

山茶属油茶组和短柱茶组叶解剖特征及其分类学意义

^{1,2}林秀艳 ²彭秋发 ²吕洪飞* ³杜跃强 ²汤妣颖

¹(浙江师范大学初阳学院 金华 321004)

²(浙江师范大学化学与生命科学学院 金华 321004)

³(浙江省金华市林业局 金华 321000)

Leaf anatomy of *Camellia* sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* (Theaceae) with reference to their taxonomic significance

^{1,2}Xiu-Yan LIN ²Qiu-Fa PENG ²Hong-Fei LÜ* ³Yue-Qiang DU ²Bi-Ying TANG

¹(Chuyang Honor College, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China)

²(College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China)

³(Forestry Bureau of Jinhua, Jinhua, Zhejiang 321000, China)

Abstract Leaf anatomy of 21 species representing sect. *Oleifera* H. T. Chang and sect. *Paracamellia* Sealy in the genus *Camellia* was investigated using light microscopy. All the shapes of leaf epidermal cells were polygonal, and the patterns of anticlinal walls were sinuate or sinuous, which were important to the classification of these two sections. The stomata were cyclocytic type and only present on the abaxial epidermis in both sampled sections. Seventeen leaf anatomical and cytologic characters were selected and used for the cluster analysis and principle components analyses performed by PAST program. Congruent results were obtained, with sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* consistently grouping in two different clades, and some related species nesting together. This study provided leaf anatomical evidence for the merge of *C. lanceoleosa* H. T. Chang & J. S. Chiu and *C. fluviatilis* Hand.-Mazz.; of *C. brevistyla* Coh. St., *C. obtusifolia* H. T. Chang, and *C. puniceiflora* H. T. Chang; and of *C. grijsii* Hance and *C. shensiensis* H. T. Chang. In addition, it was also proved that *C. tenii* Sealy should be segregated from sect. *Paracamellia* and placed in the sect. *Corallina* Sealy. For further interest, we suggested that *C. phaeoclada* H. T. Chang be recognized as a subspecies of *C. microphylla* (Merr.) Chien. Overall, the results presented provided new insights into the relationships within a number of *Camellia* plants and suggested directions for future studies.

Key words *Camellia*, leaf anatomy, taxonomy.

摘要 在光学显微镜下观察了山茶属*Camellia*油茶组sect. *Oleifera*和短柱茶组sect. *Paracamellia* 21种(张宏达系统)植物叶解剖特征。结果表明: 叶表皮细胞形状均为不规则形; 垂周壁式样浅波状或波状, 对两组分类具有重要作用。气孔器只存在于叶的下表皮, 均为环列型。基于17个叶解剖学及细胞学性状, 应用PAST软件对两组进行聚类分析和主成分分析, 结果表明: 能将两组植物进行明显区分, 并且各组中亲缘关系较近的种聚在一起。本研究结果支持将大姚短柱茶*C. tenii* Sealy归入离蕊茶组sect. *Corallina*; 支持狭叶油茶*C. lanceoleosa* H. T. Chang & J. S. Chiu与窄叶短柱茶*C. fluviatilis* Hand.-Mazz., 短柱茶*C. brevistyla* Coh. St.与钝叶短柱茶*C. obtusifolia* H. T. Chang和粉红短柱茶*C. puniceiflora* H. T. Chang, 长瓣短柱茶*C. grijsii* Hance与陕西短柱茶*C. shensiensis* H. T. Chang的合并; 建议将褐枝短柱茶*C. phaeoclada* H. T. Chang作为细叶短柱茶*C. microphylla* (Merr.) Chien的亚种。研究证明山茶属植物的叶解剖性状在属内分类中具有重要的分类学意义。

关键词 山茶属; 叶解剖学特征; 分类学

山茶属*Camellia* L.是山茶科Theaceae中最大最古老的一个属, 其中约80%的物种分布在中国, 是典型的华夏植物。其中有些种类具有较大的经济价

值: 茶油是上等的食用油; 茶叶是世界食用最广泛的饮料; 茶花是中国的十大名花之一, 现在广泛种植于世界各地; 金花茶是珍贵的濒危植物。所以, 研究山茶种质资源有一定的经济价值。

虽然对于山茶属分类的研究很早就开始, 但是至今仍有许多问题没有解决, 甚至相互矛盾。早在

2007-04-02 收稿, 2007-05-08 收修改稿。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: luhongfei0164@sina.com)。

1958年, Sealy就在《A revision of the genus *Camellia*》中对山茶属进行了系统分类, 包括12组82种, 另外还有24个悬疑种。目前山茶原种的发现不断增加, 国内外学者对该属形态学和系统学方面做了大量研究并进行了多次修订。不同学者对该属的属下分类处理存在着不同观点。张宏达(1981)以及张宏达和任善湘(1998)根据山茶属各种间演化关系和进化水平, 将山茶属分为4个亚属20个组280个原种, 强调“苞、萼不分化”是该属演化上的原始性状。闵天禄(2000)将山茶属并为2亚属14组119种, 并且认为“苞、萼不分化”是花变无梗、小苞片和萼片密集排列的结果, 且花后多少脱落, 应属次生性状。

山茶属传统的分类多以形态学上花器官的分化程度、花梗、萼片、花瓣、果皮、果实的发育状况以及叶片特征等数量性状进行种的划分和进化分析(张宏达, 任善湘, 1998)。但在物种的进化过程中形态性状往往不同步, 原始和进化性状并存, 且形态指标易受地形、土壤、气候等环境因素的影响, 这在很大程度上限制和影响了山茶属的分类和利用发展。

油茶组sect. *Oleifera* H. T. Chang和短柱茶组sect. *Paracamellia* Sealy是山茶属中存在争议较大的两个组。这两个组的外部形态特征相似。油茶组: 花白色, 略芳香, 小苞片和萼片随花朵开放逐渐脱落; 短柱茶组: 花白色, 芳香, 花茎小花朵稠密, 小苞片和萼片早落, 雄蕊短, 子房被毛, 蒴果小, 叶片小(高继银等, 2005)。尽管两者在一些细微处有所差别, 但从形态指标上难以区分。油茶组是张宏达(1981, 1998)在Sealy建立的短柱茶组基础上另成立的一个组。闵天禄(1999)则认为油茶组的建立证据不足, 其基本特征与短柱茶组一致, 故将两组合并, 并命名为油茶组sect. *Paracamellia* Sealy。

近几十年来, 染色体学(梁国鲁等, 1994)、孢粉学(李广清等, 2005)及分子系统学(Wachira, 1996, 1997; Paul et al., 1997; 施苏华等, 1998)均被大量运用于山茶属分类研究, 并且取得一定进展, 但是仍未获得一致的分类系统, 对油茶组和短柱茶组的分类研究则更为有限(敖成齐等, 2000)。叶表皮和叶的解剖学特征因其稳定性已被证明在系统分类中具有较大作用, 不少研究发现叶表皮性状在一定程度上能反映分类群间的系统发生规律, 可用于分类探

