

# 茶细蛾雕绒茧蜂和羽角姬小蜂的取食节律 及外源营养对其成蜂寿命的影响

李鑫<sup>1\*</sup>, 吴素蓉<sup>1</sup>, 张金钰<sup>2</sup>, 曹春玲<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学应用昆虫学重点实验室, 杨凌 712100; 2. 浙江省庆元县农业局, 庆元 323800)

**摘要:** 茶细蛾雕绒茧蜂 *Glyptapanteles theivora* Shenefelt 和羽角姬小蜂 *Sympiesis soriceicornis* Nees 是自然控制金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella* Matsumura 的优势寄生蜂。在室温条件下采用单头饲养的方法测定了外源营养浓度和饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响及日取食规律。结果表明, 补充不同浓度外源营养均能够延长两种寄生蜂的寿命, 用 300 g·L<sup>-1</sup> 外源营养饲喂, 两种寄生蜂寿命最长, 其余浓度对寿命的影响, 以 300 g·L<sup>-1</sup> > 200 g·L<sup>-1</sup> > 400 g·L<sup>-1</sup> > 100 g·L<sup>-1</sup> > 500 g·L<sup>-1</sup> 为序变短; 饲喂次数大于 1 次/2 d 可显著延长两种寄生蜂寿命, 且饲喂次数增加, 寿命延长; 持续供食时, 茶细蛾雕绒茧蜂平均寿命延长 3.8~4.2 倍, 羽角姬小蜂成蜂延长 3.9~4.2 倍; 两种寄生蜂的日取食节律分别在 9:00—10:00 和 12:00—17:00 出现两个高峰, 且种间、种内性别间均有明显的错峰现象。

**关键词:** 茶细蛾雕绒茧蜂; 羽角姬小蜂; 补充营养; 寿命; 取食节律

**中图分类号:** S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2013)02-0312-06

## Feeding Rhythm of Two Parasitoids *Glyptapanteles theivora* (Hymenoptera: Braconidae) and *Sympiesis soriceicornis* (Hymenoptera: Eulophidae) and Effects of Food Supplement on Their Longevity

LI Xin<sup>1\*</sup>, WU Surong<sup>1</sup>, ZHANG Jinyu<sup>2</sup>, CAO Chunling<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Applied Entomology, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100;

2. Qingyuan County Agricultural Bureau, Qingyuan 323800, China)

**Abstract:** *Glyptapanteles theivora* and *Sympiesis soriceicornis* are dominant parasitoids of *Lithocolletis ringoniella*. Influence of concentration of nutrient solutions and feeding times on the life span of these two wasps was measured against individual wasp at controlled room temperature. The lifespan of these two wasps can be extended through supplementing different concentrations of nutrient solutions, the influence was ranked as: 300 g·L<sup>-1</sup> > 200 g·L<sup>-1</sup> > 400 g·L<sup>-1</sup> > 100 g·L<sup>-1</sup> > 500 g·L<sup>-1</sup>. The lifespan was also significantly extended with the feeding times. The lifespan of *G. theivora* was extended by 3.8—4.2 times and that of *S. soriceicornis* was by 3.9—4.2 times under continual feeding regime. The feeding rhythms of the two wasps was characterized by two peaks at 09:00—10:00 am and 12:00—17:00 pm, but were obviously different between species and sex.

**Key words:** *Glyptapanteles theivora*; *Sympiesis soriceicornis*; nutrition supplements; longevity; feeding rhythm

自然界许多昆虫都有补充营养的习性, 该习性可显著延长其寿命<sup>[1-4]</sup>。膜翅目多数寄生蜂成虫, 都以碳水化合作为其能量补充源<sup>[5,6]</sup>。寄生蜂对控制害虫的种群数量至关重要, 自然界中, 在寄主—寄生蜂种群动态关系中, 寄生蜂的寿命是一个非常重要的因素<sup>[7]</sup>。而在影响寄生蜂寿命的诸多因子中, 食物资源尤为重要<sup>[8]</sup>。植物汁液、花蜜和花粉等, 都可成为许多捕食性和寄生性天敌的补充营养源<sup>[9]</sup>。寄生蜂成虫的营养来源, 一是基

