

浅黄恩蚜小蜂雌蜂的个体发育及其寿命和产卵量的观察

周长青¹, 李元喜², 刘同先³, 张帆¹, 罗晨^{1*}

(1. 北京市农林科学院植保环保所, 北京 100097; 2. 南京农业大学植物保护学院/农业部作物病虫害监测与防控重点开放实验室, 南京 210095; 3. 美国德克萨斯 A & M 大学 Weslaco 试验站, TX 78596-8399)

摘要: 在实验室 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、RH70%~75%、光照 L:D=14h:10h、光照强度 3500lx 条件下, 观察了以烟粉虱为寄主时, 浅黄恩蚜小蜂雌蜂的个体发育及羽化雌蜂的产卵量和寿命, 并描述了各发育阶段的形态特征。结果发现, 根据蜕皮现象及形态特征, 雌蜂羽化前的发育可分为 6 个阶段: 卵期、一龄幼虫、二龄幼虫、三龄幼虫、预蛹期和蛹期。一龄和二龄的发育历期均为 1d 左右, 卵和三龄的发育历期约需 2d, 预蛹期 0.8d, 蛹期 5d。在每天更换寄主的情况下, 雌蜂平均寿命 21.9d, 最长 29d, 最短 8d; 产卵量为 79.1 粒, 最多 124 粒, 最少 51 粒。

关键词: 浅黄恩蚜小蜂; 雌蜂; 烟粉虱; 个体发育

中图分类号: S476.3 文献标识码: A 文章编号: 1005-9261(2010)02-0113-06

Development and Morphology of Female Immature of *Encarsia sophia* and Their Longevity and Fecundity

ZHOU Chang-qing¹, LI Yuan-xi², LIU Tong-xian³, ZHANG Fan¹, LUO Chen^{1*}

(1. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Department of Entomology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Monitoring and Management of Crop Diseases and Pest Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China; 3. Texas Agri-Life Research Station, The Texas A & M University System, TX 78596-8399, USA)

Abstract: In the laboratory ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 70%–75% RH, a photoperiod of L:D=14 h:10 h and light intensity 3500 lx), the development and morphology of immature stages of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) females and the fecundity and longevity of female adults using *Bemisia tabaci* as the host were investigated. The developmental time from egg to adult emergence was averaged 12.8 d, in which 1.9 d was for egg, 1.1, 1.0, and 2.2 d for first-, second- and third-instars larvae, respectively, and 6.5 d for pupal stage. The size of each immature stage was measured. The longevity of female adults was averaged 21.9 d (ranging from 8 d to 29 d) and the fecundity was averaged 79.1 eggs (ranging from 51

收稿日期: 2009-08-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2009CB119200); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A08, 2008BADA5B06)

作者简介: 周长青(1981-), 男, 硕士; *通讯作者, E-mail: LuoChen@baafs.net.cn.

to 124 eggs).

Key words: *Encarsia sophia*; female wasp; *Bemisia tabaci*; development

浅黄恩蚜小蜂[*Encarsia sophia* (Girault & Dodd)] 起源于印度, 1926 年由 Timberlake^[1] 首次报道后在世界各地均有发现。近年来作为世界性害虫烟粉虱[*Bemisia tabaci* (Gennadius)] 的优势寄生性天敌之一受到关注^{2~12}。我国已有调查表明, 浅黄恩蚜小蜂在北方和南方均有分布(谷希树, 私人通讯), 在南方为优势种^{13, 14}。随着烟粉虱抗药性的增长和生物型的分化, 生物防治在控制烟粉虱暴发为害方面的作用日渐突出。国外相关研究表明, 浅黄恩蚜小蜂有较强的适应能力。最近 Zang 和 Liu^[11, 12] 的研究结果表明, 该寄生蜂具有超强的取食寄主能力, 极有潜力成为一种新的烟粉虱生防作用物。但迄今为止, 国内关于浅黄恩蚜小蜂的研究报道尚少。本文在实验室条件下研究了浅黄恩蚜小蜂雌蜂寄生于烟粉虱的发育情况, 考察了雌蜂寿命及产卵量, 以期为该蜂的后续研究提供参考, 并为大量繁殖以及实际应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫和寄主植物

烟粉虱采自北京市农林科学院温室番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 植株上, 室内以番茄植株繁殖续代。浅黄恩蚜小蜂 2006 年 9 月自美国德克萨斯 A & M 大学 Weslaco 试验站引入。番茄(品种盆栽红)种子购于北京市农林科学院蔬菜研究所特菜中心, 营养钵育苗后定植在口径 10cm 的塑料盆内, 放入 120 目尼龙纱网的罩笼(50cm×60cm×70cm)里, 取无虫健壮苗备用。

