

桉树枝瘿姬小蜂产卵行为研究^{*}

朱方丽 邱宝利 任顺祥^{**}

(华南农业大学资源环境学院昆虫学系 教育部生物防治工程研究中心 广州 510640)

摘要 桉树枝瘿姬小蜂 *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle 喜好在桉属 (*Eucalyptus*) 植物的新生部位产卵。本研究以尾赤桉为寄主研究其产卵模式发现, 当天羽化且没有产卵经验的雌成虫在经过寄主识别 (116.87 s) 和寄主评估 (208.27 s) 后即进行产卵循环 (平均 5.87 次), 每个产卵循环产 2 粒卵, 且搜索行为的发生一般伴随产卵位置的变换。在被观察的 15 头雌成虫中, 平均每头产卵 13.60 粒, 每次产卵持续 17.31 s。在产卵过程中, 其刺探行为所占总时间的比例和发生频次最大, 而静息行为最小。在不同寄主植物间, 桉树枝瘿姬小蜂喜好在尾赤桉的叶柄和叶脉处产卵, 且 2 个部位间无显著性差异, 而在尾叶桉、巨尾桉、隆缘桉和小果灰桉上, 其喜好在叶柄处产卵且显著大于其它 2 个部位。

关键词 桉树枝瘿姬小蜂, 产卵行为, 寄主植物

Oviposition behavior of *Leptocybe invasa*

ZHU Fang-Li QIU Bao-Li REN Shun-Xiang^{**}

(Department of Entomology, College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of Education, Guangzhou 510640, China)

Abstract *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle prefer laying eggs on new branches of *Eucalyptus* plants. The oviposition behavior of this insect on *E. urophylla* × *E. camaldulensis* was investigated. Before coming in the laying cycle *L. invasa* must go through a process of host discrimination and exploration. It can lay two eggs in one cycle, and running or walking while drumming followed changing in oviposition sites. Based on a sample of 15 female wasps, the average number of eggs per female was 13.60 and the average duration for laying one egg was 17.31 s. In the *L. invasa* laying egg process, the frequency of prying behavior was significantly higher, and standing behavior was obviously lower, than other behaviors. On *E. urophylla* × *E. camaldulensis*, *L. invasa* favored laying eggs on petioles and midribs, and there were no significant differences in the number of eggs laid on these sites, but on *E. urophylla*, *E. grandis* × *E. urophylla*, *E. exserta*, and *E. propinqua*, it significantly favored petioles to midribs and twigs.

Key words *Leptocybe invasa*, oviposition behavior, host plant

桉树枝瘿姬小蜂 *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle 是桉属植物的重要枝叶害虫, 可危害桉属树木的嫩枝, 在嫩茎、叶柄和叶脉处产生虫瘿。严重侵染可导致叶、枝变形, 树木生长迟缓, 在新植桉林和苗圃地危害严重 (Mendel *et al.*, 2004)。

桉树枝瘿姬小蜂属膜翅目 Hymenoptera, 姬小蜂科 Eulophidae, 于 2004 年确定为新属新种 (Mendel *et al.*, 2004)。桉树枝瘿姬小蜂起源于澳大利亚, 2000 年于中东地区及地中海沿岸国家

首次记述 (Mendel *et al.*, 2004; Fatih, 2006), 在我国于 2007 年首次在广西壮族自治区兴县首次发现 (唐超等, 2008)。目前已在中海地区广泛定殖 (Arzone and Alma, 2000; Viggiani *et al.*, 2000; Aytar, 2003; Pujade-Villar and Riba-Flinch, 2004; Ramadan, 2004; Dog˘anlar, 2005), 并迅速扩散至亚洲、非洲、欧洲以及北美洲等地区的 26 个国家 (Almatni and Mayhoob, 2005; Branco *et al.*, 2006; Nyeko *et al.*, 2007)。该害虫已成为国际上

^{*} 资助项目: 广东省林业科技创新专项资金项目 (2010KJ CX015-01)。

^{**} 通讯作者: E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-09-18, 接受日期: 2012-03-23

高度重视的桉树危险性害虫。

De Marzo(2007)研究了包括桉树枝瘿姬小蜂在内的3种致瘿昆虫,并给出了雌性生殖系统模式图。本研究在其基础上研究了桉树枝瘿姬小蜂的产卵行为和对不同桉树品种产卵位置的选择。旨在明确桉树枝瘿姬小蜂的产卵模式及产卵位置的选择趋向,掌握其生活习性和繁殖特点,为更好的防治桉树枝瘿姬小蜂提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 供试寄主植物和试验条件