收稿日期: 2012-03-20

基金项目: 陕西省农业攻关项目(2008k01-04); 世界银行资助项目(Y/SHYL/XY/050)

作者简介: 李鑫(1957-), 男, 硕士生导师, 博士; \*通信作者, E-mail: lixin57@hotmail.com。

于幼蜂体内营养积累的延续, 二是成蜂补充营养。成蜂在羽化后通过取食行为进行营养补充, 可大大延长其寿命。这一结果, 对寄生蜂成虫发育、繁殖, 特别是提高其寄生能力和增加后代有效数量, 均具有十分重要的意义。Winkler<sup>[10]</sup>研究表明, 饲喂不同植物的蜜露能延长绒茧蜂的寿命; 许多寄生蜂在无外源营养时仅能存活 5 d 或更短, 而在提供糖源营养的条件下可以存活 2~3 w<sup>[11]</sup>。从许多膜翅目寄生蜂繁殖成功的例子看, 补充营养是必需的; 饥饿的绒茧蜂不能飞行, 当补充营养后飞行能力就恢复<sup>[12]</sup>。田间观察表明, 取食花粉、蜜露, 尤其是糖类和游离氨基酸, 对寄生蜂的寿命和寄生行为有重要的作用<sup>[13,14]</sup>, 通常使寄生蜂更具活力, 能将更多的时间和能量用于搜寻寄主<sup>[15]</sup>。补充蜜露后的绒茧蜂的雌蜂可以飞得更远且持续的时间更长<sup>[16]</sup>, 更有利于寻找寄主。

金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella* Matsumura 是危害苹果树的重要食叶害虫, 刘玉玉等<sup>[17]</sup>研究表明, 茶细蛾雕绒茧蜂 *Glyptapanteles theivora* 和羽角姬小蜂 *Sympiesis soriceicornis* Nees (以下简称两种寄生蜂) 是自然控制金纹细蛾的优势寄生蜂, 且在苹果树生长季节一直维持较高的寄生水平, 对金纹细蛾起到了良好控制作用。张金钰等<sup>[18]</sup>研究表明, 补充营养能明显延长两种寄生蜂的寿命, 但是缺少量化水平上的描述。Lee<sup>[19]</sup>研究发现, 每隔 1 d 饲喂与每天都饲喂的绒茧蜂寿命相比, 前者比后者存活时间缩短了 33.3%。本文研究了不同浓度营养及最佳浓度营养条件下, 饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响, 同时对其取食节律进行了观察, 目的在于揭示补充营养对寄生蜂寿命的影响程度, 并在此基础上, 探索寄生蜂成蜂补充营养的日节律变化, 为延长两种寄生蜂寿命增加产卵量及规模化饲养繁殖提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试虫源

2010 年 10 月, 以五点取样法, 从陕西杨凌及周边地区苹果园中采集金纹细蛾虫疤叶片带回室内保存<sup>[17]</sup>, 11—12 月分批次进行寄主剥离, 将分离得到的茶细蛾雕绒茧蜂的老熟幼虫连叶片保存于底部铺有滤纸的培养皿中, 叶柄附带水脱脂棉保湿, 叶背朝上; 将分离得到的茶细蛾雕绒茧蜂的茧(淡黄色透明的茧为健康茧)和羽角姬小蜂的蛹, 用小号毛笔轻轻粘移至培养皿中, 直至羽化备用。整个试验均在 (25±2) °C, 14L:10D, RH(70±5)% 条件下进行。

### 1.2 营养液配置

采用葡萄糖:果糖:蔗糖=1:1:1 混合液(均为花蜜和蜜露的主要成分)<sup>[7]</sup>, 以蒸馏水稀释, 配制成 5 个糖液浓度梯度 (100 g·L<sup>-1</sup>, 200 g·L<sup>-1</sup>, 300 g·L<sup>-1</sup>, 400 g·L<sup>-1</sup>, 500 g·L<sup>-1</sup>) 的营养液, 并置于 -18 °C<sup>[7]</sup> 冰箱中备用。