1.2 昆虫的饲养

将单株健壮的番茄净苗置于养虫笼内(30cm×30cm×30cm), 接 100 头烟粉虱成虫, 24h 后去除, 将苗转入罩笼内培养, 待烟粉虱若虫发育到四龄前期备用。

从浅黄恩蚜小蜂种群笼内挑取发育健康、蛹壳有光泽的黑蛹, 置于铺有定性滤纸培养皿(φ9cm)中保湿。将新羽化的成蜂转移到培养皿中, 提供 5% 蜂蜜水, 交配后备用。

1.3 接蜂方法

选取带有适龄烟粉虱若虫的番茄叶片, 于解剖镜下除去不适寄主, 仅保留三龄末或四龄初若虫, 用脱脂棉包裹叶柄, 注水保湿, 放入培养皿中。每培养皿放番茄叶 3~4 片, 引入交配过雌蜂 5~6 头, 温室条件下 3h 后去除雌蜂, 然后将培养皿放入光照培养箱中。

1.4 个体发育观察

1.4.1 发育进度观察 接蜂后每隔 12h 随机抽取烟粉虱若虫 25 头, 在带有测微尺的解剖镜(Motic 140)下进行解剖。观察并记录浅黄恩蚜小蜂的形态特征和发育阶段, 测量虫体大小。发育进入到预蛹期后, 由于可以直接观察到烟粉虱体内寄生蜂的发育状态, 不再解剖。参照李元喜等^[10] 方法, 跟踪记录每头预蛹的发育情况, 直至羽化。

1.4.2 发育历期计算方法 接蜂时间作为寄生蜂发育的起始时间, 统计每次解剖中各发育阶段浅黄恩蚜小蜂的比例。若某一发育阶段的虫态占当批解剖蜂总量的 50%, 则判定该解剖时间为浅黄恩蚜小蜂进入该发育阶段的时间。发育时间的统计以在该时间之前解剖的所有发育进入到下一阶段的蜂为数据源。

试验均在光照培养箱(25±1℃、RH70%~75%、L:D=14h:10h、光照强度 3500lx)中进行。

1.5 交配雌蜂寿命及产卵量

取新羽化的雌蜂与若干头雄蜂混合放置 2h 后, 单头饲养在培养皿(ø9cm)中, 放入带有未接触过寄生蜂烟粉虱若虫的番茄叶片。之后每天更换, 并解剖更换下来叶片上所有烟粉虱若虫, 统计寄生蜂产卵量。每 12h 观察记录存活情况, 直至蜂死亡。试验条件同 1. 4。

