

# 基于形态学性状的木槿属系统发育分类研究

唐丽丹, 原蒙蒙, 李妍, 王献\*

(河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 基于 38 个形态学性状, 对木槿属植物 26 个种和 14 个变种(变型)进行了分支系统发育分析, 以确定木槿属种间分类的重要性状, 建立系统发育关系。利用 paup4. 0a4b 软件最大简约法分析共得到 40 个同等简约分支树, 树长为 167。50% 多数规则一致树分支结果表明: 木槿属植物分为 2 类 6 组。植物的生活习性作为一级分类标准, 叶形及花色作为二级分类标准, 托叶形态及小苞片形态可以作为三级分类标准, 此外在草本植物中茎具刺与否也是较为重要的分类性状。

**关键词:** 形态学性状; 木槿属; 分支分析; 系统发育

中图分类号: Q944. 1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)02-0105-07

## Phylogenetic Analysis of *Hibiscus* Based on Morphological Characters

TANG Li-dan, YUAN Meng-meng, LI Yan, WANG Xian\*

(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The phylogeny of 26 species and 14 varieties(including forms) in *Hibiscus* was analyzed with the maximum parsimony based on 38 morphological characters, so as to determine the important characters for plant classification. The results showed that the *Hibiscus* comprised six groups in two types; the first classification standard was life habit of plants, the second was leaf shape and flower color, the third was stipule form and bracteole form, moreover the stem of herbaceous plants with thorns or not was also more important taxonomic character.

**Key words:** morphological characters; *Hibiscus*; cladistic analysis; phylogeny

木槿属(*Hibiscus*)是锦葵科(Malvaceae)中种群最大、类型最丰富的一个属, 全世界有木槿属植物 400 多个种。主要分布在热带和亚热带地区, 在温带地区也发现了个别种<sup>[1]</sup>。我国是木槿属植物起源地之一, 记载的木槿属植物共有 27 种。其中《中国植物志》记载的有 24 个种和 16 个变种(变型)<sup>[2]</sup>。近年来新发现的有 3 个种, 分别是海滨木槿(*H. hamabo*)<sup>[3]</sup>、墨脱木槿(*H. fragrans*)<sup>[4]</sup>和洋槿(*H. vidalianus* Naves ex Vidal)<sup>[5]</sup>。木槿属植物资源丰富, 其中多种是优良的园林植物, 具有较高的观赏价值和药用价值, 部分种作为重要的麻料和油料作物等<sup>[6]</sup>。由于与木棉科植物极为相似, Edlin 试图将木槿属(*Hibiscus*)移至木棉科(Bombacaceae), 但

Hutchinson 却认为木槿属(*Hibiscus*)是锦葵科至关重要的大属, 不赞成将其从该科分离<sup>[7]</sup>。目前, 国际上关于木槿属植物资源的研究以韩国、比利时、美国为首, 主要集中在木槿资源的收集保存、多倍体育种、观赏性改良及其品种间亲缘关系的研究等<sup>[6]</sup>。而我国目前有关木槿属植物的研究多集中在栽培繁殖、组织培养及药用价值等方面, 而对于系统分类学的研究报道很少, 资源方面的研究也刚刚起步。家底比较模糊, 分类研究比较混乱, 同一种下类群常被冠以不同的分类等级。这种局面不利于育种工作的顺利进行。

分支系统学又称系统发育学, 研究的是种级分类单元或更高级单元之间的系谱关系格局, 并寻求

收稿日期: 2013-09-09

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目(2008A220001)

作者简介: 唐丽丹(1987-), 女, 河南洛阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 园林植物分类。E-mail: 844362811@qq.com

\* 通讯作者: 王献(1970-), 女, 南阳南召人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事园林植物育种研究。E-mail: xianw888@sina.com

分类单元之间的共同祖先关系,然后将这种关系以一种熟悉的登记系统表达出来。目前,国内外对植物类群的分支分类研究主要集中在基于形态、分子性状的分支分析以及二者的合并<sup>[8]</sup>。分支分析在很多科、属植物的组系划分,类群关系确定和建立新的分类系统及组间、系间类群演化亲缘关系确定等方面得以应用<sup>[9-12]</sup>。植物的表型性状对于植物的鉴定和分类具有重要意义,能有效地指导生产和育种实践。目前关于木槿属植物系统发育研究还未见详细的报道,鉴于此,通过运用形态学性状的系统分析方法,对属内 26 个种和 14 个变种(变型)进行系统分类研究,为木槿分类、育种研究、良种推广提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

