

玉米螟赤眼蜂 (*Trichogramma ostrinae*) 寄主标记 信息素和学习经历对产卵行为的影响

王素琴¹ 练永国^{2,*} 康总江¹ 墨铁路²

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097 ; 2. 山东农业大学植物保护学院昆虫学系, 泰安 271000)

摘要 报道了标记信息素和雌蜂经历对玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 产卵行为的影响。研究表明, 玉米螟赤眼蜂的寄主标记信息素是在其产卵过程中的收场阶段由产卵器产生的, 并且标记在寄主卵表的化学物质。玉米螟赤眼蜂对标记信息素的识别不具有先天性, 其必须先利用产卵器插入寄生卵来检测是否被寄生, 然后其触角不停地敲击, 通过学习获得对标记信息素的识别能力, 从而放弃了对寄生卵的选择, 学习对初始放弃时间有着重要影响, 改善了其对寄主搜索效率。这种学习行为是与寄主联系在一起学习的, 它能根据寄主被寄生与否而对标记信息素作出反应与不反应。该研究丰富了生态学理论, 为其在生防中更好的应用提供了科学依据。

关键词 寄主标记信息素 经历 玉米螟赤眼蜂 产卵行为 初始放弃时间

文章编号: 1000-0933 (2007) 09-3910-06 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

Effects of host marking pheromones and experiences on oviposition behavior of *Trichogramma ostrinae*

WANG Su-Qin¹, LIAN Yong-Guo^{2,*}, KANG Zong-Jiang¹, MO Tie-Lu²

¹ Institute of Plant and Environmental Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China

² College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271000, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (9) 3910 ~ 3915.

Abstract : We studied the effect of host marking pheromones (HMP) and experiences of female wasps on oviposition behavior of *Trichogramma ostrinae* (Peng & Chen). The results indicate that female wasps deposit HMPs on the chorion of host eggs with her ovipositor near the end of egg-laying process. Na ve females do not possess the ability for recognizing the marking pheromones and have to obtain the ability through the learning process, in which the wasp inserts her ovipositor into a host egg to determine whether the egg has been parasitized followed by antennal drumming on the exterior. Once the learning process is completed, the female wasp will be able to discriminate between parasitized and unparasitized hosts and reject a parasitized egg by simply drumming on the exterior of the egg. Learning plays an important role in reducing initial rejection time when an unsuitable host is encountered. Female wasps of *T. ostrinae* can quickly learn to associate the presence of a HMP on host egg chorion with the internal status of the egg. The results of this study have enriched the ecology

基金项目 北京市自然科学基金资助项目 (6052009)

收稿日期 2006-11-28 ; 修订日期 2007-07-18

作者简介 王素琴 (1953 ~) 女, 江苏扬州人, 研究员, 主要从事害虫生物防治与昆虫生态研究. E-mail: wsq0112@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yglian@126.com

致谢 北京市农林科学院植保环保研究所吴钜文研究员、中国农业科学院植物保护所王振营研究员、白树雄老师以及北京大学生命科学学院阎凤鸣副教授对本文写作给予帮助以及山东农业大学植保学院郑绮茵同学为试验提供帮助, 特此致谢!

Foundation item The project was financially supported by Natural Science Foundation of Beijing (No. 6052009)

Received date 2006-11-28 ; **Accepted date** 2007-07-18

Biography : WANG Su-Qin, Professor, mainly engaged in insect pest biological control and insect ecology. E-mail: wsq0112@126.com

theory and provided the scientific basis for the better application of *T. ostrinae* in biological control.

Key Words : host marking pheromone ;experience ;*Trichogramma ostrinae* ;oviposition behavior ;initial give up time

