

烟粉虱两种寄生蜂生物学特性及寄主竞争关系研究

李元喜¹, 罗 晨², 周长青², 周淑香², 张 帆^{2*}

(1 南京农业大学农业部病虫害监测与治理重点开放实验室, 南京 210095;

2 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100089)

摘要: 室内比较了寄生烟粉虱 *Bemisia tabaci* 的两种寄生蜂——丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 和浅黄恩蚜小蜂 *En. sophia* 的生物学特性, 并研究了以烟粉虱为寄主时两种寄生蜂间的竞争关系。结果表明: 两者的后足胫节长度间无显著差异。浅黄恩蚜小蜂的产卵器及卵均长于丽蚜小蜂的, 但浅黄恩蚜小蜂的待产卵量显著少于丽蚜小蜂。浅黄恩蚜小蜂检测寄主所花时间短于丽蚜小蜂, 但检查圈数显著多于丽蚜小蜂, 产卵时间以丽蚜小蜂所花时间为多。以4龄初期的烟粉虱为寄主时, 丽蚜小蜂的卵期为48 h, 而浅黄恩蚜小蜂24 h即完成卵期的发育。后者的蛹历期也显著短于丽蚜小蜂的蛹历期。丽蚜小蜂由卵到成虫的总发育历期比浅黄恩蚜小蜂的要长72 h左右。一头丽蚜小蜂与一头浅黄恩蚜小蜂组合后的总产卵量为14.0粒, 略高于两头丽蚜小蜂组合的总产卵量(10.2粒), 显著高于两头浅黄恩蚜小蜂组合的产卵量(9.5粒); 两种蜂组合的处理中被寄生寄主体内的着卵量为1.73粒, 显著高于单独一种蜂组合中被寄生寄主的着卵量, 后者分别为1.29和1.39粒。在寄主竞争情况下, 在被两种蜂均寄生的寄主体内丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂产入的卵量分别为1.21和1.43粒, 显著高于仅被一种蜂寄生的寄主体内的对应蜂种的卵量, 后者分别为1.06和1.19粒。结果提示两种蜂均能识别对方的存在, 且浅黄恩蚜小蜂表现出更强的竞争能力。

关键词: 烟粉虱; 丽蚜小蜂; 浅黄恩蚜小蜂; 生物学; 寄主竞争

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2008)07-0738-07

Bionomics and host competition of two parasitoids on *Bemisia tabaci*

LI Yuan-Xi¹, LUO Chen², ZHOU Chang-Qing², ZHOU Shu-Xiang², ZHANG Fan^{2*} (1. Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Disease and Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China)

Abstract: The bionomics of two parasitoids *Encarsia formosa* and *En. sophia* on *Bemisia tabaci* and host competition between the two parasitoids were investigated in the laboratory. The results indicated that there were no significant differences in length of hind leg tibia between two parasitoids. The ovipositor and egg size of *En. sophia* were longer than those of *En. formosa*, and eggs ready to be laid by one-day old female wasp of *En. sophia* was less than those of *En. formosa*. The time taken by *En. sophia* in both host checking and ovipositing were significantly shorter than that of *En. formosa*, whereas the rounds turned during host checking by a wasp of *En. sophia* were less than those by a wasp of *En. formosa*. The developmental time of *En. sophia* egg was about 24 h, which was significantly shorter than that of *En. formosa* egg. The pupal duration of *En. sophia* was also significantly shorter than that of *En. formosa*. The developmental time from egg to adult for *En. sophia* was about 72 h shorter than that for *En. formosa*. In 24 h, the total oviposition in combination treatment of one *En. formosa* and one *En. sophia* was 14.0 eggs, which is more than that in combination treatment of two *En. formosa* (10.2 eggs) and significantly more than that in combination treatment of two *En. sophia* female wasps (9.5 eggs). The mean number of eggs loaded in parasitized host in

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2006CB102005); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A02, 2006BAD08A08)

作者简介: 李元喜, 男, 1972年生, 河南新蔡人, 博士, 副教授, 研究方向为昆虫生态与害虫综合治理。E-mail: yxli@njau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zf6131@263.net

收稿日期 Received: 2007-12-27; 接受日期 Accepted: 2008-04-30

combination treatment of two wasp species (1.73 eggs) was significantly higher than that in combination treatment of females from one wasp species, which were 1.29 and 1.39 eggs for *En. formosa* and *En. sophia*, respectively. In combination treatment of two wasp species, the numbers of eggs laid in host parasitized by two wasp species were 1.21 and 1.43 for *En. formosa* and *En. sophia*, respectively, and were significantly more than those in the hosts parasitized by only one wasp species, which were 1.06 and 1.19 for *En. formosa* and *En. sophia*, respectively. The results suggest that female wasps of both *En. sophia* and *En. formosa* can recognize the existence of another species, and *En. sophia* has higher competence than *En. formosa*.

