

文章编号: 1001-1498(2000) 05-0477-08

西双版纳热带雨林聚果榕小蜂 季节性变化规律

杨大荣, 王瑞武, 宋启示, 张光明, 赵庭周

(中国科学院 西双版纳热带植物园 昆明分部, 云南 昆明 650223)

摘要: 聚果榕是西双版纳热带雨林生态系统中的一个优势树种。聚果榕和它的传粉媒介昆虫聚果榕小蜂是一对高度协同进化、互相依赖才能繁殖各自后代、互惠共生的生物。聚果榕必须依靠聚果榕小蜂的传粉才能获得有性繁殖; 而聚果榕小蜂又必须依赖聚果榕的短柱头雌花作为繁殖后代的场所, 才能获得种群的繁衍。研究结果表明: 聚果榕小蜂的种群随季节变化而变化, 雨季种群数量高, 干季种群数量低; 但进入同一榕果内繁殖产卵的雌蜂数量则相反, 雨季数量低, 干季数量高。聚果榕小蜂的繁殖雌蜂进入每一隐头花序的数量多少, 对聚果榕的授粉和发育种子成熟率、聚果榕小蜂在果内的产卵繁殖率有着密切的关系。

关键词: 西双版纳; 热带雨林; 聚果榕; 聚果榕小蜂; 行为生态学

中图分类号: S718.7

文献标识码: A

西双版纳是中国现存面积最大的热带雨林地区。在热带雨林中, 榕树是热带植物区系中最大的木本树种之一, 它的单株结实率是所有树种中最高的; 在热带雨林植物群落中, 占据了乔木层、灌木层、藤本、附生植物、寄生植物等层次的一定空间, 并为兽类、鸟类、蝙蝠、昆虫、土壤动物和微生物等常年提供食物和栖息场所; 还为多种腐生、附生、寄生荫生的植物提供了良好生存场所, 是国际上公认的热带雨林中一类关键植物^[1-5]。每一种榕树需有一种榕小蜂传粉才能繁殖有性后代; 每一种榕小蜂也只给一种榕树传粉, 在该种榕树隐头花序内的短柱头雌花上繁殖后代, 两者间的互惠共生关系是协同进化系统中最为特殊的一类生物, 它们的相互关系已经发展到一对一, 不能互缺的高级阶段^[2, 3, 6-9]。聚果榕(*Ficus racemosa* L.) 是亚洲热带雨林中一个广布种^[10, 11]。在西双版纳热带雨林中它是一个优势种群, 主要生长在原始雨林内部低洼处, 尤其是在沟、河、江边, 常以 5~10 株为一组群、株间距离 50~120 m 的集团性分布, 很少有例外。

1 材料与方法

1.1 研究样地

研究地点定在西双版纳州勐腊县勐仑镇。样地分别设在国家热带雨林自然保护区、片断化

收稿日期: 2000-02-15

基金项目: 为中国科学院西双版纳热带植物园知识创新基地的部分研究内容, 获中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-104)和云南省应用基础基金资助

作者简介: 杨大荣(1954-), 男, 云南景谷人, 研究员。

热带雨林区、傣族‘龙山’村庄和中国科学院西双版纳热带植物园江边五种类型区。

1.2 研究种类

1.2.1 聚果榕 高大乔木,高 25~30 m,胸径 60~120 cm; 树皮褐色,平滑; 叶薄革质,椭圆状倒卵形至椭圆形或长椭圆形,长 10~14 cm,宽 3.5~4.5 cm,先端钝尖或渐尖,基部楔形微钝,全缘,叶面深绿色,无毛,背面浅绿色,稍粗糙,幼时被柔毛,成叶后毛脱落,侧脉每边 4~8 条; 叶柄长 2~4 cm; 托叶卵状披针形,膜质,叶面被微柔毛,长 1.5~2.0 cm。榕果聚生于老茎上的瘤状短枝,梨形,直径 2.0~3.5 cm; 顶内壁近口部,无柄,花被片 3~4 个,雄蕊 2 个; 瘦花和雌花同生于榕果内壁,有柄,花被带状,先端 3~4 齿裂,花柱侧生,柱头棒状,榕果成熟时橙红色。在西双版纳热带雨林内聚果榕的不同植株上,雨季、干季均可见果实。

