

# 小檗属(小檗科)13种植物果皮粉末微形态特征观察

吴 兴, 李新华<sup>①</sup>

(南京农业大学生命科学学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 以采自云南、四川、西藏和山东的小檗属(*Berberis* Linn.) 13种植物果实为研究材料, 在光学显微镜下对其果皮粉末的微形态特征进行了观察和研究。结果显示: 13种植物果皮粉末中表皮细胞的轮廓主要呈四边形至六边形; 果皮粉末中均含有梯纹导管和螺纹导管, 仅在粉叶小檗(*B. pruinosa* Franch.) 和卷叶小檗(*B. replicata* W. W. Smith) 中发现环纹导管, 在滑叶小檗(*B. liophylla* Schneid.) 和西山小檗(*B. wangii* Schneid.) 中发现网纹导管。除显脉小檗(*B. phanera* Schneid.) 和黄芦木(*B. amurensis* Rupr.) 外, 其余 11 种植物果皮粉末中均含有石细胞, 13 种植物果皮粉末中均含有草酸钙簇晶和方晶, 且其形状和大小存在种间差异。其中, 拉萨小檗(*B. hemsleyana* Ahrendt) 和黄芦木的浆果均为红色, 但拉萨小檗果皮粉末中具石细胞, 草酸钙簇晶不规则, 而黄芦木果皮粉末中未见石细胞, 草酸钙簇晶呈圆形或近圆形; 粉叶小檗和丽江小檗(*B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao) 的浆果均为紫黑色, 果皮具厚或薄的粉霜, 且果实样品产地相同, 但粉叶小檗果皮粉末中石细胞呈近菱形或类五边形, 而丽江小檗果皮粉末中石细胞呈卵形或类矩形。研究结果显示, 小檗属植物的果皮粉末微形态特征, 尤其是石细胞形态特征, 可以用于区分该属一些果实形态特征易混淆的种类, 能够为小檗属果实种类鉴别提供重要依据。

**关键词:** 小檗属; 果皮; 微形态特征; 石细胞; 草酸钙晶体

中图分类号: Q949.746.8; R282.5; S567.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)01-0007-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.01.02

**Observation on micromorphological characteristics of pericarp powders of 13 species of *Berberis* (*Berberidaceae*)** WU Xing, LI Xinhua<sup>①</sup> (College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(1): 7-12

**Abstract:** Taking fruits of 13 species of *Berberis* Linn. from Yunnan, Sichuan, Tibet and Shandong as research materials, the micromorphological characteristics of their pericarp powders were observed and studied under light microscope. The results show that the epidermal cells in pericarp powders of 13 species are basically outlined in approximate 4- to 6-sided polygons; scalariform vessels and spiral vessels are found in all pericarp powders, while annular vessels are only observed in *B. pruinosa* Franch. and *B. replicata* W. W. Smith, and reticulate vessels are only observed in *B. liophylla* Schneid. and *B. wangii* Schneid. Except for *B. phanera* Schneid. and *B. amurensis* Rupr., the pericarp powders of other 11 *Berberis* species all contain stone cells, the pericarp powders of 13 species all contain clusters and prisms of calcium oxalate, and there are interspecific differences in their shapes and sizes. In which, the berries of *B. hemsleyana* Ahrendt and *B. amurensis* are red, but the pericarp powder of *B. hemsleyana* contains stone cell and the clusters of calcium oxalate are irregular, while that of *B. amurensis* has no stone cell and the clusters of calcium oxalate are round or approximately round; the berries of *B. pruinosa* and *B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao are purplish black and covered with thick or thin pruinose layer, and their fruit samples are all collected from the same locality, however, the stone cell in pericarp powder of *B. pruinosa* is rhombic or approximately pentagonal, while that of *B. lijiangensis* is ovate or nearly oblong.

收稿日期: 2021-07-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31170174)

作者简介: 吴 兴(1997—), 男, 浙江东阳人, 硕士研究生, 主要从事药用植物资源方面的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: Lixinhua@njau.edu.cn

引用格式: 吴 兴, 李新华. 小檗属(小檗科)13种植物果皮粉末微形态特征观察[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(1): 7-12.

It is suggested that the micromorphological characteristics of pericarp powders of *Berberis* species, especially the micromorphological characteristics of stone cell, can be used to demarcate some confusing species of this genus bearing morphologically similar fruits and provide important evidences for species identification of *Berberis* fruits.

