

刺桐姬小蜂生殖系统解剖研究及产卵行为观察

王竹红, 陈 颖, 黄 建

(福建农林大学植物保护学院, 福建 福州 350002)

摘 要: 对刺桐姬小蜂成蜂生殖系统进行解剖研究, 并观察其产卵行为。结果表明: 雌性生殖系统由 1 对卵巢、1 对侧输卵管、中输卵管、受精囊和外生殖器等组成。雄性生殖系统由 1 对睾丸、1 对输精管、1 对附腺、射精管和阳茎等组成。雌成虫的每个卵巢平均有卵巢管 9~ 13 条, 每条卵巢管平均有卵 3~ 7 粒, 卵巢管内的总卵数平均为 54~ 182 粒。刺桐姬小蜂的产卵过程可分为寻找产卵位置、穿刺与试探、产卵、休憩与梳理 4 个步骤。
关键词: 刺桐姬小蜂; 生殖系统; 解剖; 产卵行为
中图分类号: Q 964 文献标识码: A

Reproductive system and oviposition behavior of *Quadrastichu erythrinae* Kim
(Hymenoptera: Eulophidae)

WANG Zhu-hong, CHEN Ying, HUANG Jian

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: The reproductive system of *Quadrastichu erythrinae* Kim adults was studied anatomically. The insect's oviposition behavior was also observed. The reproductive system consisted of internal reproductive organs and external genitals. The female adult had a pair of ovaries, a pair of lateral oviducts, a median oviduct, a spermatheca and an ovipositor. The male adult had a pair of testes, a pair of vas deferens, a pair of accessory glands, an ejaculatory duct and a penis. On the average, there were 9~ 13 ovarioles in an ovary and 3~ 7 ova in an ovariole, thus, a total of 54~ 182 ova in a pair of ovaries. The oviposition process included 4 steps, i. e., locating egg laying place, puncturing and probing, egg depositing, and resting and cleaning.
Key words: *Quadrastichu erythrinae*; reproductive system; anatomy; oviposition behavior

刺桐姬小蜂 *Quadrastichu erythrinae* Kim 隶属姬小蜂科 Eulophidae 啮小蜂亚科 Tetrastichinae 胯姬小蜂属 *Quadrastichus*^[1], 是新发现的一种重要检疫性入侵害虫, 危害性极大。刺桐姬小蜂专一危害刺桐属植物^[2~ 4], 在嫩枝和叶柄、叶片上形成虫瘿。其生活周期短、繁殖能力强、传播速度快、生活和危害地点隐蔽^[5]。以往有关刺桐姬小蜂的研究报道, 多局限于对其一般生物学特性和危害习性等的研究^[6~ 8], 而对于成虫生殖生理和生殖系统解剖的研究尚未见报道。昆虫的生殖系统是产生卵子和精子、进行交配和种群繁衍的器官, 对其结构的了解是研究昆虫生殖生理的首要条件。因此, 对刺桐姬小蜂生殖系统进行了解剖研究, 同时观察了其产卵行为, 以掌握其生活习性和繁殖规律, 进而采取有效的防治措施。

1 材料与方法

1. 1 试验材料

试验材料为刺桐姬小蜂, 于福建省泉州市采集受刺桐姬小蜂为害的刺桐枝条, 室内羽化收蜂获得。

1. 2 成虫生殖系统的解剖方法

将活的刺桐姬小蜂成蜂麻醉后, 置于中间为凹形的载玻片上, 滴 1 滴清水, 用一支解剖针轻按住小蜂的胸部背板, 另一支解剖针刺入腹部背板的节间膜, 向上挑离背板, 然后挑离腹板, 最后小心剥离消化系统、脂肪体等, 留下生殖系统。

1. 3 观察和拍照

在显微镜下仔细观察刺桐姬小蜂成蜂生殖系统的形态和构造, 用 Zeiss 显微镜 (Axioskop 40) 和

收稿日期: 2010- 06- 01 初稿; 2010- 07- 08 修改稿
作者简介: 王竹红 (1976-), 女, 副教授, 主要从事生物防治和外来入侵害虫研究 (E-mail: wzuhong@126.com)
通讯作者: 黄建 (1951-), 男, 教授, 主要从事害虫生物防治和综合治理研究 (E-mail: jhuang@fjau.edu.cn)
基金项目: 福建省自然科学基金项目 (2007J0051); 厦门市科技计划项目 (3502Z20081069)

