

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201607026

引文格式: 刘博, 白宇佳, 胡雪辰, 等. 山矾科中原氏山矾复合体的叶形态特征及分类意义 [J]. 广西植物, 2017, 37(11):1463-1470
LIU B, BAI YJ, HU XC, et al. Leaf morphological characteristics of *Symplocos nakaharae* complex (Symplocaceae) and their taxonomic significance [J]. *Guihaia*, 2017, 37(11):1463-1470

山矾科中原氏山矾复合体的叶形态特征及分类意义

刘 博^{1,2}, 白宇佳¹, 胡雪辰¹, 杨 芳¹, 丁加晴¹, 石敏捷¹, 秦爱丽^{3*}

(1. 中央民族大学 生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093;
3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘 要: 该研究在形态学观察以及统计学分析的基础上, 深入研究了山矾科中原氏山矾复合体的叶片形态学结构。结果表明: 叶片质地在整个复合体中可分为革质、纸质 2 种类型, 叶片大小变异幅度较大, 除中原氏山矾 (*Symplocos kawakamii*)、棱角山矾 (*S. tetragona*)、蒙自山矾 (*S. henryi*) 均与其他种差异显著外, 其余种均属于连续过度, 叶片分形可以初步区分该复合体植物。该研究结果为中原氏山矾复合体的进一步研究提供了依据, 对复合体的分类处理具有一定的分类学意义。

关键词: 山矾属, 中原氏山矾复合体, 叶形态, 数值分类学, 分类学意义

中图分类号: Q944, Q949 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)11-1463-08

Leaf morphological characteristics of *Symplocos nakaharae* complex (Symplocaceae) and their taxonomic significance

LIU Bo^{1,2}, BAI Yu-Jia¹, HU Xue-Chen¹, YANG Fang¹,
DING Jia-Qing¹, SHI Min-Jie¹, QIN Ai-Li^{3*}

(1. College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China; 2. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 3. Research Institute of Forestry Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Based on morphology and statistical analysis, we studied the morphological structure of *Symplocos nakaharae* complex (Symplocaceae). The results showed that leaf texture in this complex can be divided into leathery and papery. Leaf size varied differently, *S. kawakamii*, *S. tetragona*, and *S. henryi* were significantly different from others, and the variation of the rest were continuous. These characteristics could be used to identify species and provide basic

收稿日期: 2017-08-21 修回日期: 2017-09-26

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(31400182, 31400474); 中国博士后基金(2017M611041); 中央民族大学大学生创新训练计划项目(BEIJ2016110021, URTP201711) [Supported by the National Natural Science Foundation for Young Scholars of China (31400182, 31400474); China Postdoctoral Science Foundation (2017M611041); Undergraduate Innovation and Training Program from Minzu University of China(BEIJ2016110021, URTP201711)]。

作者简介: 刘博(1984-), 男(蒙古族), 内蒙古呼和浩特人, 讲师, 研究方向为植物分类学, (E-mail) boliu@muc.edu.cn。

* 通信作者: 秦爱丽, 博士, 助理研究员, 研究方向为植物系统与进化, (E-mail) ailiqin521@163.com。

data for the study of taxonomic revision in *Symplocos nakaharae* complex.

Key words: *Symplocos*, *Symplocos nakaharae* complex, leaf morphology, numerical taxonomy, taxonomic significance

中原氏山矾复合体 [*Symplocos nakaharae* (Hayata) Masam.) complex] 属于山矾亚属 (subg. *Symplocos*) 光顶山矾组 (sect. *Lodhra*), 由一群形态性状相似的物种所组成, 有 2~13 种。该复合体主要分布于中国、日本、朝鲜半岛、不丹、柬埔寨、印度、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、泰国和越南。我国西南地区和日本小笠原群岛多特有种, 形态特征特殊。中原氏山矾复合体种质资源丰富, 部分种在亚洲的亚热带和热带地区是森林和灌丛的重要组成部分, 一些种如棱角山矾、四川山矾作为行道树, 具有较高的观赏价值(张智等, 2012)。