1.2.2 聚果榕小蜂(*Ceratosolen* sp.) 雌蜂: 体长 2.8~3.2 mm,褐色。头方形,复眼特大,几乎占了头两侧面一半以上,颊短于复眼的长径; 唇基上方侧突缘显著凸出。颜面沟后端宽,在侧单眼后呈锐角脊。复眼后面有一明显的后头脊隆起。触角 11 节,支角突短小; 柄节扁平,呈倒三角形,基部小,端部宽大,外缘中部和顶部有一齿突; 外缘有 2 根长刚毛,内缘有 4 根长刚毛。梗节肾形,仅有柄节 1/3 宽和大; 附器着生于第 1 索节,基部宽大,几乎包围住第 2 索节的一半,顶端尖细。第 1 索节短小,仅为附器的 1/3 长,几乎被附器全围住; 第 2 索节长于第 1 索节约 1 倍; 第 3 索节长和扁宽,长于 1 和 2 索节相加的总和,宽约第 2 索节的 1 倍; 第 4~6 索节又比第 3 索节长,但没有第 3 索节宽大。棒节 3 节,圆柱形末端一节短小,并在顶部收缩尖细。索节和棒节每节上都有刚毛和感觉器。上颚具 2 个尖齿,腹面具 7 个腹脊,紧贴贴于上颚有 7 个叶鳃状体; 下颚突起末端具齿,下唇长,端部具 2 根刚毛。

前翅长并宽大,翅脉发达,金黄色至黄色,痣脉宽大,末端有假脉,痣脉上色点不明显。翅脉凸起处和臀角边缘密被细毛。足正常,后足腿节的基部背面具尖突,前足胫节背面具 3 齿,各足胫节末端均具 2 齿。

腹长略超过胸部,末端隆起,第 6 腹节背板裂为多片。产卵器外瓣宽大,产卵器约与小蜂胸至腹末长度总合等长。

雄蜂: 体长 2.1~2.3 mm,黄色,无翅。复眼退化,头长方形。触角 5 节; 上颚具 4 齿。前胸背板长三角形,光滑,长度比中后相加的总和长 1/3,前端窄与头; 中胸背板方形,宽大于长,后缘弯曲; 后胸横长椭圆形。并胸腹三角锥状,前窄后宽,有 1 对明显的气门。前足腿节宽大,胫节细长,顶端有 4 齿。跗节 3 节,爪长而尖细。中足腿节圆形膨大,基部内缘有一凹陷,胫节细长,顶端内缘和外缘各有 2 齿。后足比中足细小,基节和腿节几乎等长。外生殖器从腹末伸出,长度与前胸至腹部的总长相等,阳茎和叉状骨长,骨化成黑色。

1.3 研究方法

1.3.1 取样和观察时间 每月取聚果榕不同生长期的隐头花序 2 次,每 5 d 对样地内聚果榕生长状况和聚果榕小蜂进行生态学、生物学观察记录 1 次; 在聚果榕小蜂繁殖雌蜂进入隐头花序和榕果成熟出蜂时间连续观察不少于 5 d。

1.3.2 取样数目 摘取 7 类不同生长时期的隐头花序样本进行观察: (1) 刚结出的隐头花序的嫩果; (2) 繁殖雌蜂正进入嫩隐头花序腔时期的果实; (3) 聚果榕小蜂和隐头花序内的花正在发育的青果; (4) 即将成熟的榕果; (5) 成熟而未出蜂的榕果; (6) 正出蜂的榕果; (7) 成熟落地的榕果。各类型果实每次取样不少于 10 个。

1.3.3 观察方法 取样的每类隐头花序用密封塑料袋分装, 带回实验室, 在实体显微镜下剖开观察。(1~4) 类型样品主要观察小隐头花序形成状况, 雌性繁殖聚果榕小蜂进入花序腔状况, 聚果榕小蜂在腔内生长和隐头花的发育状况; (5) 类型样品观察小蜂羽化特性; (6) 类型样品观察聚果榕小蜂在果内外活动特性; (7) 类型样品观察果实内各类动物数量和活动情况。然后进行统计、分析、整理。另外对(6) 类型样品用 60 目纱网袋包住即将出蜂的成熟榕果, 定期收集记载出蜂量和出蜂时间。

