

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂寄生 橡副珠蜡蚧的干扰作用

杨美娟^{1,2}, 李 贤^{1,2}, 陈俊谕², 符悦冠², 朱俊洪^{1*}, 张方平^{2*}

(1. 热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海南大学植物保护学院, 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 为明确副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang & Huang 对蓝色长盾金小蜂 *Scutellista caerulea* Fonscolombe 寄生橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* Nietner 的干扰作用, 于室内观察了寄主不同成虫阶段(产卵前期和产卵期)、副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量(3、10、20 头和 30 头)、两种蜂接蜂间隔时间(2、4、6 d 和 8 d)等因素对两种寄生蜂寄生率和产卵量的影响。结果表明, 寄主发育阶段对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率均无显著影响。随着副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数增加, 蓝色长盾金小蜂的产卵量有所增加, 但增加不显著。副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 3~30 头时, 蓝色长盾金小蜂寄生率均高于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂; 接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂后再接蓝色长盾金小蜂时, 两种寄生蜂接蜂间隔时间对蓝色长盾金小蜂的寄生率及产卵量影响明显, 间隔 2 d 时蓝色长盾金小蜂产卵量最高, 为 21.3 粒; 间隔 4 d 时, 蓝色长盾金小蜂寄生率最高, 为 58.89%; 但间隔 8 d 时蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率下降至最低。研究结果表明, 接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂后再接蓝色长盾金小蜂时, 间隔时间在 4 d 内对蓝色长盾金小蜂没有影响, 间隔时间超过 4 d 时对蓝色长盾金小蜂有明显干扰, 试验结果可以为合理避免这两种寄生蜂种间竞争提供依据。

关键词 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂; 蓝色长盾金小蜂; 寄主发育阶段; 接蜂数; 间隔时间

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021403

Interference of the parasitism of *Scutellista caerulea* on *Parasaissetia nigra* by *Metaphycus parasaissetiae*

YANG Meijuan^{1,2}, LI Xian^{1,2}, CHEN Junyu², FU Yueguan², ZHU Junhong^{1*}, ZHANG Fangping^{2*}

(1. Key Laboratory of Green Prevention and Control of Tropical Plant Diseases and Pests, Ministry of Education, College of Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract To clarify the interference on the parasitism of *Scutellista caerulea* Fonscolombe on *Parasaissetia nigra* Nietner by *Metaphycus parasaissetiae* Zhang & Huang, we investigated the influence of the factors, such as host developmental stage (pre-oviposition and oviposition), the number of introduced *M. parasaissetiae* females (3, 10, 20 and 30 individuals), and the interval time between introduction of two wasp (2, 4, 6 d and 8 d) on the parasitism rate and oviposition of the two parasitoids. The results showed that the host developmental stage had no significant effect on the fecundity and parasitism rate of *S. caerulea*. The fecundity of *S. caerulea* females increased with increasing number of *M. parasaissetiae* females, but the increase was not significant. When the number of introduced *M. parasaissetiae* was 3—30, the parasitism rate of *S. caerulea* was higher than that of *M. parasaissetiae*. The interval time between two introductions of the parasitic wasp had a significant effect on the parasitism rate and the fecundity of *S. caerulea* when introducing *M. parasaissetiae* first. The maximum number of eggs laid by *S. caerulea* appeared in the group with an interval time of 2 d, which was 21.3 eggs, and the parasitism rate was the highest in the group with an interval time of 4 d, which was 58.89%. However, the fecundity and parasitism rate of *S. caerulea* dropped to the lowest when interval time of introduction was 8 d. These results suggested that there are insignificant effect on *S. caerulea* when interval time shorter than 4 d

收稿日期: 2021-07-28 修订日期: 2021-08-20

基金项目: 海南省自然科学基金(321RC623); 国家天然橡胶产业技术体系(CARS-33-GW-BC2); 中国热带农业科学院基本科研业务费专项(1630042017002)

* 通信作者 E-mail: 朱俊洪 junhongz@163.com; 张方平 fangpingz97@163.com

between first introduction of *M. parasaissetiae* and then *S. caerulea*, but there was an obvious interference on *S. caerulea* when the interval time exceeded 4 d. These results can provide a basis for reasonably avoiding competition between these two parasitic wasp species.

