

柃子属(*Cotoneaster* Medikus) 植物叶表皮微形态特征及其分类学意义

丁松爽 孙 坤* 苏 雪 董莉娜 张爱梅

(西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070)

摘 要 在光学显微镜和扫描电镜下,对柃子属(*Cotoneaster* Medikus) 2组 15种植物的叶表皮特征进行了观察,发现疏花组(Sect. *Cotoneaster*) 植物叶表皮细胞多为多边形,垂周壁一般为平直—弓形,气孔均为无规则型;单花组(Sect. *Uniflos*) 植物叶表皮细胞常不规则型,垂周壁多浅波状,气孔除无规则型(anomocytic)外还兼有十字型(staurocyclic)、四分体型(tetracytic)和等三体型(isotri-cytic)。依据气孔周围角质膜特征等叶表皮性状,把 15种植物分为 W 型、S 型和 I 型,其中 W 型是 S 型的特化类型,疏花组的种类为 W 型或 S 型,单花组的种类为 I 型。叶表皮微形态特征可以为柃子属植物组及种的分类学处理提供解剖学资料。

关键词 柃子属; 叶表皮; 分类学意义

中图分类号: Q949 文献标志码: A 文章编号: 1673-5102(2008)02-0187-08

Characters of Leaf Epidermis and Their Taxonomic Significance in *Cotoneaster* Medikus

DING Song-Shuang SUN Kun* SU Xue DONG Li-Na ZHANG Ai-Mei

(College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070)

Abstract The leaf epidermis of 15 species, representing two sections of the genus *Cotoneaster* was investigated using light microscopy(LM) and scanning electron microscopy(SEM). In Sect. *Cotoneaster*, leaf epidermal cells are usually polygonal in shape, straight to arched in pattern of anticlinal wall, and the stomata are anomocytic. While in Sect. *Uniflos*, leaf epidermal cells are usually irregular in shape, repand or sinuous in pattern of anticlinal wall, the stomata are anomocytic, and staurocyclic, tetracytic, isotri-cytic besides. The fifteen species can be divided into three types: type W, type S, and type I, according to the characters of cuticular membrane surrounding the stomata and the other epidermal characters. Type W is an exceptional type S. Plants of Sect. *Cotoneaster* investigated here are type W or type S, while plants of Sect. *Uniflos* belong to type I. The characters mentioned above are of much significance in delimiting sections and species in *Cotoneaster*.

Key words *Cotoneaster*; leaf epidermis; taxonomic significance

柃子属(*Cotoneaster* Medikus)为蔷薇科(Rosa-ceae)直立或匍匐灌木,广泛分布在亚洲(日本除外)、欧洲和北非的温带地区^[1]。该属植物分类十分困难,被学者所承认种的数目从 90 至数百不等,

其中三分之二以上的种产于我国^[1-5]。目前,对我国柃子属植物的分类学问题缺乏深入的研究。

叶表皮性状在一定程度上能反映分类群之间的系统学关系,被广泛应用于分类学研究^[6-14]。

基金项目: 甘肃省省长基金(甘肃植物志编研项目)和西北师范大学重点学科经费资助

第一作者简介: 丁松爽(1982—),女,硕士研究生,主要从事系统与进化植物学研究。

* 通讯作者: E-mail: kunsun@nwnu.edu.cn

收稿日期: 2007-05-18

周丽华等结合形态性状和叶表皮微形态特征对矮生栒子(*C. dammeri* Schneid.)和小叶栒子(*C. microphyllus* Wall. ex Lindl.)进行的研究发现,叶表皮微形态特征对栒子属植物的分类有一定的价值^[15,16]。但迄今为止,该属仅有对极少数种类叶表皮微形态特征的观察。为此,本文对栒子属疏花组(Sect. *Cotoneaster*)和单花组(Sect. *Uniflos*) 15种植物的叶表皮微形态特征进行了光学显微镜和扫描电镜观察,以期进一步探讨叶表皮微形态特征的分类学意义,为栒子属的分类提供解剖学资料。

1 材料和方法

在对西北师范大学植物研究所标本室馆藏的栒子属植物腊叶标本观察的基础上,选择了其中保藏完好、鉴定清楚的15种代表植物的腊叶标本为实验材料,用于叶表皮微形态特征的研究。凭证标本(见附录)存西北师范大学植物研究所标本室。