2 结果与分析

2.1 互惠共生、缺一不可

聚果榕在西双版纳热带雨林中是一类生长比较特殊的木本植物, 每株一年中能结实 4~5 次, 而且挂果时, 在同一地点, 不同植株挂果期都不一致, 常是一株聚果榕的果实成熟了(称雌花成熟期), 而附近一株则刚挂小果(称雌花开放期), 其它株则一部分是青果期(称间花期), 榕果经聚果榕小蜂授粉和短柱头雌花中产卵后, 榕树种子和聚果榕小蜂幼虫正在发育时期, 一部分则进入休眠期。它们年复一年地轮换着不同时期结实。

聚果榕的隐头花序果全部生长于老茎上(主杆和老枝)的瘤状无叶短枝中。瘤状无叶短枝一般长 6~50 cm, 一条瘤状无叶短枝挂果时, 常是数十至数百个成团在一起, 夏天瘤状无叶短枝较粗壮且长, 有时一团果实可重达 2~4 kg。

聚果榕是雌雄花同株同果的植物, 在一个隐头花序果内同时有雄花、长柱头雌花、短柱头雌花 3 种类型。长柱头雌花经聚果榕小蜂授粉后发育成榕树种子; 而短柱头雌花则供给进腔内授粉的聚果榕小蜂繁殖雌蜂产卵繁殖后代, 被聚果榕小蜂产卵寄生后的短柱头雌花的子房逐渐膨大形成瘦花。同一果腔内的雌花开放与雄花成熟不同期, 一般季节雌花在隐头花序果挂果 5~8 d(冬季 10~16 d) 就开放, 雌花开放时需有成熟的雄花粉授精才能发育成种子。此时, 同花序果腔内的雄花还未长出, 一直到榕果成熟, 果实掉落前 3~4 d 才成熟。所以, 同一果腔内的雌雄两花不能互相传粉, 由于是密封的隐头花序, 风雨也无法把其它榕果成熟株的雄花吹进或流进花序腔。在聚果榕的雌花开放时期, 果实苦涩, 一般外表均无动物光顾, 更无进入花序腔内的动物, 只有聚果榕小蜂例外。聚果榕小蜂进入聚果榕果是由于榕树和聚果榕小蜂长期协同进化而形成的, 聚果榕小蜂必须依靠聚果榕隐头花序腔内的短柱头雌花作为唯一的繁殖后代场所和栖息、取食的食物, 种群才得以发展; 聚果榕也必须依靠聚果榕小蜂雌蜂给长柱头雌花传粉才能获得有性繁殖的种子, 而得以正常繁衍后代。并且, 两者间长期协同进化的结果, 形成了聚果榕在雌花开放时, 隐头花序的花托仅对聚果榕小蜂松动, 其它小蜂光顾时, 花托自动收紧; 聚果榕小蜂也仅选取聚果榕的隐头花序腔进去授粉和产卵; 若近距离有许多种榕树的隐头花的雌花同时开放时, 聚果榕小蜂绝对不会误入其它种类的榕树隐头花序果腔中。聚果榕和聚果榕小蜂之间已经形成了互惠共生、缺一不可、一对一的密切伙伴关系。

2.2 不同季节隐头花序腔内的进蜂数

如上所述, 在西双版纳热带雨林内雨季、干季均可在不同植株上看到聚果榕的隐头花序果。不同季节的果实多少、大小、长柱头雌花和短柱头雌花的多少有明显的差异, 所以进蜂数也有明显的差异, 但是, 其差异并不与果实大小成正比, 而是与季节性有关(见表 1)。

从表 1 中可看出: 在聚果榕的隐头花序腔中, 进入腔内传粉和繁殖后代的雌蜂 2~18 头不

表 1 不同季节聚果榕果实大小与聚果榕小蜂繁殖的关系(1998~2000年)

月 份	统计果数/个	果实直径/cm	平均有长柱头雌花数/个	平均有短柱头雌花数/个	进蜂数/头		
					最多	最少	平均
12~2	50	1.2~2.5	2 410.8	1 405.5	18	5	8.6
3~5	50	1.3~2.8	2 795.0	1 669.2	16	2	7.4
6~8	60	1.8~3.8	2 954.5	1 894.0	9	3	4.2
9~11	40	1.4~3.1	2 886.5	1 619.0	13	2	5.8