在桉树枝瘿姬小蜂产卵模式研究中,供试寄主植物为未被桉树枝瘿姬小蜂危害的尾赤桉(*E. urophylla* × *E. camaldulensis*);在桉树枝瘿姬小蜂在不同部位的产卵概率研究中,供试寄主植物共5种,分别为尾叶桉(*E. urophylla*)、尾赤桉(*E. urophylla* × *E. camaldulensis*)、巨尾桉(*E. grandis* × *E. urophylla*)、隆缘桉(*E. exserta*)和小果灰桉(*E. propinqua*)。试验均在室温(26 ± 1)℃条件下进行。

1.2 试验方法

桉树枝瘿姬小蜂产卵过程观察及时间分配的研究:挑选长势良好的尾赤桉作为桉树枝瘿姬小蜂的产卵对象,并且收集当天羽化且未产卵的桉树枝瘿姬小蜂雌成虫数头,使用小封口袋(4 cm × 6 cm)将雌成虫单头接在桉树嫩尖上。当雌成虫接入后,将其放在带有摄像功能的体式镜下观察并记录各行为的发生频次和持续时间。

桉树枝瘿姬小蜂的产卵过程包括搜索行为、刺探行为、产卵行为、清洁行为和静息行为。搜索行为(R: running or walking while drumming),即雌成虫利用触角或口器不停地触碰叶片并爬行的过程;刺探行为(P: prying),即雌成虫使用产卵针轻轻触碰或刺探叶片的过程,在这个过程中,其整个腹部会稍微向上抬起并与叶面基本保持平行;产卵行为(L: laying egg),即从雌成虫将产卵器插入叶片到将产卵器拔出为止,在产卵过程中,雌成虫的腹部与叶面呈60°左右的夹角,胸部及头部向上抬起;清洁行为(C: clean or preening),即雌成虫利用足梳理口器,触角,翅膀及腹部的过程;静息行为(S: standing still),即雌成虫保持静止的过程。寄主识别(HD: host discrimination),即从虫体

接入到在叶片上进行搜索;寄主评估(HA: host assessing),即从虫体在叶片上搜索开始到虫体开始产卵为止,这一过程包括搜索、清洁、刺探等一系列行为。

桉树枝瘿姬小蜂在桉树不同部位上的产卵概率:将5种桉树品种,每个品种10株放入10个养虫笼(40 cm × 60 cm)内。每个养虫笼内随机放入5株不同品种的桉树,然后接入桉树枝瘿姬小蜂雌成虫300头。24 h后观察桉树枝瘿姬小蜂危害形成的产卵痕,其观察产卵痕的数量不少于100个,并且记录下每个产卵痕的位置(叶柄、叶脉或嫩茎)。

1.3 数据处理

本试验中所有数据均在SPSS 10.0处理,桉树枝瘿姬小蜂各行为所占总时间的比例,各行为平均每次持续时间,各行为发生频次和其在桉树不同部位上的产卵概率间的差异均采用Duncan方法进行多重比较分析。图表在Excel中制作。

2 结果与分析

桉树枝瘿姬小蜂的产卵过程时间分配见图1。桉树枝瘿姬小蜂在经过寄主识别(116.87 s)和寄主评估(208.27 s)后即进入产卵循环,而寄主评估过程包括刺探行为(74.67 s)、搜索行为(112.27 s)、清洁行为(19.00 s)及静息行为(2.33 s)的发生。桉树枝瘿姬小蜂一般选择在叶柄、叶脉或嫩芽的侧面产卵,在一个产卵循环中,可产2粒卵;且在搜索行为发生的同时伴随有产卵位置的改变,即从叶柄、叶脉或嫩芽的一侧转到另一侧。新羽化且没有产卵经验的姬小蜂雌成虫平均进行5.87次循环后离开寄主,即第1次产卵过程结束。

桉树枝瘿姬小蜂刺探行为所占总时间的比例显著高于其它行为($df = 5, 84, F = 144.08, P < 0.0001$),为51.71%,而静息行为所占总时间比例最小,仅为0.29%,并且在15头被观察的桉树枝瘿姬小蜂中,仅有3头出现该行为;产卵行为和搜索行为所占总时间的比例分别为20.84%和14.24%,且两者间存在显著性差异;桉树枝瘿姬小蜂寄主识别的平均时间为116.87 s,占总时间的9.08%,其与清洁行为间无显著性差异(图2)。

