

杜鹃花属植物花粉形态及其分类学意义

王玉国^{1,2}, 李光照¹, 漆小雪¹, 欧祖兰¹

(1. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 复旦大学 生物多样性科学研究所, 上海 200433)
中国科学院

摘要: 利用扫描电子显微镜对5个亚属20种杜鹃花属植物的花粉形态进行了观察和比较研究, 其中大部分(16种)为首次报道。杜鹃花属花粉均为四合花粉, 呈正四面体排列。四合体为圆角三角形, 连接紧密。单粒花粉为球形或近球形, 具三沟孔。在扫描电镜下, 除了杜鹃亚属的百合杜鹃、羊躑躅亚属的羊躑躅以及马银花亚属的马银花组具有明显的纹饰特征之外, 其它类群的形态特征相互重叠, 不足以作为现有亚属的分类依据。花粉粒具不同的外壁纹饰, 可为分类研究提供孢粉学方面的证据, 但应慎重应用花粉形态对杜鹃花属植物特定种进行分类鉴定。

关键词: 杜鹃花属; 花粉形态; 四合花粉; 分类学意义

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)02-0113-07

Pollen morphology of *Rhododendron* and its taxonomic implication

WANG Yu-guo^{1,2}, LI Guang-zhao¹, QI Xiao-xue¹, OU Zu-lan¹

(1. *Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and Academia Sinica, Guilin 541006, China*; 2. *Institute of Biodiversity Science, Fudan University(IBSFU), Shanghai 200433, China*)

Abstract: Pollen grains of 20 species of 5 subgenera in the genus *Rhododendron* L. were observed by scanning electron microscope(SEM). Most of them(16 species) were examined for the first time. All of them are arranged in tetrahedral tetrad and the shape of tetrad is orbicular triangle and adjoin tightly. Pollen grain of *Rhododendron* are spheroidal or subspheroidal with tricolporate. Among the different subgenus, only three taxa, subgen. *Rhododendron* (e. g., *R. liliiflorum*), subgen. *Azaleastrum* (e. g., *R. ovatum*, *R. mitriforme*, *R. bachi*) and subgen. *Pentanthera* (e. g., *R. molle*), can easily be distinguished from the rest taxa, in which pollen morphological characteristics are overlapped each other. The difference of pollen exine sculpture between sections in the genus can provide palynology proof for further taxonomy. However, the identification of some certain species in *Rhododendron* by morphological data of pollen should be analyzed carefully.

Key words: *Rhododendron*; pollen morphology; tetrad; taxonomic significance

杜鹃花属是杜鹃花族中最大的属, 约有1000种, 东亚和东南亚是该属的多样化和现代分布中心(方瑞征等, 1999)。不同学者对该属的范畴和属下分类处理有不同观点(Sleumer, 1940, 1980; Cullen, 1980; Philopson 等, 1986; Kron, 1990; Chamberlain 等, 1990; Chamberlain 等, 1996)。在前人研究的基

础上, 我国学者在中国植物志中将杜鹃花属分为9个亚属, 即杜鹃亚属、毛枝杜鹃亚属、糙叶杜鹃亚属、迎红杜鹃亚属、常绿杜鹃亚属、马银花亚属、羊躑躅亚属、映山红亚属和叶状苞亚属。这些亚属划分的依据主要是它们的花、果、种子、枝、叶等的形态特征, 但作为分类依据的花粉形态特征并没有得到重视。

收稿日期: 2005-04-15 修回日期: 2005-10-25

基金项目: 国家自然科学基金(30400024); 广西自然科学基金(9912017)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China(30400024); Natural Science Foundation of Guangxi (9912017)].

