翅食蚱蜢小蜂幼虫期分为 3 个龄期^[13]。本研究结合斑翅食蚱蜢小蜂幼虫的蜕皮次数和形态特征,确定该蜂历经卵、1 龄、2 龄、3 龄、前蛹、蛹几个阶段发育到成虫,结果与前人报道基本相符。

表 3 斑翅食蚜小蜂在不同营养条件的成虫寿命/d

Table 3 Female longevities of *Coccophagus ceroplastae* under different nutrient conditions

营养 Food	成虫寿命 Female longevities/d				
	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃
10% 蔗糖 10% saccharose	12.05 ± 3.4 Aa	10.00 ± 5.19 Ba	5.72 ± 2.22 Ca	4.40 ± 2.00 Da	1.70 ± 0.53 Ea
10% 蜂蜜 10% honey	10.1 ± 3.06 Ab	7.30 ± 3.08 Bc	4.47 ± 2.08 Cb	2.53 ± 1.27 Db	1.30 ± 0.60 Ec
10% 葡萄糖 10% dextrose	9.12 ± 3.80 Ac	8.82 ± 3.96 Bb	5.62 ± 2.33 Ca	2.38 ± 0.98 Dc	1.67 ± 0.51 Ea
5% 蔗糖 5% saccharose	8.28 ± 1.61 Ad	4.47 ± 1.53 Bd	4.70 ± 1.63 Bb	2.37 ± 1.04 Cc	1.46 ± 0.72 Db
5% 蜂蜜 5% honey	7.17 ± 2.25 Ae	4.32 ± 1.34 Be	3.12 ± 1.10 Cc	2.37 ± 0.79 Dc	1.33 ± 0.61 Ec
5% 葡萄糖 Saccharose	7.033 ± 2.04 Ae	4.23 ± 1.55 Be	3.22 ± 1.10 Cc	2.07 ± 1.25 Dd	1.05 ± 0.42 Ed
清水 Water	3.333 ± 1.22 Af	1.85 ± 0.71 Bg	1.82 ± 0.75 Bd	1.62 ± 0.43 Ce	0.70 ± 0.31 Df
无 No nutrition	3.55 ± 1.07 Af	2.35 ± 0.74 Bf	1.90 ± 0.52 Cd	1.15 ± 0.53 Df	0.83 ± 0.36 Ee

表中数据(平均数 ± 标准差)不同小写字英文字母表示同列数据在 0.05 水平差异显著;不同大写英文字母表示同行数据在 0.01 水平差异显著(DMRT 法)

解剖发现斑翅食蚜小蜂卵巢左右成对,各由 3 条卵巢管组成,卵巢管的前端延伸形成的端丝聚集在一起形成悬带,左右两侧的悬带分离,其生殖系统构型与花角蚜小蜂相似^[14]。Flander 根据卵细胞发育与繁殖力之间的关系将膜翅目寄生蜂分为卵细胞发育成熟型和卵细胞继续发育型两大类^[15]。本试验通过解剖不同年龄斑翅食蚜小蜂雌蜂的卵巢,比较其抱卵量,发现该蜂在羽化时卵巢内充满了大量成熟卵,羽化后 24h 的抱卵量已接近卵巢容量,根据 Flanders 的分类法,斑翅食蚜小蜂属于卵细胞发育成熟型的寄生蜂。

3.2 成虫生物学习性

斑翅食蚜小蜂成虫的羽化大部分集中在 08:00—10:00,与黄腹潜蝇茧蜂 *Opius caricivora* Fischer 及黑色软蚜小蜂 *Coccophagus yoshidae* Nakayama 等寄生蜂羽化节律相似^[16-17]。高温和低温条件下羽化均较为分散,结果与美丽青背姬小蜂 *Chrysonotomyia Formosa* (Westwood) 相似^[18];另外,本研究中发现相对湿度升高成虫羽化高峰期延后,相对湿度低则相对提前;而光照时数过长或过短均可使斑翅食蚜小蜂的羽化相对分散。