Key words: *Bemisia tabaci*; *Encarsia formosa*; *Encarsia sophia*; bionomics; host competition

B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 寄主广泛, 多达 600 余种 (Antony *et al.*, 2003), 易于在寄主作物间转移, 而且繁殖能力强, 容易对化学农药产生抗性, 化学防治常常难于奏效, 利用寄生性天敌逐渐受到重视 (Gerling *et al.*, 2001; Naranjo, 2001; Goolsby *et al.*, 2005)。目前已知的烟粉虱寄生蜂有 50 余种 (孟祥锋等, 2006), 其繁殖方式各异, 选择有效的寄生蜂进行释放可以提高防治效果, 有时需要同时释放多种寄生蜂, 但由于繁殖方式不同, 寄生蜂之间产生竞争作用, 影响防治效果 (Heinz and Nelson, 1996; Briggs and Collier, 2001; Collier and Hunter, 2001; Collier *et al.*, 2002; Bogran and Heinz, 2006)。

丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan 和浅黄恩蚜小蜂 *En. sophia* (Girault & Dodd) 是烟粉虱的两种重要寄生蜂。丽蚜小蜂行孤雌产雌生殖, 我国于 1978 年从英国引入, 当时主要用来防治温室白粉虱, 取得了较好的防治效果, 由于目前该寄生蜂已经实现了人工大量繁殖, 技术成熟, 得到广泛应用。浅黄恩蚜小蜂行两性生殖, 以自复寄生的方式繁殖雄蜂, 大量的研究表明该蜂有较强的适应能力, 目前成为用来防治烟粉虱比较好的寄生蜂之一 (Kajita, 2000; Roltsch, 2001; Antony *et al.*, 2003; Pavis *et al.*, 2003; Giorgini and Baldanza, 2004; Goolsby *et al.*, 2005; Otim *et al.*, 2005; Simmons and Abd-Rabou, 2005)。

在我国, 已有的调查表明, 浅黄恩蚜小蜂在北方和南方均有分布, 而且在南方还是优势种 (黄建等, 2000; 邱宝利等, 2004); 在北方有些时候也会出现高的寄生率, 但是与目前在我国北方有大量分布的丽蚜小蜂间的关系还没有见到相关的报道。本研究对以烟粉虱若虫为寄主的两种寄生蜂的一些生物学指标/特性进行了比较, 同时, 初步研究了两种寄生蜂间的寄主竞争, 以期今后更好地研究、应用这两

种寄生蜂提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试植物

西红柿盆栽红 (北京市农林科学院), 播种于苗圃, 待幼苗生长至约 4 cm 高后移栽至高 7 cm 上口直径 7 cm 的塑料杯内, 用营养土种植。

1.2 供试昆虫

烟粉虱经室内分子检测确认为 B 型, 室内用西红柿饲养, 将西红柿苗 (25 cm 高) 接烟粉虱 24 h 后置于养虫笼 (40 cm×50 cm×60 cm) 内, 待烟粉虱生长到一定时间后, 取带柄的叶片, 用脱脂棉包裹叶柄基部, 在体视解剖镜下挑除不需要的若虫, 仅保留 3 龄末和 4 龄初若虫供试验用。丽蚜小蜂采自北京农林科学院内温室, 室内用烟粉虱繁殖多代; 浅黄恩蚜小蜂由美国引入, 室内用烟粉虱繁殖。蜂发育到黑蛹期时将其从叶片上用昆虫针挑下放入铺有湿润滤纸的塑料培养皿 (直径 8.5 cm) 内备用。

1.3 产卵器长度及卵大小的测量及待产卵量统计

在内置测微尺的体视解剖镜下 (Motic 140) 解剖羽化 24 h 内的雌蜂, 测量雌蜂的产卵器及后足胫节长度, 查数待产卵数量并测量卵尺寸 (长×宽)。另将羽化后的雌蜂引入 (浅黄恩蚜小蜂引入雌雄蜂) 塑料培养皿内, 供以 5% 蜂蜜水, 同时内置叶柄包裹有湿润棉球的西红柿叶片, 25℃ 下至第 5 天解剖检查雌蜂体内的待产卵量。根据羽化蜂的多少, 每批解剖 5~20 头, 解剖 3 批。

1.4 产卵行为的观察

在 Motic 解剖镜下观察蜂的产卵行为并记时, 寄生蜂触角接触到烟粉虱若虫开始, 到检测完成调转身体准备将产卵器插入寄主体内的时间记为寄主检测时间; 同时记录寄生蜂检测过程中的行为, 以检测圈数进行统计; 产卵器插入到拔出的时间记为