**Key words:** *Berberis* Linn.; pericarp; micromorphological characteristics; stone cell; crystal of calcium oxalate

小檗属 (*Berberis* Linn.) 为小檗科 (Berberidaceae) 最大属, 属下约 500 种, 主要分布在亚洲喜马拉雅地区和南美洲安第斯山脉<sup>[1]</sup>。《中国植物志》和《Flora of China》均收录小檗属植物 215 种<sup>[2,3]</sup>。随着一些新种被陆续发表<sup>[4-7]</sup>, 目前, 中国小檗属植物有近 230 种, 是世界上小檗属物种多样性最丰富的国家。小檗属植物根和茎中含有以小檗碱为代表的双苜基异喹啉类生物碱, 具有广泛的药理活性, 是世界上重要的传统药用植物类群之一<sup>[8-10]</sup>; 其果实含有花青素、酚酸类化合物和生物碱等生物活性物质, 具有保护心血管系统、抗氧化和保肝等药理活性, 如 *B. vulgaris* Linn. 和 *B. crataegina* DC. 的果实水提取物对于食源性致病菌具有显著的生长抑制作用<sup>[11,12]</sup>; 此外, 小檗属植物果实也可作为休闲食品, 如 *B. crataegina* 的成熟浆果可直接生食<sup>[13]</sup>。从国外小檗属果实资源的研究与利用现状看, 国内小檗属植物资源也具有很大的开发利用潜力, 且小檗属植物不同种类和器官的应用价值各异, 应根据实际利用情况进行选择。

小檗属一直是分类学问题较多的一个被子植物大属, 种间关系复杂, 美国学者 Landrum 在研究智利及邻近阿根廷南部的小檗属植物时, 曾感叹小檗属是

“一个分类学黑洞 (taxonomic black hole)”<sup>[14]</sup>。《中国植物志》和《Flora of China》记载的小檗属许多种类鉴定难度都比较大, 果实形态特征也容易混淆, 部分种类果实特征甚至缺失<sup>[2,3,15-17]</sup>。迄今为止, 仍然缺少有关小檗属果皮粉末显微鉴定的研究报道, 一些种类通过现有的形态学特征仍然存在鉴定困难的问题, 不利于小檗属丰富果实资源的开发利用。鉴于此, 作者利用在野外调查中采集的小檗属 13 种植物果实, 对其果皮粉末的微形态特征进行了观察和研究, 以期为该属果实资源的研究和开发利用提供更多的种类鉴定依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

小檗属 13 种植物果实均由作者于 2012 年至 2016 年在云南、四川、西藏和山东野外采集 (采集人为李新华等) 并鉴定, 其他采集信息见表 1, 凭证标本均保存于南京农业大学生命科学院植物标本馆 (NAU)。采集的果实均置于 4 °C 冰箱内保存、备用。水合氯醛和甘油等试剂均为分析纯。

表 1 小檗属 13 种植物果实来源

Table 1 Fruit sources of 13 species of *Berberis* Linn.

种类 Species	采集地 Collection site	凭证标本号 No. of voucher specimen
大理小檗 <i>B. taliensis</i>	云南省玉龙县老君山 Laojunshan Mountain in Yulong County of Yunnan Province	131189
显脉小檗 <i>B. phanera</i>	云南省玉龙县老君山 Laojunshan Mountain in Yulong County of Yunnan Province	131177
粉叶小檗 <i>B. pruinosa</i>	云南省玉龙县玉龙雪山 Yulongxueshan Mountain in Yulong County of Yunnan Province	131158
丽江小檗 <i>B. lijiangensis</i>	云南省玉龙县玉龙雪山 Yulongxueshan Mountain in Yulong County of Yunnan Province	131151
卷叶小檗 <i>B. replicata</i>	云南省腾冲县小空山 Xiaokongshan Mountain in Tengchong County of Yunnan Province	131210
近光滑小檗 <i>B. sublevis</i>	云南省腾冲县小空山 Xiaokongshan Mountain in Tengchong County of Yunnan Province	131215
密叶小檗 <i>B. davidii</i>	云南省大理市苍山 Cangshan Mountain in Dali City of Yunnan Province	131195
西山小檗 <i>B. wangii</i>	云南省昆明市西山 Xishan Mountain in Kunming City of Yunnan Province	141033
血红小檗 <i>B. sanguinea</i>	四川省宝兴县东拉山大峡谷 Donglashan Valley in Baoxing County of Sichuan Province	131117
疣枝小檗 <i>B. verruculosa</i>	四川省宝兴县硃砂乡 Qiaoqi Township in Baoxing County of Sichuan Province	141010
滑叶小檗 <i>B. liophylla</i>	四川省昭觉县柳且乡 Liuqie Township in Zhaojue County of Sichuan Province	131001
拉萨小檗 <i>B. hemsleyana</i>	西藏自治区达孜县旺波日山 Wangborishan Mountain in Dazi County of Tibet Autonomous Region	150914
黄芦木 <i>B. amurensis</i>	山东省泰安市泰山 Taishan Mountain in Tai'an City of Shandong Province	161002