桉树枝瘿姬小蜂在尾赤桉上各行为的发生频次见图3,且各行为频次间存在显著性差异($df =$

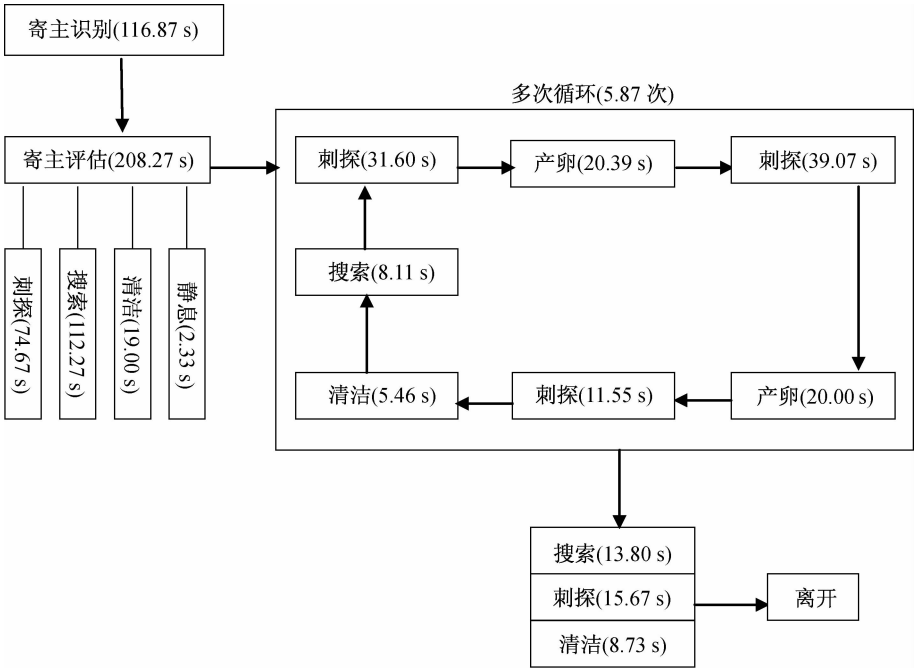


图 1 桉树枝瘿姬小蜂产卵过程时间分配图

Fig.1 Time distribution with different stages of *Leptocybe invasa* in laying egg process
Eucalyptus urophylla × *Eucalyptus camaldulensis*

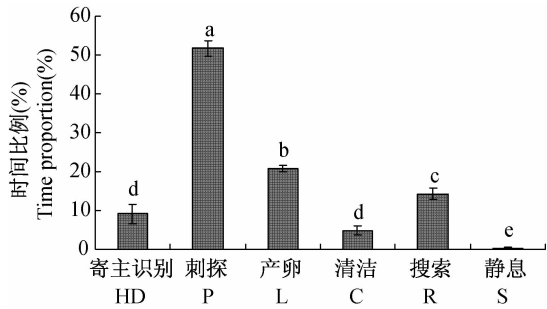


图 2 桉树枝瘿姬小蜂各行为的时间分配

Fig.2 Time distribution with different behaviors of *Leptocybe invasa* on
Eucalyptus urophylla × *Eucalyptus camaldulensis*

凡具有相同字母者,表示在 0.05 水平上差异不显著 (Duncan 多重比较分析法)。下图同。

Histograms with the same letters are not significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range. The same below.

4,70, $F=44.40$, $P<0.0001$)。其中,刺探行为频次最大且显著多于其它行为,为 25.60 次;而静息行为频次最小,仅为 0.27 次,在被观察的 15 头桉树枝瘿姬小蜂中,仅出现 4 次静息行为;产卵行为、清洁行为和搜索行为频次间均无显著性差异,其频次分别为 13.60 次、10.80 次和 14.73 次。桉树枝瘿姬小蜂每次产 1 粒卵,一头桉树枝瘿姬小蜂雌成虫平均产卵 13.60 粒,平均每次产卵持续 17.31 s。

桉树枝瘿姬小蜂在桉树不同部位上的产卵概率见图 4,且同一部位在不同寄主上均存在显著性差异 (叶柄, $df=4,25$, $F=4.29$, $P=0.009$;叶脉, $df=4,25$, $F=71.56$, $P<0.0001$;嫩茎, $df=4,25$, $F=7.57$, $P<0.0001$)。桉树枝瘿姬小蜂在小果灰叶柄上的产卵概率最大,与巨尾桉叶柄无显著性差异;其在尾叶桉、尾赤桉和隆缘桉叶柄上的产卵概率间均为显著性差异。桉树枝瘿姬小蜂在尾赤桉叶脉上的产卵概率最大且显著高于其它寄主;