讨(Baranova, 1972, 1987, 1992; Stace, 1984; Scatena et al., 2005; Yang & Lin, 2005)。对山茶属叶表皮特征及其系统学意义的研究虽有报道, 但仅作了粗略的观察和讨论(敖成齐等, 2002; 王任翔等, 2002)。本文按照张宏达系统, 选取山茶属油茶组5种和短柱茶组16种植物, 对其叶表皮和解剖学性状进行观察, 通过观察叶表皮细胞、气孔器、腺点等特征, 寻求有意义的叶表皮和解剖学性状, 为进一步探讨山茶属植物的属下分类和组间关系提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

研究材料采自浙江省金华市国际山茶物种园(The International Camellia Species Garden at Jinhua City, Zhejiang Province, China)的成熟叶片, 标本保存于浙江师范大学标本室。材料名称、代号及凭证标本见表1。物种鉴定人: 高继银(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)。

1.2 方法

1.2.1 叶片离析法 材料取自自然条件下生长状况良好的植株中部成熟叶片。将叶片从脉间区域上剪取若干面积约1 cm×0.5 cm的小块, 刀片分别切取叶片上下表皮, 置40%的NaClO溶液于30 °C的恒温箱中离析, 材料成乳白色时取出, 去净残存的叶肉, 上表皮直接用1%固绿染色, 下表皮用1%番红染色后再用固绿复染, 经过酒精系列脱水, 二甲苯透明, 最后用中性树胶永久封片。凭证永久装片保存于浙江师范大学植物发育生物学实验室。

1.2.2 石蜡切片法 所用材料的叶片与离析法的相同。采用普通石蜡切片法, 用刀片将叶片切成1 cm²小块, FAA固定, 酒精-二甲苯系列脱水和透明, 石蜡包埋, 切片厚10 μm, 番红-固绿染色, 中性树胶封片。凭证永久切片保存于浙江师范大学植物发育生物学实验室。

1.2.3 基于主要叶解剖特征的聚类分析和主成分分析 根据山茶属叶的解剖学特征研究山茶属亲缘关系及其分类。选取叶上、下表皮细胞面积、周长、最大长度、最小宽度, 气孔长轴长, 保卫细胞宽度, 叶片总厚度, 上表皮细胞厚度与叶片总厚度比例, 下表皮细胞厚度与叶片总厚度比例, 栅栏组织厚度与叶片总厚度比例, 海绵组织厚度与叶片总

表1 材料来源

Table 1 Source of materials

序号 No.	分类群 Taxon	凭证标本 Voucher
油茶组 sect. <i>Oleifera</i> H. T. Chang		
1	高州油茶 <i>C. gauchowensis</i> H. T. Chang	沈锦波(J. B. Shen) 200612230401
2	狭叶油茶 <i>C. lanceoleosa</i> H. T. Chang & J. S. Chiu	沈锦波(J. B. Shen) 200612230501
3	茶梅 <i>C. sasanqua</i> Thunb.	沈锦波(J. B. Shen) 200612230601
4	越南油茶 <i>C. vietnamensis</i> T. C. Huang ex Hu	林秀艳(X. Y. Lin) 200701280701
5	油茶 <i>C. oleifera</i> Abel	沈锦波(J. B. Shen) 200612230802
短柱茶组 sect. <i>Paracamellia</i> Sealy		
6	长瓣短柱茶 <i>C. grijsii</i> Hance	沈锦波(J. B. Shen) 200701122001
7	攸县油茶 <i>C. yuhsienensis</i> Hu	沈锦波(J. B. Shen) 200701122102
8	小果短柱茶 <i>C. confusa</i> Craib	沈锦波(J. B. Shen) 200612232201
9	落瓣短柱茶 <i>C. kissi</i> Wall.	沈锦波(J. B. Shen) 200701122302
10	窄叶短柱茶 <i>C. fluvialis</i> Hand.-Mazz.	林秀艳(X. Y. Lin) 200701282401
11	短柱茶 <i>C. brevistyla</i> Coh. St.	沈锦波(J. B. Shen) 200612232501
12	冬红短柱茶 <i>C. hiemalis</i> Nakai	沈锦波(J. B. Shen) 200612232602
13	钝叶短柱茶 <i>C. obtusifolia</i> H. T. Chang	沈锦波(J. B. Shen) 200701122701
14	樱花短柱茶 <i>C. maliflora</i> Lindl.	沈锦波(J. B. Shen) 200701122802
15	陕西短柱茶 <i>C. shensiensis</i> H. T. Chang	沈锦波(J. B. Shen) 200701122901
16	粉红短柱茶 <i>C. puniceiflora</i> H. T. Chang	沈锦波(J. B. Shen) 200701123001
17	大姚短柱茶 <i>C. tenii</i> Sealy	林秀艳(X. Y. Lin) 200701283102
18	细叶短柱茶 <i>C. microphylla</i> (Merr.) Chien	林秀艳(X. Y. Lin) 200701283202
19	琉球短柱茶 <i>C. miyagii</i> (Koidz.) Makino & Nemoto	沈锦波(J. B. Shen) 200701123001
20	芳香短柱茶 <i>C. odorata</i> L. S. Xie & Z. Y. Zhang	林秀艳(X. Y. Lin) 200701283502
21	褐枝短柱茶 <i>C. phaeoclada</i> H. T. Chang	沈锦波(J. B. Shen) 200701123602

研究材料采自浙江省金华市国际山茶物种园, 凭证标本保存于浙江师范大学标本室。

Materials were collected from the International Camellia Species Garden at Jinhua City, Zhejiang Province, China. Voucher specimens were kept in the Herbarium of Zhejiang Normal University.

厚度比例以及腺点有无, 叶柄毛有无等17个性状, 定性性状以0(无)或1(有)表示, 定量性状取重复测量平均值后用下列公式换算:

$$X_{ij} = \frac{n\bar{x}_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (\bar{x}_{ij} : i \text{号样品}, j \text{号性状原始数据平均值})$$