## 1.2 方法

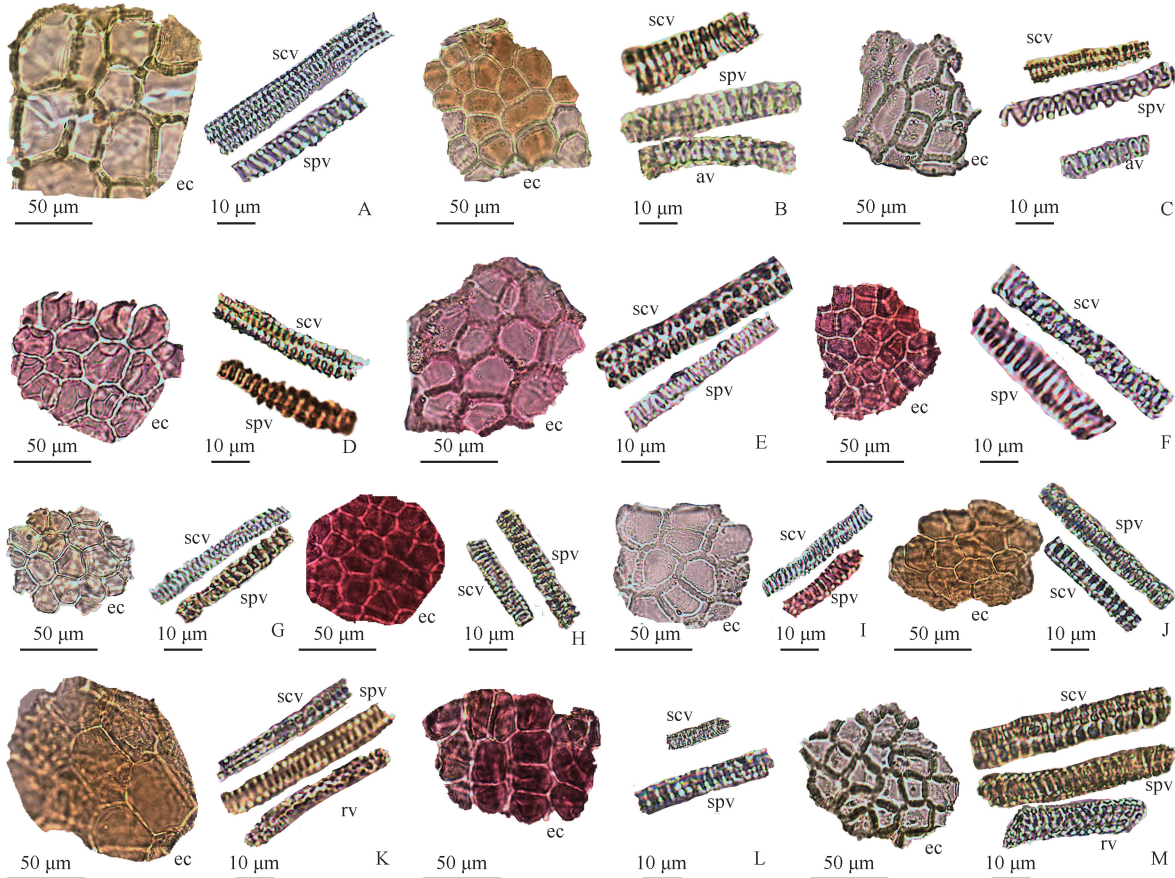
每种小檗属植物均随机选择 20 个果实, 除去种子, 将果皮碎块在 60 °C 烘箱中烘干至恒质量, 用高速粉碎机粉碎, 过 60 目筛后获得果皮粉末样品。取少量果皮粉末样品于载玻片上, 滴加适量的水合氯醛试剂, 置于酒精灯上加热透化; 透化完成后, 加适量蒸馏水稀释的体积分数 20% 甘油, 盖好盖玻片, 在配备 Smart CCD 的 Olympus CX 41 型光学显微镜(日本 Olympus 公司)下观察并拍照, 每种植物观察 20 个视野。供试小檗属 13 种植物果皮粉末中薄壁细胞、导管、石细胞、草酸钙簇晶和方晶的大小均依据 20 个结构组成单位的测量数据, 参照《中华人民共和国药典中药材显微鉴别彩色图鉴》<sup>[18]</sup> 及金延明等<sup>[19]</sup> 采用的