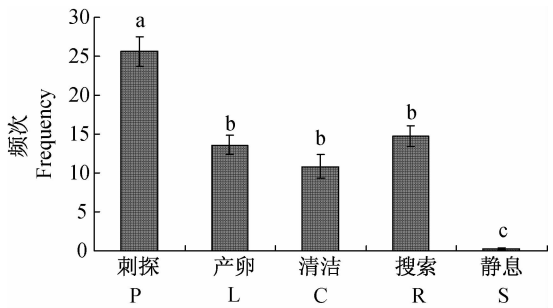


图 3 桉树枝瘿姬小蜂各行为的发生频次

Fig. 3 Frequency with different behaviors of *Leptocybe invasa* on *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus camaldulensis*

在叶脉上产卵概率最小的为巨尾桉,其与隆缘桉间无显著性差异;而桉树枝瘿姬小蜂在尾叶桉叶脉上的产卵概率显著高于小果灰。桉树枝瘿姬小蜂在隆缘桉嫩茎上的产卵概率最大,且显著高于其它寄主;巨尾桉次之,但与小果灰间无显著性差异;桉树枝瘿姬小蜂在尾叶桉嫩茎上的产卵概率最小,且与尾赤桉和小果灰间均无显著性差异。

桉树枝瘿姬小蜂在一个寄主的不同部位上,其产卵概率亦存在显著性差异(图 4)。尾叶桉($df = 2, 15, F = 280.88, P < 0.0001$)、巨尾桉($df = 2, 12, F = 236.93, P < 0.0001$)和隆缘桉($df = 2, 12, F = 30.70, P < 0.0001$)上叶柄、叶脉和嫩茎间均存

在显著性差异,其中叶柄上的产卵概率显著大于其它两个部位;在尾赤桉嫩茎上的产卵概率最小,且显著小于其它两个部位,但叶柄和叶脉间无显著性差异($df = 2, 24, F = 135.16, P < 0.0001$);小果灰桉叶柄上的产卵概率显著大于其它两个部位,而叶脉和嫩茎间无显著性差异($df = 2, 14, F = 109.11, P < 0.0001$)。因此可知,桉树枝瘿姬小蜂最喜好在尾叶桉、巨尾桉、隆缘桉和小果灰桉叶柄处产卵,而在尾赤桉上则喜好在叶柄和叶脉处产卵;不喜好在尾叶桉、尾赤桉和小果灰桉嫩茎处产卵,而在巨尾桉和隆缘桉上则不喜好于叶脉处产卵。

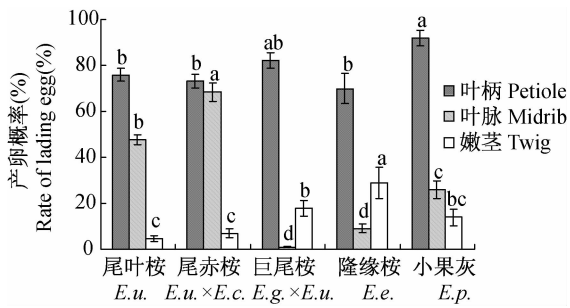


图 4 桉树枝瘿姬小蜂在不同桉树品种上对产卵部位的选择

Fig. 4 Selectivity of *Leptocybe invasa* about oviposition sites on *Eucalyptus* spp.

E. u. , *Eucalyptus urophylla*; *E. u.* × *E. c.* , *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus camaldulensis*;

E. g. × *E. u.* , *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*; *E. e.* , *Eucalyptus exserta*; *E. p.* , *Eucalyptus propinqua*.

3 讨论

当桉树枝瘿姬小蜂被接入寄生袋内后,会经过寄主识别和寄主评估后进入产卵循环,其寄主评估的过程包括刺探行为、搜索行为和清洁行为,其中清洁行为不是必须环节,在被观察的 15 头雌

成虫中,有 5 头寄主识别过程不包括该行为。桉树枝瘿姬小蜂喜好在芽下第 2 片叶柄处(14 头)或嫩芽处(1 头)产卵。在产卵过程中,桉树枝瘿姬小蜂一般按照产卵模式图中的循环进行,即在叶柄的一侧连续产 2 粒卵,然后搜索爬行到另一侧开始另一个循环,但在观察的 117 个产卵循环

中,有 30 个循环雌成虫仅产 1 粒卵。桉树枝瘿姬小蜂在产卵循环中,其搜索行为的发生一般伴随产卵位置的变化,即在叶柄、叶脉或嫩芽的两侧交换,但亦存在 13 次例外,导致雌成虫在同一位置连续产 2~6 粒卵(其中 2 粒卵 5 次,3 粒卵 3 次,4 粒卵 4 次,6 粒卵 1 次)。