作者简介: 王玉国(1970-), 男, 黑龙江甘南县人, 博士, 从事植物系统发育与进化研究。

关于杜鹃花属花粉形态研究,国内外已有一些报道(额尔特曼,1962;王伏雄等,1997;张金谈等,1990;蓝盛银等,1996;毛加宁,2000;毛子军等,2000a,b;高连明等,2002a,b)。

毛子军等(2000a,b)分别对我国东北的杜鹃花属 6 种,1 变种,1 变型和杜鹃花科 4 属植物的花粉形态进行了光学显微镜和扫描电子显微镜观察。认为杜香属的花粉为三拟孔沟,两沟之间部分呈瘪陷状等特征而与杜鹃属相区别,具有属的差异。因而不支持将杜香属归并到杜鹃花属作为有鳞杜鹃亚属

中一个亚组的观点。并根据杜香属四合花粉直径在 34~37 μm 之间,花粉粒表面纹饰为颗粒状或团块状不规则突起等,与杜鹃花属的某些种类很相似,认为杜香属与杜鹃花属之间可能有较近的亲缘关系。高连明等(2002a,b)对杜鹃花属广义马银花亚属和杜鹃花属 4 个亚属的 25 种以及仿杜鹃属(*Menziesia* Smith)1 种植物花粉形态进行了系统的比较研究。

本文利用扫描电子显微镜对杜鹃花属 5 个亚属 20 种植物进行花粉形态的观察,以期揭示杜鹃花属各亚属之间的系统发育关系,结合前人的研究结果,

表 1 材料来源表

Table 1 Source of the *Rhododendron* species in this study

| |
|---|
| 常绿杜鹃亚属 subgen. <i>Hymenantes</i> (Blume) K. Koch 常绿杜鹃组 sect. <i>Ponticum</i> G. Don |
| 云锦杜鹃亚组 subsect. <i>Fortunea</i> Sleumer |
| 1. 云锦杜鹃(天目杜鹃) <i>R. fortunei</i> Lindl., 邱莲卿、陆瑞林 1823, 浙江天台山华顶; |
| 2. 广福杜鹃 <i>R. kwangfuense</i> Chun et Fang, 杜鹃组 017, 广西花坪红滩笔架山纸厂塘; |
| 3. 喇叭杜鹃 <i>R. discolor</i> Franch., 花粉样品, 采集人采集地不详; |
| 4. 长圆团叶杜鹃 <i>R. orbiculare</i> Decne subsp. <i>oblongum</i> W. K. Hu, 李光照 12080, 广西兴安猫儿山至塘垌途中; |
| 5. 猫儿山杜鹃 <i>R. maoerense</i> Fang et G. Z. Li, 李光照等 12112, 广西兴安猫儿山安堂坪; |
| 麻花杜鹃亚组 subsect. <i>Maculifera</i> Sleumer |
| 6. 厚叶杜鹃 <i>R. pachyphyllum</i> Fang, 李光照 12210, 猫儿山叉岭; |
| 7. 南华杜鹃(猴头杜鹃) <i>R. simiarum</i> Hance, 杜鹃组 022, 金秀圣堂山石墙; |
| 8. 变色杜鹃 <i>R. versicolor</i> Chun et Fang, 杜鹃组 013, 花坪红滩; |