方法对供试小檗属 13 种植物果皮粉末微形态特征进行描述。

## 2 结果和分析

### 2.1 果皮粉末中表皮细胞及导管的形态

小檗属 13 种植物果皮粉末中表皮细胞和导管的形态见图 1。结果显示: 小檗属 13 种植物中, 粉叶小檗(*B. pruinosa* Franch.) 的果皮粉末呈棕黄色或黄色, 拉萨小檗(*B. hemsleyana* Ahrendt) 和 黄芦木(*B. amurensis* Rupr.) 的果皮粉末呈红褐色, 大理小檗(*B. taliensis* Schneid.)、卷叶小檗(*B. replicata* W. W. Smith)、丽江小檗(*B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y.



ec: 表皮细胞 Epidermal cell; scv: 梯纹导管 Scalariform vessel; spv: 螺旋导管 Spiral vessel; av: 环纹导管 Annular vessel; rv: 网纹导管 Reticulate vessel.

A: 大理小檗 *Berberis taliensis* Schneid.; B: 粉叶小檗 *B. pruinosa* Franch.; C: 卷叶小檗 *B. replicata* W. W. Smith; D: 丽江小檗 *B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao; E: 显脉小檗 *B. phanera* Schneid.; F: 近光滑小檗 *B. sublevis* W. W. Smith; G: 拉萨小檗 *B. hemsleyana* Ahrendt; H: 血红小檗 *B. sanguinea* Franch.; I: 疣枝小檗 *B. verruculosa* Hemsl. et Wils.; J: 黄芦木 *B. amurensis* Rupr.; K: 滑叶小檗 *B. liophylla* Schneid.; L: 密叶小檗 *B. davidii* Ahrendt; M: 西山小檗 *B. wangii* Schneid.

图 1 小檗属 13 种植物果皮粉末中表皮细胞和导管的形态

Fig. 1 Morphology of epidermal cell and vessel of pericarp powders of 13 species of *Berberis* Linn.

Bao)、显脉小檗 (*B. phanera* Schneid.)、近光滑小檗 (*B. sublevis* W. W. Smith)、血红小檗 (*B. sanguinea* Franch.)、疣枝小檗 (*B. verruculosa* Hemsl. et Wils.)、滑叶小檗 (*B. liophylla* Schneid.)、密叶小檗 (*B. davidii* Ahrendt) 和西山小檗 (*B. wangii* Schneid.) 的果皮粉末皆呈紫褐色。13种植物果皮粉末中表皮细胞轮廓主要呈四边形至六边形, 少为七边形或八边形。13种植物果皮粉末均含有梯纹导管和螺纹导管, 不同种类在导管直径上存在一定差异; 仅在粉叶小檗和卷叶小檗的果皮粉末中见到环纹导管, 在滑叶小檗和西山小檗的果皮粉末中见到网纹导管。