许多寄生性和植食性昆虫雌虫产卵后 ,在它们寄主内或寄主表面留下标记物^[1~4]。这些标记物即可能是化合标记物也可能是物理标记物 ,它常常能阻止同种雌虫在被标记的寄主上再次产卵^[5,6]。寄主标记信息素 (Host Marking Pheromone , HMP)即是与昆虫产卵相关的化学标记物 ,它是由昆虫产生并标记在寄主上 ,传递同种个体存在信息的化学物质^[7]。昆虫寄主标记信息素的主要生态学功能是调节昆虫的产卵行为 ,通过阻止自身或同种其它个体对已标记寄主的产卵选择或减少产卵量来减少后代之间对寄主资源的竞争^[7,8]。一些寄生性昆虫可以通过学习来改变对寄主标记信息素的反应。标记信息素和学习经历对赤眼蜂产卵初始放弃时间 (initial give up time)有着重要的影响^[9,10]。本试验初始放弃时间是指赤眼蜂从开始接触被寄生的卵到离开该卵所花费的时间 ,即赤眼蜂在目标寄主卵上的滞留时间。初始放弃时间也是衡量搜索效率的一个标准 ,因为在这种情况下 ,搜索的结果是不寄生 ,搜索时间也是浪费的。赤眼蜂初始放弃时间越少 ,其搜索效率越高 ,对寄主寄生率也就越高。

寄主标记信息素的研究具有重要的理论意义和广泛的应用价值 ,但是目前国内外对其研究仅仅是初步的 ,在全世界大约 10 万种的膜翅目昆虫中 ,仅约 200 种被报道有寄主标记现象^[11]。玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 是亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)卵寄生蜂的优势种 ,在生物防治中发挥着重要的价值^[12] ,对其具有寄主标记现象已有报道 ,但寄主标记信息素对其产卵行为的作用还未见报道。

为了进一步了解标记信息素对玉米螟赤眼蜂产卵行为的影响 ,本研究设计了 3 个试验 :

- (1) 标记信息素和学习经历对玉米螟赤眼蜂初始放弃时间的影响 ;
- (2) 标记信息素在赤眼蜂产卵过程中产生的阶段 ;
- (3) 被寄生后的卵表提取液对赤眼蜂产卵行为的影响。

1 材料与方法

1.1 试验用蜂

玉米螟赤眼蜂 2005 年 8 月采自北京市昌平区玉米田 ,在正常繁蜂条件下 (25 ± 1) °C , RH 70% ± 2%) ,用米蛾卵室内繁殖 4 ~ 5 代。试验取用羽化小于 24 h 并已充分交尾的雌蜂 ,试验前对雌蜂喂食蜂蜜水补充营养。所用有经历的蜂另作详述。

1.2 卵卡的制作

1.2.1 新鲜卵卡

取新鲜米蛾卵 (卵龄 6 h) 25 粒作成 2 cm × 2 cm 的方形卵卡 ,卵间距为 0.4 cm ,并对卵逐一编号。

1.2.2 被寄生的卵卡

先制成新鲜卵卡 ,将卵卡放入一培养皿 (Φ9 cm) 中 ,引入一头玉米螟赤眼蜂雌蜂 ,在 Nikon SMZ1500 (日本生产) 体式放大镜下连续观察 ,将被雌蜂产卵器刺过并通过观察有产卵经过的寄生卵轻轻取下制成卵卡 (方法同 1.2.1) ,以便后面的观察。

1.3 标记信息素对赤眼蜂初始放弃时间的影响

将赤眼蜂分为对照蜂 :同 1.1 ;无经历蜂 :在新鲜寄主卵上完成一次产卵过程后 ,用毛笔将其移走 ,不让其接触被寄生的卵 ,即有过一次产卵经历 ,但无识别寄生卵的雌蜂 ;一次经历蜂 :当其完成一次产卵后 ,第一次接触被寄生卵 ,将要离开该寄生卵时 ,将其移走所获得的雌蜂 ;两次经历蜂 :有过一次接触寄生卵的经历后 ,再次接触寄生卵且当其离开时将其移走的所获得的雌蜂。每种作为一个处理 ,取一卵卡 ,放入小培养皿中 ,然后引入赤眼蜂 ,每引进 3 头雌蜂重新换一张卵卡 ,每个处理至少 15 头蜂。除对照外 ,其它卵卡均为被寄生的卵卡。

在 Nikon SMZ1500 体式放大镜下连续观察用秒表记录产卵时间、滞留时间、产卵器是否插入等 ,最后用

spss10.0 for windows xp 软件分析所得到的结果,利用单因素方差对结果进行显著性分析。

1.4 标记信息素在赤眼蜂产卵过程中产生阶段

玉米螟赤眼蜂的产卵过程一般分为敲击、钻孔、穿刺、产卵和收场五个过程^[13~15]。

1.4.1 敲击 (Antennal drumming)

