

垂叶榕果内寄生瘿蚊的发生规律^{*}

苗白鸽^{1, 2} 杨大荣¹ 彭艳琼^{1**}

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘 要 在云南西双版纳热带地区, 一种还未被描述属和种的瘿蚊寄生于垂叶榕果内的雌花子房里, 并膨大形成虫瘿, 靠取食花胚组织完成发育。通过 2010 年定时定点的系统观察和研究瘿蚊的发生规律, 结果发现: 该种瘿蚊在垂叶榕上发生频率较高, 抽样的 18 批果有 17 批被瘿蚊寄生, 其中有 13 批果的寄生比率超过了 60%, 部分甚至达到 100%。瘿蚊寄生雌花的平均比率不超过 6%, 平均每个榕果内有瘿蚊 1~40 只不等。瘿蚊寄生不仅降低了垂叶榕的种子数, 还致命性地影响着传粉榕小蜂的繁殖。在对瘿蚊的羽化、交配行为及其成虫的活动规律观察中, 结果显示: 寄生在一个榕果里瘿蚊需要 5~7 d 才能羽化完, 其羽化高峰期出现在第 2~3 天; 一天内羽化的高峰出现在上午 8:00—10:00 及晚上 20:00—0:00; 而羽化后瘿蚊活动高峰期出现在上午 8:00—11:00。雄蚊会帮助雌蚊离开榕果并优先获得交配权, 雌蚊交配后飞离繁殖自身的榕树, 去寻找适合产卵的榕果繁殖后代, 雄蚊不离开羽化树, 而死于繁殖自身的榕树附近。这些结果为深入研究瘿蚊的防治技术提供了科学依据。

关键词 瘿蚊, 寄生率, 生物学特性, 传粉榕小蜂, 垂叶榕

Occurrence pattern of an undescribed gall midge in the fig of *Ficus benjamina*

MIAO Bai-Ge^{1, 2} YANG Da-Rong¹ PENG Yan-Qiong^{1**}

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Kunming 650223, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract In Xishuangbanna tropical region, an undescribed species of gall midge on *Ficus benjamina* lays its eggs in the ovary of female flowers, producing a large gall in which the larva feeds on the gall's tissue to complete its life cycle. We investigated the occurrence of gall midge on *F. benjamina* through systematic sampling at a fixed time and location in 2010. Eighteen crops were sampled and gall midges found to occur in 17 of them. The percentage of figs attacked by gall midges was over 60% in 13 of the crops, reaching as high as 100%. Gall midges parasitized only up to 6% of female flowers and on average produced fewer than forty individuals in a single fig. The occurrence of gall midges reduced the number of seeds produced and had a deadly effect on the reproduction of pollinators. We observed the behaviour of eclosion, mating and flight of the gall midge. We found that all gall midges colonizing a single fig took 5—7 days to complete eclosion, and that the eclosion peak appeared in the 2nd—3rd day. In one day, eclosion peaks occurred at 8:00—10:00 in the morning and 8:00—12:00 at night. The peak of activity after eclosion was at 8:00—11:00 in the morning. Male gall midges emerged first and assisted female gall midges to emerge. Once a female had emerged, a male would mate with her. Female gall midges left the natal fig trees after mating to search for appropriate trees for egg-laying. However, after mating, male gall midges died under the natal trees. Our results provide a basis for future study of the technology of gall midge control.

Key words gall midge, occupancy, biological characteristics, pollinating fig wasp, *Ficus benjamina*

在热带雨林生态系统中, 榕树是关键的植物类群 (Lambert and Marshall, 1991; 许再富, 1994;

Korine *et al.*, 2000; 魏作东等, 2005)。每种榕树依赖专一的榕小蜂传粉获得有性繁殖, 同时榕树

* 资助项目: 国家自然科学基金 (30970439、30970403)、云南省中青年学术技术带头人后备人才培养项目 (2011HB041)。

**通讯作者, E-mail: pengyq@xtbg.ac.cn

收稿日期: 2011-04-19, 接受日期: 2011-12-14

也为榕小蜂提供繁衍后代的场所,两者高度专一、互惠共生,至今已协同进化了约九千万年(Galil and Eisikowi, 1971; Wiebes, 1979; Bronstein and Hossaert-McKey, 1996)。除了专一性的传粉榕小蜂,榕果内也有多种非传粉小蜂、瘿蚊等寄生性昆虫,其中非传粉小蜂非常普遍,它们对榕树-传粉榕小蜂互惠系统有负面的影响(段柱标等, 2005; Peng *et al.*, 2010);然而,榕果内的寄生性瘿蚊却很少见,已报道:在美国的佛罗里达州发现 *Ficiomyia perariculata* 和 *Ficiomyia birdi* 是分别寄生于榕树(*Ficus aurea*)和(*F. citrifolia*)的瘿蚊,可刺激雌花子房形成一个口袋状膨大的虫瘿(Felt, 1922, 1934);另外分布于马来西亚和菲律宾的榕树上也发现了2种寄生性瘿蚊(van Leeuwen-Reijnvaan and van Leeuwen, 1926; Williams, 1928);最近,研究人员描述了一种寄生在垂叶榕(*F. benjamina*)叶片上的 *Horidiplosis ficifolii* 瘿蚊(Harris and De Goffau, 2003),2008年该种瘿蚊在美国佛罗里达州被发现寄生于榕树(*F. microcarpa*),而不是垂叶榕(*F. benjamina*)上(Steck and Krueger, 2008)。到目前为止,榕树上瘿蚊的研究工作大多是关于种类分布的描述,对生物学特性的实验和研究报道极少。