Key words *Metaphycus parasaissetiae*; *Scutellista caerulea*; host developmental stage; number of parasitoids; interval time

橡副珠蜡蚧 *Parasaissetia nigra* Nietner 主要分布于我国海南、云南、广东、福建、台湾等省份^[1]。自2004年以来,该虫相继在云南及海南橡胶树上暴发成灾,严重影响了橡胶产业的正常发展^[2]。目前,国内外对橡副珠蜡蚧进行防治的手段主要有植物检疫、农业防治、化学防治和生物防治等^[3]。随着人们对生态安全要求越来越高,生物防治日益成为有害生物的重要防治手段。在自然界中,橡副珠蜡蚧的天敌资源较为丰富,其中,优势的寄生性天敌包括日本食蚧蚜小蜂 *Coccophagus japonicus* Compere、优雅歧脉跳小蜂 *Diversinervus elegans* Silvestri、斑翅食蚧蚜小蜂 *Coccophagus ceroplastae* Horward、副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang & Huang、蓝色长盾金小蜂 *Scutellista caerulea* Fonscolombe 等^[4-8]。

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂属膜翅目 Hymenoptera, 跳小蜂科 Encyrtidae, 阔柄跳小蜂属 *Metaphycus*^[9], 是橡副珠蜡蚧成虫期的重要内寄生蜂(endoparasitoid),也是一种聚寄生蜂,其以寄主体液为食^[10-11],副珠蜡蚧阔柄跳小蜂世代历期(经卵、幼虫、蛹发育至成虫)为15~19 d。温丽娜等指出,该蜂产卵时可能会向寄主体内注射毒液破坏寄主的免疫系统,且存在过寄生行为,但不确定这种行为是寄生策略还是“资源浪费”^[7]。蓝色长盾金小蜂属膜翅目,小蜂总科 Chalcidoidea, 金小蜂科 Pteromalidae^[12]。蓝色长盾金小蜂能寄生橡副珠蜡蚧成虫,是一种外寄生蜂(ectoparasitoid),也是一种单寄生蜂,其在寄主腹面产卵,蓝色长盾金小蜂的子代取食寄主产在腹下的卵,不会进一步取食寄主虫体^[13]。蓝色长盾金小蜂有过寄生行为,子代会自相残杀,其世代历期为22~27 d^[8]。蓝色长盾金小蜂这类嗜好高龄寄主的寄生蜂也可能会注射有毒物质麻痹寄主^[14]。高斯假说认为生态习性相近(食物及利用资源的方式相同)的两个种群会产生干扰作用^[15],蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂均寄生橡副珠蜡蚧产卵前期和产卵期成虫,理论上副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂寄生存在干扰作用。因此,笔者在室内观察了不同寄主发育阶段、副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数、两种蜂接蜂间隔时间对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响,以期明确副珠蜡蚧阔柄跳小

蜂对蓝色长盾金小蜂寄生是否存在种间干扰作用,同时明确这3个因子对蓝色长盾金小蜂的影响,试验结果可以为明确这两种蜂寄生橡副珠蜡蚧时的种间竞争作用提供数据支撑。

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6队的橡胶树上(20.05°N, 102.72°E),在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所养虫室以南南瓜果实(品种:‘蜜本’)连代饲养备用,饲养条件为温度25~27℃、相对湿度70%~90%。

蓝色长盾金小蜂:于海南省琼中县新进农场橡胶增殖苗圃(19.03°N, 109.84°E)收集蓝色长盾金小蜂蛹,待其羽化后用南瓜果实饲养的橡副珠蜡蚧产卵期成虫(体色黑色)繁殖(接蜂比例为蓝色长盾金小蜂:橡副珠蜡蚧=1:30,接蜂期间补充10%蔗糖水溶液),形成以南南瓜果实为植物寄主的种群。

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂:在云南热带作物研究所试验场(20.05°N, 102.72°E)收集副珠蜡蚧阔柄跳小蜂褐蛹,待其羽化后用橡胶树上的橡副珠蜡蚧产卵前期成虫(体色褐色)繁殖(接蜂比例为副珠蜡蚧阔柄跳小蜂:橡副珠蜡蚧=1:5,接蜂期间补充10%蔗糖水溶液),形成数量较大的种群,然后,将蜂转接在用南瓜果实饲养的橡副珠蜡蚧上,形成以南南瓜果实为植物寄主的种群。

