

学习经历在平腹小蜂寄主选择过程中的作用

迟国梁, 徐 涛, 王建武*

(华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

摘要 研究了已经交配与未经交配的平腹小蜂在羽化后不同时间对中间寄主柞蚕卵信息记忆的持效性, 比较了经学习训练与未经学习训练的平腹小蜂在不同时间对其自然寄主荔枝蜡卵和中间寄主柞蚕卵的选择性。结果表明: 交配过的平腹小蜂在大量羽化后 96h 检验柞蚕卵的时间和数量都显著增多, 而未经交配的平腹小蜂在此时搜索寄主的时间也显著延长, 说明平腹小蜂在此时对柞蚕卵信息的记忆开始明显减弱。经学习训练的和未经学习训练的平腹小蜂在大量羽化后 96h 对荔枝蜡卵的第一选择数和刺卵数都明显提高, 并且前者较后者在各个时段对荔枝蜡卵的第一选择数、检验卵数以及刺卵数都多, 说明经学习训练的平腹小蜂对荔枝蜡卵的趋性较高, 并且随着时间的延长受柞蚕卵信息的干扰逐渐减小, 对荔枝蜡卵的学习效果不断增强。

关键词 学习经历; 平腹小蜂; 寄主选择

文章编号: 1000-0933 (2007) 04-1524-06 中图分类号: Q142 文献标识码: A

The effects of learning experiences of *Anastatus japonicus* on its host selection process

CHI Guo-Liang, XU Tao, WANG Jian-Wu*

Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (4) 1524 ~ 1529.

Abstract : *Anastatus japonicus* (Ashmead) is an efficient egg parasitoid against *Tessaratomya papillosa* (Drury), a major litchi (*Litchi chinensis*) pest, in Southern China. However, the practical biocontrol efficacy of *A. japonicus* mass produced using middle host *Antheraea pernyi* eggs is low in field. It is known that parasitoids response to a host can be affected by the experience on host cues gained during and immediately after emergence from the host. Does the experience in middle host affect the host selection process of *A. japonicus*? If so, how long does it last? It is unknown whether experiences trained on natural host cues will improve the responses of a parasitoid raised by middle host to its natural host. In this study, first of all, we investigated the memory persistence of mated and unmated *A. japonicus* for information from middle host eggs (*Antheraea pernyi* eggs) at different times after eclosion. Secondly, we compared the selectivity of trained and untrained *A. japonicus* on natural host (*Tessaratomya papillosa* eggs) and middle host (*Antheraea pernyi* eggs) at different times post-emergence. Finally, we evaluated the searching efficiency of *A. japonicus* after learning experiences in processing *T. papillosa* egg. The results showed that the time and the amount of inspecting host eggs of mated *A. japonicus* were increased significantly after *A. japonicus* had emerged from the middle host eggs 96h later. We observed that the time for searching host

基金项目: 美国洛克菲勒兄弟基金会资助项目 (RBF02-149); 广东省科技攻关资助项目 (B204, 2002A208030201, 2003A20505, 2004B20501013); 广东省科技计划资助项目 (2004A20505001)

收稿日期 2006-03-21; 修订日期 2006-11-28

作者简介 迟国梁 (1978 ~) 男, 山东潍坊人, 博士生, 主要从事化学生态学和昆虫行为学研究. E-mail: gl_chi@sina.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangjw@scau.edu.cn

Foundation item The project was financially supported by Rockefeller Brothers Fund (No. RBF02-149), Guangdong Key Technologies R&D Program (No. B204, 2002A208030201, 2003A20505, 2004B20501013), Guangdong Project Technologies Program (No. 2004A20505001)