植物学家对中原氏山矾复合体的范围界定存有较大争议, 涉及该复合体内部分类群系统位置的处理。Brand (1901) 是最早对其进行修订, 承认了复合体内的 4 个种。Handel-Mazzetti & Peter-Stibal (1943) 依据叶形、雄蕊数目和花序类型, 承认该复合体中共有 10 个种。Nooteboom (2005) 认为中原氏复合体只有 2 个种, 并将 Brand 和 Handel-Mazzetti & Peter-Stibal 在此复合体中承认的种都作为光亮山矾 [*S. lucida* (Thunb.) Siebold & Zucc.] 的异名处理。吴容芬 (1986a, 1986b) 摒弃 Nooteboom (2005) 大种概念, 认为中原氏复合体在中国有 7 个种。Nagamasu (1987, 1993) 根据叶子大小和果实形状, 认为中原氏山矾复合体在日本有 6 个种。由于之前的同名异物名称 (*S. lucida* Wall. ex G. Don) 的存在, 他把名称 [*S. lucida* (Thunb.) Siebold & Zucc.] 新拟名为 (*S. kuroki* Nagam)。在编写台湾植物志山矾科时, Nagamasu (1998) 承认台湾有复合体中的 3 种。而 Wang (2000) 不同意 Nagamasu 的观点, 他承认 2 种和 1 变种, 他把四川山矾 (*S. setchuensis*) 和拟日本灰木 (*S. migoi*) 并入到 [*S. lucida* (Thunb.) Siebold & Zucc.] 的异名当中, 他同时承认希兰灰木 (*S. shilanensis*) 和那克哈山矾 (*S. japonica* var. *nakaharae*), 与 Ying (1975) 结论一致。由上可见, 基于形态学上较少性状观察, 中原氏山矾复合体的种

数从 2 种到 10 种不等。

形态性状是人们认识植物的基础, 是提示分类群之间关系和进化水平的重要表型依据。

Liu & Qin (2013) 通过对中原氏山矾复合体的花序生物特征进行大量的野外考察与标本查阅, 最后将中原氏山矾复合体修订为 12 种 1 亚种。叶片相对于花和果实来说, 不受季节性的限制, 在鉴定植物及系统分类方面具有重要的价值。同时, 叶脉形态可作为科间、属间及种间的分类依据, 尤其体现在种的鉴定方面 (Hickey, 1973; Melville, 1976)。中原氏山矾复合体分布广泛, 前人在物种的划分证据选取时, 主要基于形态学性状的观察, 而对于叶片的数量性状尚未进行统计。因此, 本研究在 Liu & Qin (2013) 对该复合体修订的前期基础上, 对中原氏山矾复合体叶片的形态学特征进行全面的观察, 并对叶片的长度、宽度进行统计学分析, 为解决中原氏山矾复合体中各类群的分类归属问题提供研究依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

本研究在查阅了国内外 12 个标本馆的基础上, 以各标本馆所藏的 400 余份中原氏山矾复合体的腊叶标本为主要观测对象, 物种名称、编号、每个种进行统计测量的标本数目及 GBIF (全球生物多样性信息网络) 所得到的物种见表 1。同时, 从 2007—2010 年, 对分布于中国大陆野外的 30 个群体进行生境及形态学的观察。主要有采样地点: 云南、四川、贵州、广西、湖南、湖北、福建、安徽、江西等省 (区); 在彭湖科技大学王志强老师的帮助下, 采集到了中国台湾 2 个种的 8 个居群和在日本东方文化研究所 Mikinori Ogisu 先生帮忙下, 采集了日本的 5 个种标本。但是, 其中的厚皮灰木 (*Symplocos crassifolia*)、枝穗山矾 (*S. multipes*)、棱核山矾 (*S. lucida* ssp. *howii*) 未在野外采到。

表 1 中原氏山矾复合体物种名称、编号及标本数目

Table 1 Species names, codes and numbers of *Symplocos nakaharae* complex

| 编号 Code | 中文名 Chinese name | 学名 Scientific name | 标本数目 Number of specimens | 标本 平台 GBIF |
|------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 小笠原山矾 | <i>Symplocos boninensis</i> | 11 | 52 |
| 2 | 蒙自山矾 | <i>S. henryi</i> * | 3 | 5 |
| 3 | 厚皮灰木 | <i>S. lucida</i> ssp. <i>lucida</i> | 50 | 526 |
| 4 | 棱核山矾 | <i>S. lucida</i> ssp. <i>howii</i> | 8 | 5 |
| 5 | 川上山矾 | <i>S. kawakamii</i> | 10 | 27 |
| 6 | 中原氏山矾 | <i>S. kuroki</i> | 9 | 30 |
| 7 | 枝穗山矾 | <i>S. multipes</i> | 6 | 2 |
| 8 | 细梗山矾 | <i>S. pergracilis</i> | 6 | 53 |
| 9 | 茶叶山矾 | <i>S. theifolia</i> | 15 | 15 |
| 10 | 四川山矾 | <i>S. setchuensis</i> | 50 | 295 |
| 11 | 田中山矾 | <i>S. tanakae</i> | 10 | 46 |
| 12 | 希兰灰木 | <i>S. shilanensis</i> | 14 | 261 |
| 13 | 拟日本灰木 | <i>S. migoi</i> | 40 | 300 |
| 14 | 棱角山矾 | <i>S. tetragona</i> | 10 | 13 |

注: * 蒙自山矾仅见 3 号标本。

Note: * *Symplocos henryi* only have three specimens seen.