桉树枝瘿姬小蜂雌成虫的产卵行为可分为 3 个步骤,第 1 个步骤是将产卵针深深地刺入叶柄、叶脉或嫩芽中;第 2 个步骤是腹部微微颤抖并向下用力,且身体其它部位保持静止的状态,这一过程大概持续 5 s 左右;第 3 个步骤是将产卵针从产卵部位拔出。有时,雌成虫将产卵针刺入产卵部位,但不过第 2 个步骤就将其拔出,本试验中将这一过程归入刺探行为。

桉树枝瘿姬小蜂在产卵过程中各行为时间所占总时间的比例、各行为平均每次持续时间和各行为的发生频次间均存在显著性差异,其中刺探行为所占用的时间,平均每次持续时间和发生频次均显著大于其它行为。这是因为植食性昆虫主要依靠雌成虫足跗节的感化器和产卵器上的感触器等识别植物上的化学和物理特征,然后通过中枢神经系统决定接受或拒绝其为产卵地点(Rausher, 1979; Higashiura, 1989)。因此,刺探作为桉树枝瘿姬小蜂产卵前的最后一次精确定位,其在时间上和频次上都占有绝对的优势。

通过研究桉树枝瘿姬小蜂在不同部位的产卵概率可知,桉树枝瘿姬小蜂喜好在桉树新生部位产卵,但在不同寄主植物上,其对不同部位的喜好程度不同。比如在尾赤桉上,桉树枝瘿姬小蜂喜好在叶柄和叶脉上产卵,但对两者的选择无显著性差异;而在尾叶桉、巨尾桉、隆缘桉和小果灰桉上,其喜好在叶柄上产卵并显著大于对其它 2 个部位。

参考文献 (References)

Almatni W, Mayhoob M, 2005. *Eucalyptus* gall-wasp *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Eulophidae; Hymenoptera), a new insect in the Mediterranean region and Syria. *Arab and Near East Plant Protection Newsletter FAO*, 40:38.

Arzone A, Alma AA, 2000. Eulofide galligeno dell'Eucalipto in Italia. *Iformatore Fitopatologico*, 50(12):43–46.

Aytar F, 2003. Natural biology, distribution and control

method of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera, Eulophidae), *Eucalyptus* gall wasp in Turkey. *DOA Dergisi (J. DOA)*, 9:47–66.

Branco M, Valente MC, Franco JC, Mendel Z, 2006. Survey of “*Eucalyptus*” gall wasps (Hymenoptera: Eulophidae) in Portugal. *Bol. San. Veg. Plagas*, 32(2):199–202.

De Marzo L, 2007. Osservazioni anatomiche sull'apparato genitale femminile in tre eulofidi dell'eucalipto (Hymenoptera Chalcidoidea). *Bollettino di Zoologia Agraria di Bachicoltura. Ser., II*, 39(3):185–192.

Dog˘anlar O, 2005. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with description of the male sex. *Zool. Middle East*, 35:112–114.

Fatih A, 2006. Natural history, distribution and hosts of *Eucalyptus* gall wasps in Turkey. Poster Prester Presentation, VIIIth European Congress of Entomology. 17–22.

Higashiura Y, 1989. Survival of eggs in the gypsy moth *Lymantria dispar* II oviposition site selection in changing environments. *Antamal Ecology*, 58:413–426.

Mendel Z, Protasov A, Fisher N, La Salle J, 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. *Aust. J. Entomol.*, 43:101–113.

Nyeko P, Mutitu EK, Day R, 2007. Farmer' knowledge, perceptions and management of the gall-forming wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus* species in Uganda. *Int. J. Pest Manag.*, 53:111–119.

Pujade-Villar J, Riba-Flinch J, 2004. Dos especies Australianas de eulofidos, muy˘da inas para *Eucalyptus* spp., introducidas en el nordeste Ib˘rico (Hymenoptera: Eulophidae). *Boletin de la Sociedad Entomol˘gica Aragonesa*, 35:299–301.

Ramadan HM, 2004. Morphological characteristics and distribution of *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) a gall wasp of *Eucalyptus* new for Egypt Alexandria. *J. Agricult. Res.*, 49:59–63.

Rausher M, 1979. Larval habitat suitability and oviposition preference in three related butterflies. *Ecology*, 60(3):503–511.

Viggiani G, Laudonia S, Bernardo U, 2000. The increase of insect pests in *Eucalyptus*. *Informatore-Agrario*, 58(12):86–87.

唐超,王小君,万方浩,任顺祥,彭正强,2008. 桉树枝瘿姬小蜂入侵海南省. *昆虫知识*, 45(6):967–971.