1.2 试验方法

1.2.1 不同寄主发育阶段、接蜂比例下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂的干扰作用

蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂均按雌雄比1♀:1♂多对集中交配1 d,于南瓜果实上分别挑取橡副珠蜡蚧产卵前期成虫(体色褐色)和产卵期成虫(体色黑色)各30头。使用局部接蜂器(口径为7.5 cm,高为8.5 cm的透明塑料杯口边沿粘一层海绵,杯底开一直径略大于1.1 cm的孔口)罩在南瓜果实上已经挑选好橡副珠蜡蚧成虫的部位,然后接入3头蓝色长盾金小蜂雌蜂到局部接蜂器内后马上分别接入3、10、20头或30头副珠蜡蚧阔柄跳小蜂雌蜂。寄生蜂及寄主均培养于温度(27±1)℃、RH

70%、光周期 L//D=12 h//12 h 的人工气候箱(型号:MGC-350HP-2,上海一恒科学仪器有限公司),接蜂 1 d 后解剖蚧虫,记录蓝色长盾金小蜂(3 头雌蜂)的产卵数及分别被两种蜂寄生的蚧虫数。参考温丽娜等和李贤等的方法辨别这 2 种蜂的卵^[7-8],分别计算蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对橡副珠蜡蚧的寄生率。试验重复 3 次。

1.2.2 两种寄生蜂接蜂间隔时间对蓝色长盾金小蜂寄生的影响

蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂分别按雌雄比 1♀:1♂ 多对集中交配 1 d,使用局部接蜂器罩住南瓜果实上挑选好的 30 头橡副珠蜡蚧产卵前期成虫的部位,然后将已经交配的 30 头副珠蜡蚧阔柄跳小蜂雌蜂装入指形管(15 mm×100 mm),再转移到局部接蜂器内对让其寄生橡副珠蜡蚧,1 d 后取出跳小蜂,将 30 头橡副珠蜡蚧产卵前期成虫放入(27±1)℃的人工气候箱内培养,距第一次接蜂间隔 2、4、6、8 d 后再分别接入 3 头蓝色长盾金小蜂雌蜂。接蜂 1 d 后,解剖蚧虫,记录蓝色长盾金小蜂的产卵数、两种蜂的寄生数,计算蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率;设置只接蓝色长盾金小蜂、同时接蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂(0 d)作为对照。试验重复 3 次。

1.3 数据处理

蓝色长盾金小蜂寄生率=被蓝色长盾金小蜂寄生的蚧虫数/总蚧虫数×100%;

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率=被副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生的蚧虫数/总蚧虫数×100%。

寄生率在进行分析前进行反正弦平方根转换,产卵量在进行分析前进行对数转换,然后采用单样本 K-S 检验,寄生率符合正态分布,产卵量符合泊松分布;采用 *t* 测验分析寄主发育阶段对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响;采用单因素方差分析

(ANOVA),Duncan 氏法分析副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数、两种蜂接入间隔时间对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响。采用 *t* 测验分析相同副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量及间隔时间条件下副珠蜡蚧阔柄跳小蜂与蓝色长盾金小蜂的寄生率差异。采用 SPSS 23.0、Excel 2019 软件处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响

2.1.1 对蓝色长盾金小蜂产卵量的影响

由表 1 可知,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的接蜂数量对蓝色长盾金小蜂的产卵量有显著影响(产卵前期成虫 $F_{3,8} = 2.266$,产卵期成虫 $F_{3,8} = 3.703$ 、 $P < 0.05$)。寄主橡副珠蜡蚧为产卵前期成虫,接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂数量为 3~20 头时,蓝色长盾金小蜂的产卵量随副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量的增加而增加,当接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂雌蜂达到 20 头时,蓝色长盾金小蜂产卵量最高,为(25.7±1.2)粒,显著高于接入 3 头副珠蜡蚧阔柄跳小蜂处理($P < 0.05$),但与接入 10 头、30 头副珠蜡蚧阔柄跳小蜂处理无显著差异($P > 0.05$)。当橡副珠蜡蚧为产卵期成虫时,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂数量为 3~20 头范围内,随接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂数量的增加,蓝色长盾金小蜂的产卵量上升,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数 20 头时,蓝色长盾金小蜂的产卵量最高,为(21.0±2.0)粒,显著高于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数 3 头时的产卵量($P < 0.05$);副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数 30 头时,蓝色长盾金小蜂的产卵量与接副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 10 头、20 头时无显著差异($P > 0.05$)。当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数分别为 3、10、20、30 头时,寄主发育阶段对蓝色长盾金小蜂的产卵量无显著影响($P > 0.05$)。