根据《中国植物志》及现有资料对木槿属资源的记载,选取国内自然分布和引种栽培的 26 个种和 14 个变种(变型)的木槿属植物<sup>[2]</sup>:樟叶槿(*H. grewii* folius Hassk.)、大叶木槿(*H. macrophyllus* Roxb.)、黄槿(*H. tiliaceus* Linn.)、高红槿(*H. elatus* Sw.)、滇南芙蓉(*H. austro-yunnanensis* Wu & Feng)、旱地木槿(*H. aridicola* var. *aridicola*)、光柱旱地木槿(变种)(*H. aridicola* var. *glabratus* Feng)、吊灯扶桑(*H. schizopetalus*)、朱槿(*H. rosa-sinensis* var. *rosa-sinensis*)、重瓣朱槿(*H. rosa-sinensis* var. *rubro-plenus* Sweet)、庐山芙蓉(*H. paramutabilis* var. *paramutabilis*)、长柄庐山芙蓉(变种)(*H. paramutabilis* var. *longipedicellatus* Feng)、美丽芙蓉(*H. indicus* var. *indicus*)、全叶美丽芙蓉(*H. indicus* var. *integrilobus* (S. Y. Hu) Feng)、台湾芙蓉(*H. taiwanensis* S. Y. Hu)、木芙蓉(*H. mutabilis* Linn.)、贵州芙蓉(*H. labordei* Levl.)、木槿(*H. syriacus* var. *syriacus*)、百花重瓣木槿(*H. syriacus* f. *albus-plenus*)、粉紫重瓣木槿

(*H. syriacus* f. *Amplissimus*)、短苞木槿(*H. syriacus* var. *brevibracteatus* S. Y. Hu)、雅致木槿(*H. syriacus* f. *elegantissimus*)、大花木槿(*H. syriacus* f. *grandiflorus*)、长苞木槿(*H. syriacus* var. *longibracteatus* S. Y. Hu)、牡丹木槿(*H. syriacus* f. *paeoniiflorus*)、百花单瓣木槿(*H. syriacus* f. *tootalbus*)、紫花重瓣木槿(*H. syriacus* f. *violaceus*)、华木槿(*H. sinosyriacus* Bailey)、光籽木槿(*H. leiospermus* K. T. Fu & C. C. Fu)、红秋葵[*H. coccineus* (Medicus) Walt.]、芙蓉葵(*H. moscheutos* Linn.)、云南芙蓉(*H. yunnanensis* S. Y. Hu)、刺芙蓉(*H. surattensis* Linn.)、辐射刺芙蓉(*H. radiatus* Cavan.)、野西瓜苗(*H. trionum* Linn.)、玫瑰茄(*H. sabdariffa* Linn.)、大麻槿(*H. cannabinus* Linn.)、草木槿[*H. lobatus* (Murr.) Kuntze.]、海滨木槿(*H. hamabo* Sieb. et Zucc.)、洋槿(*H. vidaliana* Naves ex Vidal)共 40 个为内类群。

### 1.2 外类群的选择

根据外类群选取原则选取与木槿属植物传统上极其相似,亲缘关系较近且遗传距离对等的锦葵科蜀葵属蜀葵(*Alcea rosea*)做为外类群,其性状描述参考《中国植物志》<sup>[2]</sup>。

### 1.3 形态性状的选取与编码

性状的来源参考中国植物志及地方植物志对植物形态的描述,赖岳晓等<sup>[13]</sup>、邓丽卿等<sup>[14]</sup>、苏万楷等<sup>[15]</sup>、曾方玉等<sup>[16]</sup>、史刚荣<sup>[17]</sup>等对木槿属植物部分性状的描述及实地调查,以选取尽可能多的相对稳定的性状和有明显间断性变异的数量性状为原则,并结合前人的研究,参考其他科属植物分类群的性状选取<sup>[9-12]</sup>,筛选出 38 个性状进行分支分析,如表 1 所示。0 为原始,1 为进化。有些性状为多态性状,则连续编码 2、3。多态性状均为无序性状,在无序性状中,任何 2 个状态间的距离相等,例如 0~1 和 0~2 间的距离均为 1,代表性状状态的数字没有进化的含义,即 0 并不比 1 更原始。