### 1.3 不同浓度外源营养对两种寄生蜂成蜂寿命的影响观察

选初羽化、大小一致的雌、雄蜂, 单头放入底部铺有滤纸的圆柱塑料盒中(直径 11 cm×高 6 cm), 将浸有 1 mL 糖液的棉球放在体积为 25 mL 的淡黄色小容器(黄色可帮助寄生蜂记忆食物位置)<sup>[7]</sup>中, 再移入塑料盒内供寄生蜂取食, 每天饲喂 1 次, 每次 2 h, 每天观察 2 次(9:00 和 21:00)<sup>[20]</sup>, 分别饲喂 100、200、300、400、500 g·L<sup>-1</sup> 混合糖液, 以饲喂蒸馏水为对照, 记载死亡个体并及时移出, 直到全部个体死亡后结束观察记录, 每处理观察 30 对。

### 1.4 营养液饲喂次数对两种寄生蜂成蜂寿命的影响观察

以混合糖液浓度 300 g·L<sup>-1</sup> 的营养液为供试食料(前面研究表明该浓度对寄生蜂最有利), 设置随时饲喂, 日饲喂 2 次和 1 次, 每 2 d、3 d、4 d 各饲喂 1 次及仅在第 1 d 饲喂 1 次, 共 7 个处理, 以不饲喂为对照。于培养皿的中央滴 1 mL 的糖液于淡黄色小容器中, 单头移入初羽化的雌、雄蜂, 供食次数按照设计进行。之后逐日观察个体存活情况, 直到记载死亡为止, 每处理观察 30 对。

### 1.5 营养液饲喂下两种寄生蜂取食节律的测定

将初羽化的两种寄生蜂的雌、雄蜂各 20 头, 分别置入 250 mL 的广口瓶中, 中间用细线悬挂蘸有浓度为 300 g·L<sup>-1</sup> 营养液的棉团, 瓶口用 200 目的纱布封住。从 0:00—23:00 每隔 1 h 观察 1 次, 记录在棉花团上取食的寄生蜂数目, 测定其取食节律, 重复 3 次。

### 1.6 数据统计分析

试验数据采用软件 SPSS 19.0 系统, 用单因素方差分析法检验营养液浓度对两种寄生蜂寿命的影响,

挑选出最适营养液浓度再做饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响；用 Duncan's 新复极差法作多重比较分析。用 EXCEL 分别作两种寄生蜂雌、雄蜂的取食节律曲线，以及种间的取食节律曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度外源营养对两种寄生蜂成蜂寿命的影响

饲喂不同浓度外源营养对成虫寿命的影响存在差异，其规律性表现为  $300 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} > 200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} > 400 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} > 100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} > 500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。茶细蛾雕绒茧蜂在营养液浓度为  $300 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  时，与其余浓度相比，雌雄蜂寿命的差异性均表现为显著（雌蜂： $F_{5,174}=591.43$ ,  $P<0.001$ ；雄蜂： $F_{5,174}=604.89$ ,  $P<0.001$ ）；平均寿命与对照相比，雌蜂延长了 13.48 d，雄蜂延长了 14.23 d；在  $200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $400 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  之间比较时，雄蜂间差异不显著（ $P>0.05$ ）；在  $500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，雌、雄蜂平均寿命分别仅为  $(19.80 \pm 0.19)$  d 和  $(19.18 \pm 0.25)$  d。羽角姬小蜂在营养液浓度为  $300 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  时，雌、雄蜂平均寿命分别延长了 16.99 d 和 17.50 d，与 100、200、400 和  $500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  相比，差异极显著（雌蜂： $F_{5,174}=230.82$ ,  $P<0.001$ ；雄蜂： $F_{5,174}=280.59$ ,  $P<0.001$ ）；在  $500 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  时，雌、雄蜂平均寿命分别为  $(25.72 \pm 0.60)$  d 和  $(24.35 \pm 0.56)$  d。比较两种寄生蜂，在同一营养液浓度下，羽角姬小蜂平均寿命长于茶细蛾雕绒茧蜂，且在  $300 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  为核心向两端升降时，寿命均逐渐缩短；当营养液浓度相同时，雌蜂的寿命均长于雄蜂（表 1）。

表 1 不同浓度外源营养对两种寄生蜂寿命的影响

Table 1 Effect of supplementary foods at different concentration on the longevity of the two wasps

