

北碚榕(*Ficus beipeiensis* S. S Chang) 形态特征与花部显微特征研究^①

邓洪平, 李运婷, 陈 龙, 郭 金, 汤绍虎

西南大学 生命科学学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715

摘要: 北碚榕(*Ficus beipeiensis* S. S Chang)雌雄异株, 仅分布在重庆市北碚区北温泉附近的石灰岩壁上, 目前调查仅发现 5 株野生植株. 本文主要采用形态学、解剖学及生态学方法对北碚榕及其近缘种(大果榕、苹果榕)的形态特点进行比较研究. 结果表明: ① 雌雄植株在形态结构上差异显著, 雄株: 叶呈卵圆形, 纸质, 平均直径约为 3.90 cm, 圆盘形; 雌株: 叶呈长椭圆形, 硬纸质, 平均直径约为 1.51 cm, 梨形; 在叶的形态结构上北碚榕雄株类似于大果榕; 雌株叶形与两种榕树不相同. 雄株花序形态结构上, 近似于两者而雌株花序与其相比差异较大. ② 雌花只存在于雌性隐头花序内, 在雌花期时发育成熟, 雌花花柱呈棒状, 子房球形; 雄花序内有瘿花和雄花, 瘿花于间花期成熟, 雄花于雄花期发育成熟; 瘿花花柱呈喇叭状, 子房倒卵形; 雄花具雄蕊 2 枚, 分布在苞片周围, 并不散生在花序内; 三种花的形态结构特点与传粉小蜂的行为密切相关.

关 键 词: 北碚榕; 隐头花序; 形态特征; 相互适应

中图分类号: S792.99

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)11-0057-07

榕树是对桑科(Moraceae)榕属(*Ficus*)植物的总称, 具特有的隐头花序^[1]. 榕树有雌雄同株和雌雄异株两种繁殖类型: 雌雄同株的同一花序内有雄花、雌花和瘿花; 雌雄异株的雌株花序内仅生有雌花, 而雄花和瘿花着生于雄株的花序内^[2]. 全世界大约有 750 种榕树, 每种榕树由专一的榕小蜂传粉; 每种榕小蜂只在专一的宿主内生长繁殖^[3-6], 极少例外. 榕—蜂共生双方在形态结构、生理生态和生物学行为上高度特化和互适, 在物候生活史上环环衔接, 构成一个十分复杂而精确的传粉生态系统^[7-9]. 在这个系统中, 榕属植物的内部结构特征是维持这一系统的重要保证, 如苞片着生的方式, 雌花花柱的长度与传粉小蜂产卵器长度相互适应, 雌花柱头的形状与功能相适应, 雄花着生的位置及投入的比例等多方面, 反应出共生系统的稳定性^[10-14]. 我国对榕属植物的研究取得了较大进展, 其中薜荔、爱玉子、对叶榕、鸡嗉果榕、木瓜榕的传粉生物学特性研究得较为透彻^[15-19], 为其它榕属植物的相关研究提供了理论与实践依据.

北碚榕为重庆特有狭域分布物种, 具有重要的绿化价值^[20], 其生长环境为北温泉附近的石灰岩壁上, 以往对北碚榕的研究仅限于无性繁殖如扦插繁殖等方面^[21], 本文着重对北碚榕植株的形态特征、隐头花序生长周期、花在各个时期内的形态特征进行研究, 以期为进一步丰富我国榕—榕小蜂共生体系提供新证据, 为植物志的修订提供科学依据.

① 收稿日期: 2013-02-28

基金项目: 科技部国家科技基础平台国家标本平台——教学标本子平台运行服务资助项目(2005DKA21403-JK); 重庆市基础与前沿研究计划项目(CSTC2013JCYJA90020).

作者简介: 邓洪平(1970-), 男, 重庆忠县人, 博士, 教授, 主要从事植物系统进化和保护生物学研究.

1 材料和方法

1.1 研究地点和研究对象

北碚榕(*F. beipeiensis* S. S Chang), 隶属于桑科(Moraceae)榕属(*Ficus*)聚果榕亚属(Subgen. *Sycomor*), 乔木, 雌雄异株^[22]. 现场调查显示: 野生植株只有 5 株, 重庆市江北花卉园中栽培 9 株. 由于栽培的北碚榕都是雌株, 无雄株, 因此选取位于北温泉后山的 1 株雄株和 4 株雌株进行研究.