Auto-Montage 景深共聚焦重构分析系统拍照。

1.4 刺桐姬小蜂产卵行为的观察

收集刚羽化的刺桐姬小蜂雌雄成蜂 1 对，任其交配 3 h，用 5% 的蜂蜜水提供营养。将交配后的雌蜂放到杂色刺桐苗的新梢上，在体视显微镜下观察，当发现产卵行为时，立即用数码相机拍摄产卵过程，同时记录产卵时间。

2 结果与分析

2.1 雌性生殖系统的基本构造

对刺桐姬小蜂雌性生殖系统的解剖结果显示，雌蜂生殖系统位于腹部，几乎充满整个腹腔，由内生生殖系统和外生殖器构成。内生生殖系统包括 1 对卵巢、1 对侧输卵管、中输卵管和受精囊等组成。外生殖器由产卵瓣和产卵管鞘构成。

2.2 雌性生殖系统各部分的构造

2.2.1 卵巢和卵巢管 卵巢 1 对，乳白色，左右对称（图 1）。消化道穿过左右卵巢之间。刚羽化的刺桐姬小蜂每个卵巢平均由 9~13 条卵巢管组成，但有的个体卵巢管数量很少，每个卵巢只有 5~6 条。同一个体的雌蜂左右两个卵巢的卵巢管数目有时相等，有时不相等。在解剖的时候偶尔会发现有的雌蜂一侧卵巢发育成熟，另一侧发育畸形。不同个体的雌蜂的总卵巢管数目有一定差异。

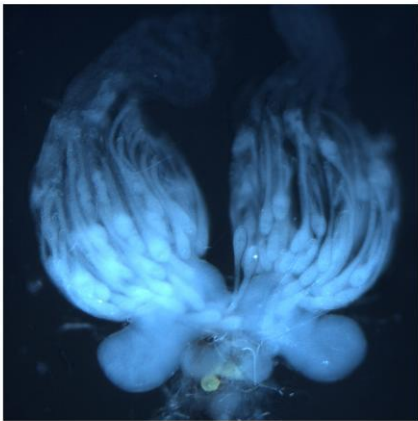


图1 刺桐姬小蜂雌性内生生殖系统，50×
Fig. 1 Internal reproductive organs of female *Q. erythrinae*, 50×

睾丸 1 对，乳白色。生殖细胞在睾丸内发育成熟。输精管是与睾丸基部相连的 1 对细长的精子通道，从解剖学和同源关系上看，它相当于雌性的侧输卵管。2 条输精管在下端合成 1 条公共通道，与射精管相连。射精管 1 个，从解剖学和同源关系上看，雄性射精管相当于雌性的中输卵管。管壁有强

透透明的卵巢小管，可以清楚看到有规律排列在其中的卵粒（图 2）。卵子呈“蝌蚪”形，具长尾（图 3）。卵巢管本部管状，直径从基部到端部逐渐变小，端部延伸成的端丝集结在一起形成悬带，左右两侧悬带分离，不形成中悬带，其端部固定在中胸背板的肌肉上。

2.2.2 输卵管 侧输卵管 1 对，分布在左右卵巢下方，略呈透明的乳白色。每个卵巢的卵巢管均开口在大致相同的位置处而与侧输卵管相连。侧输卵管的最基部（接近卵巢管口处）膨大，称为输卵管萼^[9]。2 根侧输卵管交汇于中输卵管。

2.2.3 雌性外生殖器 雌性外生殖器如图 4。第 1 产卵瓣与第 2 产卵瓣合在一起形成一中空的管状物，即具产卵功能的产卵管，产卵时，卵通过产卵管产出。第 3 产卵瓣即产卵管鞘，通常外方生有粗毛，内方凹陷，用来容纳和保护产卵管。产卵时产卵管向下伸出，刺入寄主组织中产卵。

2.3 雄性生殖系统的基本构造

对刺桐姬小蜂雄性生殖系统的解剖结果显示，雄性生殖系统位于腹部，由内生生殖系统（图 5）和外生殖器（图 6）两部分构成。内生生殖系统由 1 对睾丸、1 对输精管、1 对附腺、射精管和阴茎等组成。