| 火红杜鹃亚组 subsect. <i>Neriiiflora</i> Sleumer |
| 9. 大橙杜鹃(爬沙界杜鹃) <i>R. dachengense</i> G. Z. Li, 杜鹃组 009, 金秀罗运腊河白沙界; |
| 10. 圣堂杜鹃(石墙杜鹃) <i>R. dachengense</i> G. Z. Li var. <i>scopulum</i> G. Z. Li, 杜鹃组 010, 金秀圣堂山石墙边山坡; |
| 马银花亚属 subgen. <i>Azaleastrum</i> Planch. |
| 马银花组 sect. <i>Azaleastrum</i> Planch. |
| 11. 马银花 <i>R. ovatum</i> (Lindl.) Planch. ex Maxim., 杜鹃组 008, 金秀莲花山; |
| 12. 头巾杜鹃 <i>R. mitri forme</i> Tam, 杜鹃组 001, 金秀老山银杉保护区; |
| 13. 巴氏杜鹃(腺萼杜鹃, 腺萼马银花) <i>R. bachii</i> Lévl., 杜鹃组 021, 临桂中江界头; |
| 长蕊组 sect. <i>Choniastum</i> Franch. |
| 14. 鹿角杜鹃(岩杜鹃) <i>R. latoucheae</i> Franch., 钟济新 93735, 临桂潮田七分山; |
| 15. 十万大山杜鹃 <i>R. shiwandashanense</i> Tam, 陈少卿 4683 (Typus!), 上思(具体地点不详); |
| 羊躑躅亚属 subgen. <i>Pentanthera</i> (G. Don) Pojarkova |
| 16. 羊躑躅(黄花杜鹃) <i>R. molle</i> (Bl.) G. Don, 陈少卿 3032, 广东乐昌; |
| 映山红亚属 subgen. <i>Tsutsusi</i> (G. Don) Pojarkova |
| 映山红组 sect. <i>Tsutsusi</i> Sweet |
| 17. 美丽杜鹃 <i>R. bellum</i> Fang et G. Z. Li, 李光照 11526, 猫儿山叉岭; |
| 18. 美艳杜鹃 <i>R. pulchroides</i> Chun et Fang, 李光照 12303, 花坪红滩笔架河边; |
| 19. 钝圆杜鹃 <i>R. kwangxiense</i> var. <i>obovatifolium</i> Tam, 方鼎等采集号不详, 那坡百都弄化弄布; |
| 杜鹃亚属 subgen. <i>Rhododendron</i> |
| 杜鹃组 sect. <i>Rhododendron</i> |
| 有鳞杜鹃亚组 subsect. <i>Maddenia</i> (Hutch.) Sleumer |
| 20. 百合杜鹃 <i>R. liliiflorum</i> Lévl., 杜鹃组 014, 花坪红滩。 |