1.2 研究方法

于 2010 年 5 月至 2012 年 11 月对植株形态、隐头花序结构进行观察和研究.

1.2.1 植株形态学观察

由于雌雄植株叶片之间、新叶和老叶之间长度差异较大, 所以本文采集雌雄植株的新叶和老叶测量其长度, 宽度, 叶柄长度并计算平均值; 采集叶片的数量每次不少于 50 片, 同时估算树顶到地面的垂直高度. 观察各个时期的花序形态并测量直径.

1.2.2 隐头花序生长周期及内部特征观察

选择处于幼花期的雄株和雌株各 1 株, 雄株选取 20 个花序, 雌株选取 50 个花序, 每隔 7 d 进行观察, 测量花序直径并记录数量, 同时选取不同时期的花序在 NikonSM21000 体式镜下观察内部的变化一直到成熟. 花序保存于 FAA 固定液中.

在不同时期, 采集雌雄隐头花序, 观察小花的形态结构并测量花的长度并统计数量.

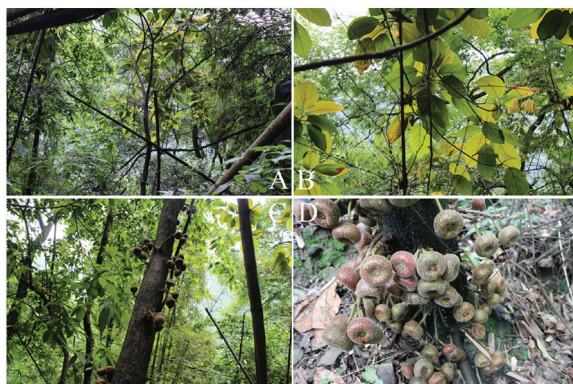
1.3 数据处理

本实验采用单因素方差分析法(SPSS16.0), 并用 Duncan's 多重比较法检验雌雄植株叶子及花序大小的差异显著性. 实验图用 Microsoft Office Excel 2003 根据 SPSS 分析结果制作.

2 研究结果

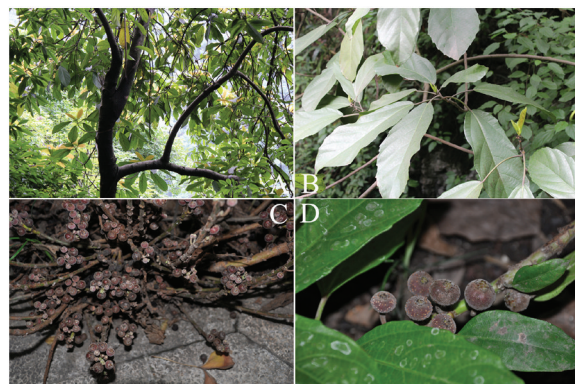
2.1 雌雄植株形态特征

雌雄植株, 在高度、叶子形态、花序形态等方面差异显著. 雄株高 4~5 m, 胸径 12.6 cm, 叶近对生, 纸质, 卵圆形, 先端渐尖, 基部圆形, 边缘有锯齿; 雄花序, 圆盘形, 着生在无叶的老茎上, 直径 3.90 ± 0.44 cm (Mean $\pm$ SD, $N=120$), 顶端凹陷, 密被绒毛和圆形疣状凸起. 雌株高 7~12 m, 胸径 27.8 cm, 叶对生或近对生, 硬纸质, 倒卵状披针形或长椭圆形, 先端渐尖, 基部楔形, 雌花序, 球形, 着生在无叶的老茎或有叶的嫩茎上, 直径 1.51 ± 0.25 cm (Mean $\pm$ SD, $N=150$), 顶端凸起(图 1 和图 2).



A: 雄株整体; B: 雄株叶片; C-D: 雄花序着生的位置及形态特征.