取成熟叶片中部一小块,用水煮沸软化,转移到20%的次氯酸钠中,在40℃温箱中放置0.5~2h,待叶肉组织与上下表皮可以分离时,将离析后的材料用水洗净,撕去叶表皮,去掉叶表皮上多余的叶肉组织,叶表皮用1%的番红酒精溶液(50%)染色10~15min,常规法制片,在Olympus光学显微镜下观察拍照。

用于扫描电镜观察的材料,先用毛笔轻轻擦拭,除去灰尘,无水乙醇清洗后剪取叶片中部小方块,用双面胶固定在样品台上,喷金后在扫描电镜下观察、测量并照相。气孔类型参考Prabhakar(2004),叶表皮的其他术语参考文献^[9~14]。

2 观察结果

对大量标本的观察发现,栒子属植物同种的不同产地标本、同一标本的不同叶片、同一叶片不同部位的叶表皮微形态特征变化不大,即叶表皮微形态特征受环境影响很小,种内稳定性较高。具体结果如下:

2.1 光学显微镜下的叶表皮特征

(1) 表皮细胞形状和垂周壁式样

叶片上表皮细胞以多边形居多(图版I:1,2),也有较不规则的种类(图版I:3A)。垂周壁常为平直—弓形(图版I:1,2)和浅波状(图版I:3),极少波状(图版I:4)。叶片下表皮细胞的不规则程度及其垂周壁的波状程度都显著大于上表皮。进一步的观察发现,多边形细胞的垂周壁式样

为平直—弓形(图版I:1,2),而不规则形细胞的垂周壁式样则为浅波状(图版I:3)或波状(图版I:4),即随着表皮细胞由多边形向不规则形变化,垂周壁也由平直—弓形向浅波状、波状过渡。

(2) 气孔器特征

气孔器均分布在下表皮。疏花组植物仅有无规则型气孔(图版I:5),单花组植物(图版I:6~8)具有无规则型气孔和十字型气孔(staurocytic),其中的平枝栒子(*C. horizontalis*,图版I:7)和光泽栒子(*C. nitens*)除了具有上述两种气孔外,还分别有17.7%的等三体型气孔(isotricytic)和23.5%的四分体型气孔(tetracytic)。

15种栒子属植物在光学显微镜下的叶表皮特征详见表1。

2.2 扫描电镜下的叶表皮特征

(1) 叶片表皮膜

叶片表面角质膜主要有条纹、条状隆起和不规则隆起,有些种类还有颗粒、乳突、鳞片等不同的附属物。按照叶片上表皮的角质膜特征,可分为5类:(A)角质膜具有乳突,有2种:水栒子(*C. multiflorus*,图版II:9)、西北栒子(*C. zabelii*,图版II:10)。(B)角质膜具有条纹和条状隆起,有4种:泡叶栒子(*C. bullatus*,图版II:11)、宝兴栒子(*C. moupinensis*)、麻核栒子(*C. foveolatus*)、灰栒子(*C. acutifolius*)。(C)角质膜具有不规则隆起,有7种:毛叶水栒子(*C. submultiflorus*)、细枝栒子(*C. tenuipes*,图版II:12)、黑果栒子(*C. melanocarpus*)、细尖栒子(*C. apiculatus*)、匍匐栒子(*C. adpressus*)、平枝栒子、散生栒子(*C. divaricatus*,图版II:13)。(D)角质膜具有不规则隆起和条纹,有1种:光泽栒子(图版II:14)。(E)角质膜具有条状隆起和不规则隆起,有1种:细弱栒子(*C. gracilis*,图版II:15)。多数物种的叶片下表皮角质膜特征与上表皮稍有不同,表现在颗粒的密度减小,条纹、条状隆起密度增加等方面,如水栒子、泡叶栒子、宝兴栒子、麻核栒子、细弱栒子、细枝栒子、黑果栒子等。另外,下表皮的条纹和条状隆起多在气孔周围呈放射状分布(光泽栒子除外,图版II:16,17,20,21)。在具乳突的种类中,上表皮的乳突均匀分布(图版II:9,10),下表皮则4~5个一组围绕在气孔周围(图版II:19)。

(2) 气孔器特征

扫描电镜下,15种栒子的气孔轮廓为椭圆形或近椭圆形,保卫细胞各部分有不同程度的加厚,

表 1 在光学显微镜(LM)下柃子属植物的叶表皮特征(表面观)
Table 1 The characteristics of leaf epidermis of *Cotoneaster* under LM (surface view)