赤眼蜂用触角不断地拍打卵表,在卵表转弯爬行,当其停止爬行,腹部放低,其产卵管即将插入寄主卵时,用自制毛笔轻轻地将蜂扫到空白处。

1.4.2 钻孔 (Drilling)

赤眼蜂用触角拍打卵表,腹部放低,产卵器轻叩,产卵器开始钻孔和插入卵内,在产卵器刚好完全插入时用自制毛笔轻轻将蜂扫到空白处。

1.4.3 排卵 (Oviposition)

产卵器完全插入,开始排卵。在完成排卵过程后产卵器即将从卵内拔出时,用自制毛笔轻轻碰触蜂胸腔的腹侧,赤眼蜂就会被迫拔出产卵器并离开寄主卵表,然后将蜂扫到空白处。

1.4.4 拔出 (Drilling out)

赤眼蜂完成排卵过程后,当其产卵器自然拔出卵表时,不等其在卵表停留,立即用自制毛笔轻轻碰触蜂胸腔的腹侧,将蜂赶走,并将蜂扫到空白处。

1.4.5 收场 (Winding up)

赤眼蜂完成产卵,将产卵器拔出卵表后,停留一段时间自然离开卵表。

分别取上述赤眼蜂产卵过程中各阶段所获得的寄主卵,制成卵卡 (同 1.2.1)。所用蜂为获得标记信息素识别经历的雌蜂 (同 1.3 中一次经历或二次经历的雌蜂),方法同 1.3。

1.5 被赤眼蜂寄生后的卵表提取液对其产卵行为的影响

该试验的每个处理从开始到完成均不超过 1h。

被寄生后的卵表提取液:取被赤眼蜂寄生后时间小于 1h 的寄主卵,用正己烷淋洗 1~3min,然后将提取液离心,取上清液,浓缩。

将带有标记信息素的提取液均匀地涂在新鲜卵卡上 (按照约为 1:1 比例即每一粒被寄生卵的提取液涂在一粒新鲜卵上),待溶剂挥发后,引入赤眼蜂。在体式放大镜下观察,方法同 1.3。所用蜂分别为 (1)无新经历蜂:没有接触过涂有该提取液的新鲜卵卡但有一、二次接触过寄生卵经历且产过卵的雌蜂 (同 1.3 中一次经历或二次经历蜂);(2)一半新经历蜂:将涂有该提取液的新鲜卵卡放入一小培养皿中,然后再将获得的 (1)中无新经历蜂引入该培养皿中,当其接触卵卡 3 次以上,开始伴有敲击、刺探动作但其产卵管没有插入该寄主卵的雌蜂;(3)完全新经历蜂:将有一半新经历的蜂引入一的小培养皿,方法同 (2),观察到其产卵器插入该寄主卵并完成了一次产卵过程后将之取出,所获得的雌蜂。对照同 1.3。上述所有试验都在室温 25℃,相对湿度 75% 左右的试验室条件下进行。

2 结果与分析

2.1 标记信息素和经历对玉米螟赤眼蜂初始放弃时间的影响

由表 1 可以看出,无经历的雌蜂花费在被寄生卵上的产卵时间比对照的产卵时间明显缩短,但其在寄生卵上的滞留时间即初始放弃时间没有明显的缩短。通过观察发现,绝大多数无经历的雌蜂都用产卵器插入寄生卵内,然后才离开。这说明无经历雌蜂不能识别并没有在被寄生的卵内产卵,而产卵器插入后并没有排卵,只是用其来检测一下是否适合寄生。一次经历和二次经历赤眼蜂在寄生卵的滞留时间和产卵时间都与无经历蜂在寄生卵以及对照都极明显地缩短,并且它们的产卵器基本不插入卵内,即使偶尔插入时间也特别短,这说明赤眼蜂从用产卵器检测寄生卵的过程中,通过学习获得了对标记信息素的识别能力,学习使赤眼蜂的初始放弃时间明显缩短。