营养浓度 Nutrient solution concentration ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	寿命 Longevity (d)			
	茶细蛾雕绒茧蜂 <i>G. theivorae</i>		羽角姬小蜂 <i>S. soriceicornis</i>	
	雌蜂♀ Female	雄蜂♂ Male	雌蜂♀ Female	雄蜂♂ Male
100	20.78±0.23 c	20.27±0.19 c	26.62±0.52 cd	25.62±0.53 c
200	21.85±0.20 b	21.23±0.27 b	27.72±0.48 bc	28.07±0.38 b
300	22.95±0.20 a	21.98±0.26 a	30.82±0.46 a	30.05±0.40 a
400	21.52±0.26 c	20.71±0.23 b	28.12±0.52 b	27.02±0.56 b
500	19.80±0.19 d	19.18±0.25 d	25.72±0.60 d	24.35±0.56 c
0 (CK)	7.30±0.32 e	6.03±0.26 e	9.63±0.41 e	8.12±0.38 d

注：表中数据为平均值±标准误，同列数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。下同。

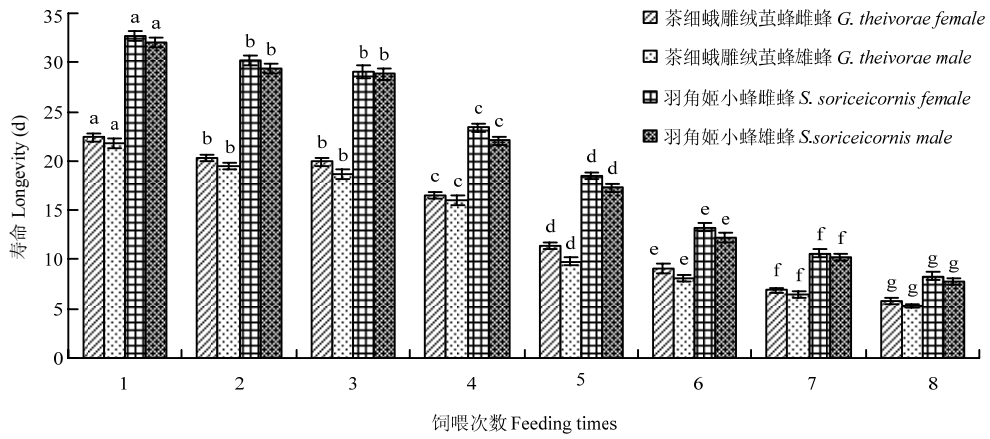
Note: Data were presented as mean±SE, different lowercase letters shows significantly different at 0.05. The same below.

### 2.2 外源营养饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响

外源营养饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响规律表现一致，即随着饲喂次数的减少，寄生蜂雌、雄蜂寿命均表现出缩短。在持续供食条件下，茶细蛾雕绒茧蜂的雌、雄蜂寿命均最长，与对照（不饲喂）相比，分别延长了 4.2 倍和 3.8 倍；仅饲喂 1 次时，雌、雄蜂比对照要分别少存活 1.65 d 和 1.90 d。持续供食时，羽角姬小蜂的雌、雄蜂寿命最长，分别为 32.68 d 和 31.98 d，比对照延长了 4.2 倍和 3.9 倍；仅饲喂 1 次时，雌、雄蜂的寿命均最短，与对照相比寿命分别缩短了 2.28 d 和 2.47 d。日饲喂 2 次和 1 次，对两种寄生蜂的寿命影响均不显著（ $P>0.05$ ）；其他处理之间差异显著（茶细蛾雕绒茧蜂：雌蜂， $F_{7,232}=317.33$ ,  $P<0.001$ ；雄蜂， $F_{7,232}=262.33$ ,  $P<0.001$ ；羽角姬小蜂：雌蜂， $F_{7,232}=421.91$ ,  $P<0.001$ ；雄蜂， $F_{7,232}=441.72$ ）。从种间看，羽角姬小蜂的寿命均长于茶细蛾雕绒茧蜂；就种内而言，雌蜂的寿命均长于雄蜂（图 1）。