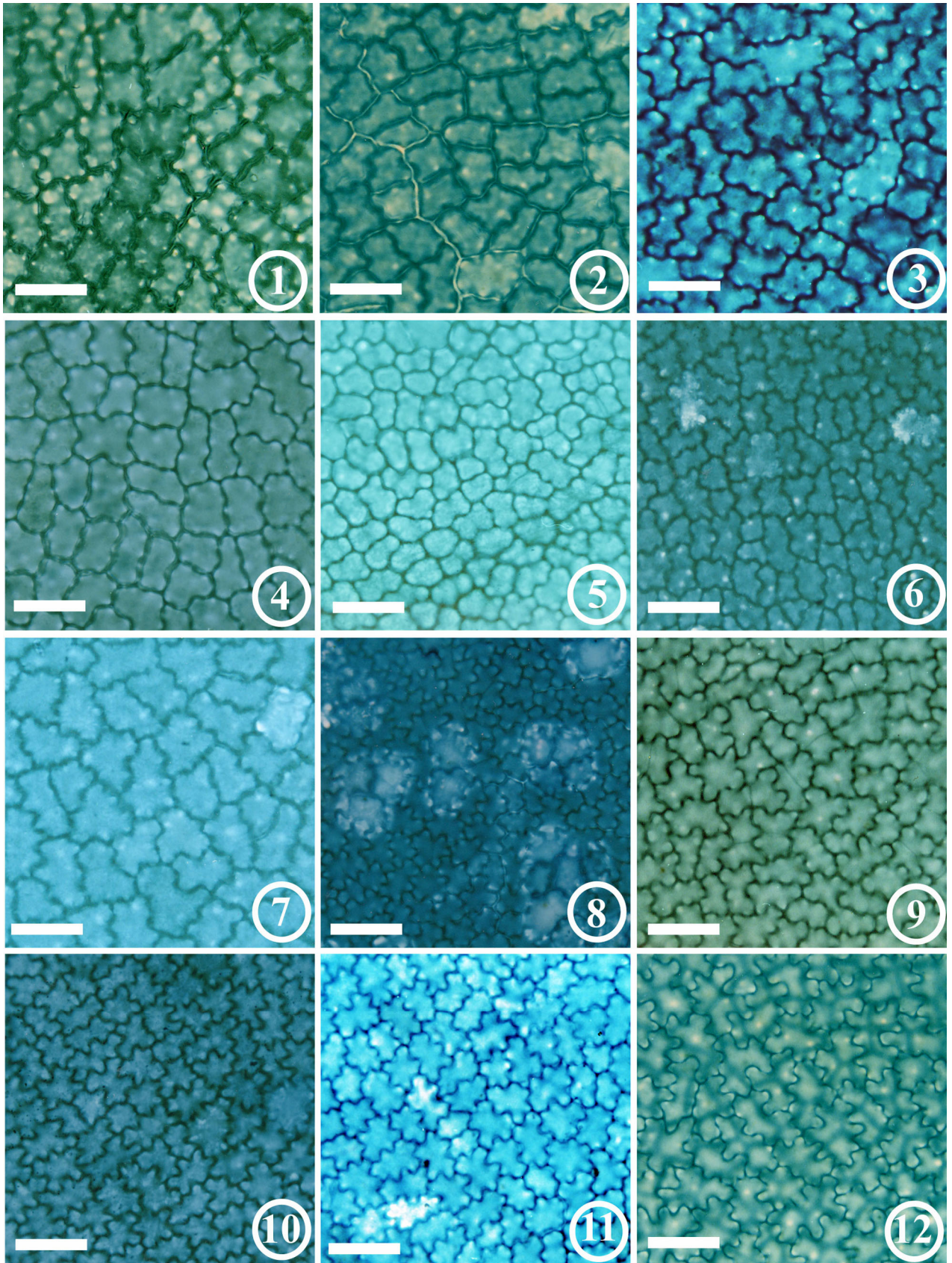
原始数据经上述公式转换后, 应用UPGMA聚类分析法和主成分分析法, 对21个样品进行分析, 以期获得叶解剖学数据在系统分类上的意义。

2 结果

2.1 在光学显微镜下的叶解剖特征

2.1.1 表皮 (1)表皮细胞形状和垂周壁式样: 山茶属油茶组和短柱茶组的表皮细胞均为不规则形(irregular)。细胞依垂周壁波状起伏的程度可分为浅波状(sinuate)(图1-7, 13-21)、波状(sinuous)(图

8-12, 22-24)两种, 油茶组除狭叶油茶上表皮(图8)外其余均为浅波状。根据叶表皮细胞垂周壁样式, 可将所观察的21种植物分为两种类型: 一种类型为上表皮与下表皮细胞形状同形, 即上下表皮细胞垂周壁均呈浅波状或波状, 属于这种类型的有12种, 包括油茶组4种: 高州油茶(图1, 21)、茶梅(图2, 14)、越南油茶、油茶(图3, 16)等, 均为浅波状; 短柱茶组8种, 其中冬红短柱茶、樱花短柱茶(图7, 18)、钝叶短柱茶(图6, 17)、琉球短柱茶、褐枝短柱茶为浅波状; 而小果短柱茶、陕西短柱茶(图11, 23)、芳香短柱茶, 则为波状; 另一种类型为上表皮与下表皮细胞的形状异形, 属于这种类型的有9种: 上表皮细胞垂周壁波状, 而下表皮为浅波状, 共有5种: 狭叶油茶(图8, 13), 短柱茶(图10), 粉红短柱茶, 大姚短柱茶(图19), 细叶短柱茶; 上表皮细胞垂周壁为浅波状、下表皮为波状, 共4种: 攸县油茶(图4, 22)、长瓣短柱茶、落瓣短柱茶、窄叶短柱茶(图5, 24)。



数据测量结果显示不同种之间或同种上下表皮之间细胞大小相差较大, 从 $400\ \mu\text{m}^2$ 到 $2000\ \mu\text{m}^2$ 不等。

(2)腺点: 短柱茶组长瓣短柱茶(图26)、攸县油茶(图27, 29)、陕西短柱茶(图28)、芳香短柱茶(图25)等4种植物的下表皮均有腺点分布, 腺点周围的细胞形状较规则, 由二至多层呈辐射状排列的同心环状细胞组成, 与周围的表皮细胞共同构成花环式结构。石蜡切片下观察可见表皮毛基细胞与腺点有明显区别(图30)。(3)叶片气孔器的分布及类型: 所有种类气孔器均只分布在下表皮, 气孔下有一个大的孔下室(图36); 气孔类型均为环列型, 即由3个副卫细胞围绕着保卫细胞(图13–24)。

2.1.2 叶肉 叶肉组织发达, 分化为栅栏组织和海绵组织。栅栏组织由1–3层排列整齐的柱状细胞构成(图31–35), 其中小果短柱茶、落瓣短柱茶(图31)、短柱茶、冬红短柱茶(图35)、钝叶短柱茶、粉红短柱茶、细叶短柱茶(图34)、褐枝短柱茶等植物均可见3层栅栏组织。栅栏组织厚度占叶片总厚度的25%–40%。海绵组织细胞排列疏松, 厚度约为 $153\ \mu\text{m}$, 占叶片总厚度的50%左右。两组的大多数物种叶肉中散布着一些不分枝或少分枝的石细胞。石细胞主要位于栅栏组织中, 其长轴与表皮垂直, 较长者几乎贯穿整个叶肉组织(图37)。

2.2 基于叶解剖学结构特征的聚类分析和主成分分析结果

数据换算结果见表2。图38为UPGMA聚类分析树状图。对两组21个种进行主成分分析, 所得到的前2个主成分的可信度为66%, 故用前2个主成分大致代表其叶解剖学的主要信息, 图39为基于主成分1和2的散点图。

聚类分析结果显示能将21种植物分为四个类群: 大姚短柱茶为第一类群; 攸县油茶和芳香短柱茶为第二类群; 茶梅、越南油茶、油茶、高州油茶、樱花短柱茶为第三类群, 该类群中除樱花短柱茶外均为油茶组植物; 其余13种为第四类群。