表 1 标记信息素和经历对玉米螟赤眼蜂初始放弃时间的影响
Table 1 Effect of HMP and experiences on initial give up time of *T. ostrinae*

经历水平 Experience level	产卵时间* (s) Oviposition time	<i>P</i> = 0. 05	<i>P</i> = 0. 01	滞留时间* (s) Retention time	<i>P</i> = 0. 05	<i>P</i> = 0. 01
对照蜂 Control	69. 9 ± 5. 4	a	A	111. 5 ± 7. 8	a	A
无经历蜂 Naive	46. 3 ± 8. 1	b	A	106. 7 ± 12. 5	a	A
一次经历蜂 One experience	12. 5 ± 5. 6	c	B	59. 3 ± 13. 6	b	B
二次经历蜂 Two experiences	8. 8 ± 6. 5	c	B	42. 0 ± 14. 6	b	B

* 单因素方差分析 ,*N*≥15 ,平均 ± 标准差 ,同一列数据后有不同字母表示差异显著 (*p* < 0. 05) ,下同 One-way ANOVA , *N*≥15 ,MEAN ± SD ; Value in the same column followed by different letters differ significantly the same rule is applied below

2.2 标记信息素在赤眼蜂产卵过程中产生

由表 2 的分析结果可以看出 ,有识别标记信息素经历的雌蜂只对收场阶段后的寄主卵的触角拍打次数、产卵时间和滞留时间都与其它阶段完成时收集的寄主卵有明显的差别 ,这说明此阶段所获得的寄主卵表存在着标记信息素 ,而在其它阶段获得的卵表没有标记信息素 ,说明赤眼蜂的标记信息素是在这一阶段产生的。

表 2 赤眼蜂在完成不同产卵阶段后所获得的寄主卵对赤眼蜂产卵行为的影响

各产卵阶段获得的寄主卵 Host eggs obtained from different ovipositional stages	触角拍打次数 Number of antennal flapping	产卵时间 (s) Oviposition time	滞留时间 (s) Retention time
敲击 Antennal drumming	41. 1 ± 6. 2b	62. 1 ± 15. 2a	98. 2 ± 18. 4a
钻孔 Drilling	41. 9 ± 5. 9b	69. 4 ± 17. 4a	94. 7 ± 15. 2a
排卵 Oviposition	42. 5 ± 4. 7b	52. 9 ± 11. 8a	83. 5 ± 11. 8ab
拔出 Drilling out	51. 1 ± 6. 9b	64. 8 ± 12. 8a	99. 2 ± 14. 2a
收场 Winding up	74. 7 ± 13. 5a	13. 4 ± 6. 1b	52. 3 ± 11. 4b

2.3 被寄生卵表正己烷提取液和经历对赤眼蜂行为的影响

由表 3 可以看出 ,无新经历蜂对涂有该提取液的新鲜卵产卵时间和滞留时间比一半新经历蜂和完全新经历蜂以及对对照都极显著地缩短。这说明获得标记信息素识别经历的赤眼蜂对涂有标记信息素提取液的新鲜卵是通过检索到标记信息素而放弃在寄主卵上产卵 ,从而也更说明寄主标记信息素存在于寄主卵表。一半新经历蜂在此卵的滞留时间和产卵时间比无新经历蜂的极明显增加 ,并且有的个别开始产卵 ;完全新经历蜂在此卵的滞留时间和产卵时间比一半新经历蜂更显著增加 ,而与对照相比没有明显差异。这说明随着接触寄主次数的增加 ,赤眼蜂开始渐渐接受了这种涂有标记信息素提取液的寄主卵 ,并且有的开始产卵 ,到了有完全新经历后就完全接受了这种涂有标记信息素的寄主卵 ,这种提取液似乎对赤眼蜂没有作用。由此可见 ,当赤眼蜂寄主条件改变后 ,其又联系着寄主进行了另一种学习 ,其学习行为是与寄主联系在一起的。

表 3 被寄生卵表正己烷提取液对赤眼蜂产卵行为的影响
Table 3 Effect of hexane extract of the parasitized host eggs on oviposition behavior of *T. ostrinae*