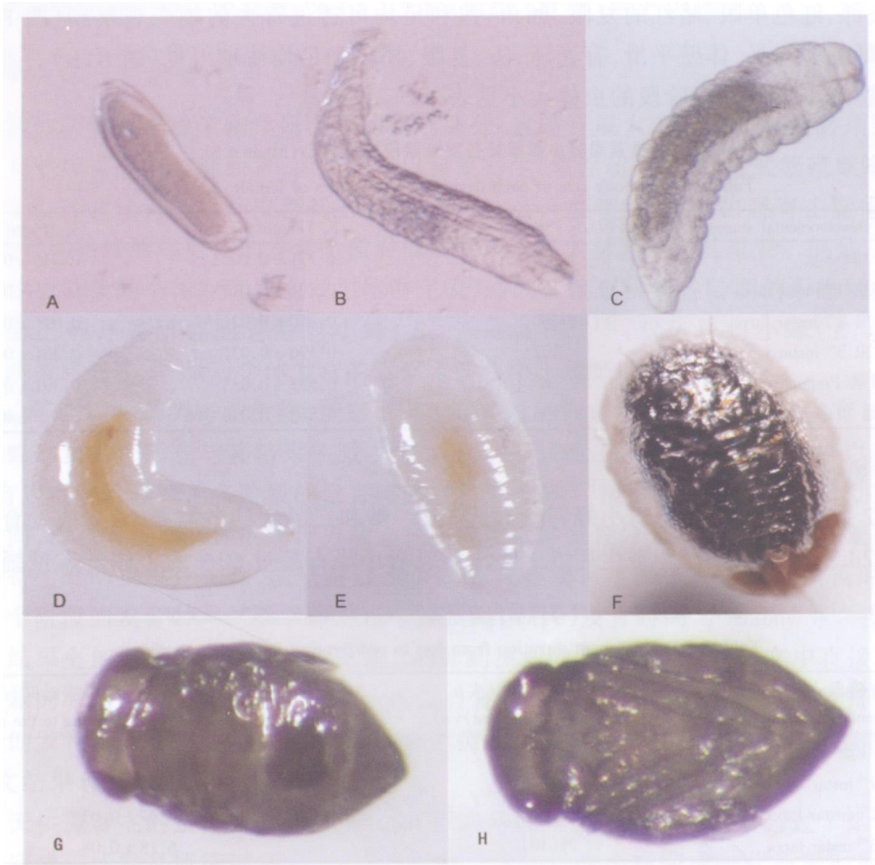
1.6 数据分析

所得数据用 Excel 软件进行计算和分析。

2 结果与分析

2.1 浅黄恩蚜小蜂各发育阶段形态描述

2.1.1 卵 新产蜂卵呈长椭圆形, 乳白色半透明, 一端较圆钝, 另一端有一较尖细小柄(图 A)。随着胚胎的发育, 卵的体积明显增大, 内部逐渐变得不透明, 内容物与卵壳之间界限则更加清晰。孵化幼虫头部先钻出卵壳。



A. 卵; B. 一龄幼虫; C. 二龄幼虫; D. 三龄幼虫; E. 预蛹; F. 黑蛹; G. 裸蛹背面; H. 裸蛹腹面

A. Egg; B. 1st instar larva; C. 2nd instar larva; D. 3rd instar larva; E. Prepupa; F. Black pupa; G. Naked pupa(from dorsal);
H. Naked pupa(from venter)

图 雌性浅黄恩蚜小蜂各发育阶段的形态

Fig. Morphology of different developmental stages of female *E. sophia*

- 2.1.2 一龄幼虫 刚刚孵化出幼虫通体透明, 虫体细长, 头部钝圆(图 B), 不断扭动躯体, 非常活跃。末端有一清晰可见“小尾巴”, 有时还可见到刚蜕下的卵壳附着其上。早期所有体节均不明显。后期在 80 倍解剖镜下可清晰观察到 13 个体节, 其中包括 3 个胸节和 10 个腹节。一龄后期, 幼虫变得更加粗壮, 活动也显迟缓, 虫体透明度明显降低。
- 2.1.3 二龄幼虫 该龄期体节最为明显, 且在第 13 体节上有一纽扣状的结构, 由一龄幼虫末端的“小尾巴”发育而来(图 C)。体表仍然透明, 在解剖镜下能够观察到体内脏器的轮廓。
- 2.1.4 三龄幼虫 于三龄初期, 可以观察到蜕至腹部末端的二龄幼虫表皮。在 80 倍解剖镜下可清晰观察到蜂体节上气门。三龄后期, 之前取食所形成的粪便均积存在体内, 寄生蜂幼虫由黄色变成浅棕色(图 D)。透过寄主的表皮可以看到弯曲的寄生蜂幼虫。
- 2.1.5 预蛹 预蛹是介于三龄和黑蛹之间的一个特殊时期, 不食不动, 通体透明(图 E)。在烟粉虱体内蜂预蛹的后部两侧, 有三龄幼虫化蛹前排出的深褐色粪便。
- 2.1.6 黑蛹 预蛹蛹壳无色透明, 在较短的时间里(0.78d)蛹壳变成黑色, 称“黑蛹”。在黑蛹的末期, 头部、红色单眼、暗红的复眼、触角、翅和足均可透过寄主的蛹壳观察到(图 F)。解剖出来的黑蛹蛹体扁平, 体壁平滑, 有光泽, 头、复眼、翅鞘和足均清晰可见(图 G、H)。

浅黄恩蚜小蜂各发育阶段的虫体大小见表 1。

表 1 浅黄恩蚜小蜂雌蜂各发育阶段虫体大小(Mean±SE)

Table 1 The body size of each developmental stages of female *E. sophia*

发育阶段 Developmental stages	观察数(头)Sample size(n)	长 Length(mm)	宽 Width(mm)
卵 Egg	75	0.171±0.002	0.045±0.001
一龄幼虫 1 st instar larva	49	0.224±0.012	0.085±0.006
二龄幼虫 2 nd instar larva	53	0.350±0.031	0.091±0.005
三龄幼虫 3 rd instar larva	102	0.596±0.035	0.201±0.009
预蛹 Prepupa	30	0.562±0.033	0.391±0.013
黑蛹 Black pupa	196	0.582±0.020	0.410±0.011

2.2 浅黄恩蚜小蜂发育历期

由表 2 数据可知, 浅黄恩蚜小蜂卵期约为 2d, 一龄和二龄大约各需要 1d 完成发育, 三龄则需要大约 2d 才能完成发育。寄生后 6.18d 浅黄恩蚜小蜂有超过 50%的个体进入预蛹期。