表 1 木槿属植物主要性状特征及编码

序号	性状	性状特征及编码	序号	性状	性状特征及编码
1	植物生活习性	木本(0);草本(1)	20	花梗长度	长于叶柄(0);短于叶柄(1)
2	叶缘形状	全缘或近全缘(0);具锯齿(1)	21	花梗长度	1~3 cm(0);4~13 cm(1)
3	叶片形态	椭圆形或长圆形(0);心形或卵形(1)	22	花梗具节	是(0);否(1)
4	叶片具裂片	是(0);否(1)	23	小苞片形状	线形或披针形(0);卵形(1);匙形(2)
5	叶裂片形状	无(0);钝圆形(1);三角形或长圆形(2)	24	小苞片长度	1~2 mm(0);6~15 mm(1);15~30 mm(2)
6	叶片质地	纸质(0);坚纸质或革质(1);厚革质(2)	25	总苞合生	分离或仅基部合生(0);1/3~1/2 处合生(1)
7	叶基部形态	楔形(0);钝至阔楔形或圆形(1);圆形、截形或心形(2)	26	小苞片具附属物	是(0);否(1)
8	托叶习性	早落(0);宿存(1)	27	小苞片颜色	绿色(0);红色(1)

续表 1 木槿属植物主要性状特征及编码

序号	性状	性状特征及编码	序号	性状	性状特征及编码
9	托叶形状	叶状或佛焰苞状(0);线形(1)	28	雄蕊伸出花外	是(0);否(1)
10	花萼宿存	是(0);否(1)	29	花瓣边缘分裂情况	不分裂或微具缺刻(0);分裂或深裂成流苏状(1)
11	萼形状	钟形(0);杯形或浅杯状(1);管状或筒状(2)	30	花瓣颜色	黄色(0);白色(1);紫色、红色(2);多色(3)
12	花萼膨大	是(0);否(1)	31	花瓣层数	单瓣(0);重瓣(1)
13	小枝具毛	是(0);否(1)	32	花瓣长度	≤5 cm(0);>5 cm(1)
14	茎直立	是(0);否(1)	33	果皮具毛	无毛(0);被柔毛(1);被硬毛(2);混合毛(3)
15	茎具刺	是(0);否(1)	34	蒴果具喙	是(0);否(1)
16	花序类型	圆锥花序(0);花单生(1)	35	蒴果具翅	是(0);否(1)
17	花形态	花直立(0);花下垂(1)	36	种子形状	肾形(0);球形(1)
18	花柱枝被毛	是(0);否(1)	37	种子具腺状乳突	是(0);否(1)
19	花梗具毛	无毛(0);被硬毛(1);短柔毛(2)	38	种子被毛	无毛(0);短柔毛或棉毛(1);被长粗毛(2)

1.4 系统发育分析

使用 paup4.0a4b 软件对表 2 所列出的数据矩阵进行分析,采用最大简约法,启发式搜索,1 000 次随机序列加入。TBR 枝长交换,每步只保存 10

棵树。对分支的可靠性评估使用靴带分析,1 000 次重复取样,100 次随机序列加入,每步保存 10 棵树。系统发育信息量由一致性指数(CI)、保持性指数(RI)构建显示。

表 2 性状分支分析的数据矩阵

编号	分类群	性状
1	大叶木槿	0 0 1 0 0 0 2 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 2 0 1 0 1 0 0 0 1 2 1 1 1 1 1 1
2	黄槿	0 0 1 0 0 1 2 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0
3	高红槿	0 0 1 0 0 1 2 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 2 1 1 0 0 0 1 0 1 ? ? ? ? 0 ?
4	樟叶槿	0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1
5	滇南芙蓉	0 1 1 0 0 0 2 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 2 1 0 1 0 1 0 2 0 0 1 1 1 1 1 2
6	旱地木槿	0 1 1 0 0 2 2 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 2 0 0 1 1 1 1 1 1
7	光柱旱地木槿	0 1 1 0 0 0 2 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 2 0 0 1 1 1 1 1 1
8	海滨木槿	0 0 1 0 0 2 2 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 ? 3 1 1 1 0 0
9	吊灯扶桑	0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 2 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 ?
10	朱槿	0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 3 0 1 0 0 1 1 1 ?
11	重瓣朱槿	0 1 0 0 0 1 2 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 3 1 1 0 0 1 1 1 ?
12	庐山芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 2 2 0 1 0 1 1 2 0 1 3 1 1 1 1 2
13	长柄庐山芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 2 2 0 1 0 1 1 2 0 1 3 1 1 1 1 2
14	美丽芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 2 2 0 1 0 1 0 3 0 1 2 1 1 1 1 1
15	全叶美丽芙蓉	0 1 1 0 1 0 2 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 2 2 0 1 0 1 0 3 0 0 2 1 1 1 1 1
16	台湾芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 ? ? ? ? ? ?
17	木芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 3 1 1 1 1 2
18	洋槿	0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 ? 0 0 ? 0 2 1 ? 1 0 ? 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1
19	贵州芙蓉	0 1 1 1 2 0 2 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 2 0 1 0 1 0 3 0 1 ? ? ? ? ? ?
20	木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 2
21	长苞木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 2 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 2
22	短苞木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1
23	百花重瓣木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 2 1 0 0 1 1 0 1 2
24	粉紫重瓣木槿	0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 2
25	雅致木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 2
26	大花木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 2
27	牡丹木槿	0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 2
28	紫花重瓣木槿	0 1 0 1 2 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 2
29	百花单瓣木槿	0 1 0 1 2 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 2 0 0 0 1 1 0 1 2
30	华木槿	0 1 1 1 2 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 2 0 1 0 1 0 1 0 1 ? ? ? ? ? ?
31	光籽木槿	0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 3 0 0 3 0 1 0 1 0
32	红秋葵	1 1 0 1 2 0 0 ? 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 2 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 2
33	芙蓉葵	1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 3 0 1 0 1 1 0 1 0
34	云南芙蓉	1 1 1 0 0 ? 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 ? 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 ? 0 2 1 0 0 0 0
35	刺芙蓉	1 1 1 1 2 ? 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 ? 0 0 0 1 0 1 0 0 0 ? 0 0 ? 0 2 0 1 0 1 2