经历水平 Level of Experience	产卵时间 (s) Oviposition time	<i>P</i> = 0. 05	<i>P</i> = 0. 01	滞留时间 (s) Retention time	<i>P</i> = 0. 05	<i>P</i> = 0. 01
对照蜂 Control	71. 3 ± 5. 2	a	A	111. 6 ± 7. 3	a	AB
无新经历蜂 No new experiences	0	c	C	6. 9 ± 2. 1	c	C
一半新经历蜂 Limited new experiences	39. 7 ± 9. 0	b	B	71. 6 ± 17. 3	b	B
完全新经历蜂 New experiences	71. 2 ± 12. 9	a	A	116. 9 ± 12. 9	a	A

3 讨论

寄生蜂可以在寄主卵内部或外部进行信息素标记。将标记信号留在寄主表面的,叫外部标记;反之,将标记信号注入寄主内部的,叫内部标记。卵寄生蜂倾向于将记住标记信息素产在寄主表面,而其它虫态则倾向于将标记信息素产在寄主体内^[1]。本研究结果分析,玉米螟赤眼蜂是卵寄生蜂,属外部标记的寄生蜂。据王振营等人报道以及本试验观察发现,玉米螟赤眼蜂在其产卵后收场阶段都要用产卵器敲击卵表几下才离开,有时还吸取卵表上的汁液来补充营养^[13]。这种产卵后用产卵器敲击行为是否是赤眼蜂对其寄主进行标记,如果是在标记,那么这种标记物一定在其寄主卵表,而且昆虫标记信息素一般是成虫在产卵过程中或产卵结束后由产卵器对寄主进行标记的^[7,16]。本试验结果支持了这一假设,证明了玉米螟赤眼蜂寄主标记信息素是在其产卵过程中收场阶段由产卵器标记在寄主卵表面的化学物质。

寄生蜂的标记方式与其检测方式也是相联系的。一般地标记在寄主外部的标记信息素用触角能检测到,如镶鄂姬蜂 *Hypospiter horticola* 大多数雌蜂不用到达卵块仅从卵块旁边就能通过触角识别出寄生卵,而放弃对之的选择^[7];标记在寄主内部的用产卵器检测如黑卵蜂 *Telenomus busseolae* 用产卵器插入寄生卵后,迅速抽出离开此卵^[8];也有的寄生蜂将寄主内部状况和外部标记联系起来,即用产卵器检测也用触角检测如缨小蜂 *Anaphes victus* 连续多次接触已寄生寄主后,就能学会将外部标记信息素与寄主内部联系起来^[9,20]。本试验发现玉米螟赤眼蜂无经历的雌蜂必须先产卵器插入寄生卵来判断寄主是否被寄生,通过学习获得对寄主标记信息素的识别能力。由此可以看出赤眼蜂对标记信息素的识别是不具有先天性的,其用产卵器的感受器探测卵液来辨别寄主卵是否适合^[21],然后学会将之与外部的标记信息素联系起来而获得对标记信息素的识别能力。这一特点与缨小蜂类似,但缨小蜂需要接触6次寄生卵才能学会识别能力,这不是因为缨小蜂需要多次判断,而是因为缨小蜂的寄主藏在保护膜下,阻止了其检测效果^[20]。玉米螟赤眼蜂这种学习行为是它的一个适应,因为这种学习行为降低其信号检测失误的风险,可提高其对寄主标记信息素的监测效率和缩短对寄主评价时间,学习对其产卵行为有着重要的影响。通过本实验研究结果发现有了这样的识别经历雌蜂后,它主要通过触角直接判断,做出选择,其滞留时间明显少于对照和无经历的雌蜂,即初始放弃时间明显减少,从而提高其搜索效率。由此可以看出寄主标记信息素不仅可以阻止赤眼蜂过寄生而且还可以提高赤眼蜂的搜索效率,但是这些赤眼蜂必须通过学习才能获得。