西双版纳热带地区是榕树种类分布比较富集的地区,本研究组在垂叶榕(*F. benjamina*)果内发现了一种寄生雌花子房的瘿蚊,经荷兰瘿蚊分类学专家 J. C. Roskam 教授鉴定,该类瘿蚊隶属于瘿蚊科 Cecidomyiidae 中一个还没有描述的新属和新种(Bai *et al.*, 2008)。该类瘿蚊从果外产卵,刺激雌花子房膨大成虫瘿,成虫羽化时间比榕小蜂早一个多星期,导致榕果未发育到成熟期就大量脱落,即使正常发育到成熟期的榕果,有瘿蚊寄生者常繁殖较少的种子和榕小蜂(Bai *et al.*, 2008; Miao *et al.*, 2011)。

垂叶榕(*F. benjamina*)自然分布于西双版纳热带雨林中,由于其形美观、枝叶婆娑,已作为一种常见的绿化树被广泛种植于城镇、广场和街道上。一株树每年可结果2~4次,每次结果量大;被瘿蚊寄生的榕果不但显著降低种子和榕小蜂的繁殖成功,而且瘿蚊羽化后的榕果千疮百孔,影响景观,特别是经瘿蚊寄生的榕果内的种子和传粉榕小蜂数据急剧下降,严重地影响了榕树和榕小蜂的繁衍。因此,本研究在前期研究的基础上,

加大抽样量,系统地调查了瘿蚊在垂叶榕上的发生规律,同时观察成虫羽化、交配行为,及其日活动规律,为人工防治瘿蚊对榕-蜂互惠系统的危害,以及对景观的破坏提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究样地概况

研究样地位于云南省西双版纳州境内的中国科学院西双版纳热带植物园及周边地区。地处东经101°16′、北纬21°55′,海拔约570 m,属于热带北缘,为热带季风性气候,气候明显分为干季(3—5月)、雨季(6—10月)和雾凉季(11至次年2月)。年平均气温21.4~22.6℃,年均降水量1556.8 mm,主要集中在雨季,相对湿度86%(朱华和蔡琳, 2005)。

1.2 研究材料

垂叶榕(*Ficus benjamina* L.)隶属于榕属(*Ficus*),榕亚属(*Urostigma*),环纹榕组(*Conosycea*),乔木,雌雄同株,自然分布于东南亚热带地区(Corner, 1965)。

瘿蚊(gall midge),隶属双翅目(Diptera)长角亚目(Nematocera)瘿蚊科(Cecidomyiidae),是一个近似于 *Horidiplosis* 属,还未被描述的新属和种,寄生于垂叶榕雌花子房里。

1.3 研究方法

1.3.1 瘿蚊寄生率调查 在中国科学院西双版纳热带植物园及周边地区选8株垂叶榕,包括自然分布株和栽培的行道树,两星期观察1次榕树挂果情况,跟踪榕树结果及榕果发育进程。榕果内的瘿蚊发育到幼虫期时增加观察次数,当瘿蚊发育到蛹期时及时采摘榕果。每批果随机抽取100个榕果,带回实验室剖开果检查是否寄生有瘿蚊,统计被瘿蚊寄生的榕果比率,连续观察1年,从8株样树上共获得18批1800个抽样果,具体抽样时间见图1。

1.3.2 瘿蚊种群结构调查 对8株榕树进行系统观测的过程中,一旦看到瘿蚊有发育到蛹期即将羽化时,选择瘿蚊即将羽化的榕果,此时在榕果表面上可看到白色的芽状组织已经刺破果壁。每株选择一批果,每批果选择14~41个榕果,抽样时间见表1,用120筛目的网袋将单果隔离套在树枝上,让瘿蚊自由羽化后进入袋中。羽化结束后,

及时采摘榕果和收集瘿蚊,统计每个榕果内羽化出来的雌雄蚊数,剖开榕果统计发育中死亡的瘿蚊数量(瘿蚊幼虫期或蛹期死亡,瘿花壁上无羽化孔),以及雌花总数。

1.3.3 成虫瘿蚊羽化过程观察 选择一批瘿蚊即将羽化的榕果,标记一些榕果表面上已见白色芽状组织(羽化管)的榕果,待傍晚天快黑时,带手电筒到树下观察瘿蚊的羽化过程,在邻近的几个榕果上同时观察多根羽化管。当瘿蚊开始顶出羽化管即将出来时,详细记录和跟踪瘿蚊羽化过程及其交配行为。