1.2 方法

每个种选取生长状况良好的中下部树叶样品 5~10 片,测量其长度、宽度以及叶柄长度,然后求平均值,并利用 SPSS17.0 软件对样品的长度和宽度进行单因素方差分析(One way ANOVA)和多重分析(LSD)检验数据是否存在差异性。

2 结果与分析

2.1 中原氏山矾复合体叶形态结构特征

叶片形态特征在中原氏山矾复合体各物种间既有共性又有一些差异,该复合体的叶片全为单叶,常排成二列,托叶早落,全缘或具腺锯齿,有时边缘反卷,羽状脉,中脉在上面凸起,侧脉和网脉在上面凸起或凹陷,叶形有椭圆形、披针形、倒披针形等,叶先端常为渐尖、基部楔形或近圆形。经

笔者观察,中原氏山矾复合体的叶片发育成熟后均比较稳定,除去枝条先端的一至两片新生叶较小外,其余部位叶片均尺寸相当,具有很好的研究意义,可以为此类的常绿物种的分类提供依据,该结论也被数值分类数据所证明,所选取的组内 5~10 片叶长度和宽度差异均不显著,较为稳定。通过对大量的标本进行形态学观察发现,如图 1 所示,该复合体叶片的类型可以分为以下三类。

I. 叶片质地:(1)革质:棱角山矾(*S. tetragona*),厚皮灰木(*S. lucida* ssp. *lucida*),茶叶山矾(*S. theifolia*),枝穗山矾(*S. multipes*),四川山矾(*S. setchuensis*),拟日本灰木(*S. migoi*),希兰灰木(*S. shilanensis*),那克哈山矾(*S. nakaharae*),细梗山矾(*S. pergracilis*),小笠原山矾(*S. boninensis*),川上山矾(*S. kawakamii*),田中山矾(*S. tanakae*),棱角山矾(*S. tetragona*)。(2)纸质:蒙自山矾(*S. henryi*)

II. 叶脉:川上山矾(*S. kawakamii*)最为特殊,其侧脉和网脉均在叶表面突起,而其它种则凹陷。

III. 叶边缘:川上山矾(*S. kawakamii*)叶边缘强烈内卷,其它种叶缘均不反卷。

2.2 叶片形态学数据分析

中原氏山矾复合体种间叶片大小变异幅度较大,长度、宽度、叶柄的平均值范围分别是 4.32~15.29、1.18~6.57 和 0.35~1.85 cm,然后在种内变异稳定。在该复合体中,叶片平均长度最长的是蒙自山矾(*Symplocos henryi*),17.11 cm;其次是棱角山矾(*S. tetragona*),15.29 cm;最短的是川上山矾(*S. kawakamii*),2.82 cm。叶片平均宽度最长的是蒙自山矾(*S. henryi*),6.57 cm;其次是棱角山矾(*S. tetragona*),5.05 cm;最短的是川上山矾(*S. kawakamii*),1.18 cm。叶柄平均长度最长的为蒙自山矾(*S. henryi*),1.85 cm;其次为棱角山矾(*S. tetragona*),1.69 cm,小笠原山矾(*S. boninensis*)为 1.5 cm 和茶叶山矾(*S. theifolia*)为 1.33 cm。叶柄长度在区分物种时可以起到辅助作用,如茶叶山矾(*S. theifolia*)叶柄总长大于 1 cm,四川山矾(*S. setchuensis*)则小于 1 cm,而叶片长宽比值在 2~3.94 之间,无明显区别(图 2,表 2)。对中原氏山矾复合体叶片长度、宽度进行方差分析(表 3,表 4),当分子的自由度为 13,分母的自由度为 115 时,