分类群 Taxa	上表皮 Adaxial epidermis				下表皮 Abaxial epidermis				图版 Figures	
	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal walls	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal walls	气孔器类型 Stomatotype(%)			等三体型 Isotrieytic		
					无规则型 Anomocytic	十字型 Staurocytic	四分体型 Tetraeytic			
疏花组 Sect. <i>Cotoneaster</i>										
水柃子 <i>C. multiflorus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	波状 Sinuous	100	—	—	—		
毛叶水柃子 <i>C. submultiflorus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	100	—	—	—		
泡叶柃子 <i>C. bullatus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	波状 Sinuous	100	—	—	—	图版 I : 1	
宝兴柃子 <i>C. moupinensis</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	波状 Sinuous	100	—	—	—		
麻核柃子 <i>C. foveolatus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	波状 Sinuous	100	—	—	—	图版 I : 2	
灰柃子 <i>C. acutifolius</i>	不规则 Irregular	浅波状 Repand	不规则 Irregular	波状 Sinuous	100	—	—	—	图版 I : 5	
细弱柃子 <i>C. gracilis</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	100	—	—	—		
西北柃子 <i>C. zabelii</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	100	—	—	—		
细枝柃子 <i>C. tenuipes</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	100	—	—	—		
黑果柃子 <i>C. melanocarpus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	100	—	—	—		
单花组 Sect. <i>Uniflos</i>										
细尖柃子 <i>C. apiculatus</i>	不规则 Irregular	浅波状 Repand	不规则 Irregular	波状 Sinuous	54.5	45.5	—	—	图版 I : 3,6	
匍匐柃子 <i>C. adpressus</i>	多边形 Polygonal	平直—弓形 Straight to arched	不规则 Irregular	浅波状 Repand	75.0	25.0	—	—		
平枝柃子 <i>C. horizontalis</i>	不规则 Irregular	波状 Sinuous	不规则 Irregular	浅波状 Repand	52.9	29.4	—	17.7	4,7	
散生柃子 <i>C. dinaricatus</i>	不规则 Irregular	浅波状 Repand	不规则 Irregular	波状 Sinuous	63.6	36.4	—	—		
光泽柃子 <i>C. nitens</i>	不规则 Irregular	浅波状 Repand	不规则 Irregular	波状 Sinuous	64.7	11.8	23.5	—	图版 I : 8	

表 2 在扫描电镜(SEM)下柃子属植物的叶表皮特征(表面观)
Table 2 The characteristics of leaf epidermis of *Cotoneaster* under SEM (surface view)

分类群 Taxa	上表皮 Adaxial epidermis				下表皮 Abaxial epidermis				图版 Figures	
	表皮膜 Cuticular membrane		表皮膜附属物 Attachments of cuticular membrane		表皮膜 Cuticular membrane		表皮膜附属物 Attachments of cuticular membrane			
	主要特征 Major characters	次要特征 Minor characters	主要特征 Major characters	次要特征 Minor characters	主要特征 Major characters	次要特征 Minor characters	主要特征 Major characters	次要特征 Minor characters		
疏花组 Sect. <i>Cotoneaster</i>										
水柃子 <i>C. multiflorus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
毛叶水柃子 <i>C. submultiflorus</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
泡叶柃子 <i>C. bullatus</i>	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	—	—	—	—	—	—
宝兴柃子 <i>C. moupinensis</i>	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	—	—	—	—	—	—
麻核柃子 <i>C. foveolatus</i>	条状隆起 Striate	条状隆起 Striate ridge	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	—	—	—	—	—	—
灰柃子 <i>C. acutifolius</i>	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	条状隆起 Striate ridge	条纹 Striate	—	—	—	—	—	—
细弱柃子 <i>C. gracilis</i>	条状隆起 Striate ridge	不规则隆起 Irregular ridge	条状隆起 Striate ridge	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—
西北柃子 <i>C. zabelii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
细枝柃子 <i>C. tenuipes</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
黑果柃子 <i>C. melanocarpus</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
单花组 Uniflor										
细尖柃子 <i>C. apiculatus</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
匍匐柃子 <i>C. adpressus</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平枝柃子 <i>C. horizontalis</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
散生柃子 <i>C. divaricatus</i>	不规则隆起 Irregular ridge	—	—	—	—	—	—	—	—	—
光泽柃子 <i>C. nitens</i>	不规则隆起 Irregular ridge	条纹 Striate	不规则隆起 Irregular ridge	条纹 Striate	—	—	—	—	—	—