续表 2 性状分支分析的数据矩阵

编号	分类群	性状																																									
36	辐射刺芙蓉	1	1	1	1	2	?	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	1	2	1	1
37	野西瓜苗	1	1	1	?	2	?	?	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0		
38	玫瑰茄	1	1	1	?	1	?	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	?	?	0	0	0	0	1	0	0	1	?	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0				
39	大麻槿	1	1	1	?	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0				
40	草木槿	1	1	1	?	2	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	—	—	—	—	—	1	0	0	0	0	2	0	1	?	1	1				
41	外类群蜀葵	1	1	1	1	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	0	?	1	0	1	0	3	0	0	1	1	1	0	1	0				

注:不明性状用?表示;不存在的性状用—表示。

## 2 结果与分析

通过基于形态性状进行的最大简约法分析,得到 40 个同等简约的一致树,这些同等简约树长为 167, CI=0.299 9, RI=0.651 8。得到的同等简约树较多,说明这些数据的分辨率不是太高,性状选取还有待进一步的改善。CI 较低,表明所选性状中非同源性性状较多,这会在一定程度上影响系统发育树重建的可靠性和准确性。虽然 bootstrap 值的支持率均不是太高,但是对于木槿属植物的分类还是具有一定的借鉴意义。

基于 38 个性状的同等简约树的 50% 多数规则一致树见图 1,由分支树可以看出,外类群蜀葵与木槿属其他种植物完全分离。木槿属植物分成了两大类群。I 类中包括木槿属植物的 20 个种,分别为:大叶木槿、高红槿、黄槿、海滨木槿、洋槿、樟叶槿、吊灯扶桑、芙蓉葵、朱槿、重瓣朱槿、滇南芙蓉、旱地木槿、光柱旱地木槿、美丽芙蓉、全叶美丽芙蓉、庐山芙蓉、长柄庐山芙蓉、台湾芙蓉、贵州芙蓉、木芙蓉,除芙蓉葵为草本外,其他植物均为木本。II 类包括 20 个种,主要有红秋葵、光籽木槿、华木槿、木槿及其变种(变型)、大麻槿、辐射刺芙蓉、刺芙蓉、草木槿、玫瑰茄、云南芙蓉、野西瓜苗。其共同特征为除木槿及其变种(变型)、华木槿、光籽木槿为落叶灌木外其他均为草本植物。这一结果与传统的分类结果基本相似,即将木本和草本作为分类的一级标准。

I 类又分成了四大组(A、B、C 和 D 组)。其中 A 组植物包括大叶木槿、黄槿、高红槿、海滨木槿,其形态上的共同特征是:乔木或小乔木,叶片大、圆形或圆心形,花大,除高红槿为红色外,其他几种均为黄色,花萼钟形,小苞片线形,托叶叶状或佛焰苞状、长圆形、较大,在花梗基部有托叶状苞片,分布在热带地区。B 组植物包括洋槿、樟叶槿、吊灯扶桑、芙蓉葵、朱槿、重瓣朱槿,其形态上的共同特征为:除芙蓉葵外,洋槿和樟叶槿为乔木,花色为黄色;吊灯扶桑、朱槿、重瓣朱槿为灌木,花色有白色、红色、黄色等多种颜色。花萼钟形,小苞片线形,托叶线形、较小、长早落,叶片多为长圆形或椭圆形叶片。分布地区较为广