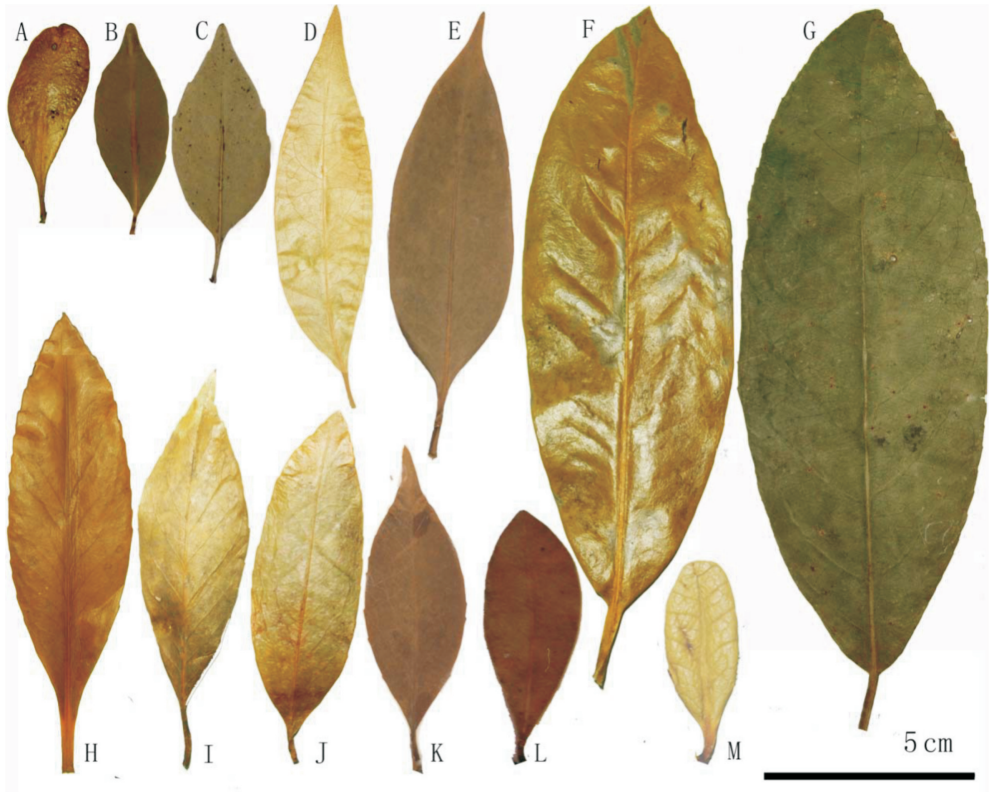


图 1 中原氏山矾复合体叶片形态 A. 细梗山矾; B. 拟日本灰木; C. 希兰灰木; D. 厚皮灰木; E. 棱核山矾; F. 棱角山矾; G. 蒙自山矾; H. 田中山矾; I. 茶叶山矾; J. 四川山矾; K. 枝穗山矾; L. 那克哈山矾; M. 川上山矾。

Fig. 1 Leaf morphology of *Symplocos nakaharae* complex A. *S. pergracilis*; B. *S. migoi*; C. *S. shilanensis*; D. *S. lucida* ssp. *lucida*; E. *S. lucida* ssp. *howii*; F. *S. tetragona*; G. *S. henryi*; H. *S. tanakae*; I. *S. theifolia*; J. *S. setchuensis*; K. *S. multipes*; L. *S. nakaharae*; M. *S. kawakamii*.

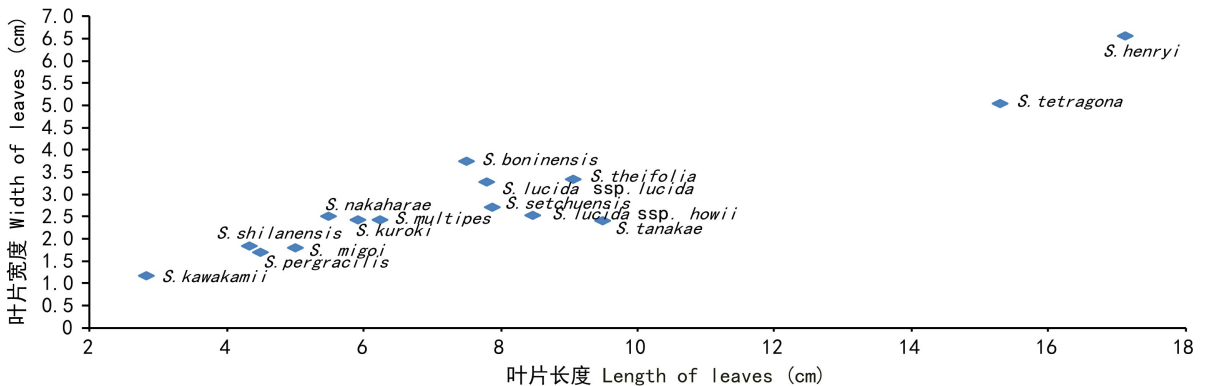


图 2 中原氏山矾复合体叶片数量性状

Fig. 2 Leaf characteristic statistics of *Symplocos nakaharae* complex

$F_{13,115,0.01} = 2.33, F > F_{0.01}$, 即 $P < 0.01$, 拒绝 H_0 。统计分析表明, 中原氏山矾复合体的叶片特征差异