Received date 2006-03-21; **Accepted date** 2006-11-28

Biography CHI Guo-Liang, Ph. D. candidate, mainly engaged in chemical ecology and insect behavior. E-mail: gl_chi@sina.com

eggs for unmated *A. japonicus* was also delayed remarkably , therefore the memory of *A. japonicus* for information from *A. pernyi* eggs began to weaken distinctly after 96 h. On the other hand , the number of first-selectivity for *T. papillosa* eggs and the amount of poking *T. papillosa* eggs for trained and untrained *A. japonicus* were increased obviously at 96 h after emergence. Interestingly , the number of first-selectivity for *T. papillosa* eggs and the amount of inspecting and poking *T. papillosa* eggs for trained *A. japonicus* were more than those of untrained *A. japonicus* at different times post-emergence. The results showed that trained *A. japonicus* has higher attraction to *T. papillosa* eggs compared to untrained *A. japonicus* , and the interfering information from middle host *A. pernyi* decreased gradually.

Key Words : learning experiences ; *Anastatus japonicus* ; host selection

寄生蜂在搜索寄主时面对的是一个复杂多变的化学环境^[1] ,因此它们在搜索的过程中 ,不可避免地会受到各种环境因子和非目标信息化化合物的干扰 ,那么寄生蜂如何有效地避开这些干扰 ,准确定位并接受寄主呢 ? Vet 等认为寄生蜂可以通过学习行为来适应植物气味化学指纹图的细微变化 ,以提高其搜索效率^[2]。通过经历导致的且可以循环发生或可逆的行为变化称之为“学习 (learning)”^[3] ,其基本特征是昆虫通过嗅觉、味觉、触觉或视觉感受器 ,接受寄主的相关信息 ,这些信息以一定的方式储存在昆虫的神经系统中 ,当遇到寄主时 ,昆虫会以此作为参考信息 ,做出相应的反应^[4,5]。寄生蜂完成寄生的整个过程可分为 5 步 : (1) 寄主群落定位 ; (2) 寄主微生境定位 ; (3) 微生境接受 ; (4) 寄主定位 ; (5) 寄主接受^[3]。Vet 认为 ,学习行为在前三步中起重要的作用^[2]。

荔枝卵平腹小蜂 (*Anastatus japonicus* Ashmead) 是荔枝主要害虫荔枝蝽 (*Tessaratoma papillosa* Drury) 的一种最为重要的寄生性天敌。在自然状态下 ,平腹小蜂对荔枝蝽卵的寄生率高达 80%^[6]。自 20 世纪 60 年代 ,研究人员发现柞蚕卵可以很好地代替荔枝蝽卵用于繁育平腹小蜂以来 ,人们对平腹小蜂的研究不断深入。现在 ,平腹小蜂的人工饲养已经进入了产业化阶段 ,但是由于人工饲养的平腹小蜂长期以柞蚕卵为寄主 ,对其存在明显的嗜好性 ,从而降低了对荔枝蝽卵信息的认知能力 ,导致平腹小蜂在大田释放后对荔枝蝽卵的寄生率有所下降 ,不能充分发挥生物防治的效能。为解决这一现实问题 ,急需开展对平腹小蜂寄主选择行为的调控训练和学习行为的研究。本文探讨了学习经历在平腹小蜂寄主选择过程中的作用 ,旨在为提高平腹小蜂对荔枝蝽卵的寄生率 ,增强其控害效能提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

平腹小蜂和柞蚕 (*Antheraea pernyi*) 卵均购于广东省昆虫研究所。实验用荔枝蝽卵采自华南农业大学园艺学院教学实验场 ,均为淡绿色的新鲜卵。平腹小蜂在大量羽化后经 24h 充分交配供试 ,未经交配的实验用平腹小蜂是在其羽化后 ,转移至指型管 (L5 cm ,Φ1 cm) 中 ,避免与羽化的雄蜂进行交配。在指型管中 ,每天定期用蜜糖水 (蜂蜜: 水为 1:3) 饲喂平腹小蜂雌蜂 ,并以脱脂棉球塞住管口。每管只接入一头蜂。有学习经历者在实验前须进行学习训练 ,将实验用平腹小蜂置于塑料盒 (h 0.8 cm ,Φ1.3 cm) 内 ,盒内放有 100 粒新鲜的荔枝蝽卵 ,然后用湿润的纱布封口 ,让其充分接触荔枝蝽卵 1h ,而后进行实验。