N. elliptic = Narrow elliptic; W. elliptic = Wide elliptic.

大部分植物的气孔器显著凸起。进一步的观察发现,水柃子(图版 II: 19)和平枝柃子的气孔器外拱盖外缘与其表皮膜水平,毛叶水柃子、细弱柃子、细枝柃子(图版 II: 20)的气孔器外拱盖外缘略高于表皮膜,其余种类的气孔器外拱盖外缘凹陷于表皮膜以下(图版 II: 16, 22, 23)。另外,气孔器外拱盖内缘有以下 3 种类型:(A) 平滑,如宝兴柃子(图版 II: 22)、细枝柃子(图版 II: 20),共 2 种。(B) 浅波状,如毛叶水柃子、细弱柃子、西北柃子、黑果柃子(图版 II: 17)、细尖柃子(图版 II: 22)、匍匐柃子、平枝柃子、散生柃子、光泽柃子,共 9 种。(C) 波状,如水柃子(图版 II: 19)、泡叶柃子、麻核柃子(图版 II: 16)、灰柃子(图版 II: 23),共 4 种。

柃子属 15 种植物在扫描电镜下的叶表皮特征详见表 2。

2.3 叶表皮类型

依据气孔周围的角质膜特征以及光镜和扫描电镜下的其他叶表皮特征,可以把 15 种柃子划分为以下 3 种类型:

W 型(乳突型): 气孔无规则型,周围分布 4~5 个乳突,上表皮细胞多边形,垂周壁平直—弓形。包括水柃子、西北柃子和毛叶水柃子,其中水柃子和西北柃子不仅在气孔周围,而且在上表皮也具有乳突。

S 型(条纹型): 气孔无规则型,周围具有放射状条纹或条状隆起,上表皮细胞多边形,垂周壁平直—弓形。包括泡叶柃子、宝兴柃子、麻核柃子、灰柃子、细弱柃子、细枝柃子、黑果柃子,其中前 4 种为典型的 S 型,细枝柃子和黑果柃子仅在气孔周围有放射状的条状隆起。

I 型(不规则型): 气孔周围比较平坦或稍有起伏,上、下表皮角质膜以不规则隆起为主,除无规则型气孔外,还有十字型等气孔,上表皮细胞形状多不规则,垂周壁多波状或浅波状。包括细尖柃子、匍匐柃子、平枝柃子、散生柃子、光泽柃子。

3 讨论

本文的结果表明,柃子属植物下表皮细胞形状多不规则,垂周壁浅波状或波状,气孔下生,都有无规则型气孔,这些性状对属下类群划分的意义不大。但是,疏花组植物的上表皮细胞通常为多边形,垂周壁平直—弓形,角质膜多具有条纹或条状隆起,而单花组植物的上表皮细胞则多为不规则形,垂周壁波状或浅波状,角质膜多具有不规则隆

起,这些性状在组的划分上具有重要作用。

周丽华等曾报道,单花组矮生柃子(*C. dammeri* Schneid.)的气孔器为环列型^[15]。本文在所观察材料中未见环列型气孔,除发现无规则型气孔外,单花组的全部或个别种(表 1)还具有十字型、四分体型和等三体型气孔。这说明气孔器类型可以为柃子属下组或种的划分提供依据。在扫描电镜下,多数种的气孔外拱盖外缘凹陷于角质膜以下,其内缘多为浅波状,也有波状和平滑的类型出现(表 2),这类性状也具有一定的分类价值。