探讨杜鹃花族属间的系统关系和花粉分析在杜鹃花种的鉴定的应用价值,为杜鹃花科的分类学研究提供孢粉学证据。

1 材料与方 法

花粉材料来源于野外采集、桂林植物园引种栽培的种类或取自广西植物研究所标本馆的腊叶标本。样品来源见表 1。凭证标本存于广西植物研究

所标本馆(IBK)。测试前将花粉材料用蒸馏水清洗后,经 30%~95% 酒精逐级脱水,晾干后用双面胶将处理后的花粉固定在样品台上,经喷金镀膜,在 Hitachi-S450 型扫描电子显微镜下观察并拍照。

2 观察结果

2.1 杜鹃花属植物花粉的一般特征

杜鹃花属植物花粉均为四合花粉,呈正四面体

排列。四合体呈圆角三角形,直径基本介于高连明等(2002)所报道的 28.10~67.42 μm 之间。单粒花粉为球形或近球形,具三沟孔,孔呈 120° 等距离排列,相邻花粉粒上的沟相连,并且相通。沟通常是与相邻花粉粒靠近的一端平,而向着花粉粒极面的一端尖。沟长约 9~20 μm 。花粉粒表面或多或少

具粘丝。在扫描电镜下,花粉粒呈现出粗糙、不明显聚颗粒状和细密聚颗粒状等不同纹饰。

2.2 不同种的花粉形态描述

隶属于不同亚属、不同组的不同植物之间,在四合体形状、花粉大小、萌发孔大小和花粉外壁纹饰等方面上存在一定差异,详见表 2。

表 2 杜鹃花属植物花粉形态特征

Table 2 The morphological characters of pollen grain of *Rhododendron*

| 分类群 Taxon | 四合体形状 Tetral shape | 外壁纹饰 Exine sculpture | 图 1-36 Figs. 1-36 |
|---|-----------------------|---|----------------------|
| 喇叭杜鹃 <i>R. discolor</i> (HPF) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 1-2 |
| 云锦杜鹃 <i>R. fortunei</i> (HPF) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 3 |
| 广福杜鹃 <i>R. kwangfuense</i> (HPF) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 4-5 |
| 长圆团叶杜鹃 <i>R. orbiculare</i> subsp. <i>oblongum</i> (HPF) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 6 |
| 猫儿山杜鹃 <i>R. maoerense</i> (HPF) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 7-8 |
| 厚叶杜鹃 <i>R. pachyphyllum</i> (HPM) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 9-10 |
| 南华杜鹃 <i>R. simiarum</i> (HPM) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 11-12 |
| 变色杜鹃 <i>R. versicolor</i> (HPM) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 13-14 |
| 圣堂杜鹃 <i>R. dachengense</i> var. <i>scopulum</i> (HPN) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 15-16 |
| 大橙杜鹃 <i>R. dachengense</i> (HPN) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列紧密的致密聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 17-18 |
| 巴氏杜鹃 <i>R. bachii</i> (AA) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列疏松的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 19-20 |
| 马银花杜鹃 <i>R. ovatum</i> (AA) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列疏松的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 21-22 |
| 头巾杜鹃 <i>R. mitri forme</i> (AA) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为排列疏松的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显 | 图 23-24 |
| 鹿角杜鹃 <i>R. latoucheae</i> (AC) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为排列致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰近光滑 | 图 25 |
| 十万大山杜鹃 <i>R. shiwandashanense</i> (AC) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为排列致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰近光滑 | 图 26-27 |
| 黄花杜鹃 <i>R. molle</i> (P) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区为不明显的聚颗粒状或排列致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域纹饰不明显或近光滑 | 图 28-29 |
| 美丽杜鹃 <i>R. bellum</i> (TT) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区排列为聚颗粒或致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域致密,纹饰不明显 | 图 30-31 |
| 钝圆杜鹃 <i>R. kwangxiense</i> var. <i>obovati folium</i> (TT) | 近球形 Subspheroidal | 花粉粒沟间区排列为聚颗粒或致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域致密 | 图 32-33 |
| 美艳杜鹃 <i>R. pulchroides</i> (TT) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区排列为聚颗粒或致密的聚颗粒状;沟周围与极面区域致密 | 图 34 |
| 百合杜鹃 <i>R. lili forum</i> (RRM) | 球形 Spheroidal | 花粉粒沟间区为疏松的聚颗粒状;极面区域纹饰明显 | 图 35-36 |

注:属下分类等级缩写:HPF=常绿杜鹃亚属 常绿杜鹃组 云锦杜鹃亚组;HPM=常绿杜鹃亚属 常绿杜鹃组 麻花杜鹃亚组;HPN=常绿杜鹃亚属 常绿杜鹃组 火红杜鹃亚组;AA=马银花亚属 马银花组;AC=马银花亚属 长蕊组;P=羊躑躅亚属;TT=映山红亚属 映山红组;RR=杜鹃亚属 杜鹃组 有鳞杜鹃亚组。

Note: Abbreviation of infrageneric rank; HPF=subgen. *Hymenanthes* sect. *Ponticum* subsect. *Fortunea*; HPM=subgen. *Hymenanthes* sect. *Ponticum* subsect. *Maculifera*; HPN=subgen. *Hymenanthes* sect. *Ponticum* subsect. *Neriflora*; AA=subgen. *Azaleastrum* sect. *Azaleastrum*; AC=subgen. *Azaleastrum* sect. *Choniastum*; P=subgen. *Pentanthera*; TT=subgen. *Tsutsusi* sect. *Tsutsusi*; RRM=subgen. *Rhododendron* sect. *Rhododendron* subsect. *Maddenii*.