产卵时间。

1.5 发育历期的比较

取干净无虫的西红柿苗放置于饲养烟粉虱的环境中, 12 h 后取出, 吹干净上面的烟粉虱成虫后将苗置于无虫的养虫笼内室温条件下饲养, 湿度 70% 左右, 待烟粉虱若虫发育至 3 龄后取叶片, 保持叶片有 4 龄初若虫虫量大约 20 头, 挑除其余若虫, 用数码相机拍照后打印出来供标记用, 然后将叶柄基部用脱脂棉包裹, 用医用注射器吸取一定的水注入脱脂棉中。将叶片放入培养皿内(直径: 8.5 cm)引入一头雌蜂(浅黄恩蚜小蜂为交配过的雌蜂, 交配过的雌蜂会直接产卵在烟粉虱体内, 而未交配过的雌蜂不会在烟粉虱体内产卵), 观察其产卵行为, 标记产卵寄生的寄主。每 12 h 解剖无法从烟粉虱背部看到孵化的寄生蜂幼虫或卵的烟粉虱若虫 10 头, 观察寄生蜂的发育进度, 对可以从背部观察到的, 则直接记录。寄生蜂化蛹后每 12 h 观察一次记录化蛹时间, 最后统计羽化蜂的数量。每种蜂接蜂 15 头, 观察所有被寄生粉虱体内蜂的发育。

1.6 两种蜂间的寄主竞争

根据羽化雌蜂的待产卵量, 每处理提供 4 龄初烟粉虱若虫 10 头(一张番茄叶片上), 引入丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂雌蜂各一头, 记为 Ef+Es 处理, 同

时设引入两头丽蚜小蜂(记为 Ef+Ef 处理)或浅黄恩蚜小蜂(记为 Es+Es 处理)为对照, 放入光照培养箱中, 24 h 后去除蚜小蜂, 解剖所有烟粉虱若虫, 每处理重复 25 次, 分别记录每头寄主体内丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂的卵量。若某重复内供试烟粉虱被取食数量超过 60%, 则统计分析时剔除该重复。

1.7 数据分析

利用 SAS9.0 对数据进行分析比较。两种蜂生物学特性数据的比较等用 *t* 测验进行分析, 竞争结果的数据分析中, 若是两组数据, 则采用 *t* 测验进行分析比较; 对两组以上采用 ANOVA 进行方差分析, 然后采用 Tukey's HSD test 进行平均数之间的比较。

2 结果与分析

2.1 两种蜂雌蜂个体大小、待产卵量及卵大小的比较

各数据的比较结果见表 1。两者后足胫节长度无显著差异。浅黄恩蚜小蜂的产卵器显著长于丽蚜小蜂的产卵器, 而且卵也显著大于丽蚜小蜂的卵, 但平均每雌的待产卵量显著少于丽蚜小蜂的待产卵量。对 5 日龄雌蜂待产卵量的统计结果为, 丽蚜小蜂为 7.8 ± 0.5 粒, 浅黄恩蚜小蜂为 5.0 ± 0.4 粒, 两者间存在显著差异($t=4.33 > t_{0.01, 72}=1.99$)。

表 1 两种蜂雌蜂后足胫节、产卵器长度、待产卵量及卵大小的比较(平均值 ± 标准误)
Table 1 Comparison of lengths of hind leg tibia and ovipositor and size and number of eggs ready to be laid in females between *En. formosa* and *En. sophia* (Mean ± SE)

蜂种 Species	后足胫节长 Length of hind leg tibia (mm)	产卵器长度 Length of ovipositor (mm)	1 日龄雌蜂待产卵量 Number of eggs ready to be laid in one-day old female	卵大小 Size of egg (mm)	
				长 Length	宽 Width
丽蚜小蜂 <i>En. formosa</i>	0.161 ± 0.001	0.171 ± 0.001	7.3 ± 0.2	0.099 ± 0.001	0.037 ± 0.001
浅黄恩蚜小蜂 <i>En. sophia</i>	0.162 ± 0.001	0.235 ± 0.003	4.8 ± 0.1	0.171 ± 0.002	0.045 ± 0.001
<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> test	$t=0.80$; $df=91$; $P=0.43$	$t=22.08$; $df=91$; $P<0.01$	$t=10.07$; $df=68$; $P<0.01$	$t=33.11$; $df=100$; $P<0.01$	$t=6.17$; $df=100$; $P<0.01$

