

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.03.1

螟黄赤眼蜂的个体发育

黄燕嫦^{1*}, 易帝玮^{1*}, 宋子伟², 李敦松^{2**}, 张古忍^{1**}

(1. 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510275;

2. 广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 螟黄赤眼蜂广泛应用于多种农林害虫的生物防治, 常用米蛾卵进行规模化繁育。本文观察了螟黄赤眼蜂在米蛾卵中的个体发育过程。结果发现, 在 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 螟黄赤眼蜂从产卵到成虫的个体发育过程历时 8 d, 其中胚胎期 26 h, 幼虫期 36 h, 预蛹期 48 h, 蛹期 84 h, 在产卵后的 192 h 后成虫开始羽化。螟黄赤眼蜂卵为白色透明的棒状, 随着胚胎发育时间的增加, 其长径和短径逐渐变大, 但两者之比逐渐减少; 刚进入幼虫期的虫体长径与短径之比较大, 虫体上下宽度基本相等, 但体积随取食而快速增加; 虫体出现梅花斑和米蛾卵卵壳颜色变黑是进入预蛹期的标志; 蛹的头、胸和腹部明显分界, 梅花斑消失, 腹部二条黑带逐渐横贯整个腹背面, 复眼随着时间的增加逐渐加深, 最后为深红色。经过 192 h 的发育, 螟黄赤眼蜂成虫羽化, 咬破米蛾卵壳而出。

关键词: 螟黄赤眼蜂; 个体发育; 米蛾卵; 生物防治

中图分类号: Q965; S476

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 03-0457-06

The individual development of *Trichogramma chilonis* on *Corcyra cephalonica* eggs

HUANG Yan-Chang^{1*}, YI Di-Wei^{1*}, SONG Zi-Wei², LI Dun-Song^{2**}, ZHANG Gu-Ren^{1**} (1. State Key Laboratory for Biocontrol & Institute of Entomology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract: *Trichogramma chilonis* was commonly mass reared on *Corcyra cephalonica* eggs and widely used as a biological control agent against many agriculture and forestry insect pests. In this study, the individual development of *T. chilonis* on *C. cephalonica* eggs was observed at the temperature of $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. The results showed that it was taken 8 days for *T. chilonis* to complete the development from egg to pupa, including 26 h of embryonic development, 36 h of larva, 48 h of prepupa, 84 h of pupa, and adults emerged on day 9. The *T. chilonis* eggs laid in *C. cephalonica* eggs were pellucid white claviforma. Few changes of egg appearance were happened during embryo development, except for the expanding sizes and shrinking ratio of major axis and minor axis. The ratio of major axis and minor axis was relatively high at the beginning of larval stage whose size increased sharply with larva feeding. The plum spots on the dorsal abdomen and *C. cephalonica* eggshell turning black were the typically characteristics of prepupal stage. In the pupal stage, plum spots disappeared, the compound eyes and inset body turned deep over time. Adults emerged on the day 9 after the egg laying of *T. chilonis*.

Key words: *Trichogramma chilonis*; individual development; *Corcyra cephalonica* eggs; biological control

基金项目: 国家重点基础发展计划 (973) 项目 (2013CB127602); 广东省农业科学院院长基金项目 (201405)

* 共同第一作者简介: 黄燕嫦, 女, 1990 年, 硕士研究生, 主要从事害虫生物防治研究, E-mail: pp68986@163.com; 易帝玮, 女, 1989 年, 硕士研究生, 主要从事害虫生物防治, E-mail: fsy0610@126.com

** 通讯作者 Author for correspondence: dsli@gdppri.cn; zhanggr@mail.sysu.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-03-31; 接受日期 Accepted: 2016-05-18

螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* Ishii 具有广泛的寄主,能够寄生 80 多种农林害虫,是目前大规模生产的赤眼蜂之一,应用于多种农林害虫的生物防治(林乃铨,1994;张帆等,1998;易帝玮等,2014;汪庚伟等,2015)。米蛾 *Corcyra cephalonica* 饲养不受季节和地理条件的限制,价格低廉,米蛾卵全年都能获得,资源丰富,是繁殖螟黄赤眼蜂的优良寄主,是螟黄赤眼蜂人工繁蜂和保种的重要寄主之一(陈红印,2000;马德英,2001)。经过不断研究与改进,利用米蛾卵繁育螟黄赤眼蜂的生产技术和流程已经成功研制出来,并建立机械化生产线,基本步入了机械化生产的轨道(宋若川等,1994;刘志诚等,1996)。