寄生蜂对学习获得来的辨别能力有一定的记忆能力^[22]。如缨小蜂可以保存这种记忆4h以上;Ueno等也证明了日本瘤姬蜂 *Pimpla nipponica* Uchida 是由于对标记信息素的短暂记忆来辨别寄主是否被寄生的,当多次接触被寄生的寄主卵后,它失去了辨识能力^[5],可见寄生蜂对学习获得的识别能力会发生变化的。本试验发现,当被寄生卵表面的提取液涂在新鲜卵后,开始时这些对标记信息素有识别能力的赤眼蜂对其不选择,这说明赤眼蜂受了标记信息素的影响,而当其有了在这些卵上一半经历后,部分赤眼蜂开始用产卵器敲击这些卵,当它们有了在这些卵上的产卵经历后,它们就很顺利地产卵,对标记信息素几乎完全失去了辨别能力。这一现象说明赤眼蜂完全失去了对标记信息素的辨别能力或者说获得了新的学习能力,这可能是因为赤眼蜂多次接触标记信息素后,使它也像瘤姬蜂 *Pimpla nipponica* Uchida 一样渐渐丧失记忆而开始对标记信息素的这种信号产生了怀疑,所以要重新用产卵器来确定寄主是否被寄生,又将寄主内部状况与外部标记信息素联系起来,此时的标记信息素并不意味着寄主已被寄生,因此当它发现寄主卵未被寄生时,就完全否定了标记信息素这一标志着已被同种寄生的信号可信性,从而失去了对其辨识能力。在自然生态系统中,赤眼蜂多次接触被寄生卵的机会很少,因此它没有必要有了一次识别经历后总是记住标记信息素,并且寄生蜂还经常存在着检测失误的风险^[7],当其多次接触已被寄生的寄主后也不可避免地对这一信号产生怀疑,为了避免检测失误,它有必要再联系寄主进行检测,在权衡消耗和收益中,它总能作出对自己最有利的决定,有关这方面的研究我们还将继续进行。

综上,玉米螟赤眼蜂的寄主标记信息素是在收场阶段中由产卵器产生的并标记在寄主卵表的化学物质。玉米螟赤眼蜂对标记信息素的识别不是先天性的,而是通过学习获得的,这种学习行为是和寄主联系在一起

学习的,它对标记信息素的识别能力可以联系寄主内部状况和外部信号而发生变化。这种学习行为降低其信号检测失误的风险,可提高其对寄主标记信息素的监测效率和缩短对寄主评价时间,是它的一种适应。研究标记信息素对玉米螟赤眼蜂的寄生行为的作用,对于丰富生态学理论,发挥其在生物防治中的作用以及改善其繁殖利用方法,探索人造卵繁殖玉米螟赤眼蜂的可能性等方面都具有重要影响。

References :

[1] Hofsvang T. Discrimination between unparasitized and parasitized hosts in hymenopterous parasitoids. *Acta Entomologica Bohemoslovica* ,1990 87 : 161 — 175.

[2] van Lenteren J C. Host discrimination by parasitoids. In : Nordlund D A , Jones R L , Lewis W J eds. *Semiochemicals , Their Role in Pest Control* . New York : John Wiley ,1981. 1 — 79.

[3] Prokopy R J. Epideictic pheromones that influence spacing in patterns of phytophagous insects. . In : Nordlund D A , Jones R L , Lewis W J eds. *Semiochemicals , Their Role in Pest Control*. New York : John Wiley ,1981. 181 — 213.

[4] van Alphen J J M , Visser M E . Superparasitism as an adaptive strategy for insect parasitoids. *A. Rev. Entomol.* ,1990 35 59 — 79.

[5] Ueno T ,Tanaka T. Self-host discrimination by a parasitic wasp : the role of short-term memory. *Anim. Behav* ,1996 52 875 — 883.

[6] Rosi M C , Isidoro N , Colazza S , *et al.* Source of the host marking pheromone in the egg parasitoid *Trissolucius basalis* (Hymenoptera :Scelionidae). *J. of Insect Physiology* 2001 47 989 — 995.

[7] Chen H C , Cheng J A . Insect host marking pheromone. *Acta Ecologica Sinica* ,2005 25 (2) 346 — 350.

[8] Roitberg B D , Prokopy R J. Insects that mark host plants. *Bioscience* ,1987 37 400 — 406.

[9] Morrison G R , Lewis W J , The allocation of searching time by *Trichogramma pretiosum* in host-containing patches. *Entomologia Experimentalis et Applicata* ,1981 30 :31 — 39.