极显著, 能用作中原氏山矾复合体的植物分类指标。独立变量 t 检验 (表 5, 表 6) 比较中原氏山矾

表 2 中原氏山矾复合体叶片数量性状统计
Table 2 Leaf characteristic statistics of *Symplocos nakaharae* complex

| 编号 Code | 俗名 Common name | 种名 Latin name | 平均叶长 Average leaf length (cm) | 平均叶宽 Average leaf width (cm) | 平均叶柄长 Average petiole length (cm) | 长宽比 Length-width ratio |
|------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------|
| 1 | 小笠原山矾 | <i>Symplocos boninensis</i> | 7.49 | 3.75 | 1.5 | 2 |
| 2 | 蒙自山矾 | <i>S. henryi</i> | 17.11 | 6.57 | 1.85 | 2.63 |
| 3 | 厚皮灰木 | <i>S. lucida</i> ssp. <i>lucida</i> | 7.81 | 3.28 | 0.8 | 2.38 |
| 4 | 棱核山矾 | <i>S. lucida</i> ssp. <i>howii</i> | 8.48 | 2.53 | 0.35 | 3.35 |
| 5 | 川上山矾 | <i>S. kawakamii</i> | 2.82 | 1.18 | 0.5 | 2.39 |
| 6 | 中原氏山矾 | <i>S. kuroki</i> | 5.91 | 2.43 | 0.61 | 2.43 |
| 7 | 枝穗山矾 | <i>S. multipes</i> | 6.25 | 2.43 | 0.7 | 2.57 |
| 8 | 那克哈山矾 | <i>S. nakaharae</i> | 5.5 | 2.5 | 0.7 | 2.2 |
| 9 | 细梗山矾 | <i>S. pergracilis</i> | 4.5 | 1.7 | 1 | 2.65 |
| 10 | 茶叶山矾 | <i>S. theifolia</i> | 9.05 | 3.33 | 1.33 | 2.72 |
| 11 | 四川山矾 | <i>S. setchuensis</i> | 7.87 | 2.71 | 0.75 | 2.9 |
| 12 | 田中山矾 | <i>S. tanakae</i> | 9.5 | 2.41 | 1.8 | 3.94 |
| 13 | 希兰灰木 | <i>S. shilanensis</i> | 4.32 | 1.83 | 0.5 | 2.36 |
| 14 | 拟日本灰木 | <i>S. migoii</i> | 5 | 1.8 | 0.6 | 2.78 |
| 15 | 棱角山矾 | <i>S. tetragona</i> | 15.29 | 5.05 | 1.67 | 3.04 |

表 3 中原氏山矾复合体叶片长度的方差分析

Table 3 One way ANOVA for leaf length of
Symplocos nakaharae complex

| 差异源 Difference source | 平方和 Quadratic sum | df | 均方 Mean square | F |
|--------------------------|----------------------|-----|-------------------|-----------|
| 组间 Between-group | 1459.184 | 13 | 112.245 | 84.740 ** |
| 组内 Intragroup | 152.327 | 115 | 1.325 | |
| 总数 Sum | 1611.510 | 128 | | |

** $\alpha = 0.01$.

表 4 中原氏山矾复合体叶片宽度的方差分析

Table 4 One way ANOVA for leaf width of
Symplocos nakaharae complex

| 差异源 Difference source | 平方和 Quadratic sum | df | 均方 Mean square | F |
|--------------------------|----------------------|-----|-------------------|-----------|
| 组间 Between-group | 145.553 | 13 | 11.196 | 38.772 ** |
| 组内 Intragroup | 33.209 | 115 | 0.289 | |
| 总数 Sum | 178.761 | 128 | | |

** $\alpha = 0.01$.

复合体叶片发现,除了川上山矾(*S. kawakamii*)(2.82 cm × 1.18 cm)、棱角山矾(*S. tetragona*)(15 cm × 5.4 cm)、蒙自山矾(*S. henryi*)(17 cm × 6.6 cm)均与其他种差异显著外,其余种差异并不显著,均属于连续过度。

3 讨论与结论

3.1 叶片性状变异规律的分类学意义

叶片在中原氏山矾复合体的种类鉴定中具有

表 5 中原氏山矾复合体叶片长度的 LSD 分析
Table 5 LSD analysis for leaf length of *Symplocos nakaharae* complex

