应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(2):350—354

两种赤眼蜂在半自然条件下对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力*

欧海英[1,2] 田明义[1] 谢梅琼[1] 何余容[1**]

(1. 华南农业大学资源环境学院昆虫学系 广州 510642; 2. 防城港出入境检验检疫局 广西防城港 538001)

摘 要 灰白蚕蛾 *Ocinara varians* Walker 是近几年来我国南方发生比较严重的园林害虫之一,赤眼蜂是其卵期的一种重要天敌,为寻找灰白蚕蛾有效的生物防治措施,本实验研究了半自然条件下松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 和短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley 对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力。实验结果表明,在挂卵量相同的情况下,3 种不同经历的松毛虫赤眼蜂和短管赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索能力都随蜂卵比的减小而降低。在各蜂卵比下,3 种不同处理的松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的寄生率明显高于相应地 3 种不同处理的短管赤眼蜂。在蜂卵比为 1∶1时,具有羽化后学习经历的松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索能力最强,其寄生率达 50.66%,显著高于幼期学习蜂和无经验蜂,而幼期学习经历对其搜索效果无明显地影响。短管赤眼蜂无论是羽化后学习经历还是幼期学习经历对其搜索行为均无明显影响。

关键词 赤眼蜂,灰白蚕蛾,搜索寄生能力,半自然条件

The searching capacity of two *Trichogrammas* species for *Ocinara vrians* in semi-field*

OU Hai-Ying[1,2] TIAN Ming-Yi[1] XIE Mei-Qiong[1] HE Yu-Rong[1**]

(1. Depatment of Entomology, College of Environment and Natural Resources, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2. Fangchenggang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Fangchenggang Guangxi 538001, China)

Abstract The gray silk moth, *Ocinara varians* Walker, is one of more serious pests in gardens in south China. *Trichogramma* spp. is an important egg parasitoid of this pest. In order to search for alternative control methods, the searching capacity of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura and *T. pretiosum* Riley was tested by releasing adult parasites in cages (60 cm × 60 cm × 70 cm). Each cage included two host plants and had the same host egg numbers. The results show that, irrespective of whether parasitoids had prior experience of parasitizing *O. varians* eggs, the search capacity of *T. dendrolimi* and *T. pretiosum* declined as the parasitoid to egg ratio decreased. The rate of parasitism of *T. dendrolimi* was higher than that of *T. pretiosum* irrespective of prior experience. At a ratio of one parasitoid to one egg, adult *T. dendrolimi* that had prior experience of parasitizing *O. varians* eggs parasitized 50.7% of eggs, significantly higher than the proportion parasitized by larvae of this species that either had, or did not have, prior experience. Prior experience had no effect on the search efficacy of *T. dendrolimi* larvae, nor did it affect the search efficiency of adult or larval *T. pretiosum*.

Key words *Trichogramma*, *Ocinara varians*, searching parasitic capacity, semi-field

灰白蚕蛾 *Ocinara varians* Walker 属鳞翅目 Lepidoptera,蚕蛾科 Bombycidae,主要分布在广东、广西、福建、海南、四川、台湾等地(黄光斗等,2002),在华南地区危害细叶榕(*Ficus microcarpa*)、垂叶榕(*Ficus benjamina* L.)、黄葛榕(*Ficus microcarpa*)、高山榕(*Ficus altissima* Bl.)、

* 资助项目:广州市科技攻关项目(2003Z2E0141)。

**通讯作者,E-mail: yrhe@scau.edu.cn

收稿日期:2010-01-15,接受日期:2010-07-14

菩提榕(*Ficus religiosa*)等榕属的一些园林树木。其幼虫取食叶片,致使叶片呈深褐色,造成空洞或缺刻,严重时食光叶片及嫩梢,仅余树干(罗佳和梁进新,1997),大量虫粪对街道的卫生造成严重的污染。近年来,该虫已成为广州地区园林植物上非常重要的害虫,给城市绿化造成很大的损失。