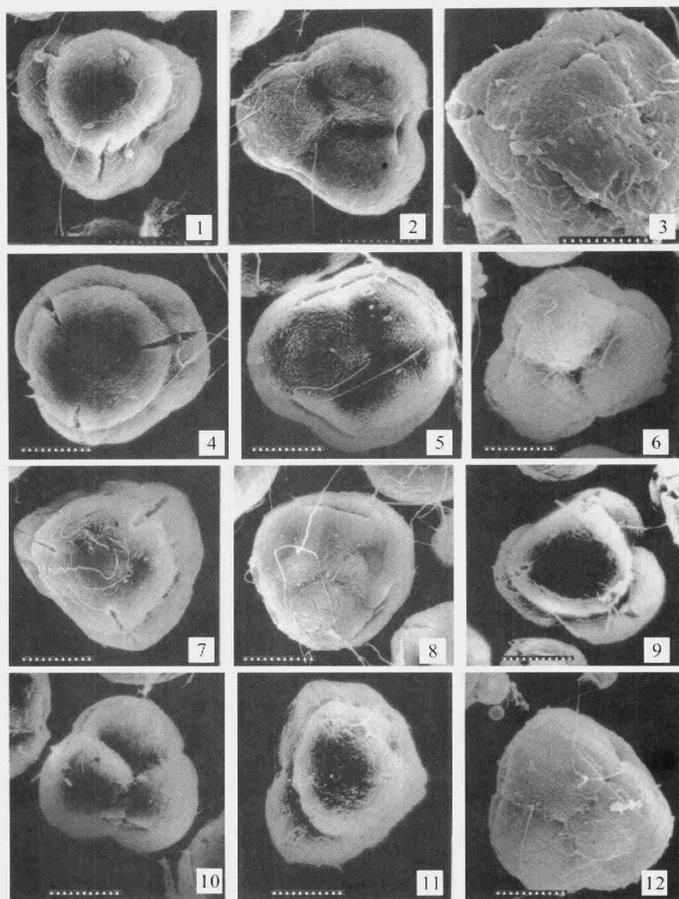


图 1-12 扫描电镜下杜鹃花属植物花粉形态 1,2:喇叭杜鹃; 3:云锦杜鹃; 4,5:广福杜鹃; 6:长圆团叶杜鹃; 7,8:猫儿山杜鹃; 9,10:厚叶杜鹃; 11,12:南华杜鹃 (1-2,4-12; 标尺=20 μmm; 3; 标尺=15 μmm)。

Figs. 1-12 Pollen morphology of *Rhododendron* under SEM 1,2;*R. discolor*; 3;*R. fortunei*; 4,5;*R. kwangfuense*; 6;*R. orbiculare* subsp. *oblongum*; 7,8;*R. maoerense*; 9,10;*R. pachyphyllum*; 11,12;*R. simiarum*(1-2,4-12; Scan bar =20 μmm; 3; Scan bar=15 μmm).

3 讨论

3.1 杜鹃花属各亚属间的花粉形态差异

本研究涉及杜鹃花属常绿杜鹃亚属、马银花亚

属、羊躑躅亚属、映山红亚属和杜鹃亚属等 5 个亚属。从扫描电镜下的花粉形态看,除了杜鹃亚属的百合杜鹃、羊躑躅亚属的羊躑躅以及马银花亚属的马银花组(巴氏杜鹃、马银花杜鹃和头巾杜鹃)具有明显的纹饰特征之外,其它类群的形态特征相互重