中除狭叶油茶外均为短柱茶组植物, 其中狭叶油茶与窄叶短柱茶, 短柱茶与钝叶短柱茶、粉红短柱茶, 长瓣短柱茶和陕西短柱茶, 细叶短柱茶和褐枝短柱茶显示了较近的亲缘关系。PCA作图与聚类分析结果大致吻合, 同样很好地显示了21个种之间的关系。

3 讨论

3.1 支持油茶组和短柱茶组的划分

Sealy(1958)在短柱茶组中共列出6种2变种; 张宏达(1981)、张宏达和任善湘(1998)将Sealy的短柱茶组划分成短柱茶组和油茶组。而闵天禄(2000)基本上继承Sealy的分类, 认为此组植物的雌雄蕊较短, 在演化水平上与茶亚属subgen. *Thea* H. T. Chang中的短蕊茶组sect. *Brachyandra* H. T. Chang植物颇为相似, 是山茶属两个演化支上对应的平行进化类群。我们通过叶解剖性状的聚类分析和主成分分析表明, 油茶组和短柱茶组是两个相对独立的组。油茶组各种间性状相似: 叶柄均无毛, 下表皮均无暗红色腺点, 上下表皮细胞除狭叶油茶外均为同形, 上下表皮细胞面积周长相近。根据这些叶的解剖学性状, 结合油茶组花柱和雄蕊比短柱茶组长, 种子含油量较高(高继银等, 2005)等特征, 可以看出两组间差异显著, 具备分组条件, 故支持张宏达将两者分组处理。但我们的研究与张宏达分类系统也有不同之处, 关于大姚短柱茶、攸县油茶、芳香短柱茶、樱花短柱茶和狭叶油茶等种的分类, 以及部分种的合并问题将进行进一步讨论。

3.2 关于樱花短柱茶和冬红短柱茶种的鉴定问题

樱花短柱茶花淡玫瑰色至粉红色, 半重瓣至重瓣, 无野生分布。Sealy (1958)认为樱花短柱茶是一个不知起源的杂交种, 归类在连蕊茶组sect. *Theopsis* Coh. St.。闵天禄(2000)也认为该种不应作原种处理。我们的聚类结果和主成分分析显示樱花短柱茶

←

图1–12 光学显微镜下山茶属短柱茶组和油茶组植物上表皮细胞的特征(表面观) 1–7. 细胞垂周壁浅波状。1. 高州油茶。2. 茶梅。3. 油茶。4. 攸县油茶。5. 窄叶短柱茶。6. 钝叶短柱茶。7. 樱花短柱茶。8–12. 细胞垂周壁波状。8. 狭叶油茶。9. 小果短柱茶。10. 短柱茶。11. 陕西短柱茶。12. 芳香短柱茶。

Figs. 1–12. Micrographs of adaxial epidermal cells in sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* (surface view) under LM 1–7. Sinuolate anticlinal walls. 1. *C. gauchowensis*. 2. *C. sasanqua*. 3. *C. oleifera*. 4. *C. yuhsienensis*. 5. *C. fluvialis*. 6. *C. obtusifolia*. 7. *C. maliflora*. 8–12. Sinuous anticlinal walls. 8. *C. lanceoleosa*. 9. *C. confuse*. 10. *C. brevistyla*. 11. *C. shensiensis*. 12. *C. odorata*.

Scale bar: 50 μm in Figs. 1–12.

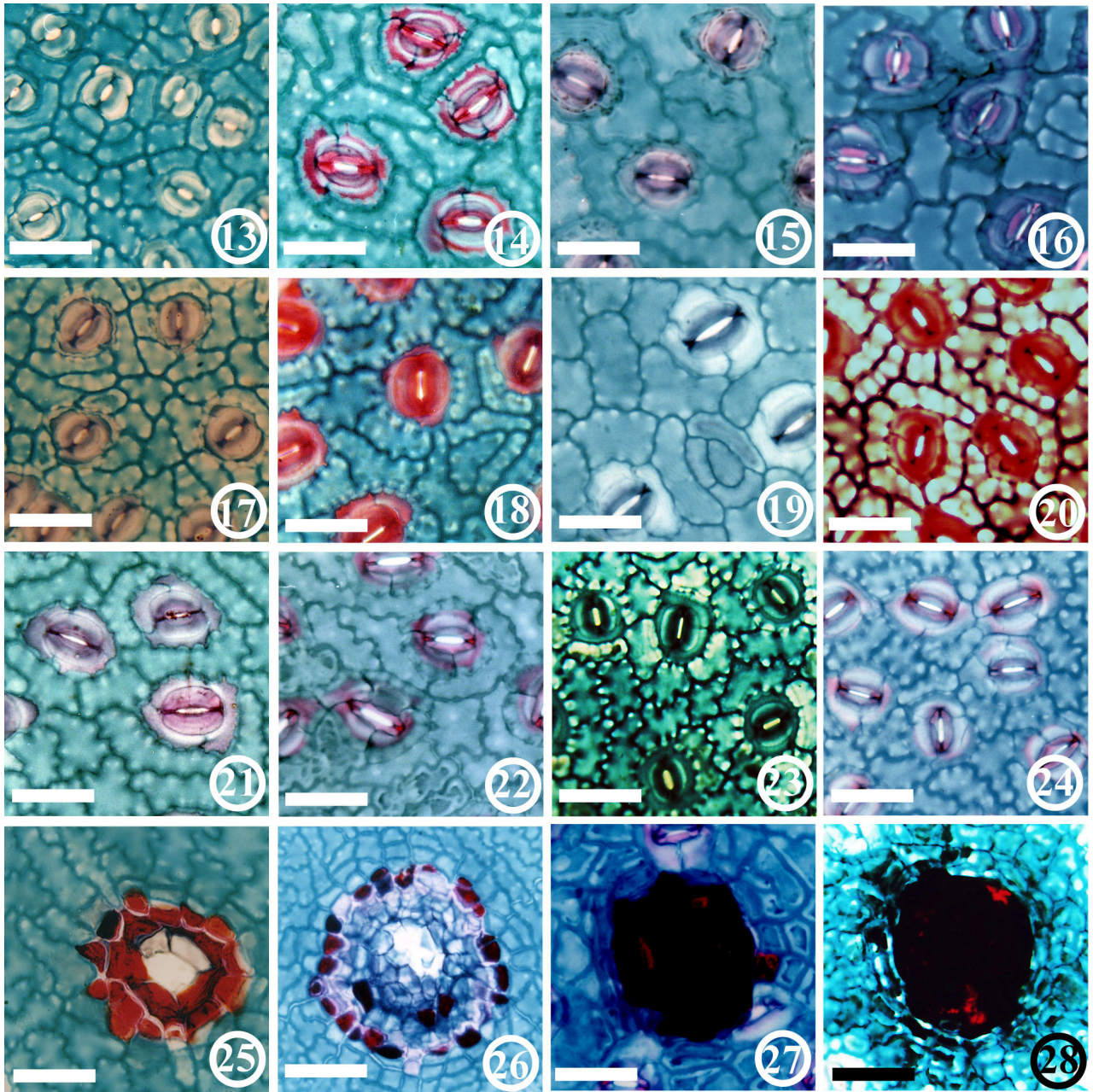


图13-28 13-24. 光学显微镜下山茶属短柱茶组和油茶组植物下表皮细胞的特征(表面观)。13-21. 细胞垂周壁浅波状。13. 狭叶油茶。14. 茶梅。15. 越南油茶。16. 油茶。17. 钝叶短柱茶。18. 樱花短柱茶。19. 大姚短柱茶。20. 褐枝短柱茶。21. 高州油茶。22-24. 细胞垂周壁波状。22. 攸县油茶。23. 陕西短柱茶。24. 窄叶短柱茶。25-28. 在光学显微镜下山茶属短柱茶组和油茶组植物腺点的特征。25. 芳香短柱茶。26. 长瓣短柱茶。27. 攸县油茶。28. 陕西短柱茶。