昆虫的交配常常影响其产卵、卵的孵化及后代的性别^[17,19-20]。本研究中未交配的斑翅食蚜小蜂雌蜂产卵量远远低于已交配的产卵量;未交配的雌蜂虽有极少量的产卵,但仍没有发现未经交配的雌蜂出现子代小蜂,结果与用多角棉蚜为斑翅食蚜小蜂寄主时该蜂营孤雌产雌生殖不同^[13],这是寄主不同引起还是其它原因造成,有待于进一步研究。

一些寄生蜂在羽化的当天就可产卵^[16,21],斑翅食蚜小蜂也有类似习性。作为内寄生蜂,每一个刚羽化的雌蜂都面临着相似的问题,即必须寻找合适的产卵场所,繁衍后代^[22]。Vinson 等将寄生蜂的寄生行为分为栖境偏好、寄主定向、寄主定位、寄主检验、产卵器刺探、产卵和寄主调控等几个步骤^[23]。与之相比,斑翅食蚜小蜂除了以上几个方面外,对被寄生过的寄主识别性较差,解剖发现该蜂能在同一寄主体内产多粒卵,但只育出一头成蜂,说明斑翅食蚜小蜂有过寄生现象,引起过寄生现象的原因很多^[24-25],但造成斑翅食蚜小蜂过寄生的原因有待深入研究。

成虫期的温度和补充营养对寄生蜂的成虫寿命通常有明显影响^[18,26-27]。研究发现一些种类的寄生蜂在成虫阶段只能通过取食寄主来维持生存,而另一些寄生蜂则必须在成虫阶段取食非寄主食物来延长寿命。糖源物质是常用来提供给寄生蜂成虫作为补充营养,在没有糖类物质存在的情况下,许多寄生蜂仅能存活 5d 或更短,而在提供糖源的情况下可存活 2—3 周^[28]。斑翅食蚜小蜂成虫寿命随着补充营养的浓度升高而增加,其中补充营养为 10% 蔗糖的寿命最长,而在清水和无任何补充营养时寿命则相对偏低。温度对斑翅食蚜小蜂寿命的影响明显,随着温度的升高,雌蜂的寿命都逐渐缩短,结果与美丽青背姬小蜂和底比斯釉姬小蜂 (*Chrysocharis pentheus* Walker) 的相似^[18,27]。

尽管上述研究为斑翅食蚜小蜂的室内饲养、大量繁殖及应用等方面提供了一些理论基础。但寄生蜂寄生效率的高低不但与寄生蜂的种类、品系有关,还与寄主及其寄主植物的种类等因素密切相关^[29],而本试验中

寄主植物为南瓜,对于该蜂寄生以橡胶为寄主植物的橡副珠蜡蚧的寄生效率还需进行研究。另外,该蜂的性比分配、搜索寄生及种群退化机制等方面有待进一步研究。

References:

- [1] Duan B, Zhou M, Li J Z, Li G H. Identification and control of a scale insect in Xishuangbanna rubber plantation of Yunnan Province. Tropical Agricultural Science & Technology, 2005, 28(2):1-2.
- [2] Guan Z B, Chen Y, Lei J L, Pan Y W. Breakout of scale insect in Xishuangbanna rubber plantation of Yunnan Province. Plant Protection, 2005, 31(1):92-93.
- [3] Wen L N, Fu Y G, Zhang F P, Jin Q A, Zhang J B. Bionomics of *Metaphycus parasaissetiae nigra* Zhang and Huang (Hymenoptera: Encyrtidae), a Parasitoid of *Parasaissetia nigra* (Hemiptera: Coccoidea) Adults. Chinese Journal of Biological Control, 2009, 25(2):112-119.
- [4] Joshi J C, Rao P K, Rao B H K M. A new record of *Aneristus ceroplastae* Howard on brown soft scale *Coccus hesperidum* L. on a new host (papaya) from India. Entomol, 1981, 6(2): 129-130.
- [5] Rajendra S, Pandey R K, Kumar A, Sinha T B. First record of *Coccophagus silvestrii* Compere (Aphelinidae: Hymenoptera) from India parasitising on a new host, the soft brown scale, *Coccus hesperidum*. Current Science, 1982, 51(3):149.
- [6] Xu Z H, Zhang L L, Wang H M. Revision on species of parasitoids on pink wax scale (*Ceroplastes rubens*) (Hymenoptera: Chalcidoidea). Forest Pest and Disease, 2003, 22(5):1-5.
- [7] Xu Z H, Huang J. Chinese Fauna of Parasitic Wasps on Scale Insects. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers. 2004: 365-367.
- [8] Wang J Q, Li G H, Zhou M, Wu C H, Zhang C X, A H C. A survey of the natural enemies of *Parasaissetia nigra*. Plant Protection, 2007, 33(4): 100-103.
- [9] Zhang F P, Fu Y G, Zhang J B. Host stage preference of *Coccophagus ceroplastae*. Chinese Journal of Biological Control, 2009, 25(1): 89-91.
- [10] Muzaffar N, Ahmad R. A note on *Saissetia privigna* (Hem.: Coccidae) in Pakistan and the breeding of its natural enemies. Entomophaga, 1977, 22(1): 45-46.
- [11] Smith D, Papacek D, Hallam M. Biological control of *Pukinaria urbicola* (Cockerell) (Homoptera: Coccidae) in a *Pisonia grandis* forest on North East Herald Cay in the coral sea. General and Applied Entomology, 2004, 33: 61-68.
- [12] Zhang F P, Fu Y G, Peng Z Q. Selective toxicity of insecticides on the *Parasaissetia nigra* and *Coccophagus ceroplastae*. Arichmicals, 2008, 47(4): 282-283.
- [13] Huang C M. Some aspects on the biology of *Aneristus ceroplastae* a parasite of *Chloropukinaria polygonata* on citrus. Sinozoologia, 1981, 1: 123-128.
- [14] Whang Z H. Studies on the Parasitoid of *Hemiberlesia pitysophila* Takagi (Homoptera: Diaspididae) and Their Control Effectiveness. Fujian: Fujian Agriculture and Forestry University, 2006: 27.
- [15] Flanders S E, Regulation of ovulation and egg disposal in the parasitic Hymenoptera. Canadian Entomologist, 1950, 82: 134-140.
- [16] Yin C S, Cheng X X, Lang F Y, H J H. Biological characteristics of adult *Opius caricivora* Fischer, a parasitoid of *Liriomyza sativae* Blandhard. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(4): 505-511.
- [17] Zhou L, Li J H, Cai R X. Bionomics of *Coccophagus yoshidae* Nakayama (Hymenoptera: Aphelinidae). Acta Entomologica Sinica, 2002, 45(6): 851-855.
- [18] Song L Q, Gao Y, Zhang W Q, Gu D X, Xu Z F, Gu D J. Bionomics of *Chrysonotomyia formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), Acta Entomologica Sinica, 2005, 48(1):90-94.
- [19] Li G Q, Mu L L, Han Z J, Effects of mating on female's reproduction in *Helicoverpa armigera*. Journal of Nanjing Agricultural University, 2002, 25(1): 27-30.
- [20] Qiu B L, Ren S X, Wu J H. Effect of host plants on the development, survivorship and reproduction of *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Acta Entomologica Sinica, 2005, 42(1): 64-67.
- [21] Wang X G, Liu S S. Bionomics of *Diadromus collaris* (Hymenoptera: ichneumonidae), a major pupal of *Plutella xylostella*. Acta Entomologica Sinica, 1998, 41(4):389-394.
- [22] Hou Z Y, Yan F S. Progress in the study on the selection behaviors of parasitic wasp. Acta Entomologica Sinica, 1997, 40(1):94-107.
- [23] Vinson S B, Badleld C S, Henson R D. Oviposition behavior of *Bracom mellitor*, a parasitoid of the boll weevil (*Anthonomus grandis*) II. Associative learning. Physiological Entomology, 1977, 2:157-164.
- [24] Christie G D, Parrella M P, Biological studies with *Chrysocharis parksi* Crawford (Hymenoptera: Eulophidae), a parasite of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). Entomophaga, 1987. 32(2): 115-126.