赤眼蜂是卵寄生蜂,其个体发育过程对赤眼蜂的人工繁殖,贮存和适期释放有着重要的影响,充分了解和明确赤眼蜂的个体发育,能够为提高赤眼蜂的规模化生产效率提供理论基础。现已有多种赤眼蜂的个体发育研究报道,如利翠英(1961)对广赤眼蜂 *T. evanescens* 的个体发育过程进行了详细的研究,并描述了广赤眼蜂各个发育阶段的生理特征及其解剖学特性。另外王承纶(1981)也详细研究了松毛虫赤眼蜂 *T. dendronimi* 的整个个体发育规律,并找出松毛虫赤眼蜂各个发育时期的发育起点温度及其有效积温常数。王雷英等(2015)则对玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae* 和松毛虫赤眼蜂的产卵及其个体发育过程进行了比较。上述研究对广赤眼蜂、松毛虫赤眼蜂等能进行大规模生产的赤眼蜂个体发育过程进行了详细的观察和研究,但对防治二化螟、稻纵卷叶螟等水稻害虫的螟黄赤眼蜂研究甚少,只有 Taraka 等(1985)对螟黄赤眼蜂的胚胎发育阶段进行了详细的描述和观察,螟黄赤眼蜂个体发育的整个过程尚未完全明确。螟黄赤眼蜂个体发育的研究不仅能为开发螟黄赤眼蜂的应用技术提供理论基础,还能为以后研究螟黄赤眼蜂的寄主选择性和寄主适应性提供重要的理论依据。故本研究采用生物解剖的方法,借助可拍照的体视显微镜观察螟黄赤眼蜂在米蛾卵内的个体发育过程,明确了螟黄赤眼蜂各发育阶段的主要形态特征。

1 材料与方法

1.1 供试材料

米蛾卵和螟黄赤眼蜂由广东省农业科学研究

院植物保护研究所生物防治研究室提供。螟黄赤眼蜂蜂种的保存和繁殖参照袁曦等(2013)的方法。室内试验条件为 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, RH $75\% \pm 5\%$,光照 14 L:10 D。试验所用的雌蜂均为 25°C 下羽化后 24 h 内且没有接触过寄主的个体。

1.2 米蛾卵卵卡的制作

将杀胚后的米蛾卵用白乳胶(一江牌)粘在硬纸板的一面上制成卵卡(长 5 cm,宽 0.5 cm),卵卡上约有 1500 粒米蛾卵,待白乳胶晾干后,供螟黄赤眼蜂寄生。

1.3 赤眼蜂寄生

将 1.2 中的卵卡放入 24 h 之内大量羽化的赤眼蜂蜂筒内进行接蜂,10 min 之后将卵卡取出并吹去卵卡表面残留的蜂,随后将卵卡装入圆底指形管(长 10 cm,口径 2.5 cm)内并用透气棉塞封口,放于恒温培养箱内培养,供后续取样所用。恒温箱培养条件控制在 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, RH $75\% \pm 5\%$,光照 14L:10D。每张卵卡为 1 个重复,共重复 3 次。

1.4 赤眼蜂发育观察

在寄生后 0、12、24、26、36、48、60、72、84、96、108、120、132、144、156、168、180 和 192 h 分别挑取被寄生米蛾卵,在体式显微镜(Nikon SMZ 1000)上进行解剖和观察,同时用软件(NIS-Elements BR 3.1)拍照。因赤眼蜂不同发育时期的形态大小及发育状态的差异,不同发育时期的取样和观察方法有所不同。胚胎期(0-26 h)和幼虫期(26-60 h)的取样方法一致,剪取约含 100 粒米蛾卵的卵卡,置于玻璃点滴板的凹槽内,注入 $600 \mu\text{L}$ 0.65% 昆虫生理盐水浸没卵卡,从卵卡上剥离米蛾卵;随后用生理盐水清洗米蛾卵多次,直至杂质全部清除为止;用解剖针将米蛾卵挑破,观察玻璃板凹槽底部。赤眼蜂发育至预蛹期,米蛾卵卵壳颜色变黑,能够区分被寄生卵,故预蛹期和蛹期的取样方法不需借助理盐水,直接使用解剖针解剖被寄生卵,观察赤眼蜂发育状态。