Figs. 13-28. 13-24. Micrographs of abaxial epidermal cells in sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* (surface view) under LM. 13-21. sinuolate anticlinal walls. 13. *C. lanceoleosa*. 14. *C. sasanqua*. 15. *C. vietnamensis*. 16. *C. oleifera*. 17. *C. obtusifolia*. 18. *C. maliflora*. 19. *C. tenii*. 20. *C. phaeoclada*. 21. *C. gauchowensis*. 22-24. sinuous anticlinal walls. 22. *C. yuhsienensis*. 23. *C. shensiensis*. 24. *C. fluviatilis*. 25-28. LM micrographs of glands in sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia*. 25. *C. odorata*. 26. *C. grijsii*. 27. *C. yuhsienensis*. 28. *C. shensiensis*. Scale bar: 50 μ m in Figs. 13-28.

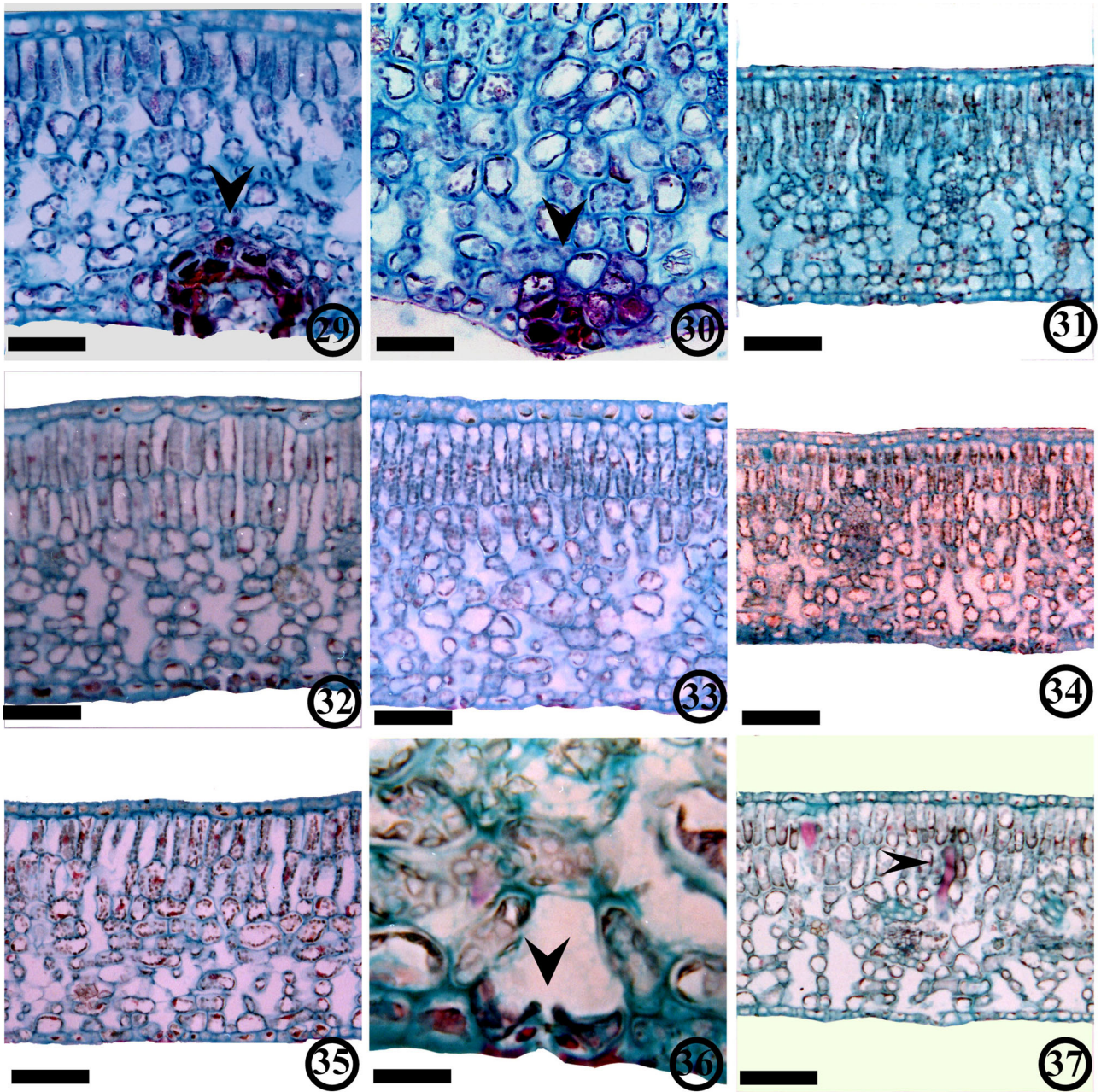


图29-37 叶片横切面 29. 攸县油茶, 示腺点。30. 细叶短柱茶, 示表皮毛基细胞。31. 落瓣短柱茶。32. 油茶。33. 樱花短柱茶。34. 细叶短柱茶。35. 冬红短柱茶。36. 琉球短柱茶, 示气孔。37. 高州油茶, 示叶肉中的石细胞。

Figs. 29-37. Transverse section of leaves. 29. *Camellia yuhsienensis*, showing gland. 30. *C. microphylla*, showing basal cell. 31. *C. kissi*. 32. *C. oleifera*. 33. *C. maliflora*. 34. *C. microphylla*. 35. *C. hiemalis*. 36. *C. miyagii*, showing stomata. 37. *C. gauchowensis*, showing sclereid in the assimilating tissue.

Scale bar: 50 μm in Figs. 29, 30; 100 μm in Figs. 31-35, 37; 25 μm in Fig. 36.

