

植物园在物种迁地保护中的作用

——以西双版纳热带植物园榕树和榕小蜂的保护为例

Function of Botanical Garden in Species Ex-situ Conservation—A Case Study in Fig Trees and Fig Wasps at Xishuangbanna Tropical Botanical Garden

肖春芬 彭艳琼 杨大荣*

XIAO Chun-Fen, PENG Yan-qiong, YANG Da-Rong*

摘 要: 榕树是热带和亚热带地区主要的园林树种之一,我国有榕树 100 余种。中国科学院西双版纳热带植物园于 20 世纪 80 年代率先建立了保存榕树的专类园,至今已是我国保存活体榕树及榕小蜂种类最多的专类园。目前 46 种榕树和它们的榕小蜂能正常进行有性繁殖,从国内外其他榕树分布区引入的 80 余种榕树,大部分还没有进入结果期,少量进入结果期的种类由于缺乏传粉榕小蜂而不能完成有性繁殖,可以通过适时剪枝扦插,育苗补充种群数量,在结果期适时引入其传粉榕小蜂,建立自然种群。

关 键 词: 园林植物; 榕树; 榕小蜂; 景观展示; 物种保存; 科学研究

文章编号: 1000-6664(2010)05-0083-04

中图分类号: S 688 **文献标志码:** A

收稿日期: 2009-08-12; **修回日期:** 2010-04-19

基金项目: 中国科学院植物园与生物分类研究项目(编号 KSCX2-YW-Z-003)和国家自然科学基金(编号 30970439, 30970403)共同资助

Abstract: Fig trees are main ornamental trees in tropical and subtropical botanical gardens. There are about 100 species of fig trees in China. A special Ficus garden was built at Xishuangbanna Tropical Botanical garden in 1980s. Up to now the Ficus garden saves most abundant species of figs and fig wasps in China. In Ficus garden, 46 species of fig trees normally produce seeds and coexisting fig wasps. About 80 species of fig trees were introduced from other Ficus distribution regions. Most of them are very young trees and cannot fructify; a few species start to bear figs, but they cannot produce seeds because of lacking specific pollinators, and these fruit-bearing trees show small population. So their populations need to be increased and their specific pollinators will be introduced in appropriate phase to build natural population.

Key words: landscape plants; fig tree; fig wasp; sight showing; species conservation; scientific research

面对植物资源日益减少,濒危物种不断增多的态势,我国把植物园作为开展植物资源保护和可持续利用的重要基地加以建设。中国现有各类植物园 200 多个,但能够从事物种保护和科学研究的植物园仅有 40 个左右。中国科学院西双版纳热带植物园从 20 世纪 80 年代起就挑起了植物迁地保护的历史重任,以保护我国热带植物资源为主^[1]。

榕树是桑科(Moraceae)榕属(*Ficus*)植物的总称,主要分布在热带地区,我国有榕树植物 100 种,其中包括 3 亚种 43 变种 2 变型。云南有 67 种,西双版纳 48 种,包括 2 亚种和 19 变种,占云南榕树总种数的 71.6%,约占中国榕树总种

数的一半^[2-3]。榕树是热带植物区系中最大的木本树种之一,在热带雨林植物群落中,占据着乔木层、灌木层、藤本层和地表层等层次的一定空间,它们既是热带雨林的重要组成部分,又为其他生物提供着生态位^[4-7]。榕树也是果实产量最高的植物,大部分种类的榕树一年能结几次果,特别是在其他植物不结果的冬季,大量的榕果为生活在这里的鸟兽、蝙蝠、昆虫、土壤动物和微生物等提供食物和栖息场所,因此,榕树被公认是热带雨林生态系统中的关键植物类群^[7-9]。榕树还是我国南方各地园艺、观赏、城镇街道绿化的主要树种之一,云南绝大部分有植物的公园都以榕树作为重要观赏和造型树种;在云南的