等,多数为 5~8 头,每果的进蜂数不是与果实大小有关系,而是与季节等环境因素有着明显的关系。当雨季果实大而数量又丰富时,每果进入的繁殖雌蜂数反而较低,仅为 3~8 头,平均进蜂 4.2 头,是一年中每果进繁殖雌蜂量最少的季节;雨季后期,平均进蜂数为 5.8 头。干季(12~5 月)进蜂量较多;12~2 月,是全年温度最低季节,果实较小,数量也相对较少时,雌蜂为了保存后代,每果进蜂 6~18 头不等,平均进蜂数 8.6 头,超过雨季两倍多。3~4 月份部分榕树上的果实是 2 月份气温较低时挂的隐头花序果,而且干旱,所以果实较小,每果进蜂数也较高,平均为 7.4 头;由于每果进雌蜂量大,竞争性也同时加大,影响了进入隐头花序果的繁殖雌蜂的授粉功能和繁殖后代功能。

2.3 聚果榕小蜂的季节性消长规律

西双版纳热带雨林研究样地年均温 21.4℃,最热月是 4 月,月均温为 33.5℃;最冷月为 1 月,月均温为 11.2℃,年降水量 1 557.0 mm,相对湿度 86%。聚果榕小蜂的种群季节性消长规律与聚果榕的隐头花序果的季节性消长规律有关,雨季聚果榕的株挂果率最高,聚果榕小蜂的种群也偏高;干季聚果榕株挂果率偏低,聚果榕小蜂的种群也偏低,与进入同一果腔内的繁殖性雌蜂数量相反,说明聚果榕和聚果榕小蜂两者之间在长期的协同进化中,两种间在种群的季节性消长规律上已经具有十分默契的配合(图 1)。

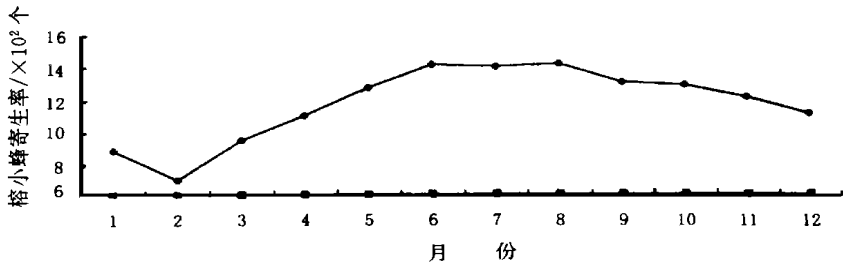


图 1 不同季节聚果榕短柱头雌花中榕小蜂寄生数量

2.4 不同季节聚果榕小蜂的繁殖率和榕树种子形成率

聚果榕的隐头花序果是榕属(*Ficus*)中一类较大的果实,但是在不同的季节中,果内的雌花量差异非常大,一般在 2 863~7 198 个之间,平均有雌花 4 328.0 个。其中短柱头雌花 1 281.2~2 115.5 个,平均为 1 614.2 个,占果内总雌花的 36.5%,也就是说聚果榕小蜂可在 36.5% 的雌花中产卵繁殖后代;其它长柱头花则被聚果榕小蜂传粉受精后发育成榕树种子。但是在不同季节中,榕树长柱头雌花受精形成种子率、短柱头雌花中聚果榕小蜂寄生率和未受精率、未寄生率有着明显的差异(见表 2)。

表 2 不同季节聚果榕一个花序中种子、瘿花、空瘪雌花的比例

月 份	观察榕果数/个	雌花总数/枚	瘿花		空瘪雌花		发育成种子	
			数量/枚	占雌花总数/%	数量/枚	占雌花总数/%	数量/枚	占雌花总数/%
3~5	156	4 186.4	1 575.6	37.6	556.2	13.3	2 054.6	49.1
6~8	150	4 625.0	1 794.5	38.8	194.3	4.2	2 650.1	57.3
9~11	150	4 494.5	1 703.4	37.9	251.7	5.6	2 534.9	56.4
12~2	120	4 006.0	1 283.2	32.0	1 063.6	26.6	1 659.2	41.4
平均数	144	4 328.0	1 614.2	36.5	491.5	12.4	2 224.7	51.1