表2 用于主成分分析的数据矩阵
Table 2 The data matrix used in PCA

Taxon	特征性状 Characters																
	AAD	PAD	LAD	WAD	AAB	PAB	LAB	WAB	LST	HSG	TL	ADL	ABL	PPL	SPL	GL	PH
高州油茶 <i>C. gauchowensis</i>	1.308	1.115	0.985	1.306	1.227	1.144	1.222	1.099	1.184	1.590	0.926	0.883	0.765	1.066	1.114	0	0
狭叶油茶 <i>C. lanceoleosa</i>	0.557	0.920	0.765	0.898	0.600	0.734	0.699	0.946	0.864	1.118	0.720	1.232	1.184	1.014	1.007	0	0
茶梅 <i>C. sasanqua</i>	1.328	1.113	1.184	1.408	0.866	0.932	0.993	0.978	1.083	0.914	0.906	0.976	1.118	0.940	1.110	0	0
越南油茶 <i>C. vietnamensis</i>	1.533	1.199	1.227	1.315	1.701	1.281	1.338	1.199	1.131	1.522	1.186	1.324	0.910	0.840	1.057	0	0
油茶 <i>C. oleifera</i>	1.135	1.058	1.120	1.165	1.541	1.247	1.330	1.271	1.107	1.305	1.293	1.049	1.260	1.082	0.948	0	0
长瓣短柱茶 <i>C. grjnsii</i>	0.625	0.810	0.771	0.941	0.800	0.995	0.930	0.833	0.989	0.928	0.786	0.950	0.755	0.887	1.072	1	1
攸县油茶 <i>C. yuhstienensis</i>	1.093	0.993	1.082	1.104	1.691	1.329	1.229	1.432	1.175	0.800	0.795	1.240	1.077	0.741	1.040	1	0
小果短柱茶 <i>C. confuse</i>	0.885	0.929	0.993	0.951	0.953	0.965	0.920	0.962	0.883	0.719	0.798	1.200	1.118	1.133	1.154	0	1
落瓣短柱茶 <i>C. kissi</i>	0.678	0.807	0.843	0.830	0.792	0.857	0.900	0.951	0.803	0.647	1.043	0.629	0.829	1.040	0.985	0	0
窄叶短柱茶 <i>C. fluvialitis</i>	0.644	0.770	0.809	0.830	0.509	0.761	0.840	0.694	0.844	0.756	0.852	1.066	0.904	1.060	0.931	0	0
短柱茶 <i>C. brevisstyla</i>	0.900	1.128	1.041	0.743	0.882	0.989	1.026	0.826	1.091	0.891	1.130	0.702	0.859	1.182	0.847	0	1
冬红短柱茶 <i>C. hiemalis</i>	1.194	1.065	1.130	1.065	0.650	0.833	0.853	0.793	0.900	0.729	1.037	0.958	1.016	1.099	1.035	0	1
钝叶短柱茶 <i>C. obtusifolia</i>	0.550	0.869	0.803	0.663	1.224	1.178	1.223	1.073	1.137	0.929	1.245	0.647	0.693	1.060	0.983	0	1
樱花短柱茶 <i>C. maliflora</i>	1.395	1.228	1.212	1.127	1.304	1.222	1.075	1.222	1.132	0.914	1.343	1.137	0.927	1.016	0.943	0	1
陕西短柱茶 <i>C. shenstensis</i>	0.712	0.811	0.897	0.983	0.857	0.977	0.960	0.892	0.840	0.860	0.759	0.725	1.036	0.995	0.959	1	1
粉红短柱茶 <i>C. puniceiflora</i>	0.856	0.994	0.976	0.818	1.005	0.956	0.966	1.034	1.003	0.936	1.281	0.767	0.921	1.058	0.903	0	1
大姚短柱茶 <i>C. tenui</i>	2.458	1.649	1.651	1.506	1.300	1.054	1.106	1.283	1.359	1.134	0.835	1.970	1.331	0.853	0.919	0	1
细叶短柱茶 <i>C. microphylla</i>	0.487	0.653	0.695	0.674	0.455	0.659	0.700	0.846	0.841	1.053	0.970	0.549	0.913	1.290	0.892	0	1
琉球短柱茶 <i>C. miyogii</i>	0.636	0.788	0.812	0.854	0.451	0.674	0.672	0.757	0.855	1.157	0.867	0.846	0.960	0.849	1.163	0	1
芳香短柱茶 <i>C. odorata</i>	1.538	1.433	1.280	1.020	1.646	1.503	1.295	1.071	0.897	1.337	1.019	1.368	1.438	0.774	0.995	1	1
褐枝短柱茶 <i>C. phaeoclada</i>	0.489	0.668	0.724	0.797	0.546	0.709	0.723	0.839	0.881	0.762	1.210	0.839	0.914	1.039	0.945	0	1

AAD, 上表皮细胞面积大小; PAD, 上表皮细胞周长; LAD, 上表皮细胞最大长度; WAD, 上表皮细胞最小宽度; AAB, 下表皮细胞面积大小; PAB, 下表皮细胞周长; LAB, 下表皮细胞最长宽度; WAB, 下表皮细胞最短宽度; LST, 气孔长轴长; HSG, 保卫细胞轴长; TL, 叶片总厚度; ADL, 叶片总厚度; ADL, 上表皮细胞厚度与叶片总厚度比例; ABL, 下表皮细胞厚度与叶片总厚度比例; PPL, 栅栏组织厚度与叶片总厚度比例; SPL, 海绵组织厚度与叶片总厚度比例; GL, 腺点有无(1, 有; 0, 无); PH, 叶柄毛有无(1, 有; 0, 无)。
 AAD, area of adaxial epidermal cell; PAD, perimeter of adaxial epidermal cell; LAD: maximum length of adaxial epidermal cell; WAD: minimum width of adaxial epidermal cell; AAB: area of abaxial epidermal cell; PAB: perimeter of abaxial epidermal cell; LAB: maximum length of abaxial epidermal cell; WAB: minimum width of abaxial epidermal cell; LST: long axis of stomata; HSG: vertical width of stomata guard cell; TL: thickness of leaf; ADL: the proportion between adaxial epidermal cell and leaf in thickness; ABL: the proportion between abaxial epidermal cell and leaf in thickness; PPL: the proportion between palisade parenchyma and leaf in thickness; SPL: the proportion between spongy parenchyma and leaf in thickness; GL: the existence of gland (1, yes; 0, no); PH: the existence of petiolar hair (1, yes; 0, no).

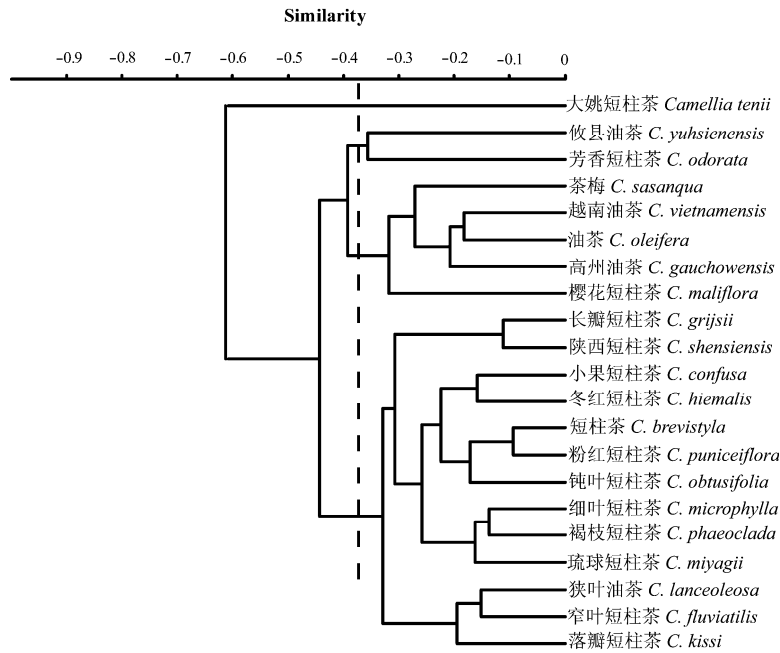


图38 基于17个叶解剖性状的21种油茶组和短柱茶组植物亲缘关系聚类图

Fig. 38 Genetic relationship dendrogram of 21 species representing sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* based on 17 leaf anatomical characters.