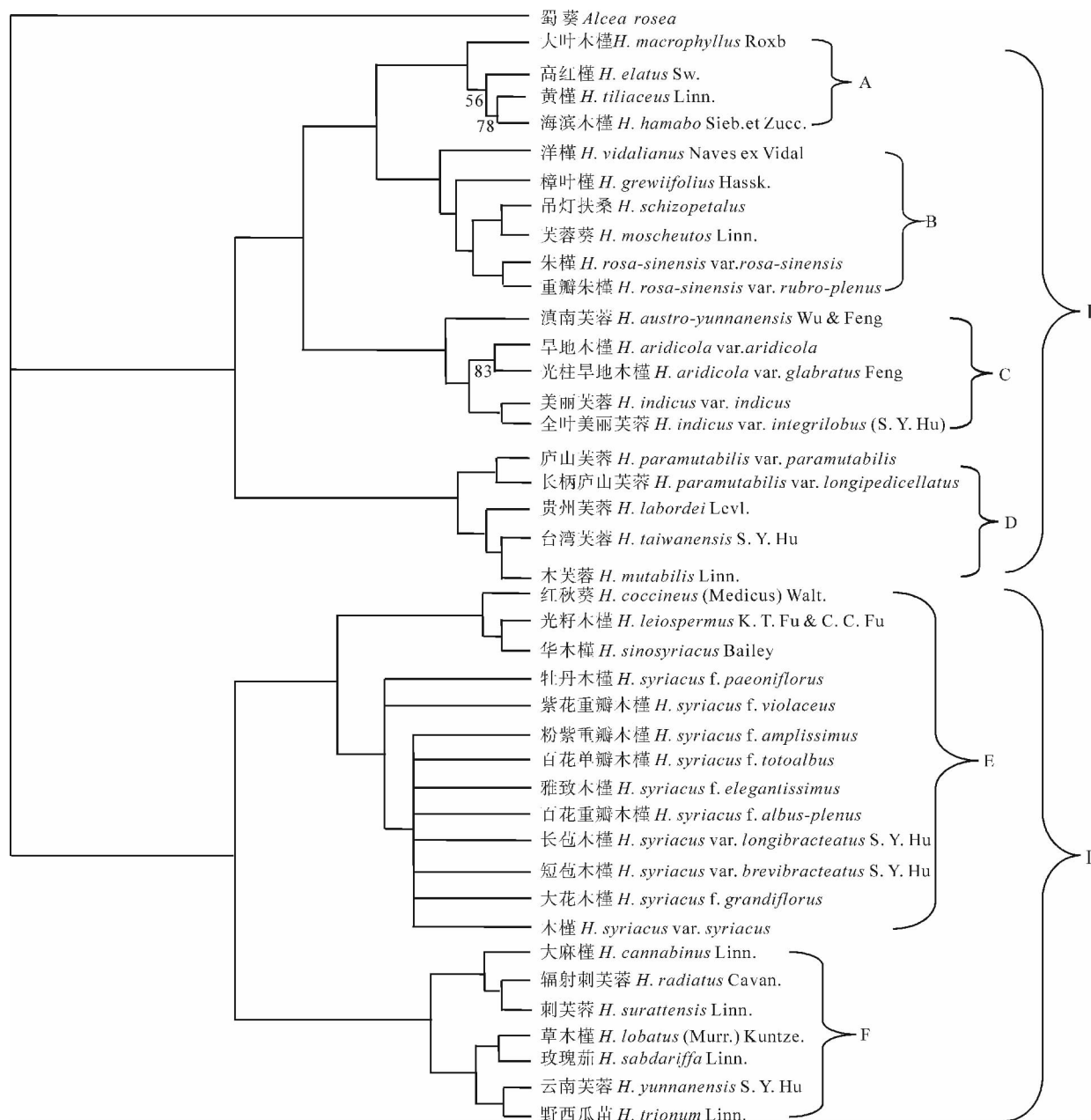
泛。C 组植物包括滇南芙蓉、旱地木槿、光柱旱地木槿、美丽芙蓉和全叶美丽芙蓉,其形态上共同特征为:木本,灌木,叶心形或卵形,除美丽芙蓉外,叶片不具裂片,托叶线形、较小、长早落,被星状柔毛,小苞片不为线形、较宽、4~6 片,花色多为白色或粉白色。D 组植物包括庐山芙蓉、长柄庐山芙蓉、台湾芙蓉、木芙蓉、贵州芙蓉 5 个种,其形态上的共同特征是:落叶灌木,叶片多为掌状分裂、具裂片,托叶较长、早落,花钟形、多为白色或粉白色。