2.2 寄生行为的比较

两种寄生蜂的寄生行为相似, 均是以触角敲击植物叶片寻找寄主, 接触到烟粉虱后, 一般从接触点开始沿烟粉虱若虫纵轴敲打到边缘(头部或尾部), 并沿头部或尾部边缘进行半圆形旋转敲击, 然后掉转身躯, 由烟粉虱若虫的中部开始沿纵轴向反方向边行进边敲击, 直到尽头, 完成一圈的检测, 有时蜂还要再转回头检测到另外一端甚至检测 2 圈或 3 圈。如果检测后接受寄主, 则掉转身躯, 尾部朝向寄主, 开始产卵。两种蜂的比较表明, 浅黄恩蚜小蜂检

测时间短于丽蚜小蜂的寄主检测时间, 但检测寄主圈数却显著多于丽蚜小蜂的检测圈数; 产卵时间则是丽蚜小蜂较久, 显著长于浅黄恩蚜小蜂用于产卵的时间(表 2)。

2.3 发育历期的比较

两种寄生蜂的总发育时间存在显著差异(表 3), 丽蚜小蜂完成一代所需时间比浅黄恩蚜小蜂多 3 d, 主要原因是丽蚜小蜂卵期和蛹期长于浅黄恩蚜小蜂。丽蚜小蜂从卵产入寄主到幼虫孵化平均需要 2.4 d, 而浅黄恩蚜小蜂仅需要 1.2 d; 前者的蛹期为

7.8 d, 而后者 6 d 即可完成蛹期的发育; 两种蜂幼 虫的发育历期间无显著差异(表 3)。

表 2 丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂寄生行为的比较(平均值±标准误)
Table 2 Comparison of parasitizing behavior between *En. formosa* and *En. sophia* (Mean±SE)

蜂种 Species	检测时间 Checking time (s)	检测寄主圈数 Rounds checked	产卵时间 Ovipositing time (s)
丽蚜小蜂 <i>En. formosa</i>	20.0±0.8 (106)	1.03±0.04 (83)	186.7±9.6 (87)
浅黄恩蚜小蜂 <i>En. sophia</i>	16.0±0.8 (68)	1.51±0.08 (39)	112.5±5.7 (63)
<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> test	<i>t</i> =3.32; <i>df</i> =172; <i>P</i> <0.01	<i>t</i> =5.59; <i>df</i> =120; <i>P</i> <0.01	<i>t</i> =6.06; <i>df</i> =148; <i>P</i> <0.01

表 3 以烟粉虱 4 龄若虫为寄主的丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂的发育历期(d)(平均值±标准误)

Table 3 Developmental time (d) of *En. formosa* and *En. sophia* on *Bemisia tabaci* 4th instar nymph (Mean±SE)

蜂种 Species	卵 Egg	幼虫期 Larva	蛹期 Pupa	总发育期 Overall
丽蚜小蜂 <i>En. formosa</i>	2.4±0.1 (57)	6.2±0.1 (37)	7.8±0.1 (33)	16.3±0.1 (33)
浅黄恩蚜小蜂 <i>En. sophia</i>	1.2±0.0 (58)	6.1±0.1 (49)	6.0±0.1 (47)	13.2±0.1 (47)
<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> test	<i>t</i> =20.01; <i>df</i> =113; <i>P</i> <0.01	<i>t</i> =1.38; <i>df</i> =84; <i>P</i> =0.172	<i>t</i> =13.00; <i>df</i> =78; <i>P</i> <0.01	<i>t</i> =17.19; <i>df</i> =78; <i>P</i> <0.01

2.4 不同寄生蜂组合对产卵量、寄生寄主数量及寄主着卵量的影响

不同寄生蜂组合显著影响被寄生寄主数量。Ef+Es 组合和 Ef+Ef 组合中蜂寄生的寄主总量均显著高于 Es+Es 组合寄生的寄主数量($F=4.75$; $df=2, 49$; $P=0.01$)(表 4)。寄生蜂不同组合也显著影响蜂的总产卵量($F=3.61$; $df=2, 49$; $P=0.03$), Ef+Es 组合中蜂的总产卵量最高, Es+Es 组合的产卵量最低(表 4)。被寄生寄主的着卵量也受寄生蜂组合的显著影响, Ef+Es 组合情况下被寄生寄主的平均着卵量显著高于任一种蜂组合(Ef+Ef 或 Es+Es)处理中被寄生烟粉虱若虫的着卵量($F=13.98$; $df=2, 401$; $P<0.01$), 单独一种蜂组合的两个处理中被寄生烟粉虱若虫的着卵量间无显著差异($t=1.14$; $df=201$; $P=0.26$)(表 4)。