目前,对于该虫的研究多数局限于其生物学特性方面(罗佳和梁进新,1997;黄光斗等,2002),关于灰白蚕蛾的防治也主要以化学防治为主,多使用广谱性化学杀虫剂如拟除虫菊酯类(岑炳沾和苏星,2003)。到目前为此,国内外尚未见有关该虫生物防治的报道。赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 是世界范围内害虫生物防治中研究最多、应用最广的一类卵寄生蜂(冯斌等,2004)。然而,寄生蜂在搜索寄主时面对的是一个复杂多变的自然环境,它们在搜索寄主的过程中,不可避免地受到各种因素的干扰,那么寄生蜂如何避开这些干扰并准确地定位寄主呢?已有研究表明,学习行为是寄生蜂察觉重要信息物质和有效搜索寄主的重要途径(Vet and Dicke,1992; Fukushima *et al.*,2002)。近年来,研究者们逐渐认识到经历与学习对寄生蜂行为的影响以及在生物防治中的作用,对寄生蜂在各种情况下的学习行为进行了研究(李保平和刘小宁,2002; 李欣和刘树生,2002; 王建武等,2003)。

作者研究发现在室内条件下采用试管法筛选蜂种或品系具有一定的局限性,因其试验空间小,环境不复杂,赤眼蜂几乎不需要进行长时间的搜寻就可发现寄主。而到目前为此,还未见有关不同学习经历的松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 和短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley 对灰白蚕蛾卵搜索寄生能力的报道,因此有必要在寄主植物存在的半自然条件下研究赤眼蜂的搜索能力和寄生能力,为进一步研究其在自然条件下对灰白蚕蛾的实际控制能力提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试蜂种

松毛虫赤眼蜂和短管赤眼蜂。

首先对供试 2 种赤眼蜂进行不同处理,得以下几种蜂:直接由米蛾卵繁育的,未接触过任何灰白蚕蛾卵的赤眼蜂称为无经验蜂;赤眼蜂将卵直接产于灰白蚕蛾卵内,在羽化未成蜂之前,其卵期和幼虫期均在灰白蚕蛾卵内度过,这种在灰白蚕蛾卵内羽化的具有幼期学习经验的赤眼蜂称为幼期学习蜂;用米蛾繁殖的赤眼蜂羽化且充分交配后,接入少量新鲜灰白蚕蛾卵,让其产卵 6 h 后将卵卡取出,使其雌蜂对灰白蚕蛾卵有一定的产卵经验,这种羽化后具有成蜂学习经验的赤眼蜂称为羽化后学习蜂。

1.2　试验方法

在室内养虫笼(长 60 cm,宽 60 cm,高 70 cm)中放养一盆大小适中且枝叶茂密的黄榕植株,将灰白蚕蛾卵制成 5 ~ 10 粒的卵卡,分别在树冠上中下层的东西南北中 5 个方位,用桃胶均匀的粘贴灰白蚕蛾卵卡于叶背面,且控制每笼挂卵量为 200 粒。试验设置 1∶1、1∶3、1∶6、1∶9、1∶12、1∶15 计 6 个蜂卵比,每个养虫笼中从植株的中下部释放一种处理的赤眼蜂,每个处理重复 3 次,同时设一对照,一周后统计被寄生的卵数。待寄生卵发育羽化、子代蜂死亡后检查寄生率。