表 1 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量对蓝色长盾金小蜂寄生不同发育阶段橡副珠蜡蚧时产卵量的影响¹⁾

Table 1 Effects of the number of introduced *Metaphycus parasaissetiae* on the fecundity of *Scutellista caerulea* on *Parasaissetia nigra* at different developmental stage

副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量/头 Number of introduced <i>M. parasaissetiae</i>	蓝色长盾金小蜂产卵量/粒 Fecundity of the <i>S. caerulea</i>	
	寄生橡副珠蜡蚧产卵前期成虫 Parasitizing <i>P. nigra</i> adult in pre-oviposition stage	寄生橡副珠蜡蚧产卵期成虫 Parasitizing <i>P. nigra</i> adult in oviposition stage
3	(17.8±1.9)b	(16.7±2.4)b
10	(20.3±2.8)ab	(20.7±5.7)ab
20	(25.7±1.2)a	(21.0±2.0)a
30	(22.7±2.7)ab	(21.0±1.5)a

1) 表中数据为平均值±标准误,同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;同行未标 * 表示不同寄主发育阶段处理间不存在显著差异($P > 0.05$)。下同。

The data were mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level. No * in the same line indicates no significant differences at different host development stages ($P > 0.05$). The same applies below.

2.1.2 对蓝色长盾金小蜂寄生率的影响

由表 2 可知,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的接蜂数量为 3~30 头时,接蜂数量对蓝色长盾金小蜂的寄生率影响不显著($P>0.05$)。寄主为橡副珠蜡蚧产卵前期成虫时,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂雌蜂数为 10 头时蓝色长盾金小蜂的寄生率最高,为 63.63%,之后随副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量的上升,其寄生率下

降,但各处理间差异不显著($P>0.05$)。寄主为橡副珠蜡蚧产卵期成虫时,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 3、10、20、30 头时,蓝色长盾金小蜂寄生率分别为 52.22%、56.67%、61.11%、52.22%,各处理间亦无显著差异($P>0.05$)。当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数分别为 3、10、20、30 头时,寄主发育阶段对蓝色长盾金小蜂的寄生率无显著影响($P>0.05$)。

表 2 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数对蓝色长盾金小蜂寄生不同发育阶段橡副珠蜡蚧寄生率的影响¹⁾

Table 2 Effect of the number of introduced *Metaphycus parasaissetiae* on the parasitism rate of *Scutellista caerulea* on *Parasaissetia nigra* at different developmental stage

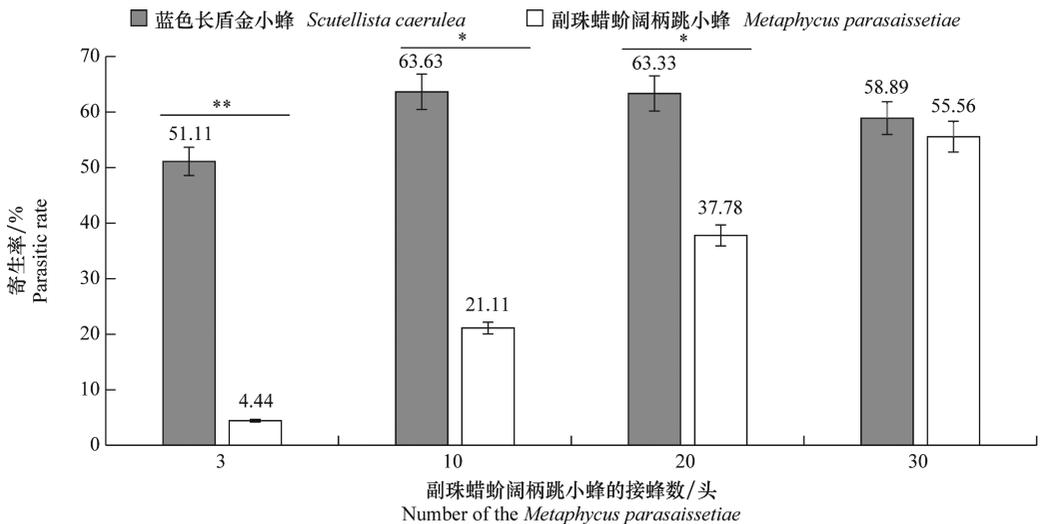
副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数量/头 Number of introduced <i>M. parasaissetiae</i>	蓝色长盾金小蜂寄生率/% Parasitism rate of the <i>S. caerulea</i>	
	寄生橡副珠蜡蚧产卵前期成虫 Parasitizing <i>P. nigra</i> adult in pre-oviposition stage	寄生橡副珠蜡蚧产卵期成虫 Parasitizing <i>P. nigra</i> adult in oviposition stage
3	(51.11±4.01)a	(52.22±6.19)a
10	(63.63±6.67)a	(56.67±10.19)a
20	(63.33±3.33)a	(61.11±6.19)a
30	(58.89±5.88)a	(52.22±5.88)a