2.5 寄主竞争对两种寄生蜂产卵量及寄主着卵量的影响

在 Ef+Es 组合处理中, 丽蚜小蜂产于仅被丽蚜小蜂的寄生烟粉虱若虫体内的卵量低于被两种蜂均寄生的烟粉虱若虫体内丽蚜小蜂的卵量($t=2.19$; $df=44$; $P=0.03$), 浅黄恩蚜小蜂也出现同样的情况($t=2.77$; $df=44$; $P<0.01$)(表 5)。两者均寄生

表 4 不同寄生蜂组合对蜂产卵量及寄生寄主数量的影响(平均值±标准误)

Table 4 Effects of different combinations on number of eggs laid and host parasitized by two wasp species(Mean±SE)

处理 Treatments	寄生粉虱数量 Total host parasitized	蚜小蜂产卵量 Number of eggs laid	单头寄主着卵量 Number of eggs loaded per host
Ef+Ef	8.0±0.4 (14) a	10.2±0.5 (14) ab	1.29±0.05 b
Ef+Es	8.0±0.4 (23) a	14.0±1.2 (23) a	1.73±0.07 a
Es+Es	6.2±0.6 (15) b	9.5±2.0 (15) b	1.39±0.07 b

表中同一列数据后面字母不同表示数据间 Tukey-HSD 测验差异显著($P<0.05$)。下表同。Data in the same column followed by different letters are significantly different by Tukey-HSD test ($P<0.05$). The same for the following tables.

的烟粉虱若虫数量同任一种蜂单独寄生的烟粉虱若虫数量间无显著差异($F=2.95$; $df=2, 66$; $P=0.06$)(表 5)。而对所有被寄生烟粉虱若虫平均着卵量的比较结果发现, 被两种蜂寄生的烟粉虱若虫体内任一种蜂的卵量均显著高于仅被对应蜂种寄生的烟粉虱若虫体内该种蜂的卵量(丽蚜小蜂: $t=2.20$; $df=147$; $P=0.03$; 浅黄恩蚜小蜂: $t=2.18$; $df=134$; $P<0.03$), 而且, 在被两种蜂寄生的烟粉虱若虫体内, 浅黄恩蚜小蜂的卵量高于丽蚜小蜂的卵量($t=2.34$; $df=167$; $P<0.03$)。

表 5 寄主竞争对丽蚜小蜂和浅黄恩蚜小蜂产卵量及寄生寄主数量的影响(平均值±标准误)

Table 5 Effects of host competition on number of eggs laid and host parasitized by two wasp species (Mean±SE)

项目 Items	蚜小蜂总卵量 Eggs laid	寄生粉虱数 Host parasitized	单头寄主着卵量 Number of eggs loaded per host
仅被丽蚜小蜂寄生 Parasitized by <i>En. formosa</i> only	2.5±0.4 b	2.4±0.4 a	1.06±0.03 c
仅被浅黄恩蚜小蜂寄生 Parasitized by <i>En. sophia</i> only	2.6±0.4 b	2.2±0.3 a	1.19±0.07 bc
被两种蜂寄生 Parasitized by two wasp species	丽蚜小蜂 <i>En. formosa</i> 4.1±0.6 a	3.4±0.4 a	1.21±0.06 b
浅黄恩蚜小蜂 <i>En. sophia</i> 4.8±0.7 a			1.43±0.07 a

3 讨论

两种蜂在寄生过程上没有区别, 均是先用触角搜索寄主, 然后检测寄主, 最后产卵寄生, 但在每一过程的细节上存在差异。寄主检测方面, 丽蚜小蜂虽然检测寄主所用时间长于浅黄恩蚜小蜂, 但检测的圈数反而少于浅黄恩蚜小蜂的检测圈数, 效率较低。在产卵行为方面, 二者也存在差异, 丽蚜小蜂用时较长, 这可能是和产卵器长度有关, 因为两种蜂在产卵过程中均有来回抽拔并变换产卵器插入方向的动作, 估计是对寄主体内进行检测, 产卵器长的寄生蜂可以更快地完成检测(表 1)。因此, 从寄生效率来看, 浅黄恩蚜小蜂显著强于丽蚜小蜂。两种蜂后足胫节长度间无显著差异, 待产卵量的差异可能主要是由于蜂卵大小的差异造成的, 丽蚜小蜂待产卵的长度约比浅黄恩蚜小蜂待产卵长度短 1/5。待产卵量的差异可能是在只有一种蜂存在的情况下, 丽蚜小蜂寄生的寄主数量显著高于浅黄恩蚜小蜂寄生的寄主数量的原因, 因为待产卵量多意味可供产出的卵量多(表 1, 4)。对 5 日龄雌蜂体内待产卵量的检查发现, 有些雌蜂的卵量比 1 日龄的高, 但 5 日龄雌蜂待产卵量变化较大。去除不含待产卵的个体后, 丽蚜小蜂体内待产卵量最多达 16 粒, 最少仅 2 粒; 浅黄恩蚜小蜂最多达 9 粒, 最少 2 粒。而 1 日龄雌蜂体内待产卵量在个体间的变化较小。丽蚜小蜂的最多和最少分别为 10 和 6 粒, 浅黄恩蚜小蜂的则分别为 7 和 4 粒。这可能是由于没有提供寄主, 5 日龄雌蜂体内的待产卵被吸收的缘故。