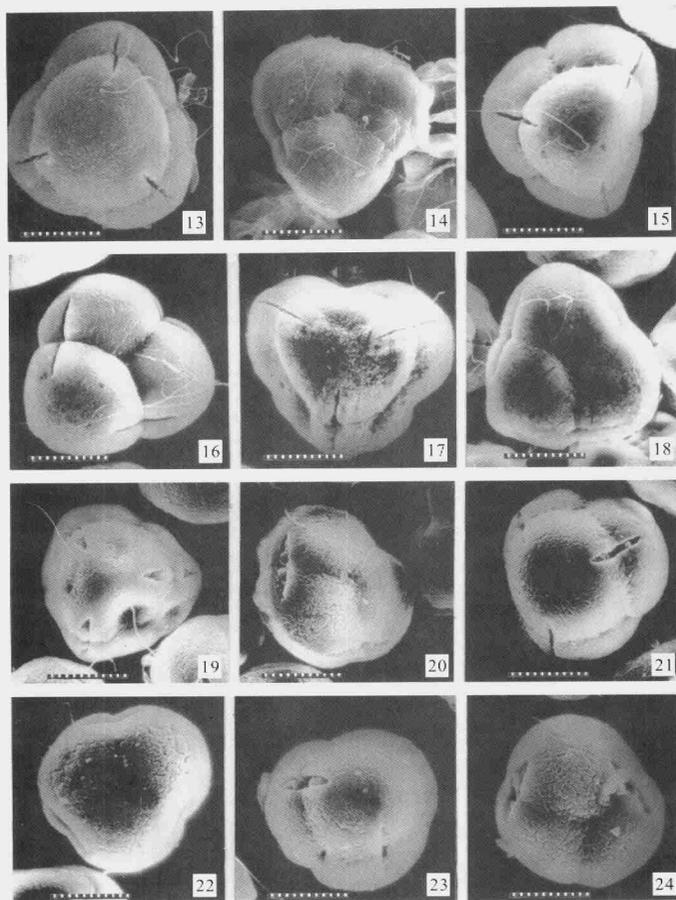


图 13-24 13-14; 变色杜鹃; 15-16; 圣堂杜鹃; 17-18; 大橙杜鹃; 19-20; 巴氏杜鹃; 21-22; 马银花杜鹃; 23-24; 头巾杜鹃(13-24; 标尺=20 μm)。

Figs. 13-24 13-14; *R. versicolor*; 15-16; *R. sp.*; 17-18; *R. dachengense*; 19-20; *R. bachii*; 21-22; *R. ovatum*; 23-24; *R. mitri forme*(13-24; Scan bar=20 μm).

叠, 不足以作为现有亚属的分类依据, 而将各个亚属明显区分开来。高连明等(2002)认为, 花粉分析不能作为区分杜鹃花属亚属的主要特征, 但在分类学研究中可以作为一个重要的辅助手段, 也主要是基于花粉形态在亚属间存在交叉。分子系统发育研

究, 如叶绿体 *matK* 基因和 *trnK* 内含子片段(Karashige 等, 1998, 2001)和核糖体 DNA ITS 区(高连明等, 2002c, d, 2003)的序列分析, 曾对经典分类中各亚属划分的合理性进行过检验。不排除一些明显的花粉特征可能支持特定的单系分支, 如同属

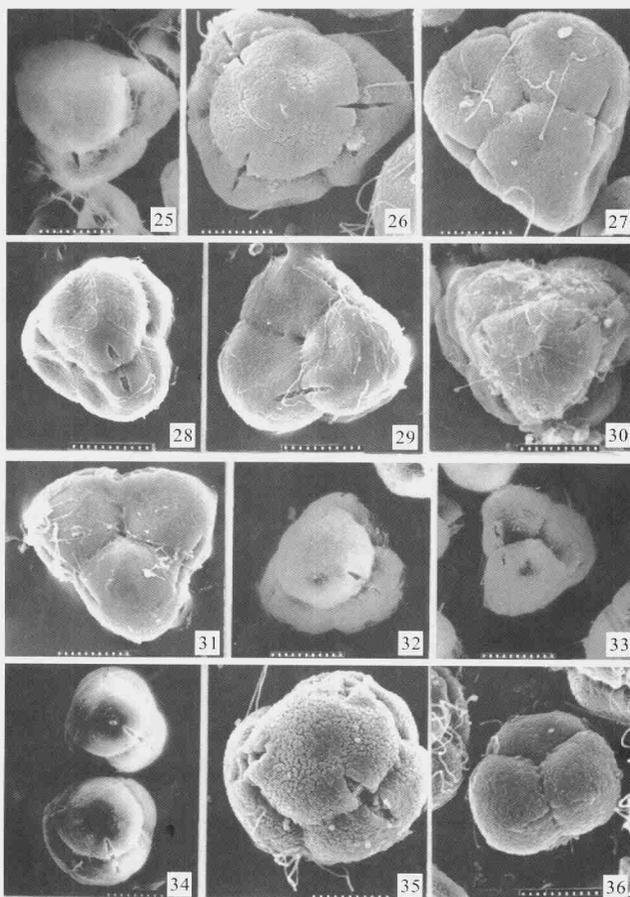


图 25-36 25: 岩杜鹃; 26-27: 十万大山杜鹃; 28-29: 黄花杜鹃; 30-31: 美丽杜鹃; 32-33: 钝圆广西杜鹃; 34: 美艳杜鹃; 35-36: 百合杜鹃(25, 29-31, 33; 标尺=20 μm ; 26-27; 标尺=15 μm ; 28, 35-36; 标尺=23.1 μm ; 32; 标尺=17.6 μm ; 34; 标尺=30 μm)。