2.1.3 蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率比较

寄主为产卵前期成虫时,在蓝色长盾金小蜂的接蜂数为 3 头条件下,当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数也为 3 头时,蓝色长盾金小蜂寄生率极显著高于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂($P<0.01$);当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 10、20 头时,蓝色长盾金小蜂寄生率显著高于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂($P<0.05$);当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 30 头时,蓝色长盾金

小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率之间无显著差异(图 1, $P>0.05$)。

寄主为产卵期成虫时,在蓝色长盾金小蜂接蜂数为 3 头条件下,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 3、10、20 头时,蓝色长盾金小蜂寄生率均显著高于副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率($P<0.05$);当副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数为 30 头时,蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄生率间无显著差异(图 2, $P>0.05$)。



接入蓝色长盾金小蜂的数量均为3头。*和**分别表示蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率间存在显著差异($P<0.05$)和极显著差异($P<0.01$),下同

The number of introduced *S. caerulea* was three individuals. * and ** indicate that there were significant differences in the parasitism rate between *S. caerulea* and *M. parasaissetiae* at 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same applies below

图 1 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂不同接蜂数下蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对橡副珠蜡蚧产卵前期成虫寄生结果比较
Fig. 1 Comparison of the parasitism results between *Scutellista caerulea* and *Metaphycus parasaissetiae* under different numbers of introduced *M. parasaissetiae* during host pre-oviposition stage

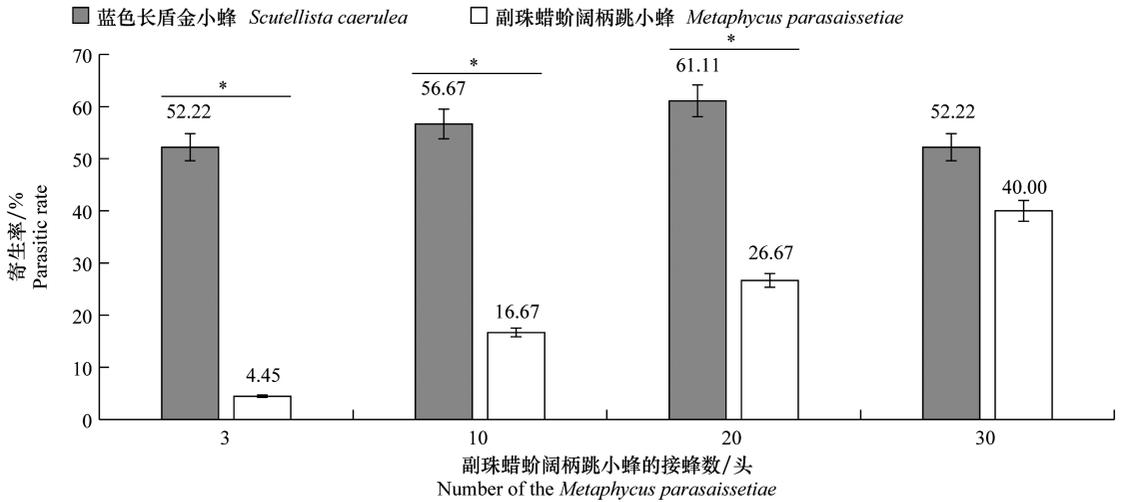


图 2 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂不同接蜂数下蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生橡副珠蜡蚧产卵期成虫结果比较

Fig. 2 Comparison of the parasitism results between *Scutellista caerulea* and *Metaphycus parasaissetiae* under the different numbers of introduced *M. parasaissetiae* during host oviposition stage

2.2 两种蜂接蜂间隔时间对蓝色长盾金小蜂的干扰作用

2.2.1 接蜂间隔时间对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响

由表 3 可知,只接蓝色长盾金小蜂与接副珠蜡蚧阔柄跳小蜂后,间隔 0、2、4 d 再接蓝色长盾金小蜂,蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率均无显著差异($P > 0.05$),但均显著高于间隔时间为 8 d 时蓝色长盾金小蜂的寄生率($P < 0.05$),且间隔时间为 6、