1.3.4 瘿蚊羽化规律 在一株树上选取瘿蚊即将羽化的榕果 12 个,将单果用网袋套在树枝上,每天观察瘿蚊的羽化情况,及时收集每日羽化到隔离袋中的瘿蚊并统计其数量,直到榕果内没有瘿蚊羽化出来。

此外,在 3 株树上分别采摘 20 个瘿蚊即将羽化的榕果,带回实验室置于室内观察瘿蚊的羽化。每 2 h 收集 1 次羽化出来的瘿蚊,统计其数量,观察瘿蚊一天的羽化规律,持续观察 2 d。

1.3.5 瘿蚊活动规律 为了随时掌握瘿蚊羽化与日活动规律,选择一株瘿蚊处于羽化时期的榕树,在枝条上悬挂诱虫板(15 cm × 22 cm)。从早上的 7:00 至凌晨 00:00,每隔 1 h 更换一次诱虫板,统计每张诱虫板上雌性和雄性瘿蚊的数量,连续观察 2 d。

1.3.6 瘿蚊对种子和传粉榕小蜂数量的影响 在对瘿蚊种群进行抽样调查的过程中,将收集到的榕果进一步统计传粉榕小蜂和种子的数量。共收集、计数了具有瘿蚊寄生的榕果 207 个,无瘿蚊寄生的榕果 14 个。

1.4 数据处理方法

用 SPSS15.0 软件对数据进行统计分析。结果用平均数和标准误(mean ± SE)表示。选择 One-way ANOVA 中 Tamhane's T2 多重比较方法分析每日羽化出来的瘿蚊数是否有差异,因数据不呈正态分布,进行了 Lg10 转换。用 Mann-Whitney Test 非参检验分析羽化期每日雌雄蚊比率间差异。Independent-Samples Test 被用来检验瘿蚊寄生果和没有瘿蚊寄生果之间的种子数是否有差异,由于瘿蚊寄生果和没有瘿蚊寄生果之间传粉榕小蜂的数量不呈正态分布,用 Mann-

Whitney Test 非参检验分析传粉榕小蜂数量之间的差异。此外,用 Simplot 10.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 瘿蚊寄生率

在 8 株树上共抽样调查得到 18 批 1 800 个榕果,只有一批没有被瘿蚊寄生,13 批瘿蚊寄生率均超过 60%,甚至高达 100%。从发生月份上看,每年的 12 月份是样树挂果、集中成熟期,2009 年 12 月定位观察的 8 株观察样树有 3 株结果,2010 年 12 月有 7 株结果,10 批果均有瘿蚊寄生,其寄生率变异在 39% ~ 88% 之间;紧随其后的 1 月和 2 月份,虽然结果的样树不多,但每批果瘿蚊的寄生率都很高。12 月至 2 月是西双版纳温度最低的季,适宜瘿蚊繁殖、发生,也是人工防治瘿蚊危害的最好季节。3—7 月,样树结果少,瘿蚊寄生率低;8—11 月样树上未收集到榕果和瘿蚊(图 1)。

2.2 瘿蚊的种群结构

在雌花前期很小的榕果上,瘿蚊将卵产进雌花子房后子房膨大成虫瘿,其子代在膨大的虫瘿内继续发育。通过对 8 株样树上 207 个榕果的统计,发现:平均每个榕果内有 4 ~ 48 只瘿蚊寄生,每批果雌花的平均寄生率变异在 0.7% ~ 5.7% 之间,最终平均每果内羽化出来的瘿蚊数为 1 ~ 39 只不等,即有约 41% ~ 94% 的瘿蚊个体能成功羽化、离开其发育的榕果,完成整个生活史。在幼虫发育期,一部分个体由于营养或空间上的匮乏而中途死亡,这些发育过程中死亡的瘿蚊被称为发育不良的瘿蚊,它们的数量在每批果内不一样,平均每果内个体数在 0.35 ~ 17.97 个之间。此外,每批果内瘿蚊的性比变化较大,有些是雌性瘿蚊偏多,有些则是雄性瘿蚊占优势,但瘿蚊种群内性比(雄/雌)为 48:52,略偏雌性。

2.3 瘿蚊成虫的羽化和交配行为

瘿蚊的发育要经历卵、幼虫、蛹和成虫 4 个阶段,前 3 个阶段在榕果内膨大的虫瘿里完成。进入蛹期后,靠近果壁的一侧形成白色的芽状组织的出蚊管,这个芽状组织将生长进入果壁,并逐渐伸长刺穿果壁,形成一根出蚊管矗立在外果壁上。当出蚊管伸出果壁大约 2 ~ 3 mm 时,蛹即将羽化。刚羽化后的雄虫,体色灰白,比较活跃,可飞翔,但羽化后雌蚊通常在榕果壁上爬行,试图寻找白色