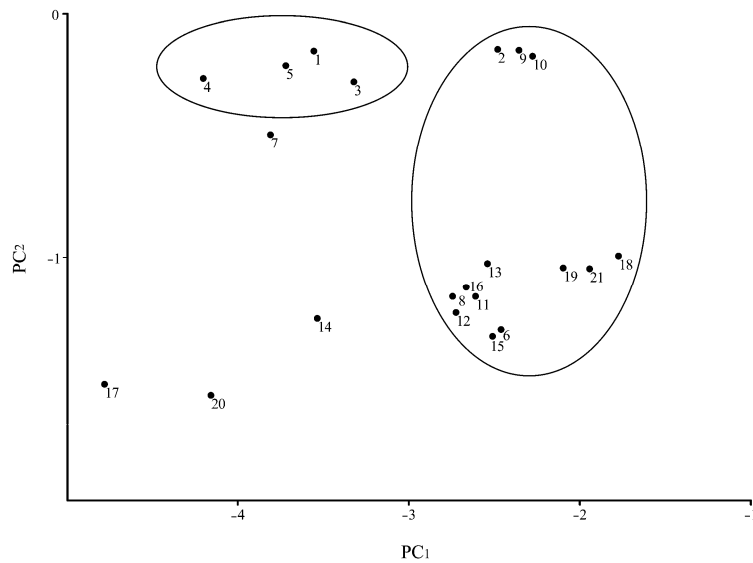


图39 基于17个叶解剖性状的21种油茶组和短柱茶组植物PCA排序(图中材料序号同表1)

Fig. 39. PCA scatter diagram of 21 species representing sect. *Oleifera* and sect. *Paracamellia* based on 17 leaf anatomical characters (The assigned codes are the same as in Table 1).

与油茶组关系接近。因此推断樱花短柱茶可能为油茶组某一植物栽培种或不同植物间的重瓣杂交种。冬红短柱茶花外观形态与樱花短柱茶相似。高继银等(2005)认为冬红短柱茶为携带有山茶 *C. japonica*

L.遗传特征的茶梅半重瓣杂交种。但是从我们的分析结果来看, 冬红短柱茶与茶梅距离较远, 且明显属于短柱茶组。此结果可为张宏达和Bartholomew (1984)根据冬红短柱茶的雄蕊和花柱较短、花瓣基

部离生等特征认为它是一个区别明显的原种而归入短柱茶组提供叶解剖学证据。

3.3 关于大姚短柱茶的归组问题

大姚短柱茶是Sealy (1958)发现的种。其叶卵形;花顶生、单生或并生,苞被片内侧近圆形,花瓣白色,基部与花丝相连;雄蕊2-3轮,子房有长粗毛;花柱3枚,无毛。张宏达(1981)将其归为短柱茶组,而闵天禄(1999)根据大姚短柱茶苞萼宿存,花丝仅基部合生,花柱3枚离生,果皮粗糙等性状将其归入离蕊茶组sect. *Corallina* Sealy中。我们的聚类结果和主成分分析表明大姚短柱茶与其他种相差较大:叶总厚度小,且其上下表皮细胞所占叶片厚度的比例大;栅栏组织仅为一层;并且大姚短柱茶叶上表皮细胞的面积可达 $2000 \mu\text{m}^2$,远大于其他种;其气孔器也大于其他植物的,气孔长度约为 $40 \mu\text{m}$ 。这些数据都支持闵天禄(1999)的处理。

3.4 关于油茶组和短柱茶组植物种的合并问题

3.4.1 狭叶油茶与窄叶短柱茶 狭叶油茶与窄叶短柱茶为山茶属中叶片最狭窄的两种,两者形态基本相同:叶均革质,狭披针形或窄披针形,花丝均近离生或多少合生。研究发现它们表皮细胞大小相似,气孔长轴大小相近,栅栏组织和海绵组织所占比例似乎相同,均无腺点和叶柄毛,上、下表皮细胞为异形。聚类分析和主成分分析结果表明两者较接近短柱茶组,故支持闵天禄(2000)将狭叶油茶作为窄叶短柱茶变种处理。

3.4.2 细叶短柱茶和褐枝短柱茶 聚类分析和主成分分析表明细叶短柱茶和褐枝短柱茶叶解剖特征相似,亲缘关系接近。两者叶上表皮细胞大小、气孔长度、保卫细胞宽度均相似,无腺点,具叶柄毛。细叶短柱茶和褐枝短柱茶在形态学上也较接近,两者老枝均褐色,叶具小瘤状突起。因此判断两者有较近亲缘关系。但细叶短柱茶和褐枝短柱茶叶片有明显不同,细叶短柱茶叶片长 $1.5-2.5 \text{ cm}$,为短柱茶组中最小,而褐枝短柱茶叶片狭长圆形,长 $4-5.5 \text{ cm}$ 。这可能是两者分布地区环境不同导致物种形态定向演化的结果。细叶短柱茶原产地为安徽、浙江、湖南、贵州、江西,而褐枝短柱茶多产云南及四川(张宏达,任善湘,1998)。故建议将褐枝短柱茶作为细叶短柱茶的亚种。

3.4.3 短柱茶、钝叶短柱茶和粉红短柱茶 闵天禄(2000)根据短柱茶、钝叶短柱茶以及粉红短柱茶花

小,果小,1室发育,种子1粒,叶倒卵型至卵状长圆形、表面侧脉清晰或略突等特点将三者合并,并重新命名为短柱油茶 *C. brevistyla* (Hayata) Coh. Stuart。我们的分析结果赞成其观点,并且三者下表皮细胞的垂周壁都是浅波状,保卫细胞宽度接近相同,栅栏组织均可见3层等特征均可作为支持依据。