注: 1996~2000 年观察结果的平均值。

从表 2 看出: 雌花总数、瘿花总数和经聚果榕小蜂授粉后发育成种子的总数量最高是 6~11 月, 3~5 月次之, 12~2 月最低; 虽然 4~5 月温度是全年最高月份, 但正处于西双版纳一年中的最干旱季节, 对榕果和聚果榕小蜂的发育不利。西双版纳由于地处热带北缘区域, 冬季(12~2 月), 虽然年和月平均气温变化不是非常明显, 但由于每年有数次北方南下的寒流直接影响到西双版纳热带雨林地区, 所以日气温变化非常明显, 对聚果榕的隐头花序和聚果榕小蜂的生长和繁殖都有较强的影响。

2.5 聚果榕小蜂在果内的生活习性

聚果榕小蜂繁殖雌蜂在隐头花序腔中的雌花短柱头中产卵, 使短柱头雌花不断膨大成为瘿花, 而长柱头雌花则由雌蜂传粉后发育成种子。1 只雌蜂在短柱头雌花丰富的时候, 最多可产 518 粒卵, 平均 337.8 粒。一般雌蜂产下 72% 左右的卵就死亡, 少数仅产几十粒卵, 不到怀卵量的 10%, 产卵瓣还插在花柱上就死亡。产入花柱内的卵孵化率很高, 据多年的观察, 平均 92.5% 的卵均可孵化为幼虫。短柱头雌花经聚果榕小蜂产卵后, 其子房部 1~2 d 就明显变大。卵 3~4 d 后孵化成幼虫, 低龄幼虫开始咬食子房壁时, 子房壁不断增厚和膨大, 幼虫一边取食, 一边把粪便等代谢产物和碎屑推入子房底部并很快分解, 给花增加养分, 使该部位快速增厚和膨大, 似增殖迅速的“癌瘤”一样, 外壳逐步硬化, 形成与其它雌花完全不同的瘿花。幼虫取食 7~9 d 后在瘿花内化蛹, 化蛹率 81.3%; 蛹期 3~4 d, 成虫羽化率为 78.3%。

2.6 聚果榕小蜂在榕果内的求偶行为

当聚果榕的果实进入成熟期时, 瘿花内的聚果榕小蜂也发育成熟, 开始羽化出蜂。在聚果榕果内的聚果榕小蜂出蜂时, 雌雄异步。首先是 5~6 头雄蜂最先羽化(比大多数聚果榕小蜂羽化早 2~3 h), 羽化时雄蜂咬破自己寄生的瘿花壁, 形成出蜂洞, 一般需 4~6 min。最先羽化的几只雄蜂在瘿花上爬动一圈, 用触角敲打瘿花, 给其它雄蜂发出信号, 当其它雄蜂开始咬瘿花壁羽化出蜂时, 最先羽化的几只雄蜂则爬到花托口或者果腔四周, 寻找适合的果肉部位打开口, 一经选定, 这些雄蜂就开始轮番咬榕果的果肉, 开凿外出蜂口。雄蜂选择最佳出口的方向和部位是根据外部的气候而定的, 如果聚果榕小蜂羽化时正是雨季, 水分高, 易积水时, 外出蜂口则打在口朝下的花托口和附近部位的果肉上, 出蜂口大; 若是干旱季节, 外出蜂口则打在果蒂周围, 口朝上, 出蜂口较圆小。若温度高热时, 外出蜂口则又会打在榕果侧边, 果横径最宽处。雄蜂开凿外出蜂口一般需 47~72 min, 外出蜂口开凿通后, 开凿出蜂口的雄蜂则纷纷爬出果壁, 落入土中。

后来羽化的大量雄蜂, 咬破瘿花壁羽化出来, 爬到未出蜂的瘿花壁上, 寻找雌蜂寄生的瘿花, 不断用触角和足敲动雌蜂的瘿花, 然后快速地用口器啃咬瘿花壳, 在瘿花外为雌蜂开出蜂

洞,出蜂洞造成后,雄蜂就用触角伸进洞口,触摸雌蜂,当雌蜂在瘿花内活动时,雄蜂就迅速把尾部阳茎伸进洞口,此雌蜂交配。一般聚果榕小蜂交配时间极短,仅15~46 s左右就完成交配,大多数和雄蜂只交配1次,少数雄蜂可交配2次。雌蜂交配完后就爬出瘿花,在果腔内急速爬动,并到内花托四周的雄花积聚区采集雄花粉,然后爬出雄蜂打好的果腔出蜂口,飞走寻找嫩的隐头花序,为新嫩榕果授粉和产卵繁殖后代。而果腔内的雄蜂与雌蜂交配后,一部份也爬出外出蜂口,由于无翅,落入榕树下的土壤中,2~3 d后死亡或者很快被其它天敌(如蚂蚁、步甲、蜘蛛等)取食。在果腔内的雄蜂间有时为争夺雌蜂交配资源,而出现互相啃咬,最后上百只一团地抱在一起死亡。雌雄性比为1:0.92,雌蜂略高于雄蜂。