### 2.3 外源营养饲喂下两种寄生蜂的取食节律

外源营养饲喂下茶细蛾雕绒茧蜂雌、雄蜂在一天中的取食节律几乎一致，取食高峰均有 2 个；不同在于雄蜂的取食起点和终止点均先于雌蜂。雌蜂的两个取食高峰分别在 9:00 和 15:00，第二个高峰取食数量比首峰高出 1.65%；雄蜂的两个取食高峰分别出现在 8:00 和 13:00，取食虫量几乎相等；雄蜂比雌蜂的取食时差提前 1~2 h，取食虫量小于雌蜂。总体看出，雌、雄蜂的日取食均在白天，22:00 到翌日 4:00 基本静止，雌虫早从 7:00—20:00 是其一日中活跃时期（图 2A）。



1: 随时供食 feeding anytime; 2: 日饲喂 2 次, feeding 2 times everyday; 3: 日饲喂 1 次, feeding once everyday; 4: 2 d 饲喂 1 次, feeding once every two day; 5: 3 d 饲喂 1 次, feeding once every 3 day; 6: 4 d 饲喂 1 次, feeding once every 4 day; 7: 仅饲喂 1 次, only feeding once over the whole longevity; 8: 不饲喂对照, CK。

图 1 外源营养饲喂次数对两种寄生蜂寿命的影响

Fig. 1 Effect of different feeding times on longevity of the two wasps

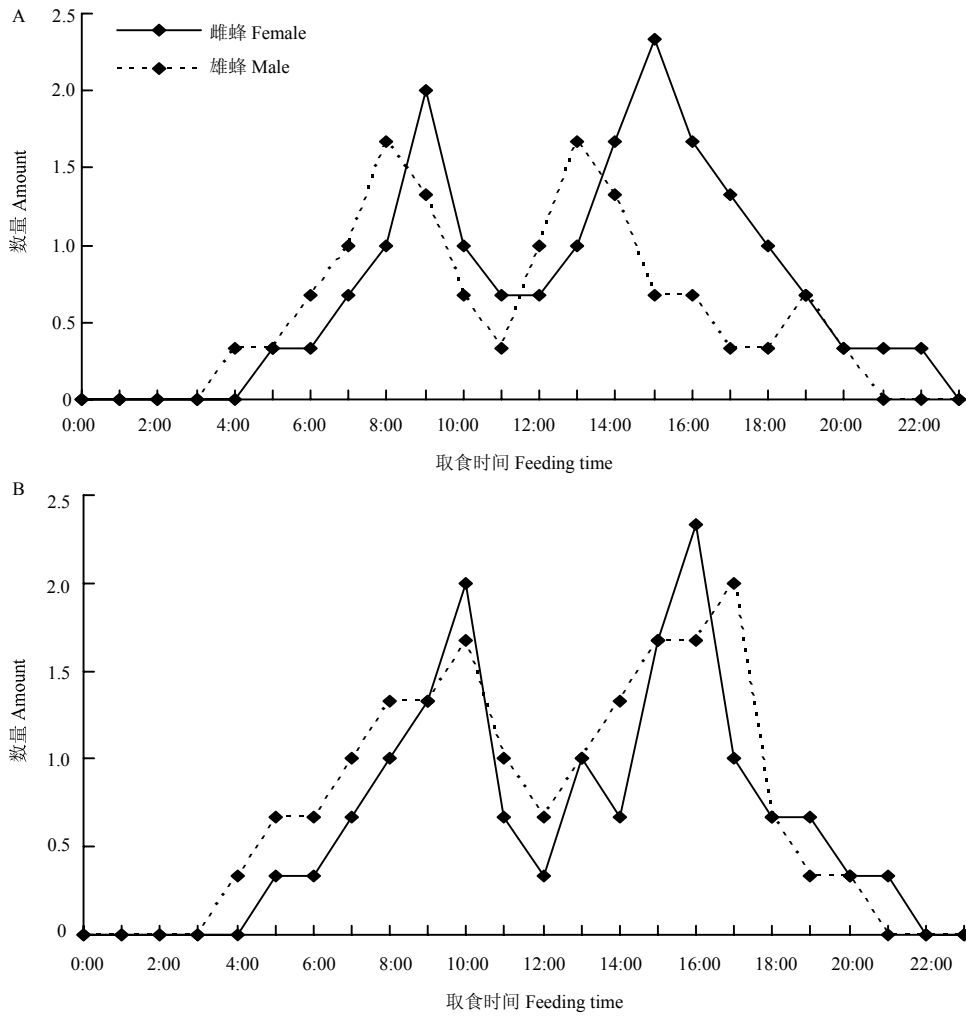


图 2 茶细蛾雕绒茧蜂 (A) 和羽角姬小蜂 (B) 的取食节律

Fig. 2 Feeding rhythms of *G. theivora* (A) and *S. soriceicornis* (B)