[10] Li C , Roitberg B D , Mackauer M. Effects of contact kairomone and experience on initial giving-up time. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 1997 84 :101 — 104.

[11] Li G Q. Host-marking in hymenopterous parasitoids. *Acta Entomolo. Sinica* 2006 49 (3) 504 — 512.

[12] Zhang J ,Wang J L ,Cong B ,Yang C C. A faunal study of *Trichogramma* [Hym :Trichogrammatidae] species on *Ostrinia furnacalis* [Lep. : Pyralidae] in China. *Chinese Journal of Biological Control* ,1990 ,6 (2) 49 — 53.

[13] Wang Z Y , Zhou D R , Hassan S A . Oviposition behaviour of *Trichogramma ostrinae*. *Chinese J. of Biological Control* ,1996 ,12 (4) 145 — 149.

[14] Liu S S ,He J H. Oviposition behaviour of *Trichogramma dendrolimi*. *Entomological Knowledge* ,1991 28 103 — 105.

[15] Nurindah ,Bronwen W C , Gordh G . Experience acquisition by *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera :trichogrammatidae). *Austrilian J. of Entomol.* ,1999 38 115 — 119.

[16] Huang Y P , Wang S F , Tang D W. Host discrimination and marking pheromone of *Telenomus dendrolimusi*. *J. Central-South Forestry College* , 1993 ,13 (2) :103 — 108.

[17] Van Noubuys S , Ehrnsten J. Wasp behavior leads to uniform parasitism of a host available only a few hours per year. *Behave. Ecol.* ,2004 ,15 : 661 — 665.

[18] Agboka K ,Schulthess F ,Chabi-Olaye A ,Labo I ,Gounou S ,Smith H. Self- , intra- , and interspecific host discrimination in *Telenmus busseolae* Gahan and *T. isis* Polaszek (Hymenoptera :Scelionidae) , aympatric egg parasitoids of the African cereal stem borer , *Seaamia calamistis* Hampson (Lepidoptera : Noctuidae). *J. Insect Behav.* 2002 ,15 1 — 12.

[19] Van Baaren J , Boivin G , Learning affects host discrimination behavior in a parasitoid wasp . *Behav. Ecol. Sociobiol.* ,1998 42 9 — 16.

[20] Santolamazza-Carbone S , Rodríguez-Illamola A , Rivera A C. Host find and host discrimination ability in *Anaphes nitens* Girault , an egg parasitoid of the Eucalyptus Snout-beetle Gonipterus scettellus Gyllenhal. *Biological Control* ,2004 29 24 — 33.

[21] Bao J Z , Chen X H. Research and applications of *Trichogramma* in china. Beijing : Academic Books & Periodicals Press ,1989. 60 — 62.

[22] Lewis W J , Takasu K. Use of learned odours by a parasitic wasp in accordance with host and food needs. *Nature , Lond.* ,1990 ,348 :635 — 636.

参考文献 :

[7] 陈华才 程家安. 昆虫寄主标记信息素. *生态学报* 2005 25 (2) 346 ~ 350.

[1] 李国清. 拟寄生蜂的寄主标记研究进展. *昆虫学报* 2006 49 (3) 504 ~ 512.

[12] 张荆 王金玲 丛斌 ,杨长成. 我国亚洲玉米螟赤眼蜂的种类及优势种的调查研究. *生物防治通报* ,1990 ,6 (2) 49 ~ 53.

[13] 王振营 周大荣 ,Hassan S A. 玉米螟赤眼蜂产卵行为的研究. *中国生物防治* ,1996 ,12 (4) 145 ~ 149.

[14] 刘树生 ,何俊华. 松毛虫赤眼蜂产卵行为观察. *昆虫知识* ,1991 28 103 ~ 105.

[16] 黄勇平 王淑芬 唐大武 ,等. 松毛虫黑卵蜂标记与识别及寄主标记信息素的研究. *中南林学院学报* ,1993 , 13 (2) 103 ~ 108.

[21] 包建中 陈修浩. 中国赤眼蜂的研究与应用. 北京 :学术书刊出版社 ,1989. 60 ~ 62.