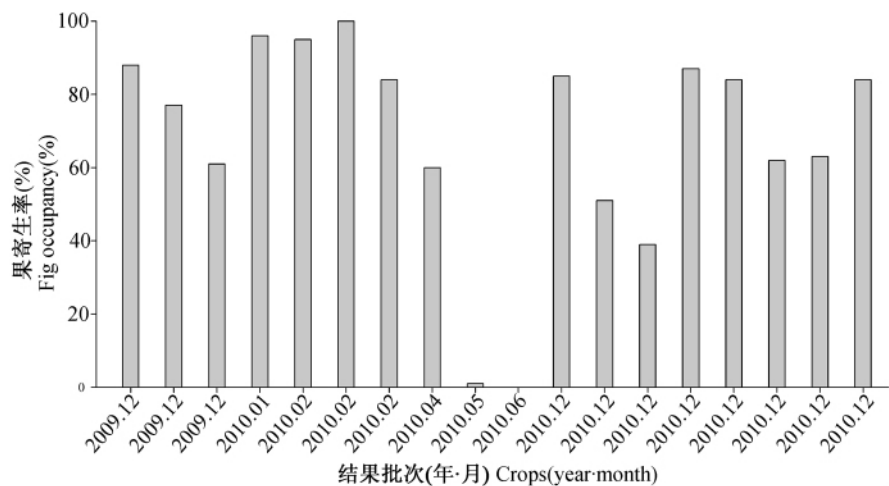


图 1 垂叶榕上瘿蚊寄生率

Fig. 1 Fig occupancy of gall midges in *Ficus benjamina*

表 1 八批果内瘿蚊数量和占雌花的比率(平均值 ± 标准误)

Table 1 The number of gall midges and occupancy of female flower in eight crops (mean ± SE)

样树 Trees	抽样时间 Sampling times	样本量 Sample sizes	健康羽化的瘿蚊 Good gall midges	发育中死亡的瘿蚊 Aborted gall midges	瘿蚊总数/雌花总数(%) Total gall midges/ female flowers (%)
1	2010. 04	41	39. 76 ± 3. 96	5. 34 ± 0. 81	5. 11 ± 0. 56
2	2010. 02	30	29. 57 ± 3. 18	17. 97 ± 3. 29	5. 74 ± 0. 71
3	2010. 01	32	19. 88 ± 2. 35	11. 84 ± 1. 72	4. 33 ± 0. 53
4	2010. 01	18	10. 72 ± 1. 82	2. 39 ± 0. 62	4. 84 ± 1. 33
5	2010. 03	26	12. 19 ± 1. 97	8. 27 ± 1. 57	2. 88 ± 0. 47
6	2010. 01	14	5. 14 ± 0. 86	0. 35 ± 0. 13	0. 70 ± 0. 10
7	2010. 01	20	4. 30 ± 1. 02	6. 20 ± 1. 89	1. 09 ± 0. 26
8	2010. 04	26	1. 46 ± 0. 29	2. 12 ± 0. 34	0. 64 ± 0. 08

的雌性瘿蚊出蚊管。找到出蚊管后,雄蚊用前足抱住出蚊管,摇晃或用力向外拔。出蚊管被拔出来后,还包在蛹壳内的雌蚊慢慢蠕动着向果外爬出。此时雄蚊会直接把蛹拖出,然后找到隐秘的地方,用抱器夹着雌蚊的头部等待其羽化。大约 7~11 min 后,雌蚊开始羽化。瘿蚊的蛹属于被蛹类型,附肢和翅都被包被在一层膜里。羽化时,雌蚊摇摆着尾部,膜从头部开裂并慢慢蜕下,直到尾部,这个过程约历经 3~5 min。雌蚊羽化时,雄蚊抱器随着雌蚊的羽化从头部慢慢移动到尾部,产卵器一出现,雄蚊便开始与之交配,交配持续 3~5 min。交配后,雄蚊离开去寻找下一只雌蚊,而雌蚊则趴在叶面上,停息至少半小时后才去寻找可产卵的榕果繁殖下一代。有时雄蚊辨认不出抱走的蛹是雌蚊还是雄蚊,若发现羽化后是雄蚊会立

即放弃再重新寻找配偶。雌蚊通常在雄蚊协助下离开榕果,但没有雄蚊时,也可自己顶破出蚊管羽化出来。

2.4 瘿蚊成虫羽化规律

寄生于榕果内的瘿蚊发育到蛹后期时,形成出蚊管突出在果壁上,蛹开始羽化。寄生于一个榕果内的瘿蚊需要约 5~7 d 才能全部从果内羽化出,每天羽化出来的瘿蚊数量之间有显著差异($F_{6,53} = 8.007, P < 0.001$),羽化高峰期出现在羽化期的第 2~4 天,高峰期每天羽化出来的瘿蚊数量显著比其它羽化日获得的瘿蚊多,前 4 d 羽化出来的瘿蚊数已占总数的 91.68%,第 4 天后羽化率明显降低。羽化期间雌雄蚊羽化不同步,前 5 d 每天羽化出来的雄蚊比率高于雌蚊比率,但仅第 3