1.2 平腹小蜂对中间寄主信息记忆的持效性测定

采用培养皿法。在平腹小蜂雌蜂大量羽化 (50% 的柞蚕卵羽化出蜂) 记为 0 时 ,充分交配 24h 后剔除柞蚕卵卡 ,然后每隔 12h 测试 1 次 ,共设 24、36、48、60、72、84、96、108、120h 9 个处理 ,每处理每次连续测试 10 头平腹小蜂 ,分 3 次做完 ,共测试 30 头雌蜂。测试前 ,将滤纸 (Φ18cm) 置于培养皿 (Φ20cm) 中 ,将 32 粒柞蚕卵等间距地摆放于滤纸的边缘 ,用玻璃管 (L5cm ,Φ1cm) 将雌蜂逐头引入滤纸中央 ,待其活动时开始计时 ,记录平腹小蜂搜索寄主的时间、检验寄主的时间和数量。观察时间为 5min。搜索寄主时间是指从把平腹小蜂放入培养皿中直到其用触角敲打第 1 粒柞蚕卵的卵表为止的时间。检验寄主时间是指从平腹小蜂用触角敲击第 1 粒柞蚕卵开始到产卵器刺入卵内为止的时间^[7]。实验温度控制在 (25 ± 5)℃ ,相对湿度 60% ~ 80%。未

交配的实验用平腹小蜂实验操作同交配的平腹小蜂。3 项实验指标均取平均值。

1.3 学习后平腹小蜂对自然寄主和中间寄主的选择性测定

采用培养皿法。在平腹小蜂大量羽化 (50% 的柞蚕卵羽化出蜂) 记为 0h , 充分交配 24h 后剔除柞蚕卵卡 , 然后每隔 24h 测试 1 次 , 共设 24、48、72、96h 4 个处理 , 每处理每次连续测试 10 头平腹小蜂 , 分 3 次做完 , 共测试 30 头雌蜂。在测试前 , 将新鲜的荔枝蜡卵和柞蚕卵各 16 粒前后交叉折线型等间距地排列于距滤纸 (18cm) 的边缘 0.5cm 和 1cm 的两个圆周上。将雌蜂逐头引入滤纸中央 , 待其活动时开始计时 , 记录平腹小蜂对荔枝蜡卵和柞蚕卵的第 1 选择数 , 5min 观测时间内各自检验的寄主数量 , 以及刺探卵数。3 项实验指标均取平均值。有学习经历者在上述实验前须进行学习训练 , 训练方法同 1.1。

1.4 学习后平腹小蜂搜索定位寄主卵的效率测定

在培养皿 (20cm) 中放入一张滤纸 (18cm) , 将 16 粒新鲜的荔枝蜡卵等间距地摆放于滤纸的边缘 , 卵粒间距约 2cm。在培养皿中央逐头引入平腹小蜂雌蜂 , 连续记录每头平腹小蜂搜索前 5 次寄主卵的时间 (每次均以雌蜂从培养皿中央开始搜索时计时) , 将搜索过的卵移去 , 换上新的未被接触过的荔枝蜡卵^[8] , 有学习经历的、无学习经历的蜂各测定 10 头。有学习经历者在上述实验前须进行学习训练 , 训练方法同 1.1。