2 结果与分析

螟黄赤眼蜂为卵寄生蜂,卵、幼虫和蛹 3 个发育阶段均在寄主卵内完成,直至羽化成虫后才离开寄主。在 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 从卵期生长发育至成虫所需时间约为 8 d,第 9 天羽化。胚胎发育时间为赤

眼蜂产卵至 26 h, 幼虫期为 26 - 60 h, 蛹期为 60 - 192 h (预蛹期为 60 - 108 h)。赤眼蜂的个体发育过程为完全变态发育, 在不同的发育时期, 其形态及大小变化差异较大 (图 1)。

2.1 胚胎

螟黄赤眼蜂卵被产入米蛾卵内即开始发育。赤眼蜂卵刚从母体产下时白色透明, 呈前段尖、中后端略膨大的棒状, 随着时间的延长, 卵的胚体长径和短径逐渐变大, 变化范围分别为 $110 \pm 1.44 \mu\text{m}$ 至 $240 \pm 19.09 \mu\text{m}$ 和 $42 \pm 1.53 \mu\text{m}$ 至 $115 \pm 2.38 \mu\text{m}$, 但长径与短径之比例却逐渐减小, 从 2.85 ± 0.13 下降到 1.93 ± 0.02 (图 1 A - C)。

2.2 幼虫

经过 26 h 后, 螟黄赤眼蜂个体发育进入幼虫期 (图 1 D - F), 幼虫通过口沟取食寄主营养, 且在外形变化较大。在体式显微镜放大 8×10 倍条件下, 能清晰的观察到位于前端腹面的口钩, 颜色与胚胎期无太大差别; 此时虫体长径和短径分别为 $240 \pm 19.09 \mu\text{m}$ 和 $88 \pm 1.04 \mu\text{m}$ 。随后的 10 h 内, 虫体随取食增加而迅速增大, 呈纺锤形, 呈浅黄绿色; 长径和短径分别增长到 $520 \pm 27.00 \mu\text{m}$ 和 $303 \pm 15.06 \mu\text{m}$, 为增长速率最快的一段时间。当发育至 48 h 时, 虫体二端圆钝, 似椭圆形, 颜色与 36 h 时相同, 但 48 h 的长径和短径均比 36 h 的大 $15 \mu\text{m}$ 左右。

2.3 蛹

2.3.1 预蛹

幼虫将米蛾卵内的全部物质取食完, 即开始停止取食, 进入预蛹期, 此时为赤眼蜂产卵后 60 h。刚进入预蛹期时, 梅花斑不是太明显, 虫体二端圆钝, 已出现头与胸腹部的分界; 长径和短径相较于 48 h 均略有下降, 分别为 $10 \mu\text{m}$ 和 $5 \mu\text{m}$, 但二者之比例却与 48 h 相等, 均为 1.67 ± 0.05 。发育至 72 h 时, 梅花斑明显, 虫体仍然为二端圆钝, 长径 $542.35 \pm 11.61 \mu\text{m}$ 和短径 $358.43 \pm 11.48 \mu\text{m}$, 比前一个发育时间略有上升, 但二者之比却下降为 1.52 ± 0.05 。发育至 84 h 之后, 头部与尾部的梅花斑消失, 出现头部圆钝、尾部尖细的蛹形; 长径 $524.20 \pm 13.29 \mu\text{m}$ 和短径 $320.46 \pm 8.09 \mu\text{m}$, 比前一个发育时间有所下降, 但二者之比却略有上升。发育至 96 h 之后, 梅花斑进一步消失, 只留下腹部背侧一面仍然保留有梅花斑; 长径为整个预蛹期的最低值 $510 \pm 19.00 \mu\text{m}$; 长径与短径比为 1.50 ± 0.03 , 也是整

个个体发育期的最低值; 短径 $340.97 \pm 8.69 \mu\text{m}$ 比上一发育时间反而有所加宽 (图 1 G - J)。

2.3.2 蛹期

赤眼蜂发育至 108 h 进入蛹期, 此时复眼刚刚显现不久, 淡红色, 背腹面梅花斑仍可见, 体色透明; 120 h 时, 单、复眼颜色加深, 鲜红色, 背腹面梅花斑渐渐消失, 体乳白色; 132 h 时, 单、复眼颜色略加深, 背腹面梅花斑完全消失, 体色微黄; 144 h 时, 单、复眼颜色变为深红色, 背腹面现黑色小团块, 体色再次略加深; 156 h 时, 背腹面一端现二条浅黑色带; 168 h 时, 背腹面黑色带横贯整个腹背面, 体色变为黄褐色; 180 h 时, 二条黑色带加深、加粗, 体色进一步加深 (图 1 K - Q)。