天雌雄蚊羽化比率有显著差异 ($U = 31.50, P < 0.05$); 到第 6 天雌蚊羽化比率才比雄蚊的高, 但差异不显著 ($U = 69.50, P = 0.857$), 第 7 天甚至只有雌蚊羽化出来 (图 2)。这种雄蚊先于雌蚊羽化的特征是交配成功的重要保障, 也说明要有效防治雌蚊, 防治期要坚持一个星期左右。

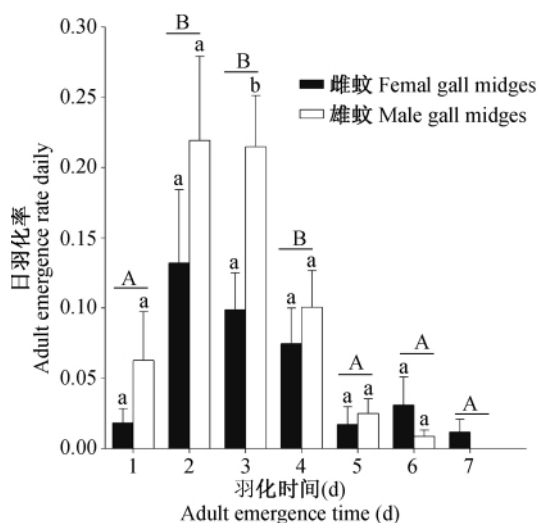


图 2 瘿蚊日羽化率 (平均值 + 标准误)

Fig. 2 The daily emergence rate of gall midges (mean + SE)

Tamhane's T2 多重比较方法被用来分析每日羽化出来的瘿蚊数是否有差异, A 和 B 代表差异是否显著性, 相同字母代表没有差异, 不同字母代表瘿蚊数量间差异显著; Mann-Whitney Test 被用来分析每日雌雄蚊羽化率之间的差异, a 和 b 代表差异是否显著性, 相同字母代表没有差异, 不同字母代表雌雄蚊羽化率之间差异显著。

Tamhane's T2 was compared the differences of gall midges in different emergence days, A and B show if the difference is significant where the same letters represent non-significant variation, different letters represent a significant difference between means at 0.05 level. Mann-Whitney Test was used to compare the difference of emergence rates daily between female and male gall midges, a and b show if the difference is significant where the same letters represent non-significant variation, different letters represent a significant difference between emergence rates at 0.05 level.

室内定时观察瘿蚊的羽化规律, 发现一天的每个时间段都有瘿蚊羽化出来, 但有 2 个明显的羽化高峰期, 一个高峰期均出现在上午 8:00—10:00, 该期羽化数量最多, 第 2 个高峰期出现在

晚上 20:00—00:00 (图 3)。

2.5 瘿蚊活动规律

在瘿蚊正处于羽化期的榕树周围悬挂诱虫板, 观察瘿蚊在寄主树上出飞、活动的规律, 结果发现: 瘿蚊羽化高峰期上午 8:00—10:00 期间, 粘板上诱集到的瘿蚊数量最多。2 d 共诱集到 3 489 只瘿蚊, 其中雄蚊占 98.45%, 雌蚊只占 1.55%, 可见在寄主树周围诱集到的基本上都是雄蚊 (图 4)。这一结果表明: 上午是瘿蚊集中出飞、活动的时间, 完成交配后的雄蚊只在寄主树周围飞行, 然后死亡, 而交配后的雌蚊将离开寄主树, 远距离飞去寻找适合产卵、繁殖后代的榕树。

2.6 瘿蚊寄生对种子和传粉榕小蜂数量的影响

一个没有被瘿蚊寄生的榕果能繁殖传粉榕小蜂 124.71 ± 25.44 ($N = 14$) 只, 而被瘿蚊寄生的榕果只能繁殖传粉榕小蜂 13.48 ± 3.39 ($N = 207$) 只, 瘿蚊寄生显著减少了传粉榕小蜂数量 ($U = 451.50, P < 0.001$)。在没有瘿蚊寄生及被瘿蚊寄生榕果内, 每果繁殖的种子数量分别为 228.57 ± 31.80 ($N = 14$) 和 182.34 ± 8.00 ($N = 207$) 粒, 瘿蚊寄生并没有显著减少种子数量 ($t_{2, 219} = 1.451, P = 0.148$) (图 5)。