8 d 的蓝色长盾金小蜂的产卵量显著低于 0、2 d ($P < 0.05$)。接蜂间隔时间为 8 d 时蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率最低,分别为 (9.7 ± 2.3) 粒和 15.55%。只接蓝色长盾金小蜂对照的寄生率最高,达到 $(61.11 \pm 7.29)\%$ 。

2.2.2 蓝色长盾金小蜂与副珠蜡蚧阔柄跳小蜂寄生率比较

由图 3 可知,当先接副珠蜡蚧阔柄跳小蜂,间隔 8 d 接蓝色长盾金小蜂时,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的寄

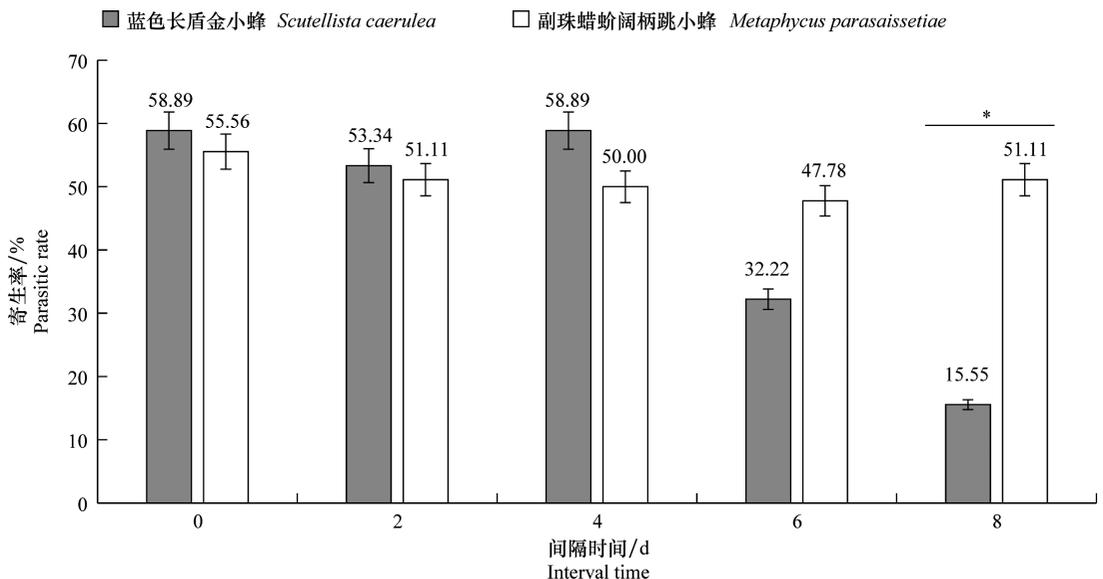


图 3 接入副珠蜡蚧阔柄跳小蜂后不同时间间隔接蓝色长盾金小蜂下两种蜂寄生结果比较

Fig. 3 Comparison of the parasitism results of *Metaphycus parasaissetiae* and *Scutellista caerulea* at different intervals when *M. parasaissetiae* is first introduced and then *S. caerulea*

生率为 51.11%，显著高于蓝色长盾金小蜂 ($P < 0.05$)；其他间隔时间条件下，两种蜂的寄生率无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 3 两种蜂接入间隔时间对蓝色长盾金小蜂产卵量和寄生率的影响¹⁾

Table 3 Effect of the interval time between two introductions of parasitoids on the fecundity and parasitism rate of *Scutellista caerulea*

间隔时间/d Interval time	产卵量/粒 Fecundity	寄生率/% Parasitism rate
只接蓝色长盾金小蜂 Only introducing <i>Scutellista caerulea</i>	(20.0 ± 2.0)ab	(61.11 ± 7.29)a
0	(22.7 ± 2.7)a	(58.89 ± 5.88)a
2	(21.3 ± 2.2)a	(53.34 ± 5.09)a
4	(20.0 ± 2.6)ab	(58.89 ± 2.94)a
6	(13.0 ± 0.6)bc	(32.22 ± 2.94)b
8	(9.7 ± 2.3)c	(15.55 ± 2.22)c

1) 表中数据为平均值 ± 标准误，同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Data were mean ± SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level.