羽角姬小蜂的日取食变化曲线,雌、雄蜂总趋势相似。日取食有2个高峰,前低后高,但相差不大。在10:00时,雌、雄蜂均出现第一个取食高峰,雌蜂的取食数量比雄蜂多1.65%;雄蜂的第二个取食高峰比雌蜂约晚1h。雌蜂的日取食高峰分别在10:00和16:00,在13:00时出现一个取食小高峰。雄蜂的1个取食低谷出现在13:00(图2B)。茶细蛾雕绒茧蜂和羽角姬小蜂种间的取食节律,在总体保持一致的前提下,取食峰值有时差错位现象,在两个取食高峰段,羽角姬小蜂的取食数量都多于茶细蛾雕绒茧蜂,分别高出1.70%和3.35%。

### 3 讨论

不同浓度外源营养饲喂两种寄生蜂,观察寿命变化,以 $300\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的饲喂浓度延长寿命为最佳,在此饲喂浓度下,可使茶细蛾雕绒茧蜂的雌、雄蜂寿命分别延长14.35 d和15.10 d,使羽角姬小蜂的雌、雄寿命分别延长21.5 d和22.05 d,其余浓度均使寿命变短。寄生蜂只补充少量营养,营养的质量除了与营养液成分的全面性有关外,水分的含量也应当是一个重要指标。因此,在确定了营养的成分后,水分含量可能成为关键性指标。对于营养成分及搭配研究,张金钰等<sup>[18]</sup>已经给出了结果, $300\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的浓度使寄生蜂寿命延长,适宜的含水量是关键因素。

伍和平等<sup>[7]</sup>研究了取食频率对斑痣悬茧蜂寿命的影响,结果显示,随时取食最能延长寄生蜂的寿命。本研究证实,饲喂次数对两种寄生蜂的寿命均有趋势一致的影响,其中持续供食,寿命最长;饲喂次数减少,寿命随之缩短。显而易见,寄生蜂成虫属于少食多餐的类型,因取食量少又活动频繁,只能在有持续供食的环境中延长生命,持续供食的方法则满足了这种生命需求,而分次供食就会造成取食间隙中的能量匮乏而缩短生命。Siekmann等<sup>[21]</sup>在微红盘绒茧蜂*Cotesia rubecula*营养试验中也得到类似结果。至于营养液浓度与饲喂次数之间是否具有交互作用,有待于进一步研究。

对两种寄生蜂日取食节律的测定结果显示,两种寄生蜂的日取食节律表现为2个高峰期,第一个高峰出现于9:00—10:00,第二个高峰出现在12:00—17:00;在取食数量较多时,两种寄生蜂在同一时间点上有着明显的种间及种内性别间错峰现象。这对于同一时空生态位上总食物资源持续有限的供给、利用是有利的,说明两种寄生蜂在食物与食物空间生态位重叠时,种间及种内拓展自然食物资源的利用是有效的,进而有益于种群的生存和发展,有利于其在相同生态位下的互存共生。

在实际中,寄生蜂的寿命不仅与食物源的质量有关,而且与食物源的密度和分布格局密切相关。本研究结果信息显示,自然界中,两种寄生蜂对时空有限营养的利用,存在着优化分配的趋向。Mao和Kunimi<sup>[22]</sup>以及Morales-Romos等<sup>[23]</sup>的室内测定还表明,未补充蜂蜜和糖类溶液的寄生蜂都表现寿命短,产卵量低。本研究的补充营养结果,对两种寄生蜂的生殖力、产卵量及子代性比等方面是否具有明显影响,有待进一步探索。