2.4 成虫

发育 192 h 之后赤眼蜂成虫羽化 (图 1 R), 咬破寄主卵而出, 此时膜翅与触角未完全展开, 但已发育性成熟, 可以行走交配。

3 结论与讨论

螟黄赤眼蜂是能规模化生产的赤眼蜂之一, 可寄生于亚洲玉米螟、二化螟、稻纵卷叶螟等多种农业害虫。本文通过对螟黄赤眼蜂个体发育过程分阶段观察, 明确了螟黄赤眼蜂的个体发育过程及其主要特征变化, 发育胚胎期外形并没有太大的变化, 只是胚体的长径和短径随发育时间的延长逐渐增大, 胚体的大小与其他种类赤眼蜂刚产下的卵一致 (Tanaka, 1985; Manweiler, 1986; Saakian-Baranova, 1990; Dahlan and Gordh, 1996; Jarjees and Merritt, 2002)。此时, 螟黄赤眼蜂胚胎已经开始通过卵膜吸取足够的营养来进行细胞分裂和头、胸、腹的部分分化, 这与利翠英 (1961)、王承纶 (1981) 等的观察结果类似。

当赤眼蜂胚胎发育结束离开卵膜进入幼虫期后, 虫体的长径和短径之比迅速增加, 这可能与幼虫吞食卵内营养物质有关。迟仁平等 (2002) 也有相似报道。对于幼虫是否蜕皮而有龄期的划分仍存争议 (Boivin, 2010), 主要是因为赤眼蜂为卵寄生蜂, 其个体发育完全在寄主卵内完成, 且幼虫个体太小, 研究难度较大, 因此文献中有关各种赤眼蜂幼虫龄期的报道各有不同, 有时不同研究者的结果相互矛盾。曾有文献报道的赤眼蜂龄期有 1 - 5 龄不等, 如利翠英 (1961) 通过切