1.3　数据统计与分析

应用计算机软件 SAS 8.1 数据处理系统对试验数据进行统计分析。绘图采用 Excel 软件。

2　结果与分析

2.1　不同处理松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力

由表 1 可知,随着蜂卵比比值的减小,3 种不同处理松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的寄生率均呈下降趋势。具有羽化后寄生学习经历的赤眼蜂在各蜂卵比下的寄生率均高于幼期学习蜂及无经验蜂,而不论在哪个蜂卵比,幼期学习蜂对灰白蚕蛾的寄生率与无经验蜂均无显著性差异。在蜂卵比为 1∶1时各处理寄生率都达到最高值,且羽化后学习蜂的寄生率与幼期学习蜂和无经验蜂差异均显著,羽化后学习蜂的寄生率为 50.7%,明显高于幼期学习蜂的 42.5% 和无经验蜂的 40.8%。在蜂卵比为 1∶15 时,各处理寄生率均达到最小值,羽化后学习蜂为 17.2%,幼期学习蜂为 8.3%,无经验蜂为 7.3%,且它们之间差异不显著。说明在蜂卵比为 1∶1 时,各处理松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生效果最好,其成蜂表现出较强的学习能力,而在幼期没有明显的学习行为。

羽化后学习蜂在蜂卵比为 1∶1和 1∶3之间，寄生率差异显著，在蜂卵比为 1∶6、1∶9、1∶12 和 1∶15 之间，寄生率差异均不显著；幼期学习蜂在蜂卵比为 1∶1和 1∶3时，寄生率差异显著，在蜂卵比为 1∶6 和 1∶9之间以及 1∶12 和 1∶15 之间，寄生率差异均不显著；无经验蜂在蜂卵比为 1∶3、1∶6和 1∶9之间，寄生率差异不显著，在蜂卵比为 1∶12 和 1∶15 之间，寄生率也无明显差异。

表 1 不同处理松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力

Table 1 The searching capacity of *Trichogrammas dendrolimi* with different learning experience to the eggs of *Ocinara varians*

蜂卵比 Ratio of female to egg	寄生率 Parasitism(%)		
	羽化后学习蜂 *T. dendrolimi* with learning experiences after emergence	幼期学习蜂 *T. dendrolimi* with learning experiences in larval stage	无经验蜂 Inexperienced *T. dendrolimi*
1∶1	50.7 + 1.30 a A	42.5 + 2.47 a B	40.8 + 0.69 a B
1∶3	36.1 + 1.17 b A	34.3 + 0.88 b A	27.5 + 4.88 ab A
1∶6	27.5 + 0.58 c A	26.0 + 1.61 c A	24.9 + 5.33 ab A
1∶9	23.9 + 0.29 c A	18.7 + 1.17 cd A	20.0 + 0.13 ab A
1∶12	19.8 + 1.30 c A	11.0 + 3.77 de A	11.9 + 4.11 bc A
1∶15	17.2 + 2.62 c A	8.3 + 1.30 e A	7.3 + 4.54 c A

* 表中同列数据(平均值 ± 标准误)后具有相同小写字母者表示在 0.05 水平差异不显著；同行数据具有相同大写字母者表示在 0.05 水平差异不显著($P = 0.05$，DMRT 法)。下表同。

Data are means ± *SE*, and those followed by same lowercase letters in the same column are not significantly different; and those followed by same capital letters in the same row are not significantly different at 0.05 level by Duncan's Multiple Range Test. The same below.

2.2 不同处理短管赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索能力

由表 2 可知，3 种不同处理短管赤眼蜂的寄生率随着蜂卵比比值的减小呈逐渐下降趋势，而不论在哪种蜂卵比情况下，羽化后学习蜂、幼期学习蜂、无经验蜂三者之间的寄生率均无显著性差异，说明短管赤眼蜂无论是成蜂还是幼虫都无明显学习行为。在蜂卵比为 1∶1时，3 种不同处理赤眼蜂的寄生率均达到最高值，羽化后学习蜂的为 22.5%，高于幼期学习蜂的 18.2% 和无经验蜂的 19.5%；而在蜂卵比为 1∶15 时，各处理赤眼蜂的寄生率均达到最小值，分别为羽化后学习蜂 6.5%，幼期学习蜂 6.5%，无经验蜂 5.7%。说明在蜂卵比为 1∶1时，各处理短管赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生效果最好。

表 2 不同处理短管赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力

Table 2 The searching capacity of *Trichogramma pretiosum* with different learing experience to the eggs of *Ocinara varians*