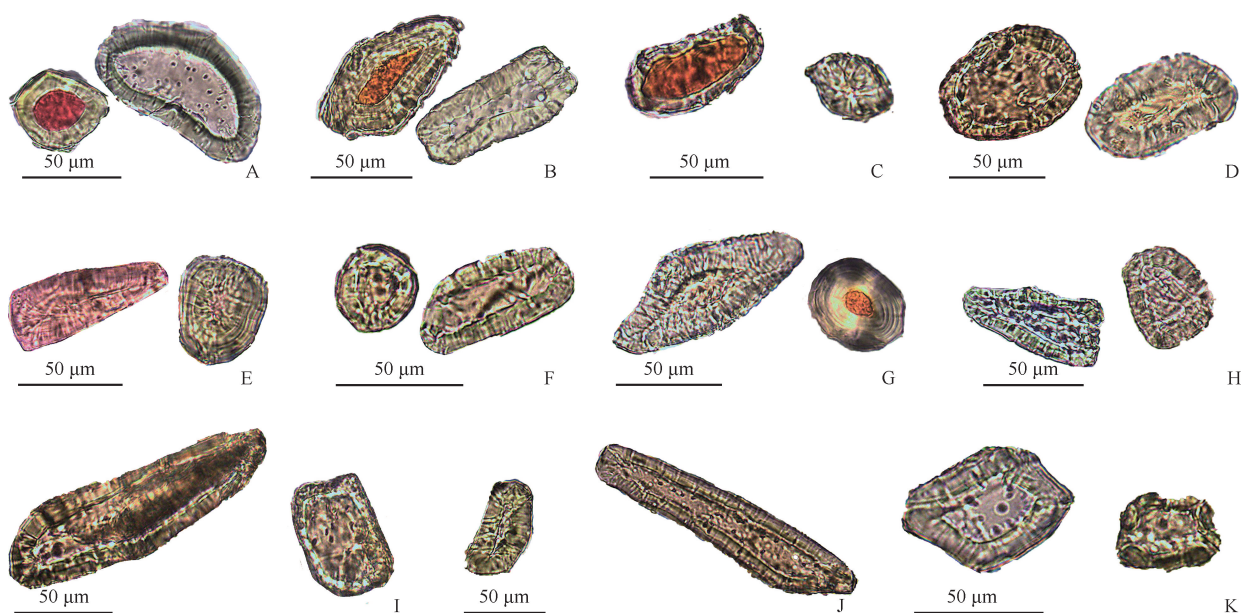
## 2.2 果皮粉末中石细胞的形态

小檗属 11 种植物果皮粉末中石细胞的形态见图 2。结果显示: 在小檗属 13 种植物中, 大理小檗、粉叶小檗、卷叶小檗、丽江小檗、近光滑小檗、拉萨小檗、血红小檗、疣枝小檗、滑叶小檗、密叶小檗和西山小檗果皮粉末中均含有石细胞, 而显脉小檗和黄芦木果皮粉末中未观察到石细胞。大理小檗果皮粉末中石细胞呈肾形或类方形, 前者明显大于后者 (图 2-A); 粉叶小檗果皮粉末中石细胞呈近菱形或类五边形, 大小相近 (图 2-B); 卷叶小檗果皮粉末中石细胞呈卵状矩

形或宽椭圆形, 前者明显大于后者 (图 2-C); 丽江小檗果皮粉末中石细胞呈卵形或类矩形, 大小相近 (图 2-D); 近光滑小檗和疣枝小檗果皮粉末中石细胞均呈类三角形或类卵形, 大小相近 (图 2-E, H); 拉萨小檗果皮粉末中石细胞呈卵圆形或类矩形, 后者明显大于前者 (图 2-F); 血红小檗果皮粉末中石细胞呈近菱形或类卵形, 前者明显大于后者 (图 2-G); 滑叶小檗和密叶小檗果皮粉末中石细胞均呈类长椭圆形或类矩形, 前者明显大于后者 (图 2-I, J); 西山小檗果皮粉末中石细胞呈类方形, 但大小不同 (图 2-K)。