Figs. 25-36 25: *R. latouchae*; 26-27: *R. shiwandashanense*; 28-29: *R. molle*; 30-31: *R. bellum*; 32-33: *R. kwangxiense* var. *obovatifolium*; 34: *R. pulchroides*; 35-36: *R. liliiflorum* (25, 29-31, 33; Scan bar=20 μm ; 26-27; Scan bar=15 μm ; 28, 35-36; Scan bar=23.1 μm ; 32; Scan bar=17.6 μm ; 34; Scan bar=30 μm).

于 APG 系统杜鹃花目的山矾科植物花粉资料, 为该科的系统发育提供了重要证据(Wang 等, 2004)。

3.2 花粉分析在组或亚组间的分类学意义

高连明等(2002)认为在同一亚属内, 花粉特征

对于分组或分亚组具有重要的分类学意义。在本研究中, 常绿杜鹃组与同亚属的不同组, 虽然都是四合花粉, 但在大小和表面纹饰上仍存在一些区别, 这种区别却小于其相似程度, 不足以区分不同的组。但

在马银花亚属中,马银花组和长蕊组区别明显,通常这可能被理解为具有分组意义,但这一结果更可能暗示着传统的分组存在不合理性,比如高连明等(2003)就曾建议,将 Sleumer 系统中马银花属 4 个组提升为亚属等级比较合理。有待于结合其它证据,对这两者的系统发育关系进行深入的探讨。

3.3 花粉形态差异在种间的应用

从花粉的表面纹饰看,同属于常绿杜鹃亚属常绿杜鹃组的喇叭杜鹃、广福杜鹃和云锦杜鹃形态接近。但从花粉大小和萌发孔大小看,广福杜鹃均与喇叭杜鹃更为接近,而与云锦杜鹃差别较大。本研究结果支持《中国植物志》将其归并入喇叭杜鹃的观点,不支持李光照(1995)将其并入云锦杜鹃,后定为云锦杜鹃的变种的处理。毛子军等(2000a)认为杜鹃属植物花粉形态具有种间差别,可用于分类学研究。这一结论可能只适于差别较大的种类之间的比较研究。由于在隶属不同亚属的种类之间都存在形态重叠,因此,在应用花粉鉴定不同种类时,应相当慎重。

武汉大学生命科学院张晴川工程师协助拍摄扫描电镜照片,特此致谢。

参考文献:

- 方瑞征,杨汉碧,金存礼. 1999. 中国植物志. 第 57 卷(第 1 分册)[M]. 北京:科学出版社.
- 王伏雄,钱男芬,张玉龙,等. 1977. 中国植物花粉形态[M]. 第 2 版.北京:科学出版社.
- 张金谈,王萍莉,郝海平,等. 1990. 现代花粉应用研究[M]. 北京:科学出版社.
- 蓝盛银,徐珍秀. 1996. 植物花粉剥离观扫描电镜图解[M]. 北京:科学出版社.
- 额尔特曼 G. (王伏雄,等译). 1962. 花粉形态与植物分类[M]. 北京:科学出版社,129—131.
- Chamberlain DF, Rae SJ. 1990. A revision of *Rhododendron* IV. subgenus *Tsutsusi*[J]. *Edinburgh J Bot*, **47**:89—200.
- Chamberlain DF, Hyam R, Argent G, et al. 1996. The genus *Rhododendron*, its classification and synonymy[M]. Edinburgh: Roy Botanic Garden Edinburgh.
- Cullen J. 1980. A revision of *Rhododendron*. I. subgenus *Rhododendron* section *Rhododendron* and *Pogonanthum* [J]. *Notes Royal Botanic Garden Edinburgh*, **39**:1—208.
- Gao LM(高连明), Zhang CQ(张长芹), Li DZ(李德铎), et al. 2002. Pollen morphology of *Rhododendron* subgenus *Azaleastrum*(杜鹃属马银花亚属花粉形态的研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **20**(3):177—181.
- Gao LM(高连明), Zhang CQ(张长芹), Li DZ(李德铎), et al. 2002. Pollen morphology of the *Rhodoreae*(Ericaceae) and its systematic implication(杜鹃花族花粉形态及其系统学意义)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **24**(4):471—482.
- Gao LM, Zhang CQ, Li DZ, et al. 2002. Infrageneric and sectional relationships in the genus *Rhododendron*(Ericaceae) inferred from ITS sequence data[J]. *Acta Bot Sin*, **44**:1 351—1 356.
- Gao LM(高连明), Yang JB(杨俊波), Zhang CQ(张长芹), et al. 2002. Phylogenetic relationship of subgenus *Tsutsusi*(*Rhododendron*) based on ITS sequences[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **24**:313—320.
- Gao LM(高连明), Li DZ(李德铎), Zhang CQ(张长芹). 2003. Phylogenetic relationships of *Rhododendron* section *Azaleastrum*(Ericaceae) based on ITS sequences(基于 ITS 序列探讨杜鹃花属马银花组的系统发育)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **41**(2):173—179.
- Kron KA. 1997. Phylogenetic relationships of *Rhododendroideae*(Ericaceae)[J]. *American J Bot*, **84**(7):973—980.
- Kurashige Y, Mine M, Kobayashi N, et al. 1998. Investigation of sectional relationships in the genus *Rhododendron*(Ericaceae) based on *matK* sequences[J]. *J Japanese Bot*, **73**:143—154.
- Kurashige Y, Etoh JI, Handa T, et al. 2001. Sectional relationships in the genus *Rhododendron*(Ericaceae): evidence from *matK* and *trnK* intron sequences[J]. *Plant Systematics and Evolution*, **228**:1—14.
- Li GZ(李光照). 1995. A revision and geographical distribution of the genus *Rhododendron* in Guangxi(广西杜鹃花属的修订及其地理分布)[J]. *Guihaia*(广西植物), **15**(3):195.
- Mao JN(毛加宁). 2000. A study on pollen morphology of 4 *Azalea*(*Rhododendron*) species(杜鹃花属 4 种植物花粉形态特点研究)[J]. *J Southeast Agric Univ*(西南农业大学学报), **22**(6):525—529.
- Mao ZJ(毛子军), Yang YF(杨永富), Hou LJ(侯丽君). 2000a. A study on the pollen morphology of *Rhododendron* in Northeast of China[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **20**(1):58—62.
- Mao ZJ(毛子军), Yang YF(杨永富), Hou LJ(侯丽君). 2002b. A study on the pollen morphology of 4 genera of family Ericaceae in Northeast of China[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **20**(2):168—172.
- Philipson MN, Philipson WR. 1982. A preliminary synopsis of the genus *Rhododendron* III [J]. *Notes Royal Botanic Garden Edinburgh*, **40**(1):225—227.
- Sleumer H. 1949. Ein system der gattung *Rhododendron* L. [J]. *Bot Jahrb Syst*, **74**:511—553.
- Sleumer H. 1980. Past and present taxonomic systems of *Rhododendron*. based on macromorphological characters [A]. In: Lutey J L, O'Brien ME(eds). Contributions toward a classification of *Rhododendron*[M]. New York: New York Botanical Garden, 19—26.
- Wang Y, Fritsch P, Shi S, et al. 2004. Phylogeny and infrageneric classification of *Symplocos*(Symplocaceae) inferred from DNA sequence data[J]. *American J Bot*, **91**(11):1 901—1 914.