| | BON | LUC | HEN | HOW | KAW | KUR | MIG | MUL | PER | SET | SHI | TAN | TET | THE |
|-----|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|-----|
| BON | — | | | | | | | | | | | | | |
| LUC | -0.75 | — | | | | | | | | | | | | |
| HEN | -9.63 * | -8.88 * | — | | | | | | | | | | | |
| HOW | -0.38 | 0.37 | 9.25 * | — | | | | | | | | | | |
| KAW | 4.54 * | 5.29 * | 14.17 * | 4.91 * | — | | | | | | | | | |
| KUR | 1.68 * | 2.43 * | 11.31 * | 2.05 * | -2.85 * | — | | | | | | | | |
| MIG | 2.42 * | 3.17 * | 12.05 * | 2.80 * | -2.11 * | 0.74 | — | | | | | | | |
| MUL | 0.56 | 1.31 * | 10.19 * | 0.94 | -3.97 * | -1.11 | -1.86 * | — | | | | | | |
| PER | 3.17 * | 3.92 * | 12.79 * | 3.54 * | -1.36 * | 1.49 * | 0.74 | 2.60 * | — | | | | | |
| SET | -0.33 | 0.42 | 9.30 * | 0.05 | -4.86 * | -2.01 * | -2.75 * | -0.88 | -3.49 * | — | | | | |
| SHI | 3.16 * | 3.91 * | 12.78 * | 3.53 * | -1.38 * | 1.47 * | 0.73 | 2.59 * | -0.01 | 3.48 * | — | | | |
| TAN | -2.12 * | -1.37 * | 7.51 * | -1.73 * | -6.65 * | -3.79 * | -4.53 * | -2.67 * | -5.28 * | -1.78 * | -5.27 * | — | | |
| TET | -7.81 * | -7.06 * | 1.81 * | -7.43 * | -12.34 * | -9.49 * | -10.23 * | -8.37 * | -10.98 * | -7.48 * | -10.96 * | -5.69 * | — | |
| THE | -1.53 * | -0.78 | 8.10 * | -1.14 * | -6.06 * | -3.20 * | -3.95 * | -2.08 * | -4.69 * | -1.19 * | -4.68 * | 0.58 | 6.28 * | — |

注: * $\alpha = 0.05$ 。BON. 小笠原山矾; LUC. 厚皮灰木; HEN. 蒙自山矾; HOW. 棱核山矾; KAW. 川上山矾; KUR. 中原氏山矾; MIG. 拟日本灰木; MUL. 枝穗山矾; PER. 细梗山矾; SET. 四川山矾; SHI. 希兰灰木; TAN. 田中山矾; TET. 棱角山矾; THE. 茶叶山矾。下同。

Note: * $\alpha = 0.05$. BON. *S. boninensis*; LUC. *S. lucida* ssp. *lucida*; HEN. *S. henryi*; HOW. *S. howii*; KAW. *S. kawakamii*; KUR. *S. kuroki*; MIG. *S. migoi*; MUL. *S. multipes*; PER. *S. pergracilis*; SET. *S. setchuensis*; SHI. *S. shilanensis*; TAN. *S. tanakae*; TET. *S. tetragona*; THE. *S. theifolia*. The same below.

重要的分类学意义,叶片的质地、大小、叶脉均可作为该复合体的分类学指标。在本研究中,方差分析比较中原氏山矾复合体叶片大小的结果发现,不同物种间的叶片数量性状存在极显著差异,除了川上山矾(*S. kawakamii*)、棱角山矾(*S. tetragona*)、蒙自山矾(*S. henryi*)均与其他种两者之间差异显著外($P < 0.05$),其余种均属于连续过度,差异并不显著,并不能很好的区分它们。这说明确了对复合体的叶片进行方差分析,可以初步区分该复合体植物,通过量化的叶片性状作为进一步分类的依据。而经过解剖和花粉扫描发现,棱角山矾(*S. tetragona*)、蒙自山矾(*S. henryi*)花粉形态较为一致,其子房三室均有 1 至 2 室退化,其在生殖器官和营养器官的相似性可以耦合其相似的环境因子,并与其它物种相区别。另外经过统计分析,

种内 5~10 组重复性状差异不显著,说明其叶片的长度和宽度在同一种植物内是相对稳定的,差异不显著。

3.2 叶片形态结构与环境之间的关系

叶片是植物进化过程中对环境变化比较敏感且可塑性较大的器官,在表型性状中,落叶植物叶片长度、叶片宽度、叶柄长度受环境因素的影响较大,环境变化常导致叶片的长、宽及厚度,叶表皮细胞及其附属物等形态解剖结构的响应与变化(中国科学院植物研究所,1982;李扬汉,1979),常绿植物所处环境变化较小,因此其叶片基本性状与环境之间的差异较小。不同物种间叶片结构间的差异,不仅反映了该植物与环境的关系,也在一定程度上反映了该物种对不同生境的适应能力。叶片的厚度被认为是一个能指示环境条件的重要

表 6 中原氏山矾复合体叶片宽度的 LSD 分析
Table 6 LSD analysis for leaf width of *Symplocos nakaharae* complex