《中国植物志》采用花序特征等把柃子属植物分为密花组(*Sect. Densiflos* Yü)、疏花组(*Sect. Cotoneaster*)和单花组(*Sect. Uniflos* Yü),疏花组又分为多花系(*Ser. Multiflori* Pojark)、尖叶系(*Ser. Acuminati* Yü)和全缘系(*Ser. Integerrimi* Pojark^[2])。根据气孔周围的角质膜特征等叶表皮性状,可将所观察种类划分为 W 型、S 型、I 型三类。其中, W 型和 S 型所包含的种类属于疏花组,而单花组的种类则为 I 型。其中, I 型与其余两种类型区别明显, W 型可能是 S 型的一个特化类型。例如,水柃子(图版 II: 9, 图版 II: 18, 19)是 W 型的典型代表,但其下表皮角质膜尚有少量条纹,与 S 型相似。而 S 型的细枝柃子(图版 II: 12, 图版 II: 20)上表皮的小突起与 W 型的乳突相似。W 型种类的气孔器类型、上表皮细胞形状和垂周壁式样等都与 S 型的种类一致。说明 W 型和 S 型的种类具有较近的亲缘关系,共同被划分在疏花组内是合理的。进一步的观察表明,疏花组多花系的水柃子(图版 II: 18)和毛叶水柃子气孔周围条纹数目极少且具有特殊的乳突。尖叶系和全缘系种类的气孔周围条纹数目和深浅存在明显的连续性,如属于前者的泡叶柃子、宝兴柃子(图版 II: 21)、麻核柃子(图版 II: 16)和灰柃子(图版 II: 23)气孔周围的条纹细且深,属于后者的细弱柃子、细枝柃子(图版 II: 20)、黑果柃子(图版 II: 17)气孔周围的条纹逐渐变得较粗较浅,说明疏花组中的尖叶系和全缘系具有更近的亲缘关系。以往有植物化学资料表明,多花系与全缘系有较近的亲缘关系^[18]。但本文的研究结果表明,尖叶系和全缘系之间的分化不甚明显,而以水柃子和毛叶水柃子为代表的多花系在疏花组中是一个较特化的类群。

另外,叶表皮微形态特征的研究结果还为一些种类的分类学处理提供了解剖学证据。例如,水柃子和毛叶水柃子的外部形态差别不明显,毛叶水柃

子被有些学者作为水栒子的变种(*C. multiflorus* Bunge var. *borealichinensis* Hurusawa) 处理,或认为可能是水栒子和同组的黑果栒子的天然杂交种(*C. melanocarpus* Lodd. × *C. multiflorus* Bge.)^[1,2]。本文的研究结果表明,水栒子、毛叶水栒子、黑果栒子有相同的气孔器类型、上表皮细胞形状以及垂周壁式样(表1),相似的气孔器外拱盖内缘波状程度(表2)表现出了较近的亲缘关系。但它们在扫描电镜下的叶表皮特征存在明显差异,例如,水栒子和毛叶水栒子的气孔周围有4~5个蜡质乳突(图版II:19),而黑果栒子则没有(图版II:17)。这表明毛叶水栒子与水栒子的关系更为近缘。

参 考 文 献

1. Lu L T, Brach A R. 10. COTONEASTER Medikus [M]. // Wu ZH Y. Flora of China. Vol. 9. Beijing: Science Press 2003: 85 - 108.
2. 中科院中国植物志编辑委员会. 中国植物志第三十六卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1974: 107 - 178.
3. 吴征镒, 路安民, 汤彦承. 中国被子植物科属综论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 647 - 649.
4. 周丽华, 吴征镒. 大果栒子的分类修订 [J]. 云南植物研究, 1999, 21(2): 160 - 166.
5. Bartish I V, Hylmö B, Nybom H. RAPD analysis of inter-specific relationships in presumably apomictic Cotoneaster species [J]. Euphytica 2001, 120: 273 - 80.
6. 马清温, 张金保. 水杉(杉科)的叶表皮结构 [J]. 植物研究 2003, 23(1): 32 - 36.
7. 邵邻相, 张凤娟. 6种松科植物叶表皮的扫描电镜观察 [J]. 植物研究 2005, 25(3): 281 - 285.
8. 蔡联炳, 张梅妞. 国产赖草属的叶表皮特征与组群划分 [J]. 植物研究 2005, 25(4): 400 - 405.
9. 杨冬之, 张志耘, 温洁. 茄科天仙子族的叶表皮特征及其系统学意义 [J]. 植物学报 2000, 42(2): 133 - 142.
10. KONG H ZH. Comparative morphology of leaf epidermis in the Choranthaceae [J]. Botanical Journal of the Linnean Society 2001, 136: 279 - 294.
11. 洪亚平, 潘开玉, 陈之端, 等. 防己科植物的叶表皮特征及其系统学意义 [J]. 植物学报 2001, 43(6): 615 - 623.
12. 任辉, 潘开玉, 陈之端, 等. 葡萄科植物叶表皮特征及其系统学意义 [J]. 植物分类学报 2003, 41(6): 531 - 544.
13. Shi Jinghua, Li Liangqian. Leaf Epidermal Feature in Clematis (Ranunculaceae) with Reference to Its Systematic Significance [J]. Acta Botanica Sinica 2003, 45(3): 257 - 268.
14. Wu Ding, Wang Hong, Lu Jinmei, et al. Comparative morphology of leaf epidermis in *Parnassia* (Parnassiaceae) from China [J]. Acta Phytotaxonomica Sinica 2005, 43(3): 210 - 224.
15. 周丽华, 尹擎, 吴征镒. 矮生栒子的分类学研究 [J]. 云南植物研究 2000, 22(4): 379 - 382.
16. 周丽华, 吴征镒. 小叶栒子的分类学研究 [J]. 云南植物研究 2001, 23(2): 162 - 168.
17. Prabhakar M. Structure, Delimitation, Nomenclature and Classification of Stomata [J]. Acta Botanica Sinica 2004, 46(2): 242 - 252.
18. Chang CH S, Jeon J. Leaf flavinoids in *Cotoneaster wilsonii* (Rosaceae) from the island Ullung-do, Korea [J]. Biochemical Systematics and Ecology 2003, 31: 171 - 179.