一个成熟的榕果内的聚果榕小蜂,一经雄蜂打开外出蜂口,一般在40~165 min左右就羽化完毕,少数不能羽化的雌蜂在瘿花内死亡。雄蜂则能在果内成活2~5 d,当榕果熟烂落地后,还能见到聚果榕小蜂雄蜂和其它的小蜂在烂果内活动。一天中,聚果榕小蜂羽化高峰期有早上和下午两次,早上的出蜂最多,约占全天出蜂量的75%。根据一年中季节不同:每天的出蜂时间早上有所不同;干季的11月至3月初,气温较低时,一般是早上10:00~12:00出蜂量最高;而其它月份则是早上7:10~8:40之间出蜂量最高。早上出蜂时,林间温度一般在19~25℃,湿度80%~90%之间;下午的出蜂高峰期时间在17:30~18:30,林间温度25~28℃,湿度75%~80%之间。

聚果榕小蜂的羽化与气候和光照有十分密切的关系,外出蜂口的光线和空气能促使瘿花内的聚果榕小蜂蛹羽化,人为地剖开聚果榕小蜂熟蛹的榕果,也能促使聚果榕小蜂蛹提前1~2 d羽化。阴天时,很少有蜂羽化或羽化后不飞出果外。中午阳光强烈时,聚果榕小蜂也极少活动。

3 讨 论

本文以西双版纳热带雨林榕树的优势种群聚果榕及其专一传粉昆虫聚果榕小蜂为研究对象,从不同季节的生态行为、繁殖性雌蜂的求偶行为特性和给榕树传粉后种子形成率等开展了多年较为详细的研究。由于西双版纳地处热带最北缘地区,与其它国家的热带地区在气候、地理区域、植被上都不尽相同,因此,本研究不仅较客观地反映了中国西南部西双版纳地区聚果榕小蜂的年动态规律,而且也代表了这一特殊地区聚果榕小蜂与榕树研究的生态学规律;得出的结果也与前人研究其它地区和其它虫种有一定的区别。

每一个嫩隐头花序果腔内进入多少繁殖性雌蜂能使榕树传粉和聚果榕小蜂繁殖达到最佳状况?前人在其它地区和其它虫种做了研究,部分学者认为,聚果榕小蜂繁殖性雌蜂进榕果数量越多越好^[12];而另一部分学者认为,一果内进大量的繁殖雌蜂,对聚果榕树授粉形成种子极有利,但对聚果榕小蜂繁殖不利,聚果榕小蜂繁殖雌蜂越少,越有利繁殖^[13,14]。本研究结果与这两方面的论述都不相同,事实上每一榕果内进多少繁殖性雌蜂最有利于植物和聚果榕小蜂双方,是与不同物种榕树的果实大小有关,例如像聚果榕这样大型的榕果,一果内进5~6头繁殖性雌蜂为最佳数量,当少于3头或多于8头时,都不利于给榕树传粉和聚果榕小蜂的繁殖;少于3头时,聚果榕小蜂所带雄性花粉和产卵量有限,会有不少长柱头雌花授不到粉,而成为败育雌花,同时又不能使短柱头雌花绝大部分都产上卵。但是超过8头以上时,由于授粉资源(长柱头雌花)和产卵场所资源(短柱头雌花)有限,会为争夺资源而争斗;特别是每果内超过