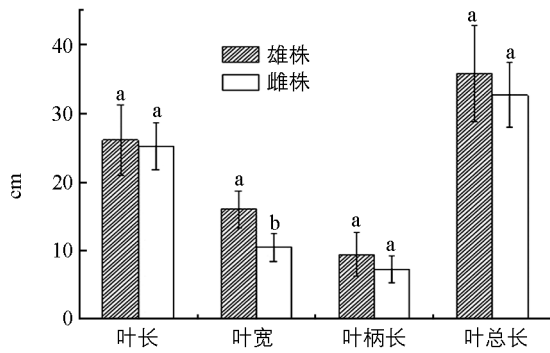
图 1 北碚榕雄株形态特征



A: 雌株整体; B: 雌株叶片; C-D: 雌花序着生的位置及形态特征.

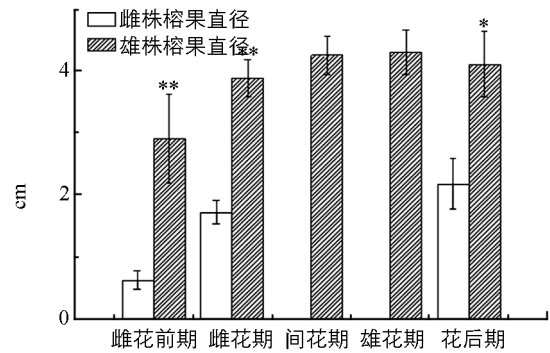
图 2 北碚榕雌株形态特征

北碚榕雌雄植株在叶长、叶柄长和叶总长上差异不显著, 叶宽上存在显著差异(图 3). 在不同时期, 雄花序的直径远远大于雌花序, 特别是在雌花前期和雌花期及间花期, 二者的差异达到极显著, 雄花序从雌花期至雄花期花序直径逐渐增大, 但变化并不明显, 在花后期由于脱水, 花序直径略微减小; 雌花序在雌花期和间花期直径基本上没有变化, 但在花后期果实发育成熟后, 花序直径有所增加(图 4).



不同字母表示差异达显著水平 ($p < 0.05$);
相同字母表示差异不显著 ($p > 0.05$).

图 3 雌雄植株叶子形态差异比较



* 表示差异达显著水平 ($p < 0.05$);
* * 表示差异达到极显著 ($p < 0.01$).

图 4 雌雄植株不同时期隐头花序直径大小比较

2.2 雌雄隐头花序各个时期的发育特点

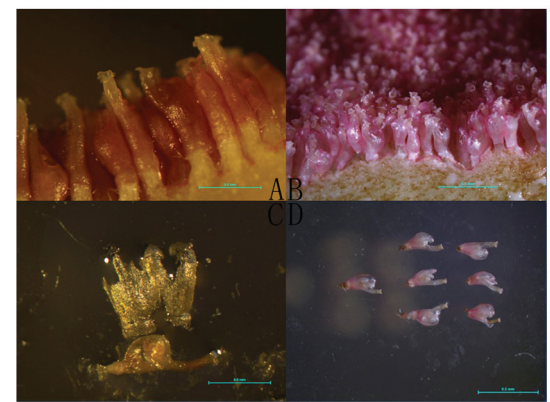
北碚榕隐头花序的生长周期是一个连续时期, 为了能够更好地阐述花序内部花发育的过程, 参照 Galil 和 Eisikowitch 的分期标准^[23], 将雄花序的生长周期分为雌花前期、雌花期、间花期、雄花期和花后期; 雌花序的生长周期分为雌花前期、雌花期、间花期和花后期;

2.2.1 雄花序生长周期

1) 雌花前期: 雄花序于每年的 1—3 月开始发育, 簇生在无叶的老茎或主干上, 呈绿色或浅红色, 密被柔毛和白色疣状凸起, 直径为 $0 \sim 2.91 \pm 0.72$ cm (Mean $\pm$ SD, $N = 40$), 此时瘿花仅见微微凸起, 腔内塞满苞片。