3.4.4 长瓣短柱茶和陕西短柱茶,芳香短柱茶和攸县油茶 闵天禄(2000)根据长瓣短柱茶、陕西短柱茶、攸县油茶以及芳香短柱茶等4种下表皮有腺点分布,将长瓣短柱茶和芳香短柱茶合并为攸县油茶,并将陕西短柱茶为攸县油茶变种处理。我们的聚类分析结果表明,应将长瓣短柱茶和陕西短柱茶合并,但芳香短柱茶和攸县油茶不应合并。长瓣短柱茶和陕西短柱茶上下表皮细胞面积大小相近,但与攸县油茶相差较大。前两者均有叶柄毛,但攸县油茶无。且主成分分析表明长瓣短柱茶和陕西短柱茶距离接近可以合并,但与攸县油茶相差较远。叶解剖特征分析显示芳香短柱茶和攸县油茶与其他种间差异较大,且两者之间差异也较大。虽然外观形态无明显区别,但攸县油茶上表皮细胞浅波状而芳香短柱茶为波状,且两者上表皮细胞大小、气孔长度、保卫细胞宽度以及叶厚度均有明显不同,因此不支持将这两者合并。另外聚类分析及主成分分析均表明两者与油茶组及短柱茶组植物的距离相差均较大。且芳香短柱茶和攸县油茶叶下表皮具腺点这一明显特征与油茶组植物不符。因此,建议将芳香短柱茶和攸县油茶另立成组或根据山茶属其他组的叶解剖特征将其归入其他组。鉴于目前对芳香短柱茶和攸县油茶研究较少,且多为园艺应用方面,未能获得更多的分组依据,有待进一步深入研究。梁国鲁等(1994)根据子房5室的种的核型由m和sm型染色体构成,子房三室的种的核型由m、sm和st型染色体构成,将核型用于分类。但油茶组和攸县油茶在这方面仅限于染色体数目的研究上,并且从二倍体到六倍体均有(Konodo, 1990),因此也无法从细胞学方面获得支持依据。

3.5 叶解剖特征在系统分类方面的应用

Metcalf (1987)认为在科及科以上水平,气孔器的结构与系统发育没有直接的相关关系,但在同一科植物内,结合其他的演化性状,不同的气孔器类型之间具有分类学意义。光学显微镜下观察的山茶属各物种叶的表皮气孔器均一致为环列型,气孔

器全部分布于叶下表皮, 说明气孔器类型在属的确定中有较大意义, 但在研究属以下种的分类时作用不大。数据分析表明气孔长度、腺点有无、上下表皮细胞大小等对组间分类均具有一定意义。同时叶表皮细胞的垂周壁式样在各物种间有一定差异, 叶片上下表皮细胞同形或异形, 表皮细胞垂周壁浅波状或波状等可作为区分种或变种的特征。敖成齐等(2002)通过对山茶属植物叶表皮形态的观察认为叶表皮的微形态特征可作为区分种或变种的依据, 但与植物的外部形态特征无相关性。我们的研究发现通过其叶微形态特征可将油茶组和短柱茶组的植物较好地地区分, 并且如狭叶油茶与窄叶短柱茶等形态学性状相似的种, 其叶的解剖学特征也相近。因此, 本文肯定叶表皮的微形态特征和叶的解剖学特征对种间亲缘关系探讨具有一定意义。

致谢 本研究得到浙江师范大学2006年度实验室开放项目(No. 110)的资助, 浙江师范大学化学与生命科学学院姜波和沈锦波同学在实验材料采集和部分实验方面给予大力支持和帮助, 在此深表谢意。

参考文献

- Ao C-Q (敖成齐), Chen G-X (陈功锡), Zhang H-D (张宏达). 2002. Leaf epidermis morphology of *Camellia* and its taxonomic significance. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究) 24: 68–74.
- Baranova M. 1972. Systematic anatomy of the leaf epidermis in the Magnoliaceae and some related families. *Taxon* 21: 447–469.
- Baranova M. 1987. Historical development of the present classification of morphological types of stomata. *Botanical Review* 53: 53–79.
- Baranova M. 1992. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. *Botanical Review* 58 (1): 49–100.
- Chang H-T (张宏达). 1981. A taxonomy of the genus *Camellia*. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报)(monographic series) 1: 1–180.
- Chang H-T (张宏达), Bartholomew B. 1984. *Camellias*. Oregon: Timber Press.
- Chang H-T (张宏达), Ren S-X (任善湘). 1998. Theaceae. In: *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* (中国植物志). Beijing: Science Press. 49 (3): 1–194.
- Chen L (陈亮), Yu F-L (虞富莲), Tong Q-Q (童启庆). 2000. Discussions on phylogenetic classification and evolution of sect. *Thea*. *Journal of Tea Science* (茶叶科学) 20 (2): 89–94.
- Gao J-Y (高继银), Parks CR, Du Y-Q (杜跃强). 2005. Collected species of the genus *Camellia* an illustrated outline (山茶属植物主要原种彩色图集). Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press. 168–196.
- Konodo K. 1990. Chromosome numbers of some Chinese species of *Camellia*. *Botanical Research Institute Report* 5: 1–9.
- Li G-Q (李广清), Sun L (孙立), Liu Y (刘燕). 2005. Pollen features of 6 species in sect. *Theopsis* of genus *Camellia*. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报) 13: 40–44.
- Liang G-L (梁国鲁), Lin M-J (林蒙嘉), Zhou C-Q (周才琼), Chen J-Y (陈家玉), Liu J-S (刘君素). 1994. Karyotype variation and evolution of sect. *Thea* in Guizhou. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报) 32: 308–315.
- Metcalfe CR. 1987. *Anatomy of the dicotyledons*: Vol. III. 2nd ed. Oxford: Oxford Sci Publications. 128–137.
- Ming T-L (闵天禄). 1999. A systematic synopsis of the genus *Camellia*. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究) 21: 149–159.
- Ming T-L (闵天禄). 2000. *Monograph of the genus Camellia* (世界山茶属的研究). Kunming: Yunnan Science and Technology Press.
- Paul S, Wachira FN, Powell W, Waugh R. 1997. Diversity and genetic differentiation among population of Indian and Kenyan tea (*Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze) revealed by AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 94: 255–263.
- Scatena VL, Giuletta AM, Borba EL, Berg C. 2005. Anatomy of Brazilian Eriocaulaceae: correlation with taxonomy and habitat using multivariate analyses. *Plant Systematics and Evolution* 253: 1–22.
- Sealy JR. 1958. A revision of the genus *Camellia*. London: The Royal Horticultural Society. 1–239.
- Shi S-H (施苏华), Tang S-Q (唐绍清), Chen Y-Q (陈月琴), Qu L-H (屈良鹤), Chang H-T (张宏达). 1998. Phylogenetic relationships among eleven yellow-flowered *Camellia* species based on random amplified polymorphic DNA. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报) 38: 317–322.
- Stace CA. 1984. The taxonomic importance of the leaf surface. In: Heywood VH, Moore DM eds. *Current concepts in plant taxonomy*. London: Academic Press. 76–80.
- Wachira FN. 1996. Genetic diversity in tea revealed by random amplified polymorphic DNA markers. *Tea* 17 (2): 60–68.
- Wachira FN. 1997. Characterization and estimation of genetic relatedness among heterogeneous population of commercial tea clones by random amplification of genomic DNA sample. *Tea* 18 (1): 11–20.
- Wang R-X (王任翔), Hu C-H (胡长华), Liang S-Y (梁盛业), Huang S-D (黄松殿). 2002. Studies on the characters of foliar surface under SEM in sect. *Chrysantha*. *Guangxi Forestry Science* (广西林业科学) 31 (3): 133–136.
- Yang Z-R, Lin Q. 2005. Comparative morphology of the leaf epidermis in *Schisandra* (Schisandraceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 148: 39–56.