3 结论与讨论

不同种寄生蜂对寄主的竞争会影响群落稳定性^[16]。当两个物种的生态位相似时往往发生种间竞争^[17]，在生物防治领域中，寄生蜂也存在种间竞争干扰作用，而且是最为普遍存在的一种相互关系^[18]，邵越等发现海氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus hayati* 和丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 的种间竞争作用会对寄生蜂的控害能力产生干扰^[19]；白素芬等也曾报道过菜蛾盘绒茧蜂 *Cotesia vestalis* 和半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* 寄生小菜蛾 *Plutella xylostella* 后会发生种间竞争，严重时导致控害能力下降^[20]。蓝色长盾金小蜂和副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对相同寄主蜡蚧资源竞争时，经常会出现多寄生 (multiparasitism) 现象^[21]。在杨建全等的研究中，长尾潜蝇茧蜂 *Diachasmimorpha longicaudata* 和切割潜蝇茧蜂 *Psytalia incis* 对不同龄期的寄主有不同的竞争力，长尾潜蝇茧蜂喜好高龄寄主幼虫，而切割潜蝇茧蜂喜欢低龄寄主幼虫^[22]；何余容等发现，寄生蜂的密度会影响短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 和拟澳洲赤眼蜂 *T. confusum* 的竞争

能力^[23]。另外有学者认为，两种寄生蜂寄生时间间隔同样会影响这两种寄生蜂竞争效应^[24]，因此本研究从寄主发育阶段，接蜂数，间隔时间这 3 个因素开展研究。

本研究发现，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数相同时，无论寄主处于产卵前期还是产卵期，蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率无显著差异。本团队前期研究^[8]发现，在非选择性产卵条件下，蓝色长盾金小蜂对产卵前期和产卵期成虫的产卵量和寄生率无显著差异，这与本试验的结果类似。

张延峰认为如果寄主资源少，种间竞争就会增强，如果寄主资源丰富，种间竞争就会减弱^[25]。本研究中，寄主发育阶段一致时，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂数增加，蓝色长盾金小蜂的产卵量整体增加，但寄生率无显著变化，这可能是寄生率受寄主密度限制所致，但为了保证子代的存活率，导致蓝色长盾金小蜂对单头寄主的产卵量增加。

当两种寄生蜂寄生同一寄主并存在寄生时间间隔时，先寄生产卵的寄生蜂后代在竞争中占据优势地位^[26-27]。在本研究中，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂接蜂后，间隔 4 d 之内再接蓝色长盾金小蜂时，对蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率无影响，间隔时间超过 4 d，蓝色长盾金小蜂的产卵量和寄生率均下降。另外，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的发育历期比蓝色长盾金小蜂短，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂能率先完成发育，且其子代蜂在发育过程中取食量逐渐增加，影响橡副珠蜡蚧产卵，甚至导致其死亡，从而导致蓝色长盾金小蜂子代缺乏食物资源；蓝色长盾金小蜂在寄主食物资源缺乏的情况下，会减少产卵和寄生。在接蜂间隔时间超过 4 d 时，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂子代已发育到幼虫阶段，蓝色长盾金小蜂可能识别到寄主已被寄生，从而减少产卵，也说明了接蜂间隔时间不超过 4 d 时，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂子代对蓝色长盾金小蜂的干扰作用较小。

本研究以产卵量和寄生率作为评价副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂寄生的干扰作用的重要指标，初步确定了接蜂间隔时间超过 4 d，副珠蜡蚧阔柄跳小蜂子代对蓝色长盾金小蜂寄生橡副珠蜡蚧存在干扰作用。但本试验只研究了副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂寄生产卵的干扰作用，蓝色长盾

金小蜂对副珠蜡蚧阔柄跳小蜂的干扰作用并未研究,此外,副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对蓝色长盾金小蜂的发育、子代出蜂数等是否有影响等问题有待进一步研究。