对于浅黄恩蚜小蜂的发育历期, Antony 等(2003)报道卵历期为 48 ~ 72 h, 而本研究结果发现浅黄恩蚜小蜂的卵期为 24 h, 这可能是由于试验方法不同引起的: Antony 等(2003)是群体接寄生蜂 24 h 后开始观察, 且供试烟粉虱发育阶段不统一, 而本试验选取 4 龄初若虫作为寄主, 且观察到寄生蜂产卵寄生行为发生后开始计时。已有的研究表明寄生蜂寄生 3 龄末 4 龄初期的烟粉虱若虫发育最快。而总的发育历期 13 d 处于 Antony 等(2003)报道的 11.3 ~ 15.1 d 的范围内。考虑实验方法产生的时间误差, 丽蚜小蜂的发育速度和前人的研究结果也基本相符(张桂芬和付守三, 1989; 徐维红等, 2003)。

两种蜂共存时出现明显的竞争寄主现象, 表现在两种蜂组合的处理中被寄生寄主的着卵量比任何单独一种蜂的组合中被寄生寄主的着卵量要高; 而

且在两种蜂组合的处理中, 每种蜂在被两种蜂均寄生寄主体内产下的卵量显著高于仅被对应种蜂寄生时产于寄主体内的卵量, 这表明寄生蜂可以检测到竞争对手的存在, 并且通过增加在寄主体内的产卵量来提高在竞争中胜出的机率, 因为产多个卵可以提高后代的存活率(李元喜和刘树生, 2001)。

Collier 等(2002)根据 Pschorn-Walcher(1987)以及 Godfray 等(1994)提出的理论, 认为在内寄生蜂之间的竞争中, 如果卵大的蜂能够早一些孵化或者孵化幼虫个体比卵小的寄生蜂幼虫个体大, 则应该能在竞争中胜出, 基于这些假设, 进一步认为, 进行生物防治是应该人工释放小卵寄生蜂。他们以 *En. pergandiella* 和 *En. formosa* 为对象的研究结果却发现, 小卵的 *En. pergandiella* 在寄主的竞争中胜出。在类似研究文献中发现, 卵大小有较大差异的 4 对寄生蜂的寄主竞争中, 小卵寄生蜂胜出的情况有 3 对(Chow and Mackauer, 1984; Bai and Mackauer 1991; Tillman and Powell, 1992; Demoraes *et al.*, 1999)。而本研究中, 浅黄恩蚜小蜂的卵要大于丽蚜小蜂的卵, 在解剖寄主检查寄生情况的过程中发现, 浅黄恩蚜小蜂幼虫先孵化, 而且有浅黄恩蚜小蜂幼虫的寄主体内出现丽蚜小蜂卵死亡的现象(发育卵沿纵轴有浅黄色胚带), 因此基本可以确定浅黄恩蚜小蜂会在寄主竞争中胜出, 继续饲养的结果也以浅黄恩蚜小蜂羽化数量较多(浅黄恩蚜小蜂占 88.7%), 浅黄恩蚜小蜂卵发育历期短可能是其中一个原因。在 Collier 等(2002)的实验中, *En. pergandiella* 的卵显著小于 *En. formosa*, 但 *En. pergandiella* 卵的发育历期却长于 *En. formosa* 卵的发育历期, 然而前者仍然在竞争中胜出。Pedata 等(2002)以温室白粉虱和两种寄生蜂为对象开展了寄主竞争的研究, 当二者寄生时间接近的情况下, 寄生发生 96 h 后的解剖结果发现, 寄主体内有存活的 *En. pergandiella* 幼虫, 而 *En. formosa* 幼虫已经死亡, 即使 *En. formosa* 幼虫比 *En. pergandiella* 早 24 h 孵化, *En. pergandiella* 仍然在竞争中胜出。因此, 对于两种寄生蜂的寄主竞争机制还需要进行进一步的研究。

很多种寄生蜂能够识别寄主是否已经被同种或其他种寄生蜂个体寄生过(李元喜和刘树生, 2001)。Pedata 等(2002)以温室白粉虱和 *En. pergandiella* 及 *En. formosa* 为系统开展了寄主竞争的研究, 结果认为两种寄生蜂均不能识别寄主是否已经被对方寄生过, 然而在本研究中, 被两种蜂均寄生的寄主体内, 任一种蜂的卵量均比仅被一种蜂寄生的寄主体内该