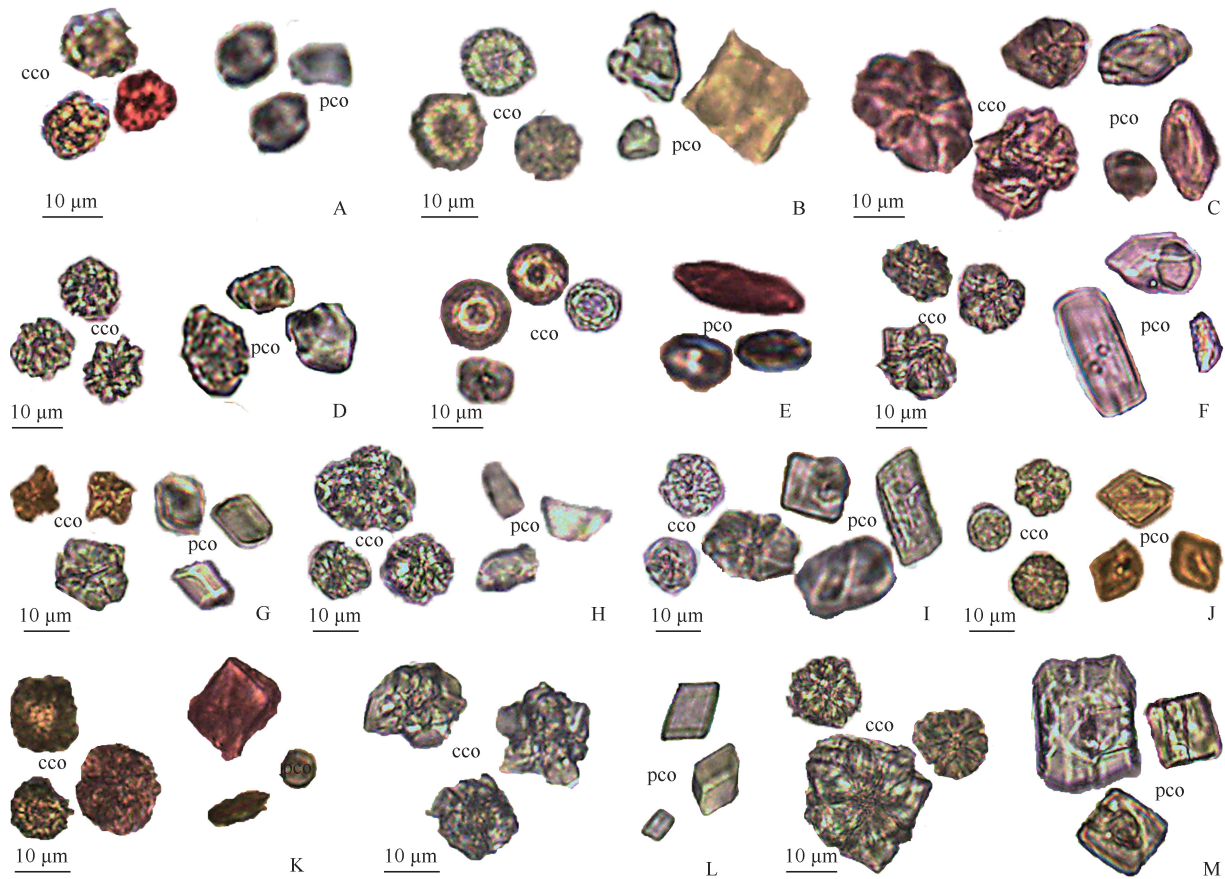
## 2.3 果皮粉末中草酸钙晶体的形态

小檗属 13 种植物果皮粉末中草酸钙晶体的形态见图 3。结果显示: 小檗属 13 种植物果皮粉末中均含有草酸钙簇晶和方晶。西山小檗、卷叶小檗和疣枝小檗果皮粉末中草酸钙簇晶和方晶相对较大, 而大理小檗、丽江小檗、显脉小檗、拉萨小檗和黄芦木果皮粉末中草酸钙簇晶和方晶相对较小。粉叶小檗、显脉小檗和黄芦木果皮粉末中草酸钙簇晶形状相对较规则, 呈圆形或近圆形; 其他种类果皮粉末中的草酸钙簇晶形状不规则。



A: 大理小檗 *Berberis taliensis* Schneid.; B: 粉叶小檗 *B. pruinosa* Franch.; C: 卷叶小檗 *B. replicata* W. W. Smith; D: 丽江小檗 *B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao; E: 近光滑小檗 *B. sublevis* W. W. Smith; F: 拉萨小檗 *B. hemsleyana* Ahrendt; G: 血红小檗 *B. sanguinea* Franch.; H: 疣枝小檗 *B. verruculosa* Hemsl. et Wils.; I: 滑叶小檗 *B. liophylla* Schneid.; J: 密叶小檗 *B. davidii* Ahrendt; K: 西山小檗 *B. wangii* Schneid.

图 2 小檗属 11 种植物果皮粉末中石细胞的形态  
Fig. 2 Morphology of stone cell of pericarp powders of 11 species of *Berberis* Linn.



cco: 草酸钙簇晶 Cluster of calcium oxalate; pco: 草酸钙方晶 Prism of calcium oxalate.