| | BON | LUC | HEN | HOW | KAW | KUR | MIG | MUL | PER | SET | SHI | TAN | TET | THE |
|-----|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-----|
| BON | — | | | | | | | | | | | | | |
| LUC | 0.01 | — | | | | | | | | | | | | |
| HEN | -2.82 * | -2.83 * | — | | | | | | | | | | | |
| HOW | 1.44 * | 1.43 * | 4.26 * | — | | | | | | | | | | |
| KAW | 2.38 * | 2.37 * | 5.20 * | 0.93 * | — | | | | | | | | | |
| KUR | 1.08 * | 1.07 * | 3.90 * | -0.35 | -1.29 * | — | | | | | | | | |
| MIG | 1.38 * | 1.37 * | 4.20 * | -0.05 | -0.99 * | 0.29 | — | | | | | | | |
| MUL | 1.01 * | 0.99 * | 3.82 * | -0.43 | -1.37 * | -0.08 | -0.38 | — | | | | | | |
| PER | 1.78 * | 1.77 * | 4.60 * | 0.34 | -0.59 * | 0.69 * | 0.40 | -0.78 * | — | | | | | |
| SET | 0.94 * | 0.93 * | 3.76 * | -0.49 | -1.43 * | -0.13 | -0.43 | -0.05 | -0.83 * | — | | | | |
| SHI | 1.54 * | 1.54 * | 4.36 * | 0.11 | -0.83 * | 0.46 * | 0.16 | 0.54 * | -0.23 | 0.60 * | — | | | |
| TAN | 1.07 * | 1.06 * | 3.89 * | -0.36 | -1.30 * | -0.01 | -0.31 | 0.07 | -0.71 * | 0.13 | -0.47 * | — | | |
| TET | -1.30 * | -1.31 * | 1.51 * | -2.74 * | -3.68 * | -2.38 * | -2.68 * | -2.30 * | -3.08 * | -2.24 * | -2.85 * | -2.38 * | — | |
| THE | 0.39 | 0.38 | 3.21 * | -1.04 * | -1.98 * | -0.69 * | -0.99 * | -0.61 * | -1.39 * | -0.55 * | -1.15 * | -0.68 * | 1.69 * | — |

*. $\alpha = 0.05$.

指标,可能与资源获取、水分保存有关(刘金环等, 2006)。在本研究中,川上山矾(*S. kawakamii*)叶片革质,长×宽仅(2~5) cm × (0.7~2.2) cm,边缘明显反卷的叶片特征说明该物种生长受生境的胁迫,对养分具有较高的保有能力,能较好地适应干旱的环境,与该物种在日本小笠原群岛气候独特区域的特有分布相适应,该种的形态显著差异,同时包括其叶面侧脉和网脉均在上表面凹陷,叶表面腊质厚,主脉粗壮,叶表面具泡状突起等相关协同进化出的特化结构相匹配。

3.3 叶片形态结构与海拔之间的关系

不同物种间的变异反映了地理和生殖隔离上的差异,对于不同海拔的植物群落,其叶片的类型、形状、大小是所处环境最独特的标志,且叶片随着海拔的增高而变小(Hölscher et al, 2002; McDonald et al, 2003)。蒙自山矾(*S. henryi*)特征最为明显,叶片在复合体中最大(17 cm × 6.6 cm),生于海拔 1 700 m 的林中,在高海拔的环境下,叶片接受光

能、同化 CO₂的时间缩短,植物可能通过增加叶片的氮含量来保持稳定的光合碳获取能力。同一个种在不同海拔下生长差异很大,如四川山矾(*S. setchuensis*)在浙江百山祖海拔 1 200~1 300 m 处生长到 2~3 m 高的灌木即可开花结果,而在重庆低海拔地区如缙云山 760 m 处常长成 6~10 m 高的大树,但是经过大量的数据测量,不同海拔的四川山矾(*S. setchuensis*)叶型和叶长宽均不受海拔影响,其环境饰变能力较弱。

3.4 统计学方法 ANOVA 和 LSD 对于处理常绿木本植物复合系统关系的作用

由于观察的偏差,将本应属于一个种的植物划分为两个或更多个种,造成复合体的存在。当两种叶片大小相似的植物放在一起难以区分时,通过对其进行方差分析和 LSD 分析,可以更直观地解决这一问题。中原氏山矾复合体种质资源丰富,是极具发展潜力的植物。通过对中原氏山矾复合体的叶片形态结构进行方差分析,得到不同物种间叶片具

有显著性差异,具有一定的分类学意义,为中原氏山矾复合体的进一步研究提供了依据。此类研究还可以进一步扩展到其它常绿的木本植物研究中,尤其是存在复合体的类群,可以通过叶片分形指数来量化叶片形态结构,为不同物种间的表型区别提供重要依据。

相较于传统的分类而言,统计学分析可以定量的描述植物叶片的复杂程度,有着不依赖于对物种进行尺度的形态学分析特征,能够在复杂叶片形状中找到共同特征的特点。将数据量化,进而客观的反映物种的系统与进化关系。另外常绿木本植物多生长于亚热带和热带地区,一些科属,尤其像山矾科的物种,花期不固定,在采集标本时常常难以采到有花的标本,果实生长缓慢,标本上也不具备有鉴定能力的成熟果实,因此通过叶型来进行形态性状的判断对于此类植物的分类研究具有重要的意义。

致谢 感谢台湾澎湖科技大学王志强老师提供拟日本灰木、希兰山矾等的居群样品。

参考文献:

BRAND A, 1901. Symplocaceae. //ENGLER A. Das Pflanzenreich (Engler) [M]. Leipzig: Verlag Von Wilhelm Engelmann: 1-100.