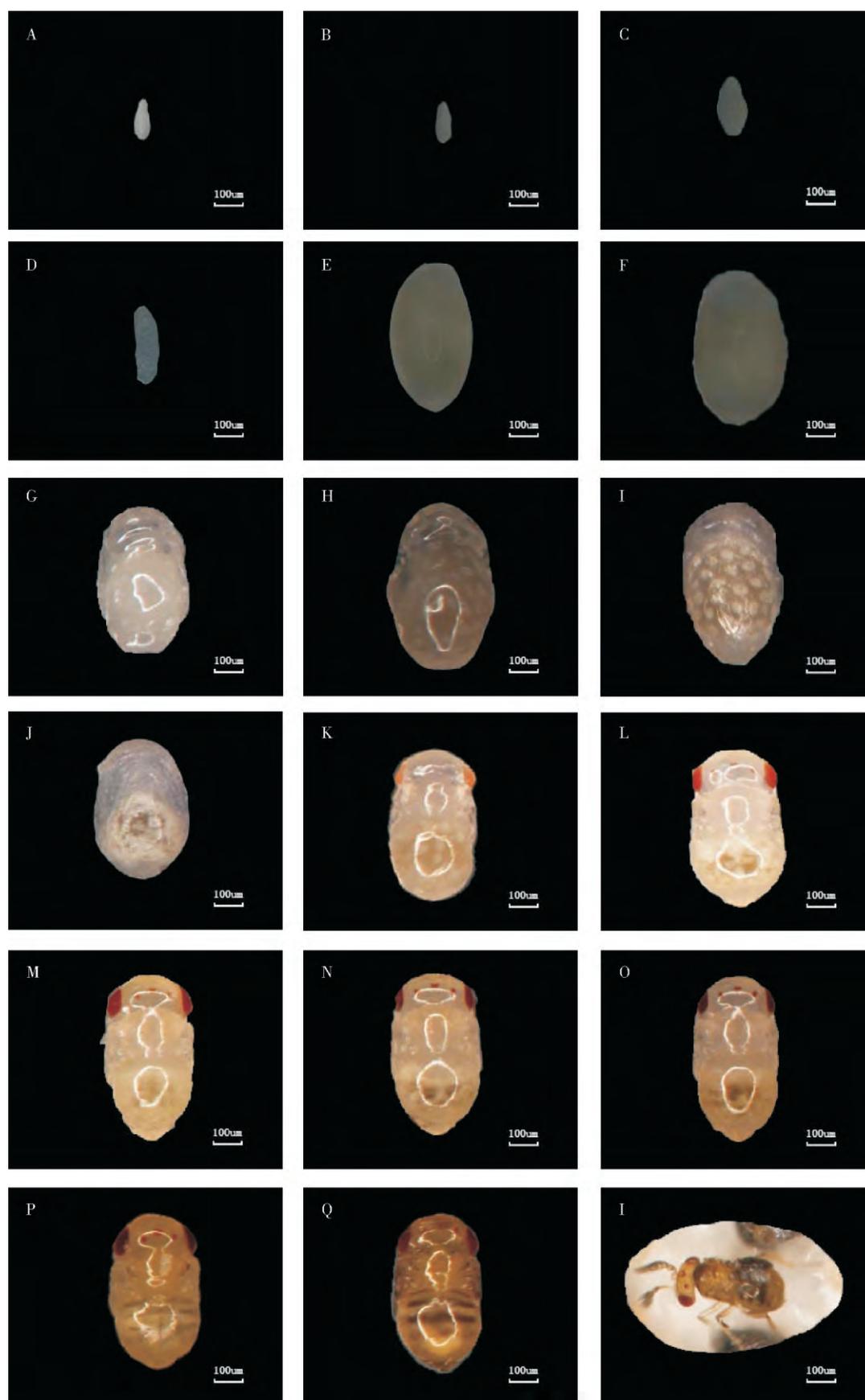


图 1 螟黄赤眼蜂个体发育

Fig. 1 The individual development of *T. chilonis*

注: A, 刚从母体产下的卵; B, 产卵后 12 h; C, 产卵后 24 h; D, 产卵后 26 h; E, 产卵后 36 h; F, 产卵后 48 h; G, 产卵后 60 h; H, 产卵后 72 h; I, 产卵后 84 h; J, 产卵后 96 h; K, 产卵后 108 h; L, 产卵后 120 h; M, 产卵后 132 h; N, 产卵后 144 h; O, 产卵后 156 h; P, 产卵后 168 h; Q, 产卵后 180 h; R, 产卵后 192 h。Note: A, egg being laid newly; B, 12 h after egg being laid; C, 24 h after egg being laid; D, 26 h after egg being laid; E, 36 h after egg being laid; F, 48 h after egg being laid; G, 60 h after egg being laid; H, 72 h after egg being laid; I, 84 h after egg being laid; J, 96 h after egg being laid; K, 108 h after egg being laid; L, 120 h after egg being laid; M, 132 h after egg being laid; N, 144 h after egg being laid; O, 156 h after egg being laid; P, 168 h after egg being laid; Q, 180 h after egg being laid; R, 192 h after egg being laid.

片方法对广赤眼蜂个体发育的详细研究, 并没有发现幼虫有蜕皮现象, 即幼虫只有 1 个龄期, 而 Saakian-Baranova (1990) 则报道广赤眼蜂有 3 个龄期; Tanaka 等 (2000) 报道松毛虫赤眼蜂有 2 个龄期, 而王承纶等 (1981) 则认为有 3 个龄期; 报道有 3 个龄期的还有布埃斯赤眼蜂 *T. buesi* (Abbas, 1989)、显棒赤眼蜂 *T. semblidis* (Saakian-Baranova, 1990)、微小赤眼蜂 *T. minutum* (Manweiler, 1986)、宽赤眼蜂 *T. platneri* (Saakian-Baranova, 1990)、甘蓝夜蛾赤眼蜂 *T. brassicae* (Wu *et al.*, 2000)、*T. maidis* (Hawlitzky and Boulay, 1982); 短毛赤眼蜂 *T. brevicapillum* 则认为有 4 个龄期 (Pak and Oatman, 1982)。同样有意思的是, 澳洲赤眼蜂 *T. australicum*、甘蓝夜蛾赤眼蜂 *T. brassicae* 和卷蛾赤眼蜂 *T. cacociae* 曾有人报道具有 3 个龄期 (Brenière, 1965; Saakian-Baranova, 1990), 但稍后又有人报道只有 1 个龄期 (Volkoff *et al.*, 1995; Dahlan and Gordh, 1996, 1997; Jarjees *et al.*, 1998; Wu *et al.*, 2000; Jarjees and Merritt, 2002)。本研究认为, 赤眼蜂幼虫只有 1 个龄期, 主要是幼虫自始至终都只有因为取食而导致的体积增加, 而下唇须的大小则没有变化; 从进化的角度来说, 赤眼蜂幼虫如果在短短的 30 h 左右的时间内还需要进行多次蜕皮, 是对有限资源的浪费, 也没有任何生物学意义。同时, 还观察到幼虫离开赤眼蜂卵时身体末端有类似蜕皮遗留物, 推测应该是赤眼蜂卵膜 (或卵壳)。