大部分村寨还把榕树作为“神树”栽种在村庄和寺庙周围,起到重要的绿化作用,所以榕树在云南是农业、园艺、森林生态系统中一类重要的树种^[7-10]。榕树的有性繁殖必需依赖专一性的榕小蜂传粉完成,而传粉榕小蜂也只有榕果里才能繁衍后代,两者这种互惠共生的关系早在白垩纪时期就已经建立,现在已经达到高度专一,互不可缺的阶段^[11-14]。因此,榕树和榕小蜂互惠共生的关系也成为研究动植物间协同进化的优良材料。

随着人口增长和经济发展,热带雨林面积不断减少,仅存的森林已片断化和破碎化,很多榕树种类和种群数量锐减,部分种类濒临灭

*通讯作者(Author for correspondence) E-mail: yangdr@xtbg.ac.cn

绝。所以,加强榕树种类与分布区的调查,掌握各类榕树繁殖种群大小,进行榕树的迁地保护十分重要。西双版纳热带植物园有一个榕树专类园,园区面积 11 988m²。经过多年引种繁殖,目前该园已成为世界上面积较大、种类较多的榕树专类园之一,引起了国内外榕树研究者的极大关注,成为研究榕树一榕小蜂协同进化的重要基地之一。本文将着重介绍西双版纳热带植物园内榕树种植园区资源,为进一步开展榕树迁地保护工作和有效地开展科学研究提供依据,其次,该榕树专类园所呈现出的景观展示、物种保存和科学研究相结合的模式可为其他植物专类园及科学植物园的建设提供参考。

1 研究方法

1.1 榕树种类普查与鉴定

调查西双版纳热带植物园内已有的榕树种类,结合植物园历年榕树植物引种记录,对西双版纳热带植物园引种栽培的榕树进行逐一普查,记载种群大小(小种群:小于 10 株;中种群:10~100 株;大种群:大于 100 株)。迁地保护的榕树种类引种地、引种时间和长势记录,由管理榕树园的技术人员 10 多年来(1995 年起)的记录整理而成。2001 年,国际榕树分类专家 C. C. Berg 对西双版纳热带植物园内的榕树进行了鉴定和修正;2001 年和 2006 年,国际榕小蜂分类专家 Rasplus Jean-Yves 从榕树和传粉榕小蜂一对一的互惠关系出发,对传粉榕小蜂传粉寄主对应榕树种类进行了部分订正。

1.2 榕树繁殖系统的调查和传粉榕小蜂的采集、鉴定

榕树有雌雄同株和雌雄异株 2 种类型,在雌雄同株的榕果里,同时着生着雌花、雄花和瘿花,其中瘿花是由雌花特化而来的一种中性花,它不能结实,供榕小蜂在里面发育。而雌雄异株的榕树,其雌花和雄花长在分离的植株上,雌株上只有雌花,雄株上则有雄花和瘿花。榕树花的发育期可以分为 5 个时期:

A 期(花前期):隐头花序很小,果内的空腔多为花托片充满,里面的雌性小花细小,刚开始发育,花托口紧闭。

B 期(雌花期):雌花开放,花托片松动。可接受榕小蜂传粉,也可接受榕小蜂产卵形成瘿花,繁殖榕小蜂后代。此期通常较短,只有 2~

4 天,是引入传粉榕小蜂的关键时期。雄花细小,刚开始发育。

C 期(间花期):受精的雌性小花开始发育成种子,被榕小蜂产卵的小花形成瘿花。间花期可分为 3 个小期:间花初期(受精的小花和被榕小蜂寄生的瘿花,均为乳白色,内部为白色浆状物质);间花中期(受精的种子和瘿花乳黄色,内部可见固体物质);间花后期(种子已经明显硬化,内部可见胚乳;瘿花颜色呈黄色,瘿花内榕小蜂发育到蛹期)。雄花已经发育成型,但花药未成熟。依据种类和季节的不同,发育期为 22~83 天不等。

D 期(雄花期):雄花花药发育成熟,同时榕小蜂也发育到成虫期,羽化出飞的雌蜂正好可以采集到花粉,离开去寻找其他正处于雌花期的榕果,此期较短(2~7 天),是收集、引入传粉榕小蜂的关键时期。