表 2 浅黄恩蚜小蜂雌性后代由卵发育到预蛹所需时间(Mean±SE)

Table 2 Development duration from egg to pre-pupa of female *E. sophia*

发育阶段 Developmental stages	观察蜂(寄主)数(头) Sample size of wasp(host)(n)	从卵发育到该阶段所需时间(d) Developmental time from egg to the stage
卵 Egg	21(49)	1.90±0.06
一龄幼虫 1 st instar larva	23(53)	2.96±0.03
二龄幼虫 2 nd instar larva	18(102)	3.97±0.03
三龄幼虫 3 rd instar larva	25(30)	6.18±0.08

浅黄恩蚜小蜂进入预蛹期后, 可以从烟粉虱的背部清晰地看到其体内的寄生蜂幼虫, 并可以准确判断蜂的发育阶段。因此, 该阶段未解剖烟粉虱若虫, 而是通过跟踪标记的方法观察小蜂预蛹到羽化的发育, 然后统计各虫态发育历期, 结果见表 3。由于预蛹期的起点是所有个体均进入预蛹期, 所以表 3 中发育至预蛹所需时间略长于表 2 中根据 50%个体发育到该阶段所

需时间,但二者差异不显著($df=228$; $P=0.40$)。

表 3 雌性浅黄恩蚜小蜂雌蜂从卵发育到预蛹及成蜂所需时间(Mean±SE)

Table 3 Development duration of female *E. sophia* from egg to prepupa and adult

发育阶段 Developmental stages	观察数(头) Sample size(n)	从卵发育到该阶段所需时间(d) Developmental time from egg to the stage(d)
预蛹 Prepupa	205	6.30±0.05
黑蛹 Black pupa	196	7.14±0.05
成虫 Adult	196	12.80±0.07

2.3 交配雌蜂寿命及产卵量

由于交配过的雌蜂才能直接在烟粉虱体内产卵,因此,可以通过解剖供试烟粉虱推断观察蜂是否已交配。如果解剖的烟粉虱未发现蜂卵,则视所接蜂未交配,并从统计数据中剔除,最后得到 25 头雌蜂的数据。在每天提供寄主情况下,雌蜂平均寿命为 21.9 ± 1.0 d(最长 29d,最短 8d);单头雌蜂的平均产卵量为 79.1 ± 3.6 粒(最多 124 粒,最少 51 粒)。

3 讨论

个体发育研究是昆虫生物学研究中的基础部分,也是开展人工大量繁殖前必须要弄清楚 的环节。对于浅黄恩蚜小蜂而言,由于该蜂以自复寄生(兼性超寄生)的方式繁殖雄蜂,产雄生 殖时要求寄主体内已有寄生蜂发育到三龄,否则可能会产受精卵,从而出现寄主竞争的现象。 因此,准确把握该蜂雌蜂后代的发育阶段对以后开展人工大量繁殖尤其重要。但是,恩蚜小蜂 属寄生蜂幼虫阶段的个体发育均在寄主体内完成,难以直接观察到各龄期的形态特征和发育 情况。目前已经开展研究的有丽蚜小蜂(*E. formosa*)^[15~17]、双斑恩蚜小蜂(*E. bimacula-* *ta*)^[18,19]、浅黄恩蚜小蜂^[4],对个体发育的观察主要集中于预蛹期以后的情况。

Antony 等^[4]以甘薯为寄主植物,观察了寄生烟粉虱的浅黄恩蚜小蜂的个体发育,本试验所 观察到的蜂幼虫发育形态与其结果一致。但 Antony 等只给出了卵到预蛹及预蛹以后的发育 时间,没有观察统计预蛹前各阶段的发育时间。钱明惠等^[19]报道了双斑恩蚜小蜂幼虫各龄期 的发育时间,但没有说明具体的统计方法。本文将雌蜂的发育分为 6 个阶段,通过解剖被寄生 寄主检查寄生蜂幼虫发育状态,按照超过 50%的方式推测寄生蜂各发育阶段所需时间,统计 了所有 6 个阶段的发育时间。其中卵到预蛹及预蛹以后的发育时间与 Antony 等^[4]接近,但本 研究所得结果更加精确;通过解剖统计得出的卵到预蛹的发育时间也与本文中直接观察得到 的卵到预蛹的时间接近。由于浅黄恩蚜小蜂以自复寄生的方式繁殖雄蜂,且自复寄生时对已 发育雌蜂的发育阶段有较为严格的要求,准确把握雌蜂的发育阶段对于雄蜂的繁殖非常重要。 因此,本文结果可以用于指导人工繁殖。