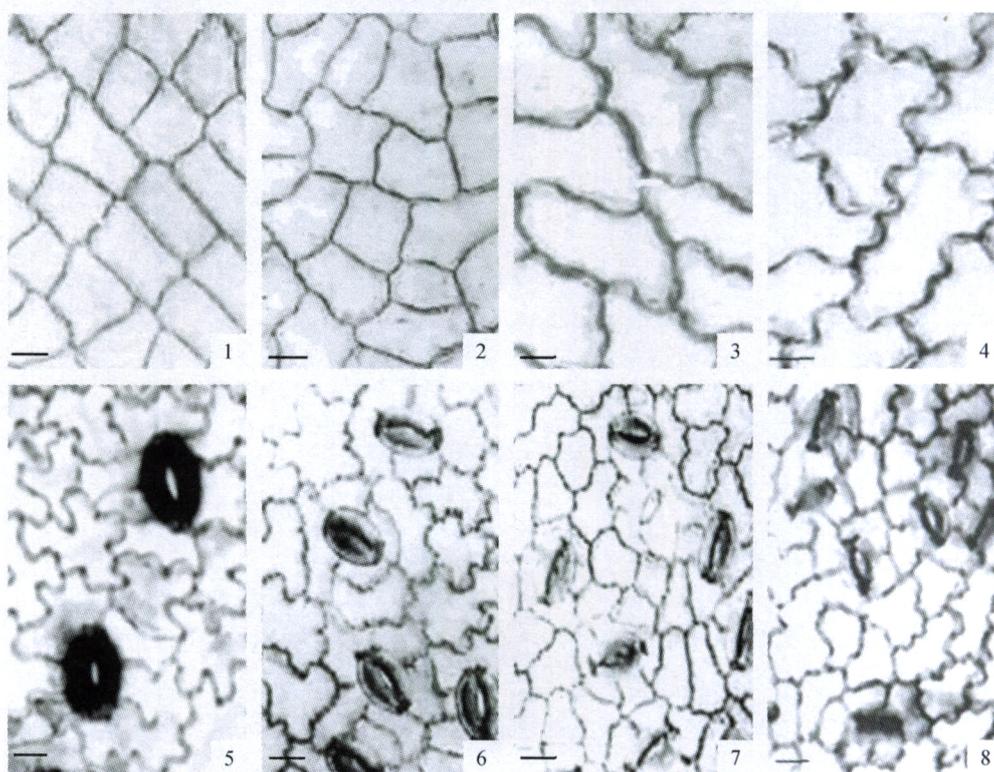
附录: 凭证标本(存于西北师范大学植物研究所标本室)