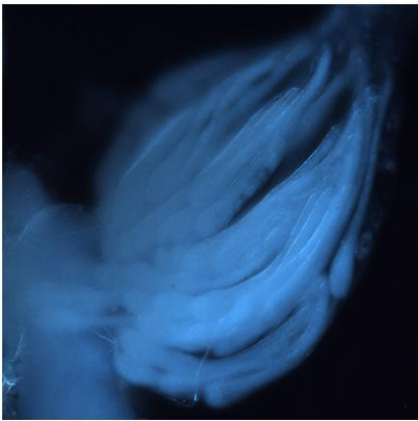


图2 刺桐姬小蜂卵巢，100×
Fig. 2 An ovary of *Q. erythrinae*, 100×

壮的肌肉，射精时用以伸缩射精管。附腺 1 对，位于输精管上。附腺分泌的粘液主要作用是浸浴和保存精子，以备在交配时作射精和传送精子，或形成包围精子的特殊薄囊，用以保证卵子的受精^[10]。

雄性外生殖器主要有阳基和阴茎等组成，阳基腹铗的端部特化为尾铗状，交配时起到固定雌性个



图3 刺桐姬小蜂卵, 100×
Fig. 3 Eggs of *Q. erythrinae*, 100×



图4 刺桐姬小蜂雌性外生殖器, 100×
Fig. 4 External genitalis of female *Q. erythrinae*, 100×

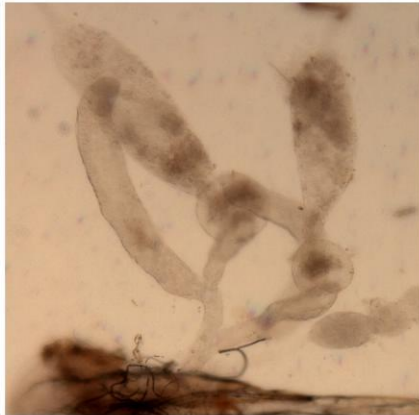


图5 刺桐姬小蜂雄性内生殖系统,100×
Fig. 5 Internal reproductive organs of male *Q. erythrinae*, 100×



图6 刺桐姬小蜂雄性外生殖器, 100×
Fig. 6 External genitalis of male *Q. erythrinae*, 100×

体的作用。

2 4 刺桐姬小蜂的产卵行为

刺桐姬小蜂的产卵行为分为寻找产卵位置、穿刺与试探、产卵、休憩与疏理 4 个步骤。

2 4 1 寻找产卵位置 雌蜂在寄主表面不断爬行, 用触角寻找适合产卵的部位, 此过程需要花费较长时间。在此过程中, 雌蜂触角棒节末端与寄主表面不断接触, 可能是触角上的感受器在帮助雌蜂寻找合适的产卵位点。雌蜂有时会竖起产卵鞘, 用产卵鞘末端上的毛状感受器等再次检测产卵位置。它经常是放弃一个位置, 再寻找另一个更合适的位置。

2 4 2 穿刺与试探 当发现合适的产卵位置后, 雌蜂将身体抬高, 腹部快速向前下方弯曲, 产卵鞘与腹部背面打开呈一定角度, 产卵针 (第 1 产卵瓣、第 2 产卵瓣) 与产卵管鞘 (第 3 产卵瓣) 分离后翻转到身体下方, 并向身体前方移动。接着, 雌蜂抽动身体用力将产卵针端部刺入寄主体内。随

后, 产卵管鞘与产卵针完全分离并指向后方, 最后雌蜂通过腹部的力量将产卵针全部压入寄主表皮内。观察中发现雌蜂产卵针刺入寄主后并不意味着立即产卵, 而是经常拔出产卵针再重新插入, 反复多次进行试探。只有当刺入寄主表皮的时间超过约 2 s 时才可以确定其选择了该产卵位点。

2 4 3 产卵 产卵时, 体纵轴、产卵管鞘与产卵针大约呈 120° 角。产卵针插入到拔出的时间平均约为 1.47 min (1.17~ 2.23 min)。卵从第 1 产卵瓣、第 2 产卵瓣组成的管状产卵器中产出。产卵结束后, 小蜂伸直各足, 腹部上举, 拉出产卵针, 再将产卵针完好地叠入产卵管鞘中。雌蜂完成 1 次产卵后有时不再搜寻新的产卵位置而是在原产卵点周围连续聚集产卵。