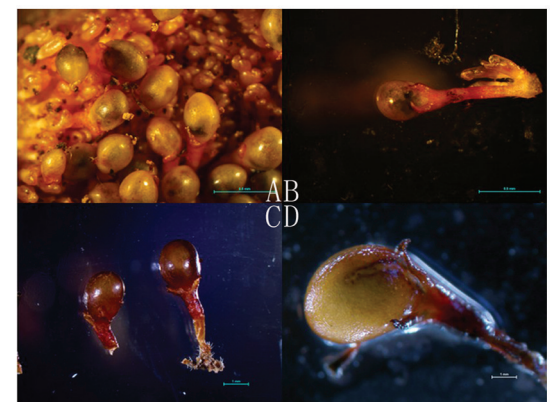
2) 雌花期: 花序直径逐渐增大, 颜色由绿色逐渐转为红色, 直径为 3.89 ± 0.29 cm (Mean $\pm$ SD, $N = 40$). 此时瘿花长 1.37 ± 0.22 mm (Mean $\pm$ SD, $N = 223$), 有花梗或无花梗, 花柱长 0.34 ± 0.11 mm (Mean $\pm$ SD, $N = 223$) 花柱顶生, 柱头呈喇叭状, 子房倒卵形, 白色, 花被片 3~4 片, 基部联合, 卵形或倒卵形, 呈淡红色或粉色. 瘿花数量为 4323.37 ± 118.69 (Mean $\pm$ SD, $N = 40$) 朵, 布满整个花序腔; 此时雄花开始发育, 被花被片包裹 (图 5); 同时苞片逐渐打开形成一个与外界相通的孔道。

3) 间花期: 直径为 4.26 ± 0.32 cm (Mean $\pm$ SD, $N = 40$), 表皮红色, 苞片排列紧密. 传粉小蜂在雌花期通过孔道进入到花序内部, 将卵产在瘿花的子房中, 此时被产卵的瘿花子房逐渐膨大, 柱头枯萎, 花梗伸长, 长约 1.50 ± 0.32 mm (Mean $\pm$ SD, $N = 168$), 而没有被产卵的瘿花则会凋零 (图 6). 瘿花形成虫瘿后花梗的长度不一致, 导致虫瘿在花序内部有层次的分布, 这样可以充分利用空间. 雄花逐渐发育成熟, 花药伸出苞片。



A-B: 瘿花着生的位置及柱头形状; C-D: 瘿花形态结构及花被片。

图 5 雄花序在雌花期时内部的形态特征



A: 虫瘿及败育瘿花; B-D: 虫瘿的形态特征及花梗伸长。

图 6 雄花序在间花期时内部的形态特征

4) 雄花期: 直径为 4.31 ± 0.37 cm (Mean $\pm$ SD, $N = 40$), 花序壁逐渐变软, 苞片打开, 雌性传粉小蜂

飞出. 雄花发育成熟, 花药开裂分布在花序的顶端, 与苞片生长在一起. 雄花 183.29 ± 31.39 朵 (Mean $\pm$ SD, $N=40$), 雄花具有两枚雄蕊, 长约 3.09 ± 0.54 mm (Mean $\pm$ SD, $N=100$), 具花梗, 花药 2 裂; 花被片 4, 基部合生, 呈倒卵形, 黄色; 基部有残留雌蕊的花柱 (图 7).

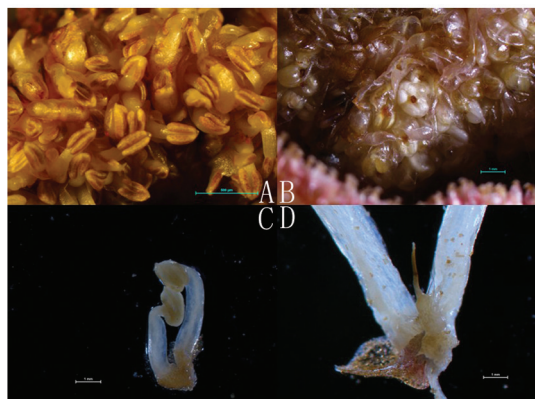
5) 花后期: 直径为 4.12 ± 0.53 cm (Mean $\pm$ SD, $N=40$), 当传粉小蜂飞出后, 花序完成生活史后随即凋落. 雄瘦花序的生长是一个连续的过程, 因此会不间断的进入各个时期, 以保证榕小蜂的生活史能够延续下去.

2.2.2 雌花序生长周期

由于雌性隐头花序内只有雌花, 因此没有雄花期. 所以将雌花序的生长周期分为 4 个时期.

1) 雌花前期: 花序簇生在无叶的老枝或有叶的嫩枝上, 梨形, 红色, 表面密被柔毛和疣状凸起, 顶端苞片凸起, 直径为 0.62 ± 0.15 cm (Mean $\pm$ SD, $N=50$), 雌花开始发育, 呈凸起状, 苞片排列紧密塞满花序腔.