Appendix: Vouchers

1. *Cotoneaster multiflorus* 新疆哈巴河, 朱格麟 6728; 2. *C. multiflorus* 新疆巩留县, 王庆瑞 2692; 3. *C. multiflorus* 陕西武功县, 孔宪武 1939; 4. *C. multiflorus* 青海兴海河, 何廷农 0099; 5. *C. multiflorus* 甘肃莲花山, 程子俊 101; 6. *C. multiflorus* 甘肃天水, 魏志平 1775; 7. *C. submultiflorus* 甘肃天水, 赵兴存 0259; 8. *C. submultiflorus* 甘肃华亭县, 植物资源调查组 626; 9. *C. submultiflorus* 四川南坪, 李全喜 2859; 10. *C. submultiflorus* 新疆阿尔泰, 朱格麟 6820; 11. *C. submultiflorus* 新疆天池, 王庆瑞 3493; 12. *C. bullatus* 甘肃文县, 张志英 12429; 13. *C. moupinensis* 甘肃宕昌县, 魏志平 2383; 14. *C. moupinensis* 甘肃文县, 张志英 10129; 15. *C. moupinensis* 甘肃龙叠县, 周惠娟 237; 16. *C. moupinensis* 四川省, 魏志平 2740; 17. *C. moupinensis* 四川峨眉山, F. T. Wang 23153; 18. *C. foveolatus* 陕西太白山, 程子俊 753; 19. *C. foveolatus* 甘肃天水, 魏志平 1843; 20. *C. foveolatus* 甘肃岷县, 草原调查队 262; 21. *C. foveolatus* 甘肃麦积山, 无号; 22. *C. foveolatus* 甘肃康县, 无号; 23. *C. acutifolius* 四川南坪, 李全喜 3102; 24. *C. acutifolius* 甘肃甘南州, 陈学林 565; 25. *C. acutifolius* 陕西太白山, 程子俊 0740; 26. *C. acutifolius* 青海仙米寺, 朱格麟 745; 27. *C. acutifolius* 青海循化, 颜素珠 119; 28. *C. gracilis* 四川南

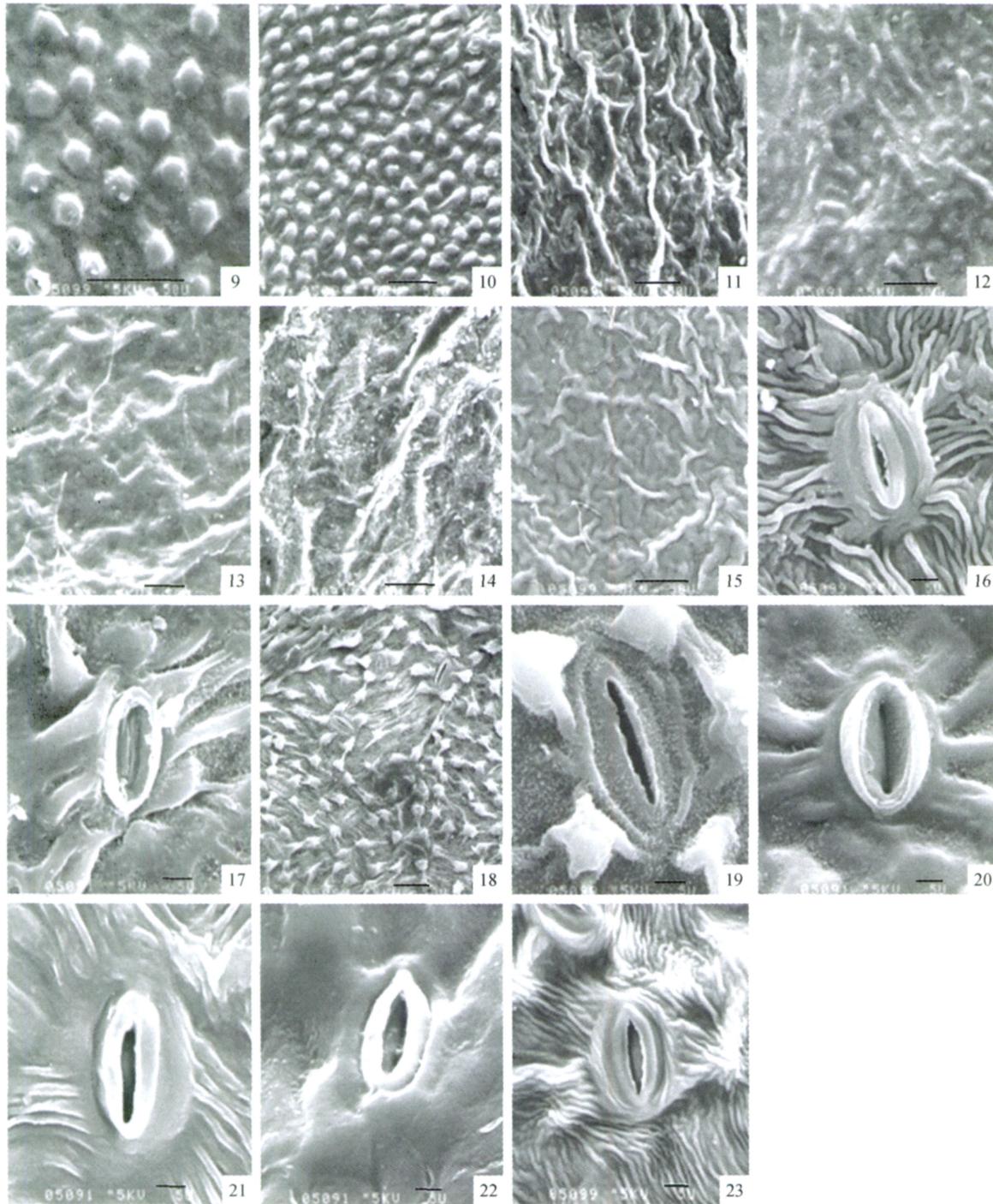
坪, 李全喜 2715; 29. *C. gracilis* 甘肃文县, 张志英 10055; 30. *C. gracilis* 甘肃麦积山, 孔宪武 1277; 31. *C. gracilis* 甘肃仙人崖, 郑庆俊 112; 32. *C. gracilis* 甘肃莲花山, 程子俊 599; 33. *C. zabelii* 甘肃天祝, 王庆瑞 2200; 34. *C. zabelii* 内蒙阿右旗, 朱格麟 750385; 35. *C. zabelii* 陕西省, 109 号; 36. *C. zabelii* 四川理县, 朱格麟 1589; 37. *C. tenuipes* 甘肃文县, 张志英 10175; 38. *C. tenuipes* 青海仙米寺, 朱格麟 745; 39. *C. tenuipes* 四川南坪, 李全喜 3189; 40. *C. melanocarpus* 新疆伊犁, 徐文友 0440; 41. *C. melanocarpus* 新疆天池, 王庆瑞 3500; 42. *C. melanocarpus* 新疆绥安县, 王庆瑞 3262; 43. *C. melanocarpus* 新疆巴里坤山, 王庆瑞 4483; 44. *C. melanocarpus* 新疆阿尔泰, 朱格麟 7228; 45. *C. apiculatus* 甘肃文县, 魏志平 3374; 46. *C. apiculatus* 甘肃文县, 张志英 11169;