A: 大理小檗 *Berberis taliensis* Schneid.; B: 粉叶小檗 *B. pruinosa* Franch.; C: 卷叶小檗 *B. replicata* W. W. Smith; D: 丽江小檗 *B. lijiangensis* C. Y. Wu ex S. Y. Bao; E: 显脉小檗 *B. phanera* Schneid.; F: 近光滑小檗 *B. sublevis* W. W. Smith; G: 拉萨小檗 *B. hemsleyana* Ahrendt; H: 血红小檗 *B. sanguinea* Franch.; I: 疣枝小檗 *B. verruculosa* Hemsl. et Wils.; J: 黄芦木 *B. amurensis* Rupr.; K: 滑叶小檗 *B. liophylla* Schneid.; L: 密叶小檗 *B. davidii* Ahrendt; M: 西山小檗 *B. wangii* Schneid.

图 3 小檗属 13 种植物果皮粉末中草酸钙晶体的形态  
Fig. 3 Morphology of crystal of calcium oxalate of pericarp powders of 13 species of *Berberis* Linn.

### 3 讨 论

中国小檗属植物的浆果通常呈椭球形、卵球形或近球形,果皮表面具白色粉霜或光滑,其中,常绿种类成熟果实常为紫黑色或黑色,而落叶种类成熟果实常为红色<sup>[2,5]</sup>。作者发现,小檗属常绿类或落叶类果实的形状和颜色大多相近,尤其在自然脱水和干燥后,果实会发生皱缩和颜色变化,进一步增加种类鉴定难度。在小檗属 13 种果实中,拉萨小檗和黄芦木的果实均为红色浆果,且形状和颜色相似<sup>[2,20]</sup>。本研究结果显示,拉萨小檗果皮粉末中具石细胞,黄芦木果皮粉末中未见石细胞;并且,拉萨小檗的草酸钙簇晶不

规则,而黄芦木的草酸钙簇晶则呈圆形或近圆形。这种情况说明果皮粉末微形态特征能够为形态相似的种类鉴别提供一定的依据。小檗属 13 种植物果皮粉末中均含有梯纹导管和螺纹导管,而环纹导管和网纹导管相对少见。关于果皮中环纹导管和网纹导管的有无是否可以作为小檗属果实种类鉴别的依据,还需要通过开展更多研究来验证。

在小檗属 13 种植物果皮粉末中,除显脉小檗和黄芦木外,其余 11 种植物果皮粉末中均含有石细胞。虽然不同类型石细胞大小在种内与种间通常存在明显差异,但是石细胞的形态特征仍具有重要的种类鉴别价值。如大理小檗的肾形石细胞、粉叶小檗的近菱形或类五边形石细胞、卷叶小檗的宽椭圆形石细胞、

拉萨小檗的卵圆形石细胞以及血红小檗的近菱形石细胞等。大理小檗和卷叶小檗都是常绿灌木,二者不仅叶片形态相似,叶缘易反卷,而且都具紫黑色、椭球形浆果,形态上易混淆,通常认为二者间的主要区别为果实内种子数<sup>[2,15]</sup>。本研究发现,大理小檗果皮粉末中石细胞呈肾形或类方形,而卷叶小檗果皮粉末中石细胞呈卵状矩形或宽椭圆形,且卷叶小檗果皮粉末中草酸钙簇晶明显大于大理小檗。因此,果皮粉末的微形态特征可用于鉴别这2个近缘种。

粉叶小檗和丽江小檗的果实均采自云南玉龙雪山,但是二者在果实形态特征及果皮粉末微形态特征上却存在明显差异。粉叶小檗果实呈宽椭球形、卵状椭球形或近球形,表面被密集而显著白色粉霜,而丽江小檗果实呈卵状长圆形或长圆形,表面稍具白色粉霜<sup>[2,3,21]</sup>;粉叶小檗果皮粉末中石细胞呈近菱形或类五边形,而丽江小檗果皮粉末中石细胞呈卵形或类矩形。