E 期(花后期):果皮发软,种子发育成熟呈黄色,坚硬,果实很快成熟脱落或腐烂。

本研究参考国内外榕树分类书籍^[13-14]和 <http://www.figweb.org> 来确定榕树种的分类位置,同时在系统的物候观测中,发现接近成熟的榕果,及时采摘、解剖观察种子和传粉榕小蜂的繁殖情况,对于有传粉榕小蜂的榕果,及时收集传粉榕小蜂,并鉴定种类。榕小蜂种类的鉴定是在榕小蜂分类专家 Rasplus Jean-Yves 的帮助下完成的。

2 结果

2.1 正常进行有性繁殖的榕树和榕小蜂种类

西双版纳热带植物园的榕树园内种植有 100 多种、绝大多数是 1994 年以后逐年引种的榕树,少数种类是原地遗留种。引入的榕树种类中,分为以下几种引种类型:一是从西双版纳植物园四周引入的树种;二是从云南其他地区引入的种类;三是从国内其他省份引入的种类;四是从国外引入的种类。其中有 42 种榕树和它们的传粉榕小蜂已经能在榕树园内正常传粉和繁殖后代,这些种类大部分在植物园以外的周边地区和保护区内生长;一小部分榕树种类是从其他地区引来的,但种植种群较大,并成功地引入了传粉榕小蜂,这些榕小蜂能够正常地为榕树传粉。这个类群中 15 种榕树的种群个体数量超过了 100 株,为大种群榕树;中等种群的榕树有 14 种;而剩余的 13 种榕树,其种群个体数量均小于 10 株,有些种类只发现 2~3 株。这些

榕树有 19 种为雌雄同株种类,20 种为雌雄异株种类。有 6 种传粉小蜂还未鉴定出来,已收集到的 36 种传粉小蜂隶属于 8 个属,其中 19 个种是待发表的新种类。从榕树和榕小蜂的分类系统上看,榕树的一个组(或亚组)总是对应着某一个属的传粉榕小蜂,仅歪叶榕(*F. cyrtiphylla*)例外,说明榕树和传粉榕小蜂有长期协同进化或协同物种形成过程(表 1)。

几种榕树如曲枝榕、光叶榕、羊乳榕、黄毛榕等需与植物园周边森林里的传粉榕小蜂种群交流才能维持正常的繁衍,这些榕树只要增加种群数量,就能对其进行有效保护。在这些正常进行有性繁殖的榕树上,每种榕果内也共生着 2~25 种不等的非传粉小蜂。通常雌雄同株的榕树果内寄生着较多的非传粉小蜂,种类常大于 10 种,而雌雄异株的榕果种内常寄生 3~5 种非传粉小蜂。因此,这些正常繁殖的榕树就保存着近 200 种榕小蜂。正是榕树和榕小蜂间复杂的共生关系为我们研究物种间的相互作用以及种间协同进化关系提供了丰富的材料。近 10 年来,我们已争取到各种研究项目 15 项,在国内外重要期刊上发表相关研究论文 60 余篇,成功召开了第 7 届国际榕树和榕小蜂专题会议。西双版纳热带植物园现已成为国际上研究榕树和榕小蜂生态学的一个理想场所,每年都有一些国内外同行往返于此开展野外工作,也为我们开展同行间的合作搭建了一个良好的平台。

2.2 不能正常进行有性繁殖的榕树和榕小蜂

在西双版纳热带榕树园内,有 21 种榕树虽然已经开始结果,但绝大多数种类既没有发现其种子,也没有采集到传粉榕小蜂。其中印度榕(*F. elastica*)、卡拉斯榕(*F. cyathistipula*)和大琴榕(*F. lyrata*)是雌雄同株的种类,它们均是作为绿化树种从国外引进,前者的原产地在印度,后两者的原产地在非洲,它们能结果,发育到雌花期因缺乏榕小蜂传粉而落果。还有一些引入种类,株数通常不足 10 株,进入结果期只有 1~2 株,也因为没有榕小蜂而繁殖不了种子。像岩木瓜(*F. tsiangii*)和楔叶榕(*F. trivialis* var. *laevigata*)只是偶见少量种子或榕小蜂,一方面暗示着在植物园以外的周边地区可能分布着这种榕树,但目前我们一直未发现它们;而另一方面可能是已经吸引了本地已有的传粉榕小蜂,出现了杂交现象,有待进一步验证。