I 类的聚类结果表明,在木槿属植物的分类系统中,叶片形态及叶片是否具裂片是非常重要的分类单位,4 个大型圆形或圆心形叶片植物(A 组)、6 个长圆形或椭圆形叶片植物(B 组)、5 个心形或卵形叶片植物(C 组)、5 个掌状分裂叶片植物(D 组)分别聚在一起。其中 A 组和 B 组关系较近,构成姊妹系。这也表明叶片大小、植物生长习性相同,生长地域相同或相似的植物亲缘关系较近,说明生长习性、地域也可以作为分类的重要性状;另外,托叶大小、形态、是否具有佛焰苞也是重要的分类性状,托叶较大,形态均为长椭圆形,具有佛焰苞的 A 组植物聚在一起,与托叶较小,形态为线形,无佛焰苞的其他植物分开。表明托叶形态与是否具有佛焰苞这一性状在遗传进化上具有一定的关联性。此外花色也是较为重要的分类单位,除个别种外,黄色花如大叶木槿、黄槿、海滨木槿聚为一组,复色花如吊灯扶桑、朱槿、芙蓉葵等聚为一组,白色或白色至粉红色花聚为一组。这些均表明花色可以作为重要的一级分类性状,可大致将 I 类植物分成 3 大组。小苞片形态也是较为重要的分类性状,根据小苞片的形态,可以将小苞片不为线形的 C 组植物从叶片不具裂片的一大组中分离,与小苞片是线形的 A、B 组植物分开。另外在 D 组中,根据小苞片的形态,又可以将 D 组植物中贵州芙蓉、台湾芙蓉、木芙蓉、庐山芙蓉和长柄庐山芙蓉分离。综上所述可知:叶片分裂与否、叶片形态、花色、托叶形态、小苞片形态都是较为重要的分类性状。其中叶形、花色可以作为二级分类性状,托叶形态、小苞片形态可以作为三级分类性状。

II 类中又可以分成两大组(E 组和 F 组),其中 E

组植物为红秋葵、华木槿、光籽木槿、木槿及其变种(变型),其形态上的共同特征为:除红秋葵外,其他均为落叶灌木,叶片菱形或卵圆形,叶具锯齿,萼钟形,小苞片线形。根据叶片的形态或小苞片的形态又将 E 组分成小苞片较宽的植物(华木槿、光籽木槿)与小苞片线形较细小的植物[木槿及其变种(变型)]。其中红秋葵与 E 组的其他植物形态上差异较大,但是也聚在了这一组中,其聚为一组的原因还有待验证。此外,作为木本植物的华木槿、光籽木槿、木槿及其变种(变型)没有聚在 I 类,而是与草本植物聚在 II 类中,其原因也待进一步的验证。木槿及其变种(变型)在此次聚类中除紫花重瓣木槿和牡丹木槿与其他种分离

外,其他的几个种并没有完全分离,这表明木槿及其变种(变型)形态上相似特征较多,要在木槿种下对其进行分类,其选取的形态特征应与木槿属内植物的分类特征有所差异。F 组植物包括了大多数的草本植物。其形态上的共同特征为:草本,托叶小,多具硬毛或粗毛,花色除辐射刺芙蓉外多为黄色,内具紫色斑。在 F 组中,茎段具刺及具毛的类型是重要的分类性状,3 个茎具刺的植物(大麻槿、辐射刺芙蓉、刺芙蓉)与 4 个茎不具刺的植物(草木槿、玫瑰茄、云南芙蓉、野西瓜苗)分别聚在一起。综上可以看出,植物的生活习性、叶片的形态、小苞片的形态及茎具刺与否都是较为重要的分类单位。



树长=167 步, CI=0.299 9, RI=0.651 8; 靴带支持率 bootstrap( $\geq 50\%$ )标注于分支下方

图 1 基于形态学性状的 40 个同简约树的严格一致树

### 3 结论与讨论

#### 3.1 木槿属系统划分

同一组性状数据应用不同的分类软件进行聚类,结果可能会存在一定的差异,本研究应用 paup4.0a4b 最大简约法进行聚类的结果与传统木槿属植物种的划分有一定的相似之处,结果较为可靠。所选取的 38 个性状可以将木槿属植物的 40 个种区分开,并将木槿属植物大致分成了两大类群,6 个组。其中植物的生活习性是较为重要的分类单位,除木槿及其变种(变型)、华木槿、光籽木槿、芙蓉葵外,将木槿属植物分成了木本植物与草本植物两大类群。这与传统的分类相似。因此植物的生活习性可以做为一级分类标准。叶片分裂与否及叶片的形态也是较为重要的分类性状,据此将 I 类植物分成了 4 大组,组内植物形态上有很多的相似之处,不同组的植物之间形态上存在一定的差异。所以叶片分裂与否及叶片的形态可以作为二级分类标准。花色也是较为重要的分类性状,除 C 组和 D 组植物聚在一起外,可分为黄色系、复色系、白色或白色至粉红色系三大类。与按叶片进行的分组基本吻合。另外,托叶形态、小苞片形态也是重要的分类性状,可以作为三级分类标准。II 类中包括了木槿及其变种(变型)、华木槿、光籽木槿及大多数草本植物,分成了 E 和 F 两大组,草本植物与木槿等植物分别聚在一起。也表明植物的生活习性也是较为重要的分类单位。另外草本部分中,茎具刺与否也可以作为重要的分类标准。