3 小结与讨论

在西双版纳热带地区, 垂叶榕经常被瘿蚊寄生, 所调查的 18 批果中有 17 批被瘿蚊寄生, 其中 13 批果的寄生率超过 60%, 甚至有的批次, 榕果全被寄生。虽然榕果只有不到 6% 的雌花资源被瘿蚊寄生, 繁殖平均不到 40 只瘿蚊, 但对榕树及其传粉榕小蜂繁殖成功的影响是致命的, 这可能是由于瘿蚊消耗掉榕果内大部分营养, 且羽化时间比传粉榕小蜂早 1~2 个星期, 形成很多孔洞致使榕果内环境发生变化, 最终导致绝大多数传粉榕小蜂不能完成发育而中途死亡, 也导致寄主榕树种子数量减少 (Bai *et al.*, 2008; Miao *et al.*, 2011)。由于瘿蚊羽化时形成一根根的羽化管矗立在榕果壁上, 一旦瘿蚊羽化后, 这些管状物就倒塌、变黑, 粘到果壁上, 一眼看去, 千疮百孔, 黑迹斑斑, 垂叶榕作为优良的绿化树种, 此时无优美景观可言。本文研究的瘿蚊是近年才被发现, 还是一个没有被描述的新种, 因此对它的生物学特征还缺乏了解, 本研究率先报道了该种瘿蚊的羽化、

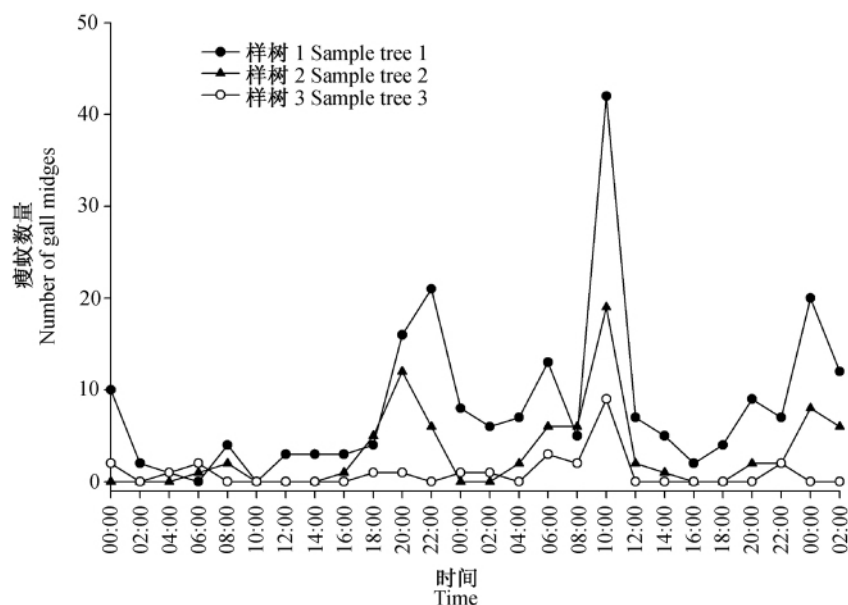


图3 瘿蚊日羽化规律

Fig.3 Emergence time of adult gall midges

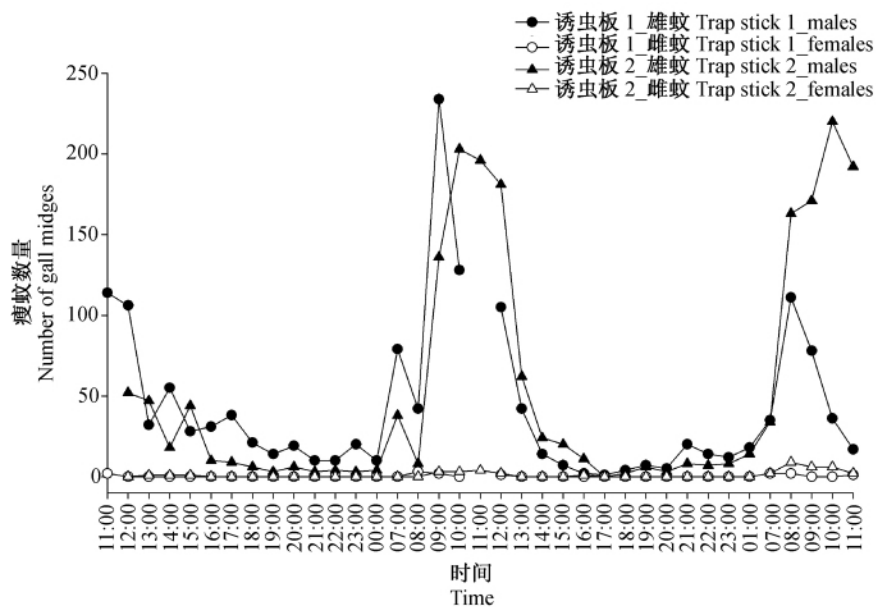


图4 瘿蚊活动规律

Fig.4 The activity of gall midges

交配和飞行等活动规律,为人工防治瘿蚊提供科学的防治时间。

寄生于垂叶榕果内的瘿蚊,在刚结不久的小榕果外产卵到雌花子房中,并刺激子房膨大成袋状虫瘿,幼虫就生活于虫瘿之中,经过约1个月的发育后,幼虫进入蛹期,即将羽化的蛹将推动一个