表1 正常进行有性繁殖的榕树种类

亚属	组或亚组	榕树种	繁殖系统	种群	传粉榕小蜂属、种
榕亚属 <i>Urostigma</i>	Conosycea	环纹榕 <i>F. annulata</i>	同株	小	<i>Deilagaon annulatae</i>
	Conosycea	高山榕 <i>F. altissima</i>	同株	大	<i>Eupristina altissima</i>
	Conosycea	垂叶榕 <i>F. benjamina</i>	同株	大	<i>Eupristina koningsbergeri</i>
	Conosycea	钝叶榕 <i>F. curtipes</i>	同株	大	<i>Eupristina</i> sp.
	Conosycea	大叶水榕 <i>F. glaberrima</i>	同株	小	<i>Eupristina</i> sp.
	Conosycea	榕树 <i>F. microcarpa</i>	同株	中	<i>Eupristina verticillata</i>
	Conosycea	瘤枝榕 <i>F. maclellandii</i>	同株	大	<i>Eupristina</i> sp.
	Conosycea	毛枕果榕 <i>F. drupacea</i> var. <i>pubescens</i>	同株	小	<i>Eupristina</i> sp.
	Conosycea	豆果榕 <i>F. pisocarpa</i>	同株	中	<i>Eupristina</i> sp.
	Conosycea	劲直榕 <i>F. stricta</i>	同株	小	<i>Eupristina cyclostigma</i>
	Urostigma	直脉榕 <i>F. orthoneura</i>	同株	小	<i>Platyscapa</i> sp.
	Urostigma	雅榕 <i>F. concinna</i>	同株	中	<i>Platyscapa</i> sp.
	Urostigma	菩提树 <i>F. religiosa</i>	同株	大	<i>Platyscapa quadraticeps</i>
	Urostigma	黄葛树 <i>F. virens</i>	同株	中	<i>Platyscapa</i> sp.
	Urostigma	曲枝榕 <i>F. geniculata</i>	同株	小	<i>Platyscapa</i> sp.
白肉榕亚属 <i>Pharmacosycea</i>	Pedunculatae	硬皮榕 <i>F. callosa</i>	同株	大	<i>Dolichoris malabarensis</i>
	Pedunculatae	白肉榕 <i>F. vasculosa</i>	同株	中	<i>Dolichoris</i> sp.
	Glandulosae	九丁榕 <i>F. nervosa</i>	同株	小	<i>Dolichoris nervosae</i>
聚果榕亚属 <i>Sycomorus</i>	Sycomorus	聚果榕 <i>F. racemosa</i>	同株	大	<i>Ceratosolen fusciceps</i>
	Neomorphe	大果榕 <i>F. auriculata</i>	异株	大	<i>Ceratosolen emarginatus</i>
	Neomorphe	苹果榕 <i>F. oligodon</i>	异株	大	<i>Ceratosolen emarginatus</i>
	Neomorphe	杂色榕 <i>F. variegata</i>	异株	中	<i>Ceratosolen appendiculatus</i>
	Hemicardia	<i>F. koutomensis</i>	异株	中	<i>Ceratosolen</i> sp.
	Hemicardia	平枝榕 <i>F. prostrata</i>	异株	中	<i>Ceratosolen</i> sp.
	Hemicardia	鸡嗑子榕 <i>F. semicordata</i>	异株	大	<i>Ceratosolen</i> sp.
	Macrostyli	肉托榕 <i>F. squamosa</i>	异株	中	<i>Ceratosolen</i> sp.
	Sycocarpus	对叶榕 <i>F. hispida</i>	异株	大	<i>Ceratosolen solmsi marchali</i>
	Sycocarpus	水同木 <i>F. fistulosa</i>	异株	中	<i>Ceratosolen constrictus hewitti</i>
糙叶榕亚属 <i>Sycidium</i>	Palaeomorphe	斜叶榕 <i>F. tinctoria</i> subsp. <i>gibbosa</i>	异株	大	<i>Liporrhopalum gibbosae</i>
	Palaeomorphe	假斜叶榕 <i>F. subulata</i>	异株	大	<i>Liporrhopalum subulatae</i>
	Sycidium	歪叶榕 <i>F. cyrtophylla</i>	异株	大	<i>Blastophaga</i> sp.
	Sycidium	尖叶榕 <i>F. henryi</i>	异株	中	待鉴定
	Sycidium	棒果榕 <i>F. subincisa</i>	异株	中	待鉴定
	Sycidium	山榕 <i>F. heterophylla</i>	异株	大	待鉴定
薛荔榕亚属 <i>Synoecia</i>	Pogonotrophe	光叶榕 <i>F. lavies</i>	异株	小	<i>Wiebesia</i> sp.
	Punctulifoliae	羊乳榕 <i>F. sagittata</i>	异株	小	待鉴定
无花果亚属 <i>Ficus</i>	Eriosycea	粗叶榕 <i>F. hirta</i>	异株	中	<i>Blastophaga javana hilli</i>
	Eriosycea	青藤公 <i>F. langkokensis</i>	异株	小	<i>Blastophaga</i> sp.
	Frutescentiae	壶托榕 <i>F. ischnopoda</i>	异株	中	<i>Blastophaga</i> sp.
	Frutescentiae	竹叶榕 <i>F. stenophylla</i>	异株	小	<i>Blastophaga</i> sp.
	Frutescentiae	冠毛榕 <i>F. gasparrinana</i>	异株	小	待鉴定
	组未确定	黄毛榕 <i>F. esquiroliana</i>	异株	小	待鉴定