蜂的卵量高,表明两种蜂均能识别出寄主体内有另外一种蜂卵的存在。施祖华等(2004)以菜蛾盘绒茧蜂 *Cotesia plutellae* 和半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* 以及小菜蛾为研究对象时,发现两种蜂共处的寄生率虽然略高于单独时候的寄生率,但二者间无显著差异。本研究中,根据表 4 和表 5 的结果可知,在丽蚜小蜂组合中,单头丽蚜小蜂寄生数量为 $8.0 \div 4 = 2.0$,而组合处理中丽蚜小蜂寄生了 $2.4 \div 3.4 = 0.7$ 头寄主;同样,浅黄恩蚜小蜂在两种情况下的寄生寄主数分别为 3.1 和 5.6 头,表明竞争者的存在会促进两种蜂的寄生效果,而且浅黄恩蚜小蜂的寄主竞争表现得更强。这可能是因为寄主对象不同,寄主检测以及寄生时间不同造成的。

Netting 和 Hunter (2000) 研究报道,丽蚜小蜂可以杀死寄主体内其他寄生蜂所产的卵;关于浅黄恩蚜小蜂目前还没有报道。但我们在实验中发现,在被两种蜂寄生的寄主体内,常常是浅黄恩蚜小蜂的幼虫先孵化,且在被两种寄生蜂寄生的烟粉虱若虫中,有 40% 以上的若虫体内出现丽蚜小蜂卵被包裹的现象,估计这些卵是被浅黄恩蚜小蜂杀死后才被包裹的,从产卵器长度(表 1)看,浅黄恩蚜小蜂具有杀卵行为的可能性更大。

参 考 文 献 (References)

Antony B, Palaniswami MS, Hennebery TJ. 2003. *Encarsia transversa* (Hymenoptera: Aphelinidae) development on different *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) instars. *Environ. Entomol.*, 32 (3): 584–591.

Bai B, Mackauer M. 1991. Recognition of heterospecific parasitism: Competition between aphidiid (*Aphidius ervi*) and aphelinid (*Aphelinus asychis*) parasitoids of aphids (Hymenoptera: Aphidiidae; Aphelinidae). *J. Insect Behav.*, 4: 333–345.

Bogran CE, Heinz KM. 2006. Time delay and initial population density affect interactions between *Encarsia pergandiella* Howard and *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environ. Entomol.*, 35(3): 661–669.

Briggs CJ, Collier TR. 2001. Autoparasitism, interference, and parasitoids-pest population dynamics. *Theor. Popul. Biol.*, 60: 33–57.

Chow FJ, Mackauer M. 1984. Inter- and intraspecific larval competition in *Aphidius smithi* and *Praon pequodorum* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Can. Entomol.*, 116: 1097–1107.

Collier T, Kelly S, Hunter M. 2002. Egg size, intrinsic competition, and lethal interference in the parasitoids *Encarsia pergandiella* and *Encarsia formosa*. *Biol. Control*, 23: 254–261.

Collier TR, Hunter MS. 2001. Lethal interference competition in the whitefly parasitoids *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia sophia*. *Oecologia*, 129: 147–154.

Demoraes CM, Cortesero AM, Stapel JO, Lewis WJ. 1999. Intrinsic and

extrinsic competition between two larval parasitoids of *Heliothis virescens*. *Ecol. Entomol.*, 24: 402–410.

Gerling D, Oscar A, Judit A. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Prot.*, 20: 779–799.

Giorgini M, Baldanza F. 2004. Species status of two populations of *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (Hymenoptera: Aphelinidae) native to different geographic areas. *Biol. Control*, 30: 25–35.

Godfray HCJ. 1994. Parasitoids: Evolutionary and Behavioral Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Goolsby JA, DeBarro PJ, Kirk AA, Sutherst RW, Canas L, Ciomperlik MA, Elsworth PC, Gould JR, Hartley DM, Hoelmer KA, Naranjo SE, Rose M, Roltsch WJ, Ruiz RA, Pickett CH, Vacek DC. 2005. Post-release evaluation of biological control of *Bemisia tabaci* biotype 'B' in the USA and the development of predictive tools to guide introductions for other countries. *Biol. Control*, 32: 70–77.

Heinz KM, Nelson JM. 1996. Interspecific interactions among enemies of *Bemisia* in an inundative biological control program. *Biol. Control*, 6: 384–393.