2) 雌花期: 直径为 1.72 ± 0.18 cm (Mean $\pm$ SD, $N=50$), 苞片排列疏松并打开形成一个与外界相通的孔道, 雌花占满花序腔, 有 $1\,541.45 \pm 191.68$ 朵 (Mean $\pm$ SD, $N=50$), 并发育成熟, 长 2.28 ± 0.29 mm (Mean $\pm$ SD, $N=435$), 花被片 4, 倒卵状披针形, 红色, 有梗或无梗; 柱头排列紧密呈棒状, 白色; 花柱被毛, 长 1.43 ± 0.57 mm (Mean $\pm$ SD, $N=435$), 花柱侧生并排列在同一平面, 增加授粉的几率, 子房球形 (图 8).



A: 雄花群; B: 雄花着生的位置;

C-D: 雄花的形态结构及成熟雄花基部有残留雌蕊.

图 7 雄花序在雄花期时内部的形态特征



A: 苞片; B: 雌花着生的位置及联合柱头;

C: 雌花的形态结构; D: 孔道打开.

图 8 雌花序在雌花期时内部的形态特征

3) 间花期: 直径为 2.15 ± 0.20 cm (Mean $\pm$ SD, $N=50$), 苞片排列紧密, 成功被授粉的雌花发育成果实, 未被授粉的雌花凋落, 此时期的榕果颜色较深呈暗红色, 位于枝条底部, 易与处于雌花期的花序区别.

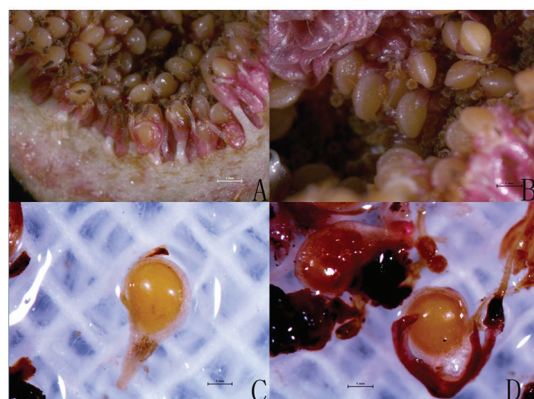
4) 花后期: 直径为 2.18 ± 0.40 cm (Mean $\pm$ SD, $N=50$), 榕果内成功授精的雌花发育成果实, 种子完全硬化呈黄色, 椭圆形 (图 9). 此时榕果外壁变软, 并富含大量的汁液, 吸引鸟兽取食, 为其传播种子.

3 结果讨论及分析

3.1 雌雄植株之间差异性

雄株: 叶宽椭圆形, 长 $21 \sim 31$ cm, 宽 $14 \sim$

18 cm, 先端渐尖, 基部圆形, 边缘有锯齿, 叶柄长 $6 \sim 12$ cm, 叶片总长度 $28 \sim 52$ cm; 花序圆盘形, 着生在无叶的老茎上或主干上, 直径 $3 \sim 4$ cm, 顶端凹陷, 密被绒毛和圆形疣状凸起.



A-B: 果实的着生位置; C-D: 果实的形态特征.

图 9 雌花序在花后期时内部的形态特征

雌株: 叶倒卵状披针形或长椭圆形, 先端渐尖, 基部楔形, 长 22~28 cm, 宽 9~12 cm, 叶柄长 6~8 cm, 叶片总长度 28~36 cm; 花序球形或梨形, 着生在无叶的老茎或是有叶的嫩茎上, 直径 1.5~2 cm, 花序顶端凸起, 密被绒毛和圆形疣状凸起。

综上: 雌雄植株存在着明显差异, 因此对于北碚榕的形态描述应该将其分别进行详细描述, 避免混淆。

3.2 北碚榕雌花、瘿花、雄花的形态特征比较

北碚榕雄花序内瘿花和雄花形态结构的特征与植物志中所描述的不一致, 通过测量和比较, 瘿花长约 1.1~1.7 mm, 有花梗或无花梗, 花柱长 0.2~0.4 mm, 大约与子房等长, 花柱顶生, 柱头呈喇叭状, 子房倒卵形, 花白色; 花被片 3~4 片, 基部联合, 呈卵形或倒卵形, 紧紧包裹子房, 呈淡红色或粉色。雄花分布靠近顶端的位置, 与苞片生长在一起, 成熟的雄花具有两枚雄蕊, 长 2.5~3.5 mm, 具花梗, 花药 2 裂; 花被片 4, 基部合生, 呈倒卵形, 黄色; 基部有残留雌蕊的花柱, 花药伸出花被片。