参考文献

- [1] 卢川川,伍慧雄. 乌副盔蚧的生物学及其防治研究[J]. 昆虫天敌, 1991, 13(3): 101-106.
- [2] 管志斌,陈勇,雷建林,等. 西双版纳州橡胶蚧壳虫大面积暴发[J]. 植物保护, 2005, 31(1): 92-93.
- [3] 程聪. 橡副珠蜡蚧几种主要天敌昆虫人工扩繁技术研究[D]. 海口:海南大学, 2013.
- [4] 李凤菊,郑海涛,黎来云,等. 优雅歧脉跳小蜂田间防治橡胶盔蚧试验[J]. 热带农业科技, 2017, 40(2): 1-3.
- [5] 张方平,符悦冠,韩冬银,等. 斑翅食蚧蚜小蜂的生物学特性[J]. 生态学报, 2010, 30(17): 4708-4716.
- [6] 沈顺章,张方平,符悦冠,等. 日本食蚧蚜小蜂的交配影响因素研究[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(5): 1135-1141.
- [7] 温丽娜,符悦冠,张方平,等. 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂 *Metaphycus parasaissetiae* Zhang and Huang 生物学特性的研究[J]. 中国生物防治, 2009, 25(2): 112-119.
- [8] 李贤,牛黎明,符悦冠,等. 蓝色长盾金小蜂生物学学习性观察[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(3): 327-334.
- [9] ZHANG Yanzhou, HUANG Dawei, FU Yueguan, et al. A new species of *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae) from China, parasitoid of *Parasaissetia nigra* (Nietner) (Homoptera: Coccoidea)[J]. Entomological News, 2007, 118(1): 68-72.
- [10] 张方平,牛黎明,许水池,等. 副珠蜡蚧阔柄跳小蜂对橡副珠蜡蚧的控制作用[J]. 应用生态学报, 2010, 21(8): 2166-2170.
- [11] 张方平,韩冬银,朱俊洪,等. 副珠蜡蚧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.
- [12] BADARY H, ABD-RABOU S M. 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 Sciences A Entomology, 2011, 4(1): 49-58.
- [13] EHLER L E. Observations on *Scutellista cyanea* Motsch. (Hymenoptera: Pteromalidae) [J]. Pan-pacific Entomologist, 1989, 65(2): 151-155.
- [14] 徐海云,杨念婉,万方浩. 寄生蜂的外竞争和内竞争作用[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(4): 546-551.
- [15] GAUSE G F. The struggle for existence [M]. Maryland, USA: Williams and Wilkins, Baltimore, 1934.
- [16] MACKAUER M, EHLER L E, ROLAND J. Critical issues in biological control [M]. U K: Intercept Ltd. Andover, 1990: 41-62.
- [17] 张学武,古德祥,周之铭. 两种寄生蜂竞争能力的研究[J]. 昆虫天敌, 1991(2): 75-78.
- [18] 李庆宝. 小菜蛾三种寄生蜂的种间竞争关系研究[D]. 杭州:浙江大学, 2001.
- [19] 邵越,钟宇巍,李刚,等. 大棚微生境下两种烟粉虱寄生蜂的竞争作用[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(2): 253-258.
- [20] 白素芬,李欣,唐柳青,等. 寄生因子在寄生蜂种间竞争中的作用[C]//湖北省昆虫学会,湖南省昆虫学会,河南省昆虫学会. 华中三省昆虫学会学术年会, 2008: 368.
- [21] 徐宇航,周金成,李保平,等. 斑痣悬茧蜂在黏虫寄主体内与中红侧沟茧蜂竞争下的存活和发育表现[J]. 昆虫学报, 2016, 59(3): 322-327.
- [22] 杨建全,吕增印,陈家骅,等. 寄主龄期和温度对长尾潜蝇茧蜂和切割潜蝇茧蜂种间竞争的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2008(5): 453-455.
- [23] 何余容,吕利华,陈科伟. 拟澳洲赤眼蜂和短管赤眼蜂在米蛾卵上的种间竞争[J]. 应用生态学报, 2004(12): 2401-2404.
- [24] PEDATA P A, GIORGINI M, GUERRIERI E. Interspecific host discrimination and within-host competition between *Encarsia formosa* and *E. pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), two endoparasitoids of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2002, 92(6): 521-528.
- [25] 张延峰. 两种赤眼蜂寄生行为的比较及种间竞争的研究[D]. 南京:南京农业大学, 2010.
- [26] MORAES C M D, MESCHER M C. Intrinsic competition between larval parasitoids with different degrees of host specificity [J]. Ecological Entomology, 2005, 30(5): 564-570.
- [27] ILLMAN P G, POWELL J E. Interspecific discrimination and larval competition among *Microplitis croceipes*, *Microplitis demolitor*, *Cotesia kazak* (Hym.: Braconidae), and *Hypo-soter didymator* (Hym.: Ichneumonidae), parasitoids of *Heliothis virescens* (Lep.: Noctuidae) [J]. Entomophaga, 1992, 37(3): 439-451.

(责任编辑:杨明丽)