Huang Jian, Zheng QH, Fu JW, Huang PY, Gu DX. 2000. Investigation and identification of the whitefly parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae, Platygastridae). *Entomol. J. East China*, 9(2): 29–33. [黄建, 郑琼华, 傅建伟, 黄蓬英, 古德祥. 2000. 粉虱寄生蜂种类的调查与鉴定. 华东昆虫学报, 9(2): 29–33]

Kajita H. 2000. Geographical distribution and species composition of parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*-complex (Homoptera: Aleyrodidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 35(1): 155–162.

Li YX, Liu SS. 2001. Superparasitism in insect parasitoids. *Entomol. Knowl.*, 38(3): 169–172. [李元喜, 刘树生. 2001. 拟寄生昆虫中的过寄生现象. 昆虫知识, 38(3): 169–172]

Meng XF, He JH, Liu SS, Chen XX. 2006. Parasitoids of *Bemisia tabaci* and their use as biological control agents. *Chinese J. Biol. Control*, 22(3): 174–179. [孟祥锋, 何俊华, 刘树生, 陈学新. 2006. 烟粉虱的寄生蜂及其应用. 中国生物防治, 22(3): 174–179]

Naranjo SE. 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.*, 20(9): 835–852.

Netting JF, Hunter MS. 2000. Ovicide in the whitefly parasitoid, *Encarsia formosa*. *Anim. Behav.*, 60: 217–226.

Otim M, Legg J, Kyamanywa S, Polaszek A, Gerling D. 2005. Occurrence and activity of *Bemisia tabaci* parasitoids on cassava in different agro-ecologies in Uganda. *BioControl*, 50(1): 87–95.

Pavis C, Huc JA, Delvare G, Boissot N. 2003. Diversity of the parasitoids of *Bemisia tabaci* B-biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) in Guadeloupe Island (West Indies). *Environ. Entomol.*, 32(3): 608–613.

Pedata PA, Giorgini M, Guemieri E. 2002. Interspecific host discrimination and within-host competition between *Encarsia formosa* and *E. pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), two endoparasitoids of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.*, 92: 521–528.

Pschom-Walcher H. 1987. Interspecific competition between the principle larval parasitoids of the pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff) (Hym.: Diapriidae). *Oecologia*, 73: 621–625.

- Qiu BL, Ren SX, Lin L, Wang XM. 2004. Species and dynamics of aphelinid parasitoids of *Bemisia tabaci* in Guangdong. *Entomol. Knowl.*, 41(4): 333–335. [邱宝利, 任顺祥, 林莉, 王兴民, 2004. 广东省烟粉虱蚜小蜂种类及种群动态调查初报. 昆虫知识, 41(4): 333–335]
- Rolsch WJ. 2001. Establishment of introduced parasitoids of the silverleaf whitefly in the Imperial Valley of CA. In: Woods DM ed. Biological Control Program Annual Summary, 2000. California Department of Food and Agriculture, Plant Health and Pest Prevention Services, Sacramento, California. 21.
- Shi ZH, Li QB, Li X, Liu SS. 2004. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) in parasitizing *Plutella xylostella* larvae. *Acta Entomol. Sinica*, 47(3): 342–348. [施祖华, 李庆宝, 李欣, 刘树生, 2004. 半闭弯尾姬蜂与菜蛾盘绒茧蜂寄生菜蛾幼虫时的种间竞争. 昆虫学报, 47(3): 342–348]
- Simmons AM, Abd-Rabou S. 2005. Parasitism of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) after multiple release of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) in three vegetable crops. *J. Agric. Urban Entomol.*, 22(2): 73–77.
- Tillman PG, Powell JP. 1992. Interspecific discrimination and larval competition among *Microplitis croceipes*, *Microplitis demolitor*, *Cotesia kazak* (Hym.: Braconidae) and *Hyposoter didymator* (Hym.: Ichneumonidae) parasitoids of *Heliothis virescens* (Lep.: Noctuidae). *Entomophaga*, 37: 439–451.
- Xu WH, Zhu GR, Li GL, Xu BY, Zhang YJ, Wu QJ. 2003. Influence of temperature on the biology of *Encarsia formosa* parasitizing the whitefly *Bemisia tabaci*. *Chinese J. Biol. Control*, 19(3): 103–106. [徐维红, 朱国仁, 李桂兰, 徐宝云, 张友军, 吴青君, 2003. 温度对丽蚜小蜂寄生烟粉虱生物学特性的影响. 中国生物防治, 19(3): 103–106]
- Zhang GF, Fu SS. 1989. The ontogene of *Encarsia formosa* Gahan. *J. Hebei Agric. Univer.*, 12(2): 50–55. [张桂芬, 付守三, 1989. 丽蚜小蜂(*Encarsia formosa* Gahan)的个体发育. 河北农业大学学报, 12(2): 50–55]

(责任编辑: 袁德成)