蜂卵比 Ratio of female to egg	Parasitism 寄生率(%)		
	羽化后学习蜂 *T. pretiosum* with learning experiences after emergence	幼期学习蜂 *T. dendrolimi* with learning experiences in larval stage	无经验蜂 Inexperienced *T. dendrolimi*
1∶1	22.5 ± 2.25 a A	18.2 ± 1.20 a A	19.5 ± 0.50 a A
1∶3	17.5 ± 1.15 ab A	12.3 ± 4.17 ab A	14.5 ± 1.80 b A
1∶6	12.2 ± 1.32 bc A	9.5 ± 1.80 b A	7.7 ± 0.73 c A
1∶9	9.0 ± 2.75 c A	7.7 ± 1.17 b A	6.8 ± 1.59 c A
1∶12	7.3 ± 1.20 c A	6.8 ± 1.74 b A	6.7 ± 1.3 c A
1∶15	6.5 ± 2.10 c A	6.5 ± 1.15 b A	5.7 ± 1.17 c A

羽化后学习蜂在蜂卵比为 1∶3和 1∶6之间,对灰白蚕蛾卵的寄生率差异不显著,均超过 10%,在小于 1∶6的其它蜂卵比之间的寄生率差异不显著,均低于 10%;幼期学习蜂在蜂卵比为 1∶1和 1∶3之间,寄生率差异不显著,在蜂卵比为 1∶6、1∶9、1∶12和 1∶15 之间,寄生率差异也不显著;无经验蜂在蜂卵比为 1∶1和 1∶3之间,寄生率差异显著,在其它蜂卵比之间,寄生率均无显著差异。

3　结论与讨论

试验证明,羽化后的经历和学习是寄生蜂行为变异的又一重要因素,通过条件化学习,寄生蜂能够将原先比较弱的刺激信号与寄主相联系,而在以后对这些信号的反应明显增强,并成为寄生蜂寻找寄主的重要线索(Vet and Groenewold, 1990)。1917 年,Hopkins 提出"Hopkins 寄主选择原理",认为昆虫幼期发育所在的寄主可影响成虫的行为。其中最典型的例子是在实验室内用米蛾 *Corcyra cephalonica* 为寄主饲养了 7 年的麦蛾小茧蜂 *Microbracon gelechiae* 对米蛾 *C. cephalonica* 气味的反应比对它的自然寄主马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* Zeller 的反应还要强烈(Narayananan and Rao, 1995)。本研究发现在半自然条件下,3 种不同经历的松毛虫赤眼蜂和短管赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的寄生率都是随蜂卵比的减小而降低;当蜂卵比为 1∶1时,羽化后具有学习经历的松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的寄生率显著高于幼期学习蜂和经验蜂,在其它蜂卵比下,它们之间的挂卵量均无显著差异;而 3 种不同经历的短管赤眼蜂在灰白蚕蛾卵上的寄生率均无显著差异。说明赤眼蜂学习经历对其搜索寄生行为的影响与蜂卵比存在密切的相关性,同时也因试验蜂种的不同,学习经历对其搜索寄生能力也会带来不同的效果。而关于 2 种赤眼蜂羽化后学习蜂对灰白蚕蛾卵表现出不同的搜索寄生能力,是否与它们在幼期发育所在寄主的饲养代数有关有待进一步验证。

不同种类的寄生蜂学习能力有较大的差异,寄主范围较广的种类学习能力相应较强,而寄主比较专一的种类学习能力相对较弱(Vet and Groenewold, 1990)。本文中松毛虫赤眼蜂的寄主范围比短管赤眼蜂的广,而实验结果也表明 3 种不同经历的松毛虫赤眼蜂对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力比短管赤眼蜂的强,说明松毛虫赤眼蜂的学习能力比短管赤眼蜂强,与前人的报道吻合。此外,具有幼虫期学习经历的松毛虫赤眼蜂的搜索寄生能力与无经验蜂差别不大,说明松毛虫赤眼蜂幼虫期学习能力不强,而 3 种不同经历的短管赤眼蜂的寄生率无明显差异,说明短管赤眼蜂无论成蜂还是幼虫期都没明显学习行为。另外,本文只研究了 3 种不同经历松毛虫赤眼蜂和短管赤眼蜂在蜂卵比为 1∶1和小于 1∶1时对灰白蚕蛾卵的搜索寄生能力,关于两种赤眼蜂在其它蜂卵比时对灰白蚕蛾的搜索寄生能力有待进一步验证。