2.3 没有进入繁殖期的榕树种类

在西双版纳热带榕树园内,有50种榕树还没有进入繁殖期,大多数种类是近3年来引自云南其他地区、广西、海南、广东、贵州、四川、西

藏和东南亚热带地区的种类,这些榕树种类引入植物园栽培时间长的已经有15年,时间短的还为幼苗,均没有生长到结果期,幼树包括近期引入的海南榕、龙州榕、北碚榕等珍贵材料,可以较

大地促进将来的研究工作。为了增加遗传多样性,我们也从不同地区引入了植物园已有的种类。在引种栽培的过程中,由于一些种类的生境特征发生了变化,生长非常缓慢,难于进入结果期。此外,一些种类由于树龄小、株数少,还没有鉴定到种。

2.4 园艺变种和品种

在植物园里,还种植了17种造型好的绿化树种的变种或品种,如:垂叶榕的1个变种丛毛垂叶榕(*F. benjamina* var. *nuda*)和4个品种;细叶榕(*F. microcarpa*)的5个变种或品种;瘤枝榕的2个变种;黄葛树和竹叶榕各1个变种;菩提树的1个品种;印度榕的5个园艺品种(观赏类,人们称为橡皮榕类群)。然而,榕树的品种通常是由全国其他植物园和园林部门引来的种类,虽然最早的已经种植10多年,除少量细叶榕种类中的品种进入繁殖期,大部分均未见繁殖,而变种和原种的传粉榕小蜂均是同一个种类,未出现传粉榕小蜂种类的分化。