1.5 数据统计与分析

所有实验数据均采用邓肯氏新复极差法 (DMRT) 进行多重比较 , 统计软件为 Microsoft Excel 2003 和 SPSS10.0 版。

2 结果与分析

2.1 平腹小蜂对柞蚕卵信息记忆的持效性

在平腹小蜂羽化并经过充分交配 24h 后 , 反应活性较高 , 随着时间的延长 , 其搜索寄主的时间逐渐增加 , 但在 72h 时 , 平腹小蜂仅用 7"01 的时间就找到了寄主。这可能是因为在这一时间 , 平腹小蜂的产卵需求较强 (即在此时 , 平腹小蜂开始大量产卵 , 这一点与人工繁养平腹小蜂的观测结果相仿) , 从而大大缩短了其搜索寄主的时间。此后平腹小蜂搜索寄主的时间显著增加。60h 后 , 平腹小蜂检验寄主的时间也明显缩短 , 72h 时达到最低值 , 这种反应与在此时搜索寄主时间最短一致。96h 后 , 平腹小蜂搜索寄主、检验寄主的时间和检验寄主的数量开始显著增多 , 并且在规定时间内没有发生产卵管刺探行为 (表 1) , 这说明 , 此时平腹小蜂对寄主信息的记忆开始明显减弱。

表 1 已经交配的平腹小蜂在羽化后不同时段对柞蚕卵的选择

Table 1 Selection of mated <i>A. japonicus</i> to <i>A. pernyi</i> egg in the different period of time after eclosion			
时间 Time (h)	搜索寄主时间 Time of searching host (s)	检验寄主时间 Time of testing host (s)	检验寄主数量 Number of testing host (grain)
24	9.56 ± 2.44e	71.49 ± 1.32cd	1.57 ± 0.15b
36	11.63 ± 1.57e	83.16 ± 1.16c	1.33 ± 0.18b
48	12.73 ± 0.96de	96.42 ± 1.74b	1.5 ± 0.25b
60	13.84 ± 3.35de	68.87 ± 2.68de	1.03 ± 0.03b
72	7.01 ± 0.46e	58.57 ± 1.18e	1 ± 0b
84	20.68 ± 2.54cd	73.16 ± 6.24cd	1.27 ± 0.18b
96	26.46 ± 3.75c	143.73 ± 10.63a	3.43 ± 0.55a
108	35.13 ± 2.51b	—	1.77 ± 0.22b
120	53.05 ± 4.89a	—	1.5 ± 0.10b

表中数据为平均值 ± 标准误 , 同列数据后的相同字母表示数据间差异不显著 (DMRT : $\alpha = 0.05$) , 下同 The data in the table was mean ± std. error , table entries followed by the same lower-case letters in each column were not significantly different (DMRT : $\alpha = 0.05$) the same below

消除了产卵需求的影响后 , 平腹小蜂搜索寄主的时间随着时间的延长逐渐增加 , 96h 后 , 增加最为显著 ; 同时检验寄主的时间和数量也在此时有所增多 (表 2) , 这进一步说明 , 平腹小蜂在大量羽化 96h 后对寄主信息的记忆开始明显减弱。

2.2 学习后平腹小蜂对自然寄主和中间寄主的选择性

在平腹小蜂大量羽化 96h 之前 ,平腹小蜂对柞蚕卵的第 1 选择数和刺卵数一直高于对荔枝蜡卵的选择 ,只是检验柞蚕卵数在 72h 时 略低于检验荔枝蜡卵数。在 96h 时 ,平腹小蜂对荔枝蜡卵的第 1 选择数、检验卵数和刺卵数都超出了对柞蚕卵的选择数 ,并且第一选择数和刺卵数这两个指标在此时与以前的数量相比都达到了显著性差异 (表 3)。这从侧面证明平腹小蜂在羽化 96h 后 ,明显减弱了对中间寄主信息的记忆 ,对自然寄主表现出天然趋性。