### 参 考 文 献

- [1] 阎浚杰, 黄大庄, 王志刚, 等. 桑天牛补充营养与寿命的相关分析[J]. 蚕业科学, 1994, 20(2): 126-127.
- [2] 张世渊, 来燕学, 周成枚, 等. 松褐天牛成虫补充营养取食研究[J]. 浙江林业科技, 1998, 18(2): 44-48.
- [3] 林长春, 陆高, 周成枚, 等. 补充营养对松褐天牛成虫存活期的影响[J]. 林业科学研究, 2003, 16(1): 69-74.
- [4] 郑许松, 俞晓平, 吕仲贤, 等. 不同营养源对稻飞虱小蜂寿命及寄生能力的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1751-1755.
- [5] Wackers F L. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources flower attractiveness and nectar accessibility[J]. Biological Control, 2004, 29: 307-314.
- [6] Wackers F L, Van Rijn P C J, Bruin J. Suitability of (extra-) nectar, pollen and honeydew and insect food sources[M]//Wackers F L, Van Rijn P C J, Bruin J, eds. Plant-Provided Food for Carnivorous Insects. London: Cambridge University Press, 2005, 25-28.
- [7] 伍和平, 李保平. 补充营养对斑痣悬茧蜂寿命和取食行为的影响[J]. 中国生物防治, 2007, 23(2): 184-187.
- [8] Jervis M A, Copland M J W. The life cycle[M]//Mark Jervis, Neil Kidd, eds. Insect Natural Enemies Practical Approaches to their Study and Evaluation. London, New York: Chapman and Hall, 1996, 63-161.
- [9] 唐超, 彭正强, 李洪, 等. 不同营养源对椰甲截脉姬小蜂寿命、寄生能力及子代的影响[J]. 中国生物防治, 2007, 23(4): 313-315.

- [10] Winkler K. Assessing the risks and benefits of flowering field edges: strategic of nectar to boost biological control[D]. Netherlands ,Wageningen University, 2005, 118.
- [11] Heimpel G E, Rosenheim J A, Kattari D. Adult Aduh feeding and lifetime productive success in the parasitoid A-phytis melinus[J]. Entomology experiment application, 1997, 83: 305-315.
- [12] Hausmann C, Wackers F L, Dorn S. Sugar convertivity in the parasitoid *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae)[J]. Archives Insect Biochemistry Physiology, 2005, 60: 223-229.
- [13] Lewis W J, Oscar Stapel J, Ann Marie Cortesero, *et al.* Understanding how parasitoid balance food and host needs :importance to biology[J]. Biology Control, 1981, 11: 175-183.
- [14] Thompson, S N. Nutrition and culture of entomophagous insects[J]. Annual Review of Entomology, 1999, 44: 561-592.
- [15] Takasu K, Lewis W J. Importance of adult food sources to host searching of the larval parasitoid *Microplitis croceipes*[J]. Biological Control, 1995, 5: 25-30.
- [16] Wanner H, Gu H, Dorn S. Nutritional value of floral nectar sources for flight in the parasitoid wasp *Cotesia glomerat*[J]. Physiological Entomology, 2006, 31(2): 127-133.
- [17] 刘玉玉, 赵微微, 马丽, 等. 苹果金纹细蛾寄生蜂种类及空间分布调查[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 93-97.
- [18] 张金钰, 姜超, 李鑫, 等. 温度与营养对羽角姬小蜂及茶细蛾雕绒茧蜂发育和寿命的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(6): 153-155.
- [19] Lee J C, Heimpel G E. Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity [J]. BioControl, 2008, 53: 289-294.
- [20] 顾新丽, 张礼生, 陈红印, 等. 补充外源营养对豌豆潜蝇姬小蜂寿命的影响[J]. 植物保护学报, 2010, 36(3): 89-92.
- [21] Siekmann G, Tenhumberg B, Keller M A. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter[J]. Oikos, 2001, 95: 425-430.
- [22] Mao H X, Kunimi Y. Longevity and fecundity of *Brachmeria lasus*(Walker) (Hymenoptere: Chalcidoidea), a pupal parasitoid of the oriental tea tortrix, *Homona magnaima* Diakonoff (Lepidoptere: Tortricidea) under laboratory condition [J]. Applied Entomology and Zoology, 1994, 29: 237-243.
- [23] Morales-Ramos J A, Rojas M G, King E G. Significance of adult nutrition and oviposition experience on longevity and attention of full fecundity of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera :Pteromalidea) [J]. Annals of the Entomology Society of America, 1996, 89: 555-563.