在每天供应寄主的条件下,浅黄恩蚜小蜂平均寿命为 21.9d,这一数据超过了烟粉虱在同 样条件下完成一代发育所需时间(约 16d),也长于浅黄恩蚜小蜂完成一代所需时间(雌蜂约 13d,雄蜂约 18d,含初寄生蜂的发育时间)。因此,田间小蜂种群很容易形成世代重叠,从理论 上讲,非常适合于做为烟粉虱生物防治的资源,尤其在相对封闭的温室内释放。

参 考 文 献

[1] Timberlake P H. New species of Hawaiian chakid flies (Hymenoptera)[J]. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society,

1926, 6: 305—320

- [2] Kajita H. Geographical distribution and species composition of parasitoids(Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*-complex(Homoptera: Aleyrodidae) in Japan[J]. Applied Entomology and Zoology, 2000, 35(1): 155—162.
- [3] Roltsch W J. Establishment of introduced parasitoids of the silverleaf whitefly in the Imperial Valley of CA[A]. In: Woods D M, ed. Biological Control Program Annual Summary, 2000[C]. Sacramento, California: California Department of Food and Agriculture, Plant Health and Pest Prevention Services, 2001. 21.
- [4] Antony B, Palaniswami M S, Henneberry T J. *Encarsia transversa* (Hymenoptera: Aphelinidae) development on different *Bemisia tabaci* Gennadius(Homoptera: Aleyrodidae) instars[J]. Environmental Entomology, 2003, 32(3): 584—591.
- [5] Pavis C, Huc J A, Delvare G, et al. Diversity of the parasitoids of *Bemisia tabaci* B-biotype(Hemiptera: Aleyrodidae) in Guadeloupe Island(West Indies)[J]. Environmental Entomology, 2003, 32(3): 608—613.
- [6] Giorgini M, Baldanza F. Species status of two populations of *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (Hymenoptera: Aphelinidae) native to different geographic areas[J]. Biological Control, 2004, 30(1): 25—35.
- [7] Goolsby J A, De Barro P J, Kirk A A, et al. 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[J]. Biological Control, 2005, 32(1): 70—77.
- [8] Otim M, Legg J, Kyamanywa S, et al. Occurrence and activity of *Bemisia tabaci* parasitoids on cassava in different agro-ecologies in Uganda[J]. BioControl, 2005, 50(1): 87—95.
- [9] Simmons A M, Abd-Rabou S. Parasitism of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) after multiple release of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) in three vegetable crops[J]. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 2005, 22(1): 73—77.
- [10] 李元喜, 罗晨, 周长青, 等. 烟粉虱两种寄生蜂生物学特性及寄主竞争关系研究[J]. 昆虫学报, 2008, 51(7): 738—744.
- [11] Zang L S, Liu T X. Host feeding of three whitefly parasitoid species(Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* B biotype(Homoptera: Aleyrodidae), with implication for whitefly biological control[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2008, 127(1): 55—63.
- [12] Zang L S, Liu T X. Food-deprived host-feeding parasitoids kill more pest insects[J]. Biocontrol Science and Technology, 2009, 19: 573—583.
- [13] 黄建, 郑琼华, 傅建伟, 等. 粉虱寄生蜂种类的调查与鉴定[J]. 华东昆虫学报, 2000, 9(2): 29—33.
- [14] 邱宝利, 任顺祥, 林莉, 等. 广东省烟粉虱小蜂种类及种群动态调查初报[J]. 昆虫知识, 2004, 41(4): 333—335.
- [15] 张桂芬, 付守三. 丽蚜小蜂(*Encarsia formosa* Gahan)的个体发育[J]. 河北农业大学学报, 1989, 12(2): 50—55.
- [16] Szabo P, van Lenteren J C, Huisman P W T. Development time, survival, and fecundity of *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*[J]. IOBC/WPRS Bulletin, 1993, 16(2): 173—176.
- [17] Hu J S, Gelman D B, Blackburn M B. Growth and development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): effect of host age[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2002, 49(1): 125—136.
- [18] Antony B, Palaniswami M S, Kirk A A, et al. Development of *Encarsia bimaculata* (Heraty and Polaszek) (Hymenoptera: Aphelinidae) in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) nymphs[J]. Biological Control, 2004, 30(1): 546—555.
- [19] 钱明惠, 任顺祥, 邱宝利. 双斑蚜小蜂的生殖方式及其在烟粉虱体内的发育[J]. 昆虫知识, 2007, 4(3): 397—401.