表 2 未经交配 的平腹小蜂在羽化后不同时段对柞蚕卵的选择

Table 2 Selection of unmated <i>A. japonicus</i> to <i>A. pernyi</i> egg in the different period of time after eclosion			
时间 Time (h)	搜索寄主时间 Time of searching host (s)	检验寄主时间 Time of testing host (s)	检验寄主数量 Number of testing host (grain)
24	8.35 ± 1.03d	55.91 ± 2.50c	1.6 ± 0.12cd
36	11.04 ± 0.72d	77.92 ± 4.30bc	1.53 ± 0.33cd
48	13.99 ± 0.21cd	63.79 ± 5.05c	1 ± 0d
60	20.88 ± 6.52bc	59.57 ± 8.52c	1.27 ± 0.35d
72	26.64 ± 0.76b	74.15 ± 9.92bc	1 ± 0d
84	28.04 ± 0.49b	91.73 ± 1.26ab	2.2 ± 0.53bc
96	47.09 ± 1.30a	114.20 ± 13.47a	2.67 ± 0.06ab
108	53.25 ± 1.18a	105.51 ± 4.83ab	3.07 ± 0.13a
120	—	—	—

表 3 无学习经历 的平腹小蜂在不同时段对寄主卵的选择

Table 3 Selection of non-trained <i>A. japonicus</i> to host eggs in the different period of time						
时间 Time (h)	第 1 选择数 (粒) Number of first selection (grain)		检验寄主卵数 (粒) Number of testing host egg (grain)		刺探寄主卵数 (粒) Number of stabbing host egg (grain)	
	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg
24	4 ± 0.58b	6 ± 0.58a	34.33 ± 3.48a	49.33 ± 3.71a	0.67 ± 0.33c	2 ± 0.58b
48	3 ± 0.58b	7 ± 0.58a	36.67 ± 5.61a	47.33 ± 5.46a	2 ± 0.58bc	6.33 ± 0.88a
72	4.33 ± 0.33b	5.67 ± 0.33a	36.33 ± 6.94a	34.33 ± 4.41ab	3.67 ± 0.33b	5 ± 0.58a
96	7.33 ± 0.33a	2.67 ± 0.33b	57 ± 12.66a	28 ± 4.16b	8 ± 1.53a	2.33 ± 0.88b

平腹小蜂对荔枝蜡卵信息学习后 ,在各个时段对荔枝蜡卵的第 1 选择数都比柞蚕卵的高 ,羽化 48h 之后检验荔枝蜡卵的数量明显高于检验柞蚕卵的数量 ,而刺卵数除在 48h 时略低于柞蚕卵数外 ,其余时段平腹小蜂主要刺探荔枝蜡卵 ,并且随着时间的延长 ,平腹小蜂对荔枝蜡卵的各项选择指标都有增加的趋势 ,而对柞蚕卵的各项指标有降低的趋势 (表 4) ,说明通过学习 ,平腹小蜂对其自然寄主的趋性大大增强 ,随着时间的延长 ,来自中间寄主的信息对平腹小蜂的干扰逐渐减小 ,对自然寄主的学习效果越来越好。

表 4 有学习经历 的平腹小蜂在不同时段对寄主卵的选择

Table 4 Selection of trained <i>A. japonicus</i> to host eggs in the different period of time						
时间 Time (h)	第 1 选择数 (粒) Number of first selection (grain)		检验寄主卵数 (粒) Number of testing host egg (grain)		刺探寄主卵数 (粒) Number of stabbing host egg (grain)	
	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg	荔枝蜡卵 <i>T. papillosa</i> egg	柞蚕卵 <i>A. pernyi</i> egg
24	6.33 ± 0.67bc	3.67 ± 0.67ab	38 ± 10.69b	41.33 ± 7.26a	2.33 ± 1.20b	0 ± 0c
48	6 ± 0.58c	4 ± 0.58a	53.67 ± 2.91ab	32 ± 9.07a	2.33 ± 0.88b	3.33 ± 0.33a
72	8 ± 0.58ab	2 ± 0.58bc	53.33 ± 6.69ab	36.67 ± 7.75a	4 ± 0.58b	2 ± 0.58b
96	8.33 ± 0.33a	1.67 ± 0.33c	67.67 ± 1.86a	33.33 ± 9.84a	8.33 ± 0.88a	1 ± 0bc