梅花斑和寄主卵壳颜色变黑是预蛹期的两大特征标志。蛹期是赤眼蜂外部形态和内部结构变化最大的时期。利翠英 (1961) 认为翅芽、足芽外翻作为进入蛹期的标志, 而王承纶等 (1981) 认为以红色复眼显出微红色作为进入蛹期的标志, 但是本研究观察到翅芽、足芽外翻与红色复眼显出微红色并非同时出现, 而是复眼首先出现微红色, 具体变化尚有待进一步观察。

参考文献 (References)

- Abbas MST. Studies on *Trichogramma buesi* as a biological agent against *Pieris rapae* in Egypt [J]. *Entomophaga*, 1989, 34: 447-451.
- Boivin G. Reproduction and immature development of egg parasitoids. In: Consoli FL, *et al.* eds. Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on *Trichogramma*, Progress in Biological Control [M]. Springer: Business Media B. 2010, 1-23.
- Brenière J. Les trichogrammes parasites de *Proceras sacchariphagus* Boj., borer de la canne à sucre à Madagascar. 2 - Etude biologique de *Trichogramma australicum* Gir [J]. *Entomophaga*, 1965, 10: 99-117.
- Chen HY, Wang SY, Chen CF. Quality control of *Trichogramma ostrinia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) mass reared with moth *Corcyra cephalonica* eggs [J]. *Natural Enemies of Insect*, 2000, 22 (4): 145-150. [陈红印, 王树英, 陈长风. 以米蛾卵为寄主繁殖玉米螟赤眼蜂的质量控制技术 [J]. 昆虫天敌, 2000, 22 (4): 145-150]
- Chi RP, Chen SW, Xu HG, *et al.* Ontogeny of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura [J]. *Entomological Knowledge*, 2002, 39 (6): 456-457, 420. [迟仁平, 陈素伟, 徐和光, 等. 赤眼蜂的个体发育 [J]. 昆虫知识, 2002, 39 (6): 456-457, 420]
- Dahlan AN, Gordh G. Development of *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Helicoverpa armigera* (Hübner) eggs (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Australian Journal of Entomology*, 1996, 35: 337-344.
- Dahlan AN, Gordh G. Development of *Trichogramma australicum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at low and high population density in artificial diet [J]. *Entomophaga*, 1997, 42: 526-536.
- Hawlitzky N, Boulay C. Régimes alimentaires et développement chez *Trichogramma maidis* Pintureau et Voegelé (Hym.: Trichogrammatidae) dans l'oeuf d'*Anagasta kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) [J]. *Colloques INRA*, 1982, 9: 101-106.
- Jarjees EA, Merritt DJ. Development of *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) host eggs [J]. *Australian Journal of Entomology*, 2002, 41: 310-315.
- Jarjees EA, Merritt DJ, Gordh G. Anatomy of the mouthparts and digestive tract during feeding in larvae of the parasitoid wasp *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 1998, 27: 103-110.
- Lee TY. The development of *Trichogramma evanescens* Westw and its influence on the embryonic development of its host, *Attacus cyntia*