在本研究中,植物的生活习性是较为重要的一级分类单位,在中国植物志及各地植物志中木槿属植物的分类检索表也是将这一性状作为重要的一级分类性状<sup>[2]</sup>,将木槿属植物按木本和草本首先分成两大类。本研究中部分植株的分类出现一定的差异,如芙蓉葵作为多年生直立草本植物,聚在多为木本植物的 I 类中,并与吊灯扶桑关系密切,与洋槿、朱槿等构成了 B 组。从形态上观察,芙蓉葵叶形及花较大,两者有较多的相似之处,均为长圆形或卵形叶,叶边缘具锯齿,托叶较小、早落,植物无毛或被稀疏的星状毛。其他多数草本植物多为黄色花系,而芙蓉葵为复色花系,这可能也是聚在木本组中的原因之一,但是与吊灯扶桑的亲缘关系还有待从分子水平上进一步确定。

此外,作为木本植物的 E 组植物与多数草本植

物聚为一类,表明木槿及其变种(变型)在形态聚类上更接近于草本植物,与草本植物的亲缘关系较木本组植物更近。其小苞片形状及习性、托叶形状,与草本植物存在一定的相似之处。但其亲缘关系及进化程度存在很大的差异。曾方玉等对木槿和野西瓜苗的花特征和繁殖系统进行比较发现,草本的野西瓜苗与木本的木槿间花性状、花粉/胚珠比及花部行为等方面均形成了与其繁殖系统(专性自交与兼性异交)相适应的花特征<sup>[16]</sup>。然而两者聚在同一类中,其亲缘关系还有待从分子方面进一步确定。

通过叶形、花器官的特征及木材解剖学特征等对木槿种下类群进行了分类研究,结果表明:百花重瓣木槿、雅致木槿和牡丹木槿亲缘关系较近,在分类上属于同一类群;紫花单瓣木槿和紫花重瓣木槿亲缘关系相对较近,属于同一类群<sup>[17-19]</sup>。然而本研究分类中除紫花重瓣木槿、牡丹木槿与其他种分离外,其他种下类群并没有完全分离。这可能是由于牡丹木槿和紫花重瓣木槿叶片多具裂片,花为重瓣、紫色的原因。另外在对分类性状选取上的差异也可能是导致这一结果的原因。

Hochreutene 将木槿属分为 *Furcaria*、*Alyogne*、*Abelmoschus*、*Ketmia*、*Calyphyllia*、*Azanza* 6 个组。其中 *Furcaria* 组植物大多数为野生,也有作纤维或花卉栽培利用的。其中 1 年或多年生的 8 种草本植物都包含在这一组中<sup>[20]</sup>。本研究结果中草本植物除芙蓉葵和红秋葵外聚为 II 类 F 组。草本植物花色多为黄色,芙蓉葵和红秋葵花色不为黄色,一定程度上也表明花色或许也是将这两类草本植物聚在其他组的原因之一。

#### 3.2 分类群的进化及亲缘关系

目前,关于木槿属植物的分类及亲缘关系的研究多集中在木槿及朱槿等植物,对木槿属植物进化关系全面的研究还未见报道。前人曾根据植物的形态特征,提出应该把裂瓣槿(吊灯扶桑)归为扶桑的一个栽培变种,而不应该为一个单独的种。庄东红等<sup>[21]</sup>、宋娟娟等<sup>[22]</sup>综合植物的形态特征,并结合染色体数目和同工酶酶谱以及花粉表面超微结构进行推测,认为红色中玫瑰槿很可能是裂瓣槿和洋红中玫瑰槿的杂交种。张铮等<sup>[18]</sup>、史纲荣<sup>[19]</sup>通过木槿种下类群的木材解剖发现,木槿 5 个种下类群可以分成 2 个亚种:牡丹木槿和紫花单瓣木槿,前者包括 3 个变型:雅致木槿、百花重瓣木槿和牡丹木槿,后者包括 2 个变型:紫花单瓣木槿和紫花重瓣木槿。并结合