平腹小蜂对荔枝蜡卵信息学习后 , 在各个时段对荔枝蜡卵的各项指标较未经学习训练的平腹小蜂都高 , 并且随着时间的延长 , 两者对荔枝蜡卵的各项指标都有增加的趋势 (表 5) ; 同时 , 对荔枝蜡卵信息学习后的平腹小蜂对柞蚕卵的选择在多数情况下较未经学习训练的平腹小蜂要低 , 而且两者对柞蚕卵的的各项指标都有降低的趋势 (表 6) 。说明平腹小蜂对两种寄主信息的记忆存在相互干扰 , 随着时间的延长 , 经学习训练的平腹小蜂对自然寄主信息的记忆可能由于对中间寄主信息记忆的减弱而相对增强 , 未经学习训练的平腹小蜂在后期对寄主的选择则可能出于本能。

表 5 经学习训练与未经学习训练的平腹小蜂在不同时段对荔枝蜡卵的选择

时间 Time (h)	第 1 选择数 (粒) Number of first selection (grain)		检验寄主卵数 (粒) Number of testing host egg (grain)		刺探寄主卵数 (粒) Number of stabbing host egg (grain)	
	经学习训练者	未学习训练者	经学习训练者	未学习训练者	经学习训练者	未学习训练者
	Trained	Non-trained	Trained	Non-trained	Trained	Non-trained
	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>
24	6.33 ± 0.67bc	4 ± 0.58b	38 ± 10.69b	34.33 ± 3.48a	2.33 ± 1.20b	0.67 ± 0.33c
48	6 ± 0.58c	3 ± 0.58b	53.67 ± 2.91ab	36.67 ± 5.61a	2.33 ± 0.88b	2 ± 0.58bc
72	8 ± 0.58ab	4.33 ± 0.33b	53.33 ± 6.69ab	36.33 ± 6.94a	4 ± 0.58b	3.67 ± 0.33b
96	8.33 ± 0.33a	7.33 ± 0.33a	67.67 ± 1.86a	57 ± 12.66a	8.33 ± 0.88a	8 ± 1.53a

表 6 经学习训练与未经学习训练的平腹小蜂在不同时段对柞蚕卵的选择

时间 Time (h)	第 1 选择数 (粒) Number of first selection (grain)		检验寄主卵数 (粒) Number of testing host egg (grain)		刺探寄主卵数 (粒) Number of stabbing host egg (grain)	
	经学习训练者	未学习训练者	经学习训练者	未学习训练者	经学习训练者	未学习训练者
	Trained	Non-trained	Trained	Non-trained	Trained	Non-trained
	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>	<i>A. japonicus</i>
24	3.67 ± 0.67ab	6 ± 0.58a	41.33 ± 7.26a	49.33 ± 3.71a	0 ± 0c	2 ± 0.58b
48	4 ± 0.58a	7 ± 0.58a	32 ± 9.07a	47.33 ± 5.46a	3.33 ± 0.33a	6.33 ± 0.88a
72	2 ± 0.58bc	5.67 ± 0.33a	36.67 ± 7.75a	34.33 ± 4.41ab	2 ± 0.58b	5 ± 0.58a
96	1.67 ± 0.33c	2.67 ± 0.33b	33.33 ± 9.84a	28 ± 4.16b	1 ± 0bc	2.33 ± 0.88b

2.3 学习后平腹小蜂搜索定位寄主卵的效率

无论是学习组还是对照组 , 随着次序的增加 , 平腹小蜂搜索到荔枝蜡卵的时间逐渐缩短 , 而且第 1 次搜索到卵的时间与以后各次搜索到卵的时间之间差异显著。另外 , 学习组搜索到卵的总时间与对照组相比差异极显著 ($P=0 < 0.01$) , 这说明平腹小蜂通过学习后 , 在以后的搜索过程中能较快地识别和利用学习过的信息 , 从而提高了搜索效率。