- [25] Heimpel G E, Lundgren J G. Sex ratios of commercially reared biological control agents. *Biological Control*, 2000, 19 (1): 77-93.
- [26] Lu B Q, Peng Z Q, Xu C A. Biological characteristics of *Tetrastichus brontispae* Ferrère (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispididae). *Acta Entomologica Sinica*, 2006, 49(4): 643-649.
- [27] Holling C S. The component of predation as revealed by a study of small mammal predation of European pine sawfly. *Canadian Entomologist*, 1959, 91: 293-320.
- [28] Zhan G X, Liang G W, Zeng L. Effects of Temperature on *Chrysiocharis pentheus* of Vegetable Leafminer. *Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2002, 23(4): 15-17.
- [29] Zhang S Z, Guo J Y, Wan F H. Parasitic behavior and selectivity of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) towards *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on different host plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(10): 2596-2600.

参考文献:

- [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. 西双版纳州橡胶介壳虫大面积爆发. *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.
- [6] 徐志宏, 张莉丽, 王会美. 红蜡蚧寄生蜂种类订正研究(膜翅目: 小蜂总科). *中国森林病虫*, 2003, 22(5): 1-5.
- [7] 徐志宏, 黄建. 中国介壳虫寄生蜂志. 上海: 上海科技出版社, 2004: 365-367.
- [8] 王进强, 李国华, 周明, 吴忠华, 张春霞, 阿红昌. 西双版纳橡胶盔蚧天敌调查. *植物保护*, 2007, 33(4): 100-103.
- [9] 张方平, 符悦冠, 张敬宝. 斑翅食蚜蚜小蜂对寄主的龄期选择性. *中国生物防治*, 2009, 25(1): 89-91.
- [12] 张方平, 符悦冠, 彭正强. 杀虫剂对橡副珠蜡蚧和斑翅食蚜蚜小蜂的选择毒性. *农药*, 2008, 47(4): 282-283.
- [13] 黄春梅. 柑桔多角绵蚧寄生蜂——蜡蚧斑翅蚜小蜂的某些生物学特性. *动物学集刊*, 1981, 第1集: 123-128.
- [14] 王竹红. 松突圆蚧寄生性天敌及其控制作用的研究. 福建农林大学博士论文, 2006: 27.
- [16] 尹承山, 陈学新, 郎法勇, 何俊华. 美洲斑潜蝇寄生蜂——黄腹潜蝇茧蜂成虫的生物学特性. *昆虫学报*, 2003, 46(4): 505-511.
- [17] 周琳, 李锦辉, 蔡如希. 黑色软蚧蚜小蜂生物学特性研究. *昆虫学报*, 2002, 45(6): 851-855.
- [18] 宋丽群, 高燕, 张文庆, 古德祥, 许再福, 古德就. 美丽青背姬小蜂生物学特性研究. *昆虫学报*, 2005, 48(1): 90-94.
- [19] 李国清, 慕莉莉, 韩召军. 交配对棉铃虫雌蛾生殖的调控. *南京农业大学学报*, 2002, 25(1): 27-30.
- [20] 邱宝利, 任顺祥, 吴建辉. 双斑恩蚜小蜂形态学特征、生活习性及其寄生行为. *昆虫知识*, 2005, 42(1): 64-67.
- [21] 汪信庚, 刘树生. 小菜蛾蛹主要天敌颈双缘姬蜂的生物学. *昆虫学报*, 1998, 41(4): 389-394.
- [22] 侯照远, 严福顺. 寄生蜂寄主选择研究进展. *昆虫学报*, 1997, 40(1): 94-107.
- [26] 吕宝乾, 彭正强, 许春霭. 椰心叶甲蛹寄生蜂——椰心叶甲啮小蜂的生物学特性. *昆虫学报*, 2006, 49(4): 643-649.
- [28] 詹根祥, 梁广文, 曾玲. 温度对底比斯粘姬小蜂的影响. *华南农业大学学报*, 2002, 23(4): 15-17.
- [29] 张世泽, 郭建英, 万方浩. 丽蚜小蜂两个品系寄生行为及对不同寄主植物上烟粉虱的选择性. *生态学报*, 2005, 25(10): 2596-2600.