Papaj 和 Vet(1990)测试了学习对果蝇寄生蜂 *Leptopilina heterotoma* 在林间搜索果蝇 *Drosophila* spp. 幼虫的过程中行为的影响,发现学习至少表现出 3 种效应:(1)搜索到寄主的概率提高;(2)搜索到寄主的速度更快;(3)更易搜索到已经历过的微栖境。当寄生于果蝇卵的茧蜂 *Bilsteres arisanus* 羽化后给予其适当的经历,在室内可显著提供寄生卵量和子代数(Dukas and Duan, 2000)。本研究结果表明当卵密度一定时,3 种不同经历的 2 种赤眼蜂都是随着放蜂量的不断增加,其搜索能力不断增强,寄生效果也越好。因此,野外释放赤眼蜂防治灰白蚕蛾时,建议采用淹没式释放,以达到更好的控制效果。研究寄生蜂的学习行为,开展寄生蜂搜索行为的调控试验,在害虫生物防治中具有重要意义。本试验明确了 2 种寄生蜂的学习行为对灰白蚕蛾卵的搜索和寄生能力,为该虫的生物防治提供了理论基础。

参考文献(References)

岑炳沾,苏星,2003. 景观植物病虫害防治. 广州:广东科技出版. 68—69.

Dukas R, Duan JJ, 2000. Potential fitness consequences of associative learning in a parasitoid wasp. *Behav. Ecol.*, 11: 536—543.

冯斌,吴建功,王文玉,李丽峰,牛璇,2004. 赤眼蜂在我国的研究和应用现状综述. 山西林业科技, 3(1): 26—30.

Fukushima J, Kainoh Y, Honda H, Takabayashi J, 2002. Learning of herbivore-induced and nonspecific plant volatiles by aparasitoid, *Cotesia kariyai*. *J. Chem. Ecol.*, 28: 579—586.

Hopkins AD, 1917. Contribution to discussion. *J. Econ. Entomol.*, 10: 92—93.

黄光斗，于旭东，谢永灼，吴繁花，刘宏洋，2002. 灰白蚕蛾生物学特性及其防治. 昆虫知识，39(2): 123—126.

李保平，刘小宁，2002. 学习对广赤眼蜂寻找寄主和接收寄主行为的影响. 昆虫天敌，24(4): 154—158.

李欣，刘树生，2002. 植物挥发物及寄生经历在半闭弯尾姬蜂寄主搜索行为中的作用. 浙江大学学报(农业与生命科学版)，28(3): 293—297.

罗佳，梁进新，1997. 灰白蚕蛾生物学特性的研究. 华东昆虫学报，6(1): 31—34.

Narayanan ES, Rao BRS, 1995. Studies in insect parasitism Ⅰ ~ Ⅲ: The effect of different hosts on the physiology. On the development and behavior and on the sex ratio of *Microbracon gelechiae*. *Beiträge zur Entomologie*, 5: 36—60.

Papaj DR, Vet LEM, 1990. Odor learning and foraging success in the parasitoid, *Leptopilina heterotoma*. *J. Chem. Ecol.*, 16: 3137—3150.

Vet LEM, Groenewold AW, 1990. Semiochemicals and learning in parasitoids. *J. Chem. Ecol.*, 16: 3119—3135.

Vet LEM, Dicke M, 1992. Ecology of infochemicals use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.*, 37: 141—172.

王建武，周强，徐涛，骆世明，2003. 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，23(9): 1791—1797.