12头聚果榕小蜂时,雌蜂与雌蜂间为抢夺资源,未产卵,就成团抱在一起死亡。

在西双版纳热带雨林的聚果榕小蜂不像部分学者所论述的,有时候聚果榕小蜂遇不到要授粉的隐头花序果,而不能繁殖^[12];更不像文献[6]等论述的,冬季榕树极少开花结果,从而限制了聚果榕小蜂的传粉和繁殖功能。在西双版纳热带雨林内聚果榕一年干湿两季均可见到不同株的榕树上的隐头花序果,干季也不例外,所不同的仅是榕果比雨季较小,果内的雌花数量比夏季少一些而已。说明聚果榕与它的授粉媒介昆虫聚果榕小蜂已经形成了高度协同进化的关系。然而,这也就给人类提出了一个如何更好地保护热带雨林生态环境的问题。目前世界上大量的热带雨林正在消失,西双版纳也如此,由于热带雨林的逐渐消失,使一些聚果榕形成远距离的单株,导致榕树的隐头花序得不到聚果榕小蜂的传粉,挂果不久就纷纷落果,使这些远距离的聚果榕单株失去了有性繁殖功能,聚果榕群落逐年消失。因为榕属树种是世界上所有热带雨林环境中的优势类群,因此,榕树的减少也就使热带雨林失去了原有生态系统功能。

参考文献:

- [1] Janzen D H. How many parents do the wasps from a fig have? [J]. *Biotropica*, 1979, 11: 127 ~ 129.
- [2] Wiebes J T. A short history of fig wasp research. *Gard. Bull [J]*. Straits Settlement, 1976, 29: 207 ~ 236.
- [3] Wiebes J T. Co-evolution of figs and their insect pollinators, *Ann Rev [J]*. *Ecol Syst*, 1979, 10: 1 ~ 12.
- [4] 杨大荣, 李朝达, 杨兵. 西双版纳热带雨林中榕树动物群落结构与多样性研究 [J]. *动物学研究*, 1997, 18(2): 189 ~ 196.
- [5] 杨大荣, 李朝达, 韩邓保. 等. 热带雨林片断化对榕小蜂和榕树物种的影响 [J]. *动物学研究*, 1999, 20(2): 126 ~ 130.
- [6] Bronstein J L, McKey D. The fig/ pollinator mutualism: A model system for comparative biology [J]. *Experientia*, 1989, 45: 601 ~ 611.
- [7] Galil J, Zeroni M, Bar Shalom D. Carbon dioxide and ethylene effects in the coordination between the pollinator *Blastophaga quadriceps* and the syconium in *Ficus religiosa* [J]. *New Phytol*, 1973, 72: 1113 ~ 1127.
- [8] Murray M G. Environment constraints on fighting in flightless male fig wasps [J]. *Anim Behav*, 1989, 38: 186 ~ 193.
- [9] Wiebes J T. Agaonidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) and *Ficus* (Moraceae): fig wasps and their figs, XIV (conclusion-old World) [J]. *Proceeding of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Biological Chemical Geological Physical and Medical Sciences*, 1994, 97(4): 491 ~ 495.
- [10] 吴征镒. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 363 ~ 410, 889 ~ 916.
- [11] 吴征镒. 云南植物志 (第六卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1995. 595 ~ 671.
- [12] Hill D S. Wasps and figs [J]. *New Scientist and Sci J*, 1971, 15 (April): 144 ~ 146.
- [13] Herre E A. Sex ratio adjustment in fig wasps [J]. *Science*, 1985, 228: 896 ~ 898.
- [14] Herre E A. Coevolution of reproductive characteristics in 12 species of New World figs and their pollinator wasps [J]. *Experientia*, 1989, 45: 637 ~ 647.

Rule of Seasonal Changes of the *Ceratosolen* sp. in the Tropical Rainforest of Xishuangbanna, China

YANG Da-ton, WANG Rui-wu, SONG Qi-shi,
ZHANG Guang-ming, ZHAO Ting-zhou

(Kunming Section, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences,
Kunming 650223, Yunnan, China)

Abstract: The *Ficus racemosa* L. is a dominant tree species in the tropical rainforest in Xishuangbanna. *F. racemosa* and fig-pollination wasps (*Ceratosolen* sp.) are highly coevolved mutualists that depend completely on each other for continued reproduction. *F. racemosa* must depend on the pollination of the *Ceratosolen* sp. to complete its sexual reproduction. Meanwhile the fig wasps are dependent upon the gall flower (short stigmas) of the figs, in which their eggs and larvae and pupa develop. The main result of this study indicated that along with the seasonal change of the population of *Ceratosolen* sp., the summer and autumn population amount is high, and winter and spring population is low. The number of foundresses (reproductive female wasp) penetrated into the fig syconium has close correlation with the pollination and seed-bearing rate of the syconium, as well as the oviposition and reproduction rate of the fig wasp itself.

Key words: Xishuangbanna; tropical rainforest; *Ficus racemosa*; *Ceratosolen* sp.; rule of seasonal changes