CHEN J, 1961. Vegetable anatomy [M]. Jinan: Shandong University. [陈机, 1961. 植物解剖学 [M]. 济南: 山东大学.]

HANDEL-MAZZETTI H, PETER-STIBAL E, 1943. Eine Revision der Chinesischen Arten Der Gattung *Symplocos* Jacq. [M]. Beihefte zum Botanischen Centralblatt, 62-B:42.

HICKEY LJ, 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves [J]. Am J Bot, 60(1): 17-33.

HÖLSCHER D, SCHMITT S, KUPFER K, 2002. Growth and leaf traits off our broad-leaved tree species along a hillside gradient [J]. Forstwissens Chafliches Centralblatt, 121:229-239.

Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 1982. Grass fibers [M]. Beijing: Science Press:10. [中国科学院植物研究所, 1982. 草类纤维 [M]. 北京: 科学出版社:10.]

LIU B, QIN HN, 2013. Taxonomic revision of the *Symplocos nakaharuae* complex (Symplocaceae) with special reference to fruit morphology [J]. J Syst & Evol, 51(1): 94-114.

LIU JH, ZENG DH, DON KL, 2006. Leaf traits and their interrelationships of main plant species in southeast Horqin sandy

land [J]. Chin J Ecol, 25(8): 921-925. [刘金环, 曾德慧, Don Koo Lee, 2006. 科尔沁沙地东南部地区主要植物叶片性状及其相互关系 [J]. 生态学杂志, 25(8): 921-925.]

LI YH, 1979. Morphology and anatomy of Gramineae [M]. Beijing: Agriculture Press: 66-68. [李扬汉, 1979. 禾本科植物的形态与解剖 [M]. 北京: 农业出版社: 66-68.]

MCDONALD PG, FONSECA CR, OVERTON JMC, et al, 2003. Leaf-size divergence along rainfall and soil-nutrient gradients: Is the method of size reduction common among clades? [J]. Funct Ecol, 17(1): 50-57.

MELVILLE R, 1976. The terminology of leaf architecture [J]. Taxon, 25(5/6): 549-561.

NAGAMASU H, 1987. Notes on *Symplocos lucida* and related species in Japan [J]. Acta Phytotax Et Geobot, 38: 283-291.

NAGAMASU H, 1993. The Symplocaceae of Japan [J]. Contributions from the Biological Laboratory Kyoto Univ, 28: 173-260.

NAGAMASU H, 1998. Symplocaceae [M]//Flora of Taiwan Editorial Committee. Flora of Taiwan: Vol. 4. Taipei, China: Editorial Vommittee of the Flora of Taiwan.

NOOTEBOOM HP, 1975. Revision of the Symplocaceae of the Old World, New Caledonia Excepted [M]. Leiden: Universitaire Pers Leiden: 3-335.

NOOTEBOOM HP, 2005. Additions to Symplocaceae of the Old World including New Caledonia [J]. Blum J Plant Taxon & Plant Geogr, 50(2): 407-410.

WANG CC, 2000. A taxonomic study of the Symplocaceae of Taiwan [D]. Taichung: Chung Hsing University: 358.

WU RF, 1986a. A preliminary study on *Symplocos* of China [J]. Acta Phytotax Sin, 24(3): 193-202. [吴容芬, 1986a. 中国山矾科的初步研究 [J]. 植物分类学报, 24(3): 193-202.]

WU RF, 1986b. A preliminary study on *Symplocos* of China (continue) [J]. Acta Phytotax Sin, 24(4): 275-291. [吴容芬, 1986b. 中国山矾科的初步研究(续) [J]. 植物分类学报, 24(4): 275-291.]

YING SS, 1975. The Symplocaceae of Taiwan [J]. Bull Exp Nat Taiwan Univ, 116: 545-571.

YU CH, Chen ZL, 1986. Leaf architecture of the woody dicotyledons from South China I. Terminology and methods [C]. Acta Bot Austr Sin, 2: 83-97. [喻诚鸿, 陈泽濂, 1986. 华南木本双子叶植物叶的宏观结构资料 I. 术语与方法 [C]. 中国科学院华南植物研究所集刊, 2: 83-97.]

ZHANG Z, HE GE, GAO HQ, et al, 2012. Researches on the *Symplocos* and its prospect of landscape application [J]. Chin Agric Sci Bull, 28(22): 308-311. [张智, 何桂娥, 高洪勤, 等, 2012. 山矾属植物研究现状及其园林应用前景 [J]. 中国农学通报, 28(22): 308-311.]