虽然近光滑小檗和疣枝小檗在茎、叶、花和果实形态特征上均存在明显差异<sup>[5,16]</sup>,且二者产地相距遥远,但是二者果皮粉末中石细胞形态特征却很相似,均呈类三角形或卵形,仅在螺旋导管直径和草酸钙方晶形状上存在一定差异。类似情况也存在于滑叶小檗和密叶小檗中,二者果皮粉末中石细胞均呈类长椭圆形或类矩形,但滑叶小檗果实中仅含1粒种子,而密叶小檗果实具2或3粒种子<sup>[2,3]</sup>。因此,在今后小檗属果实资源调查及开发利用研究中,可以综合分析果实形态特征和果皮粉末微形态特征,从而进一步提高小檗属物种鉴定的准确性和可靠性。

#### 参考文献:

- [1] AHRENDT L W A. *Berberis* and *Mahonia*: a taxonomic revision[J]. Journal of the Linnean Society of London, Botany, 1961, 57(369): 1-410.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第二十九卷[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 73-214.
- [3] WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China: Vol. 19[M]. Beijing: Science Press, 2011: 710-770.
- [4] YU C C, CHUNG K F. Systematics of *Berberis* sect. *Wallichianae* (Berberidaceae) of Taiwan and Luzon with description of three new species, *B. schaaliae*, *B. ravenii*, and *B. pengü* [J]. Phytotaxa, 2014, 184(2): 61-99.
- [5] LI X H, LI W H, ZHANG L C, et al. *Berberis* × *baoxingensis* (Berberidaceae), a new putative hybrid from western Sichuan, China[J]. Phytotaxa, 2015, 227(1): 25-34.
- [6] HARBER J. Three new species of *Berberis* from Yunnan [J]. Curtis's Botanical Magazine, 2016, 33(1): 24-31.
- [7] LI X H, ZHANG L C, LI W H, et al. New taxa of *Berberis* (Berberidaceae) with greenish flowers from a biodiversity hotspot in Sichuan Province, China[J]. Plant Diversity, 2017, 39: 94-103.
- [8] 肖培根, 宋万志, 刘国声, 等. 中国产小檗属药用植物资源的研究: 分类、分布和药用价值[J]. 植物分类学报, 1974, 12(4): 383-404.
- [9] BHARDWAJ D, KAUSHIK N. Phytochemical and pharmacological studies in genus *Berberis* [J]. Phytochemistry Reviews, 2012, 11: 523-542.
- [10] SRIVASTAVA S, SRIVASTAVA M, MISRA A, et al. A review on biological and chemical diversity in *Berberis* (Berberidaceae) [J]. EXCLI Journal, 2015, 14: 247-267.
- [11] 姚霞, 肖伟, 孟一峰, 等. 小檗属植物果实资源利用的展望[J]. 中国现代中药, 2016, 18(11): 1506-1512.
- [12] EROĞLU A Y, ÇAKIR Ö, SAĞDIÇ M, et al. Bioactive characteristics of wild *Berberis vulgaris* and *Berberis crataegina* fruits [J]. Journal of Chemistry, 2020, 2020: 1-9.
- [13] IŞIKLI N D, YILMAZ İ. Some physical properties of sun-dried *Berberis* fruit (*Berberis crataegina*) [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(1): 104-110.
- [14] LANDRUM L R. Revision of *Berberis* (Berberidaceae) in Chile and adjacent southern Argentina [J]. Annals of the Missouri Botanical Garden, 1999, 86(4): 793-834.
- [15] 李新华, 张立存. 云南卷叶小檗(小檗科)花与果实特征的变异式样[J]. 西北植物学报, 2014, 34(4): 720-726.
- [16] 范俊, 李新华, 张立存, 等. 云南近光滑小檗(小檗科)主要分类学性状特征的变异式样[J]. 西北植物学报, 2015, 35(6): 1160-1165.
- [17] 李新华, 袁森, 施小平, 等. 云南鸡脚连(小檗科)的变异式样[J]. 热带亚热带植物学报, 2015, 23(5): 495-500.
- [18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典中药材显微鉴别彩色图鉴[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 1-478.
- [19] 金延明, 李胜华. 植物性中药材导管类型与特征鉴别[J]. 中国中药杂志, 1994, 19(3): 138-140.
- [20] 李新华, 卢树军. 泰山黄芦木(小檗科)果实与叶刺特征的变异式样[J]. 西北植物学报, 2013, 33(3): 478-482.
- [21] 李新华, 袁森, 范俊, 等. 粉叶小檗(小檗科)的形态变异式样及分类修订[J]. 热带亚热带植物学报, 2021, 29(4): 401-405.

(责任编辑: 郭严冬)