2 4 4 休憩与疏理 雌蜂产卵后停留在叶片上休憩, 此时常抬起尾部, 用后足跗节清扫并去除产卵器上的异物, 或用前足反复梳理触角除去其上附着

的异物，保持触角的清洁。休憩与梳理后继续寻找下一个位置产卵。

3 结论与讨论

本研究观察到刺桐姬小蜂左右卵巢的卵巢管数量有时相等，有时不等。有的雌性个体一侧卵巢发育不完全，卵巢管内无卵，而另外一侧卵巢发育饱满，卵巢管内含排列整齐的成熟卵。雌成虫每个卵巢平均有卵巢管 9~ 13 条。在所解剖的雌性个体中，每个卵巢最少有卵巢管 3 条（发育畸形），最多有卵巢管 15 条。除了发育畸形以外，每条卵巢管有卵 3~ 7 粒，卵巢内的总卵数为 54~ 182 粒，这与耿晓红^[11]的“刺桐姬小蜂最低怀卵量为 52 粒，最高为 160 粒”的研究结果差异不大，但与焦毅等^[8]的研究结果“刺桐姬小蜂平均怀卵量为 275.8 粒”有较大差异。

在试验中还发现，羽化后补充营养饲喂不同天数后，刺桐姬小蜂的怀卵量没有明显差异，说明刺桐姬小蜂在羽化后体内卵已基本发育成熟，不需要特别补充营养来满足卵细胞的发育，这个结果恰好可以说明刺桐姬小蜂在羽化后当天就可以产卵的习性。

由于刺桐姬小蜂个体小，在生殖系统解剖时操作难度较大。对于雌性生殖系统来说，由于侧输卵管膨大，中输卵管较短，加上周围脂肪和肌肉组织较多，因此中输卵管很难拍清楚。而雄性内生殖系统结构较简单，各部分器官组织均比较明显。

刺桐姬小蜂的产卵过程与其他小蜂基本一致，可分为寻找产卵位置、穿刺与试探、产卵、休憩与梳理 4 个步骤。另外，刺桐姬小蜂是一类重要的致瘿昆虫，其幼虫以虫瘿为食物来源，可能是虫瘿组织的营养度高于寄主植物其他非虫瘿组织的部位。有报道指出，虫瘿化学成分主要为氮类、糖及酚类等 3 大类物质，此外，也含脂肪、树脂、蜡质及淀

粉等^[12]。那么，导致虫瘿形成的化学物质的来源在哪里，是刺桐姬小蜂在产卵过程中随卵一起释放到寄主植物体内，或诱导寄主植物而产生，还是在后来的幼虫期形成的，生殖系统的各部分组织内是否含有这些化学物质，这些问题都有待于进一步研究。

参考文献:

[1] LKWON K I, DELVARE G, LA SALLE J. A new species of *Quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae): A gall inducing pest on *Erythrina* (Fabaceae) [J]. J Hym Res, 2004, 13 (2): 243- 249.

[2] 杨伟东, 余道坚, 焦懿, 等. 新入侵有害生物刺桐姬小蜂初报 [J]. 植物保护, 2005, 31 (5): 93- 94.

[3] YANG M M, TUNG G S, LA SALLE J, et al. Outbreak of *erythrina* gall wasp (Hymenoptera: Eulophidae) on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan [J]. Plant Protection Bulletin, 2004, 46 (4): 391- 396.

[4] 黄蓬英, 方元炜, 黄建, 等. 中国大陆 新外来入侵种——刺桐姬小蜂 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (6): 731- 733.

[5] 黄茂俊, 刘建锋, 蔡卫群. 林木害虫刺桐姬小蜂风险分析 [J]. 植物检疫, 2006 (1): 22- 24.

[6] 陈志舜, 余道坚, 邵志芳, 等. 刺桐姬小蜂发生习性及其虫瘿形成分析 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (6): 863- 866.

[7] 杜予州, 郭建波, 郑福山. 刺桐姬小蜂在中国的适生区分析 [J]. 植物保护, 2006, 32 (1): 63- 66.

[8] 焦懿, 陈志舜, 余道坚, 等. 刺桐姬小蜂生物学特性研究 [J]. 昆虫学报, 2007, 50 (1): 46- 50.

[9] GAULD I, BOLTON B. 膜翅目 [M] // 杨忠岐译. 香港: 香港天则出版社, 1992: 84.

[10] 牟吉元, 徐洪富, 荣秀兰. 普通昆虫学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 204.

[11] 耿晓红. 刺桐姬小蜂生物学和生态学特性研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2008.

[12] 王光钺, 王义平, 吴鸿. 虫瘿与致瘿昆虫 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (2): 414- 424.

(责任编辑: 林海清)