芽状的组织刺穿果壁,向外伸出一根出蚊管,成虫瘿蚊通过这根管留下的通道离开榕果,然后羽化。这种带一根出蚊管的羽化方式在瘿蚊科内的其它种类中还未见报道,出蚊管的具体形成机制还有待于进一步研究。此外,垂叶榕上成虫瘿蚊的交配行为也非常奇特,雄蚊明显比雌蚊先羽化出来,

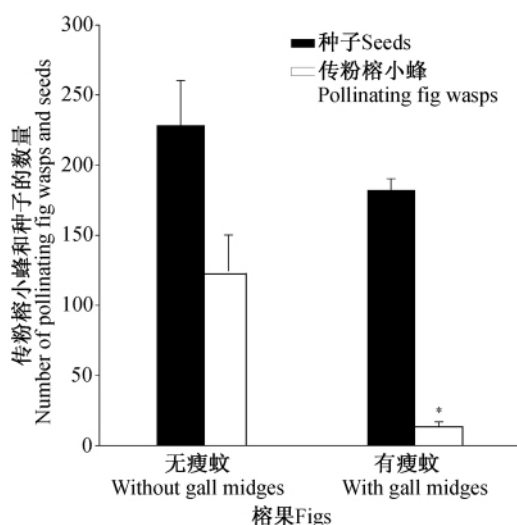


图 5 瘿蚊对种子和传粉小蜂数量的影响

Fig. 5 The effect of gall midges on the number of seeds and pollinators

* 表示没有瘿蚊寄生和被瘿蚊寄生的果内传粉榕小蜂数在 0.05 水平存在显著差异。

* represents the difference of pollinator numbers is significant between with gall midges and without gall midges at 0.05 level.

雄蚊拔出出蚊管后,用抱器将即将羽化的蛹携带到僻静的地方等待羽化并获得交配机会,有时抱来的蛹是雄性,只得放弃再寻找新的配偶。从单果内瘿蚊的羽化时间来看,需要 5~7 d 才能全部羽化完。这不同于寄生在榕果内的榕小蜂,后者所有的成虫几乎在一天内都羽化出来(Kerdelhue *et al.*, 2000; Peng *et al.*, 2005)。寄生性瘿蚊与榕果的发育期并不同步,与榕小蜂的发育、羽化特点不尽相同。

瘿蚊成虫脆弱,飞翔能力不强,早晚活动,多在幼虫生活场所附近栖息(郑乐怡和归鸿, 2000)。然而,垂叶榕上瘿蚊的活动规律有些不同寻常,羽化高峰期可出现在上午 8:00—10:00 及晚上 20:00—0:00,但飞行活动时间集中在上午 8:00—11:00。为什么晚上羽化出来的瘿蚊很少被诱虫板粘到?推测该类瘿蚊没有趋光性,晚上羽化出来的瘿蚊可能停息在寄主树上,待翌日上午气温回升时开始活动。诱虫板上粘到的绝大部分是雄蚊,雌蚊数量很少,推测雌蚊交配后将飞离繁殖自身的榕树,而雄蚊则死亡在哺育树旁。因

为此时繁殖瘿蚊的榕树上没有适合雌蚊产卵的榕果,雌蚊必须离开哺育自己的榕树去寻找适合繁殖后代的榕果。从瘿蚊的活动规律来看,瘿蚊羽化出飞前和瘿蚊产卵期是防治瘿蚊最为有效的两个时期,即看到果壁上有大量羽化管,瘿蚊羽化期的上午 10:00 前连续用药防治 4~7 d;另外检查刚结果不久的榕果,一旦发现有瘿蚊产卵或果壁上有液滴状物(瘿蚊产卵后留在果壁上的痕迹),即用药防治。

瘿蚊科昆虫的成虫往往产卵于寄主植物表面、未开花的颖壳内、花蕾或嫩芽的隙间、树皮缝内以及幼虫生活的其他场所,许多种类是农、林业的重要害虫,譬如:在禾本科植物小穗中生活,吸食子房或正在发育的颖果的吸浆虫(成卫宁等, 2009);钻入水稻秧苗的生长点取食,使植株不能抽穗结实的稻瘿蚊(尹舒博和李国东, 2007);柑橘花蕾蛆在柑橘产区为害柑橘花器官(玉桂成, 2010);以及专门危害梨树新梢嫩叶的梨瘿蚊(侯启昌和崔改泵, 2010)。这些瘿蚊均危害粮食作物和果树,并导致产量降低,受到了人们的关注并获得很好的研究。垂叶榕是目前中国南方城市中比较常见的绿化树种,但寄生于果内的瘿蚊最近才被发现和报道(Bai *et al.*, 2008; Miao *et al.*, 2011),因此,虽然已知其对榕-蜂互惠系统的影响几乎是致命的,但还没有任何有关防治方面的研究。本文报道了成虫瘿蚊的活动规律,为有效防治其发生也提供了很好的参考。