2.5 榕树植物在生态环境和园林园艺中的价值与应用

榕树植物除了在热带雨林中是不可缺少的关键类群,在我国北纬31°以南地区(特别在华南、西南、中南数百个县市),是街道、广场、公路、公园、河流、园林园艺等主要绿化和造型树种之一。在云南,有80多个县(市)都把榕树植物作为街道主要绿化树种,如细叶榕、雅榕、垂叶榕、高山榕、黄葛树、大青树(*F. hookeriana*)、钝叶榕等;云南绝大部分公园都以榕树作为重要观赏和造型树种,人们在广场、公园、街道等宽敞的景观区种植独木成林、板根等榕树景观;在棕榈树作为绿化树的景观区,种植绞杀性榕树,塑造自然绞杀景观;在建筑物周边或房前屋后的绿化中,种植一些攀援和可食用榕树。

在云南,榕树是少数民族文化生活中不可缺少的植物类群,他们把一些榕树作为“神树”“龙树”来崇拜,如高山榕、菩提树、大青树、垂叶榕等种类。目前在西双版纳许多森林被破坏的村寨,残留的高大树木,主要就是榕树;在大部分少数民族村寨旁,常有片断化的小块热带雨林没有被破坏,里面生长着高大的榕树或其他原始雨林,是少数民族作为“神山”和“龙山”世代保留下来的一块块绿洲。在西双版纳傣族等信奉佛教的村寨,在建村寨时,必须种

植高山榕、菩提树等植物,有“无树不建寨”的传统,在村寨中起到重要的绿化作用;还有10多种榕树是云南紫胶虫的主要寄主,如垂叶榕、聚果榕、鸡嗉果榕、厚皮榕等;云南许多农村、县(市)还把20多种榕树作为药材、水果、蔬菜,如无花果(*F. carica*)、苹果榕、鸡嗉子榕、木瓜榕、对叶榕、黄葛树、薜荔(*F. pumila*)、珍珠榕(*F. samentosa* var. *henryi*)等,所以榕树树种在云南是农业、园艺、生林生态系统中的重要树种。

此外,大部分榕树具有以下特点:1)生长快,3~5年就可达直径数十厘米,高达数米至10多米;2)荫蔽面积宽,可独木成林且单株绿化面积大;3)由于常年生长绿叶和果实,树上树下可很快形成一个生物小群落;4)树形美观和常年翠绿,适宜园林绿化和美化环境。榕树的不少种群在热带地区作为绿化树种已经成为一道美丽的风景线,对绿化和恢复以热带森林为主的生物多样性起着重要作用。中国科学院西双版纳热带植物园收集、保存着100多种榕树资源,为进一步筛选优美的园林榕数植物提供了素材,也为研究这些植物的有效繁殖、景观设计提供了场所。

3 结论和讨论

榕树与榕小蜂被认为是目前已知授粉昆虫与虫媒植物间互惠共生关系最密切的一对伙伴^[15-16]。因此,榕树的栽培与迁地保护的关键是榕树能进行有效的有性繁殖,才能产生自然更新的物种群落;但榕树的有性繁殖不可避免地依靠传粉榕小蜂的正常生存发育、繁殖和传宗接代,二者缺一不可。

西双版纳热带植物园在榕树的迁地保护方面的工作已经开展10多年,并在“万种植物园”建设项目的推动下,榕树引种取得了长足进步,但是至今没有进行梳理和清查。在西双版纳热带植物园榕树专类园区种植着的42种榕树,分布在植物园周边地区,因此榕树和传粉榕小蜂均能正常繁殖,对于大种群和中种群的种类,只要不破坏其生境,它们的种群完全可以自然发展和更新,为了增加遗传多样性,也有必要从外地和国外引入种栽培。而对于那些具备有性繁殖能力但只有几株的种类,通常它们的自然分布密度也很低,这个类群需要增加其种群数量,只要扩大种群,榕树及其传粉榕小蜂就能正常繁衍。目前引种的关键类群是已进入繁殖期,但不能正常进行有性繁殖

的榕树,首先需要增加这些种类的种群到中等水平,特别要注意引种雌雄异株种类时,雌雄株需要同时引入,并且种群数量要足够大。然后,在榕树繁殖的雌花期,到周边及其他分布地区采集传粉榕小蜂,引入植物园,放到同种的榕果里传粉、繁殖。对于因杂交产生种子或传粉者的榕树,要配合引入其专一性的传粉者。那些还没有进入结果期的榕树种类,要模拟其自然生境,改变不恰当的种植方式,加强管理,促使榕树健康、快速生长。由于这部分榕树通常只有几株,因此要加大引种数量,扩大种群,为将来繁殖期传粉榕小蜂的引入奠定基础。