中国植物志中对于瘿花和雄花的描述与我们观察到的现象不相符合。因此建议将植物志中对于北碚榕的瘿花和雄花的描述以及插图加以修正。

3.3 北碚榕与其近缘种在形态结构上的差异

北碚榕隶属于大果榕组, 与其同组的还有大果榕(*Ficus auriculata* Lour.)和苹果榕(*Ficus oligodon* Miq.)。

1) 叶子形态比较

大果榕叶长 15~55 cm, 宽 15~27 cm, 叶柄 9~38 cm, 广卵状心形; 苹果榕叶长 10~30 cm, 宽 6~23 cm, 叶柄 4~17 cm, 倒卵椭圆形或椭圆形^[22]; 北碚榕雄株的叶长 28~52 cm, 宽 14~18 cm, 叶柄 6~12 cm, 卵圆形。在叶的形态结构上北碚榕雄株类似于大果榕; 雌株叶形与两种榕树不相同。

2) 隐头花序形态学比较

大果榕花序黄绿色, 成熟后红色, 直径 3~14 cm, 具明显的纵棱 8~12 条, 结果枝较短, 10~30 cm, 表面不光滑, 簇生于主干和老茎的结果枝上。苹果榕花序黄绿色, 成熟后红色, 直径 4~7 cm, 表面具 4~6 条纵棱和小瘤体, 结果枝短, 小于 10 cm, 表面不光滑, 簇生于主干和老茎的结果枝上^[22]。北碚榕雄株花序深红色, 成熟后鲜红色, 直径 3~4 cm, 表面不光滑, 被毛, 具有白色的疣状凸起, 簇生在主干和老茎上, 结果枝长 20~40 cm, 在花序形态结构上, 雄株花序近似于大果榕和苹果榕, 而雌株花序差异较大。

3) 雌花、瘿花和雄花数量比较

大果榕: 雌花 $22\,140.05 \pm 790.93$ 朵, 瘿花 $22\,857.16 \pm 174.75$ 朵, 雄花 385.67 ± 11.85 朵, 花药/胚珠比为 0.038 ± 0.015 ^[24];

苹果榕: 雌花 $10\,220.59 \pm 414.58$ 朵, 瘿花 $8\,438.23 \pm 126.21$ 朵, 雄花 173.12 ± 2.92 朵, 花药/胚珠 $0.042\,1 \pm 0.009$ ^[24];

北碚榕: 雌花 $1\,541.45 \pm 191.68$ 朵, 瘿花 $4\,323.37 \pm 118.69$ 朵, 雄花 183.29 ± 31.39 朵, 花药/胚珠的比大约为 0.08;

由此可知北碚榕的雌花和瘿花的数目少于大果榕和苹果榕, 与花序大小呈正相关, 雄花的数目多于苹果榕小于大果榕, 花药/胚珠的比例大于大果榕和苹果榕, 这可能与北碚榕野生植株数量稀少有关, 提高对于雄花的投入率。

4) 雌花、瘿花和雄花形态比较

大果榕和苹果榕瘿花都较短, 柱头敞开呈喇叭状, 瘿花在腔内单朵独立存在, 花柱不联合, 而雌株中的雌花花柱长于瘿花的花柱, 弯曲, 柱头长, 闭合, 呈棒状, 在腔内相互交织联合, 形成联合花柱^[23]; 北碚榕瘿花, 柱头呈喇叭状, 花柱不联合, 而雌花柱头直立, 不弯曲, 柱头呈棒状, 在腔内相互联合。

北碚榕的瘿花和雌花与大果榕和苹果榕的形态特征相似, 只是在北碚榕中雌花的花柱不弯曲, 直立。大果榕雌花花柱长 2.26 ± 0.12 mm, 瘿花花柱长 0.82 ± 0.07 mm; 苹果榕雌花花柱长 2.11 ± 0.25 mm, 瘿花花柱长 0.86 ± 0.01 mm^[24]; 北碚榕无论雌花还是瘿花的花柱短于大果榕和苹果榕, 可能因为北碚榕雌株花序小; 这三种榕树都有与之相适应的传粉榕小蜂, 所以瘿花花柱表现出差异。