3 讨论

学习行为是指昆虫因受经历的影响而发生的比较长期的和可逆的行为变化^[4,5]。Hopkins 通过实验推论 : 幼虫期的化学经历可能会影响到成虫期的行为^[9]。1985 年 ,Corbet 通过相关的实验证实成虫羽化后对寄主的选择行为主要或完全受其寄主遗赠的化学信号的影响 , 而成虫在羽化过程中对这些信号物质的短暂经历影响了其随后的行为 , 这就是所谓的 “化学遗赠假

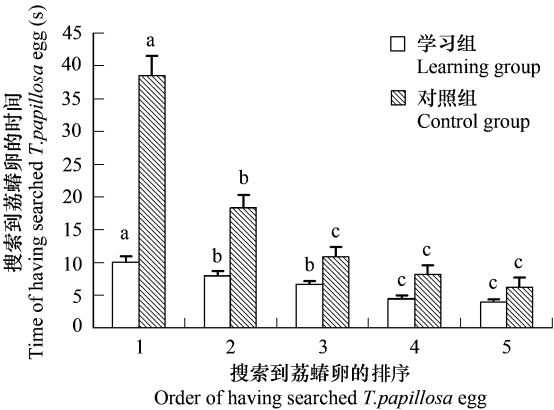


图 1 学习经历对平腹小蜂搜索荔枝蜡卵的行为与效率的影响
Fig.1 The effects of learning experiences on *A. japonicus*'s behavior and efficiency in the process of searching *T. papillosa* eggs
同一处理组内 , 柱顶有相同字母者表示差异不显著 (DMRT : $\alpha = 0.05$) The same letters above the bars show no significant difference in the same treatment combination (DMRT : $\alpha = 0.05$)

说”^[10]。在本研究中,柞蚕卵作为平腹小蜂的中间寄主,在人工繁养中它同样给平腹小蜂以化学信号,从而影响该蜂羽化后的行为,使该蜂经历了所谓的“羽化条件作用”^[11]。故在实验开始阶段该蜂对柞蚕卵表现出了积极的搜索行为。既然平腹小蜂羽化时的早期经历属于学习的范畴,而学习具有可塑性^[3],那么平腹小蜂对柞蚕卵的嗜好就会随以后的经历不同而发生变化,随时间的延长而逐渐减弱记忆。本研究的结果对这种推测提供了证据。当平腹小蜂大量羽化后 96h,搜索寄主的时间和检验寄主的数量都明显增多,并且未发生产卵管刺探行为,这说明此时平腹小蜂对柞蚕卵信息的记忆开始明显减弱了。但是,在其羽化后 72h 搜索寄主的时间缩短为 7’01,出现这种情况,可能主要是由于此时平腹小蜂的产卵需求旺盛(其卵巢发育进度可能属于非线形变化),从而掩盖了其对寄主卵信息记忆减弱的事实,这一内在刺激导致其积极的搜索行为,且与平腹小蜂的羽化条件作用导致对柞蚕卵的嗜好无关。从表 3 与表 4 的对比中,可以看到由于平腹小蜂在羽化后对荔枝蜡卵的学习行为,导致其对柞蚕卵的选择有所下降,说明平腹小蜂新的经历能阻碍对早期经历的回忆^[12],对自然寄主的嗜好受到羽化场所非寄主卵信息的干扰,这与 Vet 人工饲养对寄生蜂的学习行为可能会产生不利影响的结论一致^[13],这也可能是生产实践中平腹小蜂对荔枝蜡卵的寄生率下降导致品质退化的主要原因之一^[14]。根据本文的研究结果,为了提高用柞蚕卵饲养的平腹小蜂对目标信息的利用,更好地避免非目标信息的干扰,可以在平腹小蜂大量羽化后 96h,用荔枝蜡卵对平腹小蜂进行学习行为调控训练,以保证其在大田释放时对目标信息的最大反应能力,至于具体的调控训练技术还有待以后进一步研究。

References :

[1] Tumlinson J H , Turlings T C J , Lewis W J. The semiochemical complexes that mediate insect parasitoid foraging. *Agriculture Zoology Reviews* , 1992 , 5 : 221 – 252.