西双版纳热带植物园早期就很重视榕树的引种工作,但作为一个优秀科学普及的旅游景点,引入很多适合造景的种类,即树型美观和色彩漂亮的榕树,而这些种类多是长期被驯化和培育出来的园林品种或变种,因此有一些不是从原生地引种,而且一些种可能被反复引种,不清楚原生地在哪里。因此,下一步必须加大从原生地的引种工作和繁殖种群的建立工作。同时要做好种类形态描述鉴定、生物学特性和行为学观察实验以及分子系统发育研究比较工作,最终建立一个能持续自我繁殖和更新种群、融景观和科学研究为一体的榕树专类园区。

参考文献:

[1] 许再富,黄家元,胡华斌,等.我国近30年来植物迁地保护及其研究的综述[J].广西植物,2008,28(6):764-774.
[2] 吴征镒.云南植物志(第6卷)[M].北京:科学出版社,1995:595-671.
[3] 张秀实,吴征镒.被子植物门,双子叶植物纲,桑科[M]//中国植物志(第23卷,第1分册).北京:科学出版社,1998:91-219.
[4] 许再富,朱华,杨大荣,等.滇南热带雨林榕树类群多样性及生态学意义[C]//热带植物研究论文报告集(第四集).昆明:云南大学出版社,1996:1-15.
[5] 魏作东,杨大荣,彭艳琼,等.榕树在西双版纳热带雨林生态系统中的作用[J].生态学杂志,2005,24(3):233-237.
[6] 杨大荣,彭艳琼,张光明,等.西双版纳热带雨林榕树种群变化与环境变化的关系[J].环境科学,2002,23(5):29-35.
[7] 许再富.榕树—滇南热带雨林生态系统中的一类关键植物[J].生物多样性,1994,2(1):21-23.
[8] Compton S G, Hawkins B A. Determinants

of species richness in southern African fig wasp assemblages[J]. *Oecologia*, 1992, 91: 68-74.
[9] Harrison, R D. Figs and the diversity of tropical rain forests[J]. *Bioscience*, 2005, 55: 1053-1065.
[10] 甄文全,朱朝东,杨大荣,等.传粉榕小蜂与榕树的繁衍[J].昆虫学报,2004,47(1):99-105.
[11] Wiebes, J T. Co-evolution of figs and their insect pollinators[J]. *Innu. Rev. Entomol.* 1979(10): 1-12.
[12] 彭艳琼,杨大荣,周芳,等.木瓜榕传粉生物学[J].植物生态学报,2003,27(1):111-117.
[13] Wu Z Y, Zhou Z K, Gilbert M G. *Flora of China*[M]. Beijing: Sciences Press, 2003: 37-71.
[14] Berg C C, Corner E J H. *Floral Malesiana* (vol. 17) [M]. Leiden: Universiteit Leiden branch Press, 2005: 1-730.
[15] 杨大荣. 我国对榕树和榕小蜂协同进化研究的进展[M]//资源昆虫学研究进展.昆明:云南科技出版社,1999:22-29.
[16] 马炜梁,陈勇,李宏庆. 榕树及其传粉者研究综述[J].生态学报,1997,17(2):209-215.

(编辑/王媛媛)

作者简介:

肖春芬/女/湖南洞口人/助理研究员/中国科学院西双版纳热带植物园/研究方向为榕树和榕小蜂保育工作(勐腊 666303)
彭艳琼/女/云南宜良人/博士/副研究员/中国科学院西双版纳热带植物园/研究方向为进化生态学(勐腊 666303)
杨大荣/男/云南景谷人/研究员/中国科学院西双版纳热带植物园/研究方向为进化生态学(勐腊 666303)