致谢:感谢 Stephen Compton 对实验提出的建议,感谢张建春、柳青、刘聪等在实验过程中给予的帮助,感谢万金鹏同学在实验及论文修改过程提出的宝贵意见。

参考文献 (References)

- Bai LF, Yang DR, Compton SG, 2008. A gall midge inhabiting the figs of *Ficus benjamina* in Xishuangbanna, south-western China. *Symbiosis*, 45 (1/3): 149—152.
- Bronstein JL, Hossaert-McKey M, 1996. Variation in reproductive success within a subtropical fig/pollinator mutualism. *J. Biogeogr.*, 23 (4): 433—446.
- Corner EJH, 1965. Checklist of *Ficus* in Asia and Australasia with keys to identification. *Gard. Bull. Singapore*, 21: 1—186.

- Felt EP, 1922. A new and remarkable fig midge. *Fla. Entomol.*, 6(1):5—6.
- Felt EP, 1934. A new gall midge on fig (Diptera: Itonididae). *Entomol. News*, 45:131—133.
- Galil J, Eisikowi D, 1971. Studies on mutualistic symbiosis between syconia and sycophilous wasps in monoecious figs. *New Phytol.*, 70(4):773—787.
- Harris KM, De Goffau LJW, 2003. *Horidiplosis ficifolii*, a new species of gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) damaging ornamental fig plants, *Ficus benjamina* L. *Tijdschr. Entomol.*, 146(1):301—306.
- Kerdelhue C, Rossi JP, Rasplus JY, 2000. Comparative community ecology studies on old world figs and fig wasps. *Ecology*, 81(10):2832—2849.
- Korine C, Kalko EKV, Herre EA, 2000. Fruit characteristics and factors affecting fruit removal in a Panamanian community of strangler figs. *Oecologia*, 123(4):560—568.
- Lambert FR, Marshall AG, 1991. Keystone characteristics of bird-dispersed *Ficus* in a Malaysian lowland rain forest. *J. Ecol.*, 79(3):793—809.
- Miao BG, Yang DR, Liu C, Peng YQ, Compton SG, 2011. The impact of a gall midge on the reproductive success of *Ficus benjamina*, a potentially invasive fig tree. *Biol. Control*, 59(2):228—233.
- Peng YQ, Compton SG, Yang DR, 2010. The reproductive success of *Ficus altissima* and its pollinator in a strongly seasonal environment: Xishuangbanna, Southwestern China. *Plant Ecol.*, 209(2):227—236.
- Peng YQ, Yang DR, Wang QY, 2005. Quantitative tests of interaction between pollinating and non-pollinating fig wasps on dioecious *Ficus hispida*. *Ecol. Entomol.*, 30(1):70—77.
- Steck GJ, Krueger S, 2008. An ornamental fig pest, *Horidiplosis ficifolii* Harris (Diptera: Cecidomyiidae), genus and species new to Florida and North America. http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/ento/fig_horidiplosis.html (accessed 15 April 2011).
- van Leeuwen-Reijnvaan W, van Leeuwen-Reijnvaan J, 1926. The zooecidia of the Netherlands East Indies. Java, Batavia, Java: Drukkerij de Unie. 601.
- Wiebes JT, 1979. Co-evolution of figs and their insect pollinators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 10:1—12.
- Williams FX, 1928. Studies in tropical wasps-their hosts and associates (with descriptions of new species). Australia: Hawaiian Sugar Planters' Association. 1—179.
- 成卫宁, 李修炼, 李怡萍, 李建军, 作均祥, 2009. 麦红吸浆虫不同滞育期四种糖代谢酶活力分析. *昆虫学报*, 52(2):133—139.
- 段柱标, 彭艳琼, 杨大荣, 徐磊, 2005. 高榕隐头果内小蜂群落的动态变化. *生态学报*, 25(10):2589—2594.
- 侯启昌, 崔改泵, 2010. 中原地区梨瘿蚊的生物学特性及防治研究. *植物保护*, 36(5):154—156.
- 魏作东, 杨大荣, 彭艳琼, 徐磊, 2005. 榕树在西双版纳热带雨林生态系统中的作用. *生态学杂志*, 24(3):233—237.
- 许再富, 1994. 榕树—滇南热带雨林生态系统中的一类关键植物. *生物多样性*, 2(1):21—23.
- 尹舒博, 李国东, 2007. 稻瘿蚊综合防治技术. *辽宁农业科学*, 6:52.
- 玉桂成, 2010. 广西瘿蚊类柑橘害虫调查研究. *广西林业科学*, 39(2):108—109.
- 郑乐怡, 归鸿, 1999. 昆虫分类(下). 南京:南京师范大学出版社. 708—710.
- 朱华, 蔡琳, 2005. 云南热带雨林生物地理及其对地质历史的暗示. *地球科学进展*, 20(Suppl.):1—5.