木材演化趋势指出紫花单瓣木槿是一个原始的类群,该类群在早期分化出牡丹木槿,在晚期分化出紫花重瓣木槿,而牡丹木槿又先后分化出雅致木槿和百花重瓣木槿。Van Huylenbroeck 等通过 AFLP 方法和形态学分析方法对木槿、华木槿和庐山芙蓉的种间关系进行了研究,认为华木槿是介于木槿和庐山芙蓉之间的中间过渡种,但是它和庐山芙蓉有很大的相似性<sup>[23]</sup>。Braglia 等通过 AFLP 技术,并结合花器官的形态学特征对 94 个朱槿品种进行分类,并研究了朱槿与木槿属其他种间的系统发育关系。结果表明:吊灯扶桑、黄槿、木槿、大麻槿与朱槿的遗传距离都较远,不可能是朱槿及其品种的原始起源,这几个种间的遗传距离也相对较远<sup>[24]</sup>。

通过对我国木槿属的几个种进行聚类分析,发现这些种的遗传关系与前人的研究有一定的相似之处。然而对于木槿属系统的分类及亲缘关系的确定,本研究仅从形态学方面进行了尝试,若要建立科学的木槿属植物分类体系及亲缘关系确定,还要全面调查木槿属资源,并结合解剖学、孢粉学、遗传学及分子手段对其进行进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 栗建光,邓丽卿.木槿属植物种的形态分类学研究[J].中国麻作,1996,18(2):18-20.
- [2] 中国科学院植物志编辑委员会.中国植物志第49卷(第二分册)[M].北京:科学出版社,1984:61-63.
- [3] 余慈英,徐树华.海滨木槿的驯化和开发利用前景[J].林业科学研究,1999,12(2):210-213.
- [4] 孙航,周浙昆.中国植物区系新资料[J].云南植物研究,1998(1):41.
- [5] 中国科学院华南植物园.广东植物志[M].广州:广东科技出版社,2009:183.
- [6] 李秀芬,朱建军,张德顺.木槿属树种应用与研究现状[J].上海农业学报,2006,22(2):108-110.
- [7] Edlin H L. A critical revision of certain taxonomic groups of the Malvales[J]. New Phytologist, 1935, 34: 1-20.
- [8] 李岗.分支系统学评述[J].植物分类学报,1993,31(1):80-99.
- [9] 何淼,卓丽环.基于形态学性状的东北地区丁香属分支系统学分析[J].林业科技,2007,32(2):60-64.
- [10] 陈家辉,孙航,杨永平.柳属的分支系统学分析[J].云南植物研究,2008,30(1):1-7.
- [11] 王峰,李德铎.基于广义形态学性状对木通科的分类系统学研究[J].云南植物研究,2002,24(4):445-454.
- [12] 田欣,李德铎.槭树科植物广义形态学性状分支分析[J].云南植物研究,2004,26(4):387-397.
- [13] 赖岳晓,刘佩沂,田素英,等.木槿花和朱槿花的鉴别研究[J].今日药学,2010,20(5):16-18.
- [14] 邓丽卿,栗建光,黄培坤,等.红麻种质资源的形态及分类研究[J].中国麻属,1991(4):16-20.
- [15] 苏万楷,李裕,黄家灿,等.木槿植物资源的利用价值及开发潜力[J].四川林业科学,2005,26(2):80-83.
- [16] 曾方玉,周丽君,阮成江.木槿与野西瓜苗花的形态特征和繁育系统的比较研究[J].广西植物,2008,28(6):750-754.
- [17] 史刚荣.木槿的发育可塑性及种下分类研究[J].植物研究,2003,23(3):340-344.
- [18] 张铮,史刚荣.木槿5个种下类群木材的比较解剖学[J].广西植物,2009,29(2):182-186.
- [19] 史刚荣.木槿叶片结构的发育可塑性研究[J].广西植物,2005,25(1):48-52.
- [20] Edmonds J M. The distribution of *Hibiscus* L. section *Furcaria* in tropical East Africa[M]. Roma: IBPGR/IJO, 1991.
- [21] 庄东红,宋娟娟,黄逸.木槿属几种植物的过氧化物酶同工酶研究[J].汕头大学学报:自然科学版,2003,18(4):9-13,30.
- [22] 宋娟娟,庄东红.木槿属几种植物的染色体数目及其倍性的研究[J].热带亚热带植物学报,2001,9(3):213-216.
- [23] Van Huylenbroeck J M, Be Rlek J, De Loose M. Genetic relationships among *Hibiscus syriacus*, *Hibiscus sinosyriacus* and *Hibiscus paramutabilis* revealed by AFLP, morphology and ploidy analysis[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2000, 47: 335-343.
- [24] Braglia L, Bruna S, Lanteri S, et al. An AFLP-based assessment of the genetic diversity within *Hibiscus rosa-sinensis* and its place within the *Hibiscus* genus complex[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 123: 372-378.