- ricini Boisid [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1961, Z1: 339-354, 525-530. [利翠英. 赤眼蜂 *Trichogramma evanescens* Westw. 的个体发育及其对于寄主蓖麻蚕 *Attacus cynthia ricini* Boisid. 胚胎发育的影响 [J]. 昆虫学报, 1961, Z1: 339-354, 525-530]
- Lin NQ. First discovery of Mymaromatidae (Hymenoptera) form China, with description of a new species [J]. *Entomotaxonomia*, 1994, 16 (2): 120-126. [林乃钜. 中国发现柄腹柄翅缨小蜂及一新种描述 (膜翅目: 柄腹柄翅缨小蜂科) [J]. 昆虫分类学报, 1994, 16 (2): 120-126]
- Liu ZC, Liu JF, Yang WH *et al.* Research on technological process of *Trichogramma* produced with artificial host egg and quality standard [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1996, 18 (1): 23-25, 16. [刘志诚, 刘建峰, 杨五烘, 等. 人造寄主卵生产赤眼蜂的工艺流程及质量标准化研究 [J]. 昆虫天敌, 1996, 18 (1): 23-25, 16]
- Ma D, Zhang J, Chen WL, *et al.*, Study on breeding and making use of rice moth in Xinjiang [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2001, 24 (4): 25-28. [马德英, 张军, 陈伟利, 等. 米蛾在新疆的繁殖与利用研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2001, 24 (4): 25-28]
- Manweiler SA. Developmental and ecological comparison of *Trichogramma minutum* and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Pan-Pacific Entomology*, 1986, 62: 128-139.
- Pak GA, Oatman ER. Biology of *Trichogramma brevicapillum* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1982, 32 (1): 61-67.
- Saakian-Baranova AA. Morphological study of preimaginal stages of six species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera, Trichogrammatidae) [J]. *Entomologicheskoe Obozrenie*, 1990, 2: 257-263.
- Song RC, Chi YM, Wang HP *et al.* A study on setting equipment of manufactured reproduction of *Trichogramma* [J]. *Transactions of the CSAE*, 1994, 02: 48-52. [宋若川, 迟颖敏, 王和平, 等. 赤眼蜂生产工厂化配套设备的研究 [J]. 农业工程学报, 1994, 10 (2): 48-52]
- Tanaka M. Early embryonic development of the parasite wasp, *Trichogramma chinolis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: Ando H, Miya K, eds. *Recent Advances in Insect Embryology in Japan* [M]. ISEBU, Tsukuba, Japan, 1985, pp: 171-179.
- Taraka Y, Kawamura S, Tanaka T. Biological characteristics: Growth and development of the egg parasitoid *Trichogramma dendronimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on the cabbage armyworm *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2000, 35: 369-379.
- Volkoff AN, Daumal J, Barry P, *et al.* Development of *Trichogramma cacociae* Marchall (Hymenoptera: Trichogrammatidae): Time table and evidence for a single larval instar [J]. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 1995, 24: 459-466.
- Wang CL, Wang HX, Wang YA, *et al.* Studies on the relationship of temperature and development of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura [J]. *Zoological Research*, 1981, 4: 317-326. [王承纶, 王辉先, 王野岸, 等. 松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 个体发育与温度的关系 [J]. 动物学研究, 1981, 4: 317-326]
- Wang LY, Wang J, Dong XY, *et al.* Superparasitism and ontogeny of two *Trichogramma* species on *Corecya cephalonica* (Stainton) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015, 31 (4): 481-486. [王雷英, 黄静, 董新阳, 等. 两种赤眼蜂在米蛾卵上的过寄生及个体发育 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31 (4): 481-486]
- Wu ZX, Cohen AC, Nordlund DA. The feeding behavior of *Trichogramma brassicae*: New evidence for selective ingestion of solid food [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, 96: 1-8.
- Yuan X, Wang ZY, Feng XX, *et al.* Evaluation on the effect of low-temperature refrigeration of *Corecya cephalonica* eggs on *Trichogramma* fecundity and parasite efficiency of *Ostrinia furnacalis* via life table [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 792-798. [袁曦, 王振营, 冯新霞, 等. 利用生命表评价低温冷藏米蛾卵对繁育螟黄赤眼蜂及寄生亚洲玉米螟效果的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 792-798]
- Zhang F, Yuan CC, Sun GZ, *et al.* Reaction of *Trichogramma chilonis* on some pesticide used usually in the cotton field [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 1998, 20 (2): 43-45. [张帆, 阮长春, 孙光芝, 等. 螟黄赤眼蜂对几种棉田常用农药的反应 [J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20 (2): 43-45]