综上所述, 北碚榕与其近缘种差异明显, 花的数量和长度上都表现出较大差异; 北碚榕有着独特的生存条件和分布区域, 与其在分布区域上不存在重叠, 但雄株叶形与大果榕相似, 而雄花序、瘿花形态和雌

花联合与两种榕树相似. 今后可以在分子生物学上继续验证这三种榕树的亲缘关系.

3.4 北碚榕隐头花序生物学意义

北碚榕与其传粉小蜂表现出很高相适应性, 植株主要表现在: (1) 雄花分布在位于苞片口附近, 在传粉小蜂进出花序的唯一通道处着生大量的雄花, 传粉小蜂要通过雄花群才能到达通往外界的出口, 保证了每一只飞出雄花序的传粉小蜂身上都会粘上花粉, 极大程度上增加了北碚榕异株传粉的成功率. (2) 瘿花形成虫瘿后, 花梗逐渐伸长, 可达 1.2~1.8 mm, 将虫瘿推向雄花附近, 促使羽化成熟的传粉小蜂钻出虫瘿后就能触碰到雄花. (3) 雌花和瘿花在形态和功能上的分化, 瘿花的花柱长短于雌性传粉小蜂产卵器的长度, 而且柱头呈喇叭状, 这样有利于传粉小蜂的产卵繁殖效率, 雌花的花柱长度长于传粉小蜂的产卵器长度, 柱头呈棒状, 花柱被毛, 并且柱头排列在同一平面, 形成联合花柱, 有利于接受花粉完成授精, 增加北碚榕传粉效率. (4) 雄花序内部雄花发育的时期与传粉小蜂的羽化成熟时期保持一致, 雄花晚熟, 同时避免自花传粉.

今后研究方向:

1) 对于北碚榕雌雄植株是通过释放何种化学物质来吸引北碚榕传粉榕小蜂, 需要进一步的研究.

2) 北碚榕中并没有非传粉榕小蜂, 其本身是通过何种方式来阻止非传粉榕小蜂对传粉小蜂进行干扰, 可能是因为: ① 北碚榕野生植株数量稀少, 没有非传粉榕小蜂适应花序的形态特征; ② 北碚榕传粉小蜂体型较大, 活动能力强, 面对层层紧闭的苞片可以勉强进入, 分布在北碚榕附近的榕属植物的非传粉榕小蜂体型较小, 不足以将产卵器穿过花序壁将卵产在其内部, 对北碚榕传粉榕小蜂造成影响.

3) 北碚榕野生植株数量稀少的原因, 推测可能因为母树数量稀少、北碚榕传粉小蜂数量稀少; 结实率底、种子不易萌发等, 以上设想还需进一步进行论证.

参考文献:

- [1] JANZEN D H. How to be a Fig [J]. Annual Reviews Ecological System, 1979, 10, 13—51.
- [2] 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.
- [3] GALIL J, ZERONI M, SHALOM D B. Carbon Dioxide and Ethylene Effects in Coordination Between the Pollinator *Blastophaga quadriceps* and the Syconium in *Ficus religiosa* [J]. New Phy-Tol, 1973, 72: 1113—1127.
- [4] WIEBES J T. Figs and Their Insect Pollinators [J]. Ann Rev Ecol Syst, 1979, 10: 1—12.
- [5] HERRE E A, JANDER K C, MACHADO C A E. Voluntary Ecol-Ogy of Figs and Their Associates: Recent Progress and Out-Standing Puzzles [J]. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 2008, 39, 439 - 458.
- [6] BERG C C. Classification and Distribution of *Ficus* [J]. Experientia, 1989, 45: 605—611.
- [7] WIEBES J T. A Short History of Fig Wasp Research [J]. Garden's Bulletin of Straits Settlement, 1976, 29, 207—236.
- [8] WIEBES J T. Co-Evolution of Figs and Their Insect Pollinators [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1979, 10: 1—12.
- [9] WIEBES J T. Figs and Their Insect Pollinators [J]. Ann Rev Ecol Syst, 1979, 10: 1—12.
- [10] HERE E A. Molecular Phylogenies of Figs and Their Pollinating Wasps [J]. Journal of Biogeography, 1996, 23: 521—530.
- [11] 杨大荣, 彭艳琼, 王秋艳. 热带雨林三种榕树隐头果昆虫群落结构与功能群生态特性 [J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1798—1806.
- [12] NASON J D. The Breeding Structure of a Tropical Keystone Plant Resource [J]. Nature, 1998, 391: 685—687.
- [13] 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.
- [14] 宣 慢, 刘海利, 蒋学宽, 等. 对 4 种魔芋花器观察分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(4): 75—78.
- [15] 陈 勇, 李宏庆, 马炜梁. 薜荔和爱玉及其传粉昆虫繁殖特性 [J]. 植物生态学报, 2002, 26(1): 58—63.
- [16] 陈 勇, 李宏庆, 马炜梁. 薜荔榕小蜂产卵和传粉行为 [J]. 昆虫学报, 2003, 46(1): 35—39.
- [17] 杨大荣, 彭艳琼, 宋启示, 等. 西双版纳热带雨林对叶榕传粉生物学 [J]. 植物学报, 2002, 44(5): 519—526.
- [18] 王秋艳, 杨大荣, 彭艳琼. 西双版纳鸡嗉果榕小蜂繁殖和传粉行为 [J]. 昆虫学报, 2003, 46(1): 27—34.
- [19] 彭艳琼, 杨大荣, 等. 木瓜榕传粉生物学 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 111—117.
- [20] 齐 亮, 李先源, 李名扬. 北碚榕扦插繁殖技术研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(6): 2906—2907.

- [21] 刘明春, 曹晓丽, 王海洋, 等. 重庆市特有植物及其园林应用价值分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2010, 35(3): 176—180.
- [22] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第二十三卷第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 170—174.
- [23] GALIL J, ESIKOWITEH D. On the Pollination Ecology of *Ficus Sycomorus* in East Africa [J]. Ecology, 1968, 49, 259—269.
- [24] 杨 培, 李宗波, 彭艳琼, 等. 大果榕亚组三种榕树的生态学特征比较 [C/OL]. 2008 年云南生物多样性与社会和谐发展论坛暨首届青年科技论坛论文集. [2013—01—09]. <http://www.doc88.com/p-2428786438749.html>.

Morphological Characteristics and Flower Microstructure of *Ficus beipeiensis* S. S. Chang

DENG Hong-ping, LI Yun-ting, CHEN Long,
GUO Jin, TANG Shao-hu

Key Laboratory of Eco-Environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),
School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: *Ficus beipeiensis* S. S. Chang, a dioecious species, is distributed only on the rock walls of limestone in the Jinyun Mountains, Chongqing. Up to now, only five wild plants have been discovered in the wild. In a preliminary study, the morphological characteristics of *F. beipeiensis* and its relative species *F. auriculata* and *F. oligodon* were investigated and compared with the morphological, anatomical and ecological methods. Male and female plants of *F. beipeiensis* were found to be significantly different in morphology. Male plant leaves: leaf blade ovate, papery; female plant leaves: leaf blade oblong-elliptic, thickly papery; female syconia: about 1.51 cm in average diam, pear-shaped; male syconia: about 3.90 cm in average diam, globose. Male plants were similar to *F. auriculata* in morphological structure of leaf, but female plants were different from *F. auriculata* and *F. oligodon*. Then, male plants were similar to them in morphological structure of their syconium, while female plants were different from them. $1\,541.45 \pm 191.6$ (SD) female flowers per female syconium, meanwhile 183.29 ± 31.39 (SD) male flowers and $4\,323.37 \pm 118.69$ (SD) gall flowers were in the same male syconium. Female flowers: ovary globose, stigma clavate; gall flowers: style trumpet-shaped, ovary obovate; male flowers: stamens 2, and distributed around the bracts, not sparsely distributed in the syconium. The characteristics of the morphological structure of the flowers of the three *Ficus* species were closely associated with behaviors of pollinating fig wasps.

Key words: *Ficus beipeiensis* S. S. Chang; syconium; morphological characteristics; coadaptation

责任编辑 陈绍兰