[2] Vet L E M , Lewis W J , Carde R T. Parasitoid foraging and learning. In : Carde R T , Bell W J eds. *Chemical Ecology of Insects*. London : Chapman & Hall , 1995. 65 – 101.

[3] Liu S S , Jiang L H , Li Y H. Learning in adult hymenopterous parasitoids during the process of host-foraging. *Acta Entomologica Sinica* , 2003 , 46 (2) : 228 – 236.

[4] Papaj D R , Prokopy R J. Ecological and evolutionary aspects of learning in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* , 1989 , 34 : 315 – 350.

[5] Vet L E M , Dicke M. Ecology of infochemicals use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology* , 1992 , 37 : 141 – 172.

[6] Pu Z L. The theory and methods of biological control of pests. Beijing : The Science Press , 1978. 46.

[7] Li B P , Liu X N. Effects of learning on host-location and host-acceptance in *Trichogramma Evenescense* (Hym. Trichogrammatidae) . *Natural Enemies of Insects* , 2002 , 24 (4) : 154 – 158.

[8] Liu Y F , Gu D X. Host——searching behavior of the egg parasitoid *Anastatus japonicus*. *Chinese Journal of Biological Control* , 2000 , 16 (1) : 1 – 4.

[9] Hopkins A D. Contribution to discussion. *Journal of Economic Entomology* , 1917 , 10 : 92 – 93.

[10] Corbet S A. Insect chemosensory responses : a chemical legacy hypothesis. *Journal of Ecological Entomology* , 1985 , 10 (2) : 143 – 153.

[11] Storeck A , Poppy G M , van Emden H F , *et al.* The role of plant chemicals cues in determining host preference in the generalist aphid parasitoid *Aphidius colemani*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 2000 , 97 (1) : 41 – 46.

[12] Li Y H , Liu S S. Learning in phytophagous insects. *Acta Entomologica Sinica* , 2004 , 47 (1) : 106 – 116.

[13] Vet L E M , Croenewold A W. Semichemicals and learning in parasitoids. *Journal Chemical Ecology* , 1990 , 16 (11) : 3119 – 3135.

[14] Wang J W , Zhou Q , Xu T , *et al.* Roles of volatile infochemicals and learning behavior in the host selection process of *Anastatus japonicus*. *Acta Ecologica Sinica* , 2003 , 23 (9) : 1791 – 1797.

参考文献 :

[3] 刘树生,江丽辉,李月红. 寄生蜂成虫在寄主搜索过程中的学习行为. *昆虫学报* , 2003 , 46 (2) : 228 ~ 236.

[6] 蒲蛰龙. 害虫生物防治的原理与方法. 北京 : 科学出版社 , 1978. 46.

[7] 李保平,刘小宁. 学习对广赤眼蜂寻找寄主和接受寄主行为的影响. *昆虫天敌* , 2002 , 24 (4) : 154 ~ 158.

[8] 刘雨芳,古德祥. 荔枝蜡卵平腹小蜂对寄主的搜索行为. *中国生物防治* , 2000 , 16 (1) : 1 ~ 4.

[12] 李月红,刘树生. 植食性昆虫的学习行为. *昆虫学报* , 2004 , 47 (1) : 106 ~ 116.

[14] 王建武,周强,徐涛,等. 挥发性信息化合物与学习行为在平腹小蜂寄主选择过程中的作用. *生态学报* , 2003 , 23 (9) : 1791 ~ 1797.