47. *C. apiculatus* 甘肃天水, 候续宗 010; 48. *C. apiculatus* 甘肃迭部县, 王庆瑞 15732; 49. *C. apiculatus* 甘肃文县, 张志英 12432; 50. *C. adpressus* 青海大通县, 青海畜牧厅 000314; 51. *C. adpressus* 陕西省, 孔宪武 7363; 52. *C. adpressus* 甘肃夏河, 朱格麟 15065; 53. *C. adpressus* 甘肃迭部县, 朱格麟 15490; 54. *C. horizontalis* 甘肃仙人崖, 孙桂兰 33; 55. *C. horizontalis* 甘肃文县, 张志英 1912; 56. *C. horizontalis* 甘肃康县, 49 号; 57. *C. horizontalis* 四川南坪, 李全喜 2735; 58. *C. divaricatus* 甘肃文县, 张志英 11899; 59. *C. divaricatus* 甘肃文县, 张志英 12274; 60. *C. divaricatus* 甘肃龙叠县, 郎雪芳 216; 61. *C. divaricatus* 甘肃麦积山, 孔宪武 1006; 62. *C. nitens* 甘肃丹曲县, 魏志平 2748。



图版 I 光学显微镜下柃子属植物的叶表皮特征 1. 泡叶柃子; 2. 麻核柃子: 上表皮细胞形状规则, 垂周壁平直—弓形; 3. 细尖柃子; 4. 平枝柃子: 上表皮细胞形状不规则, 垂周壁波状或浅波状; 5. 灰柃子: 不规则型气孔; 6. 细尖柃子; 7. 平枝柃子; 8. 光泽柃子: 其他气孔类型 1~4. 为上表皮 5~8. 为下表皮 标尺长度 = 1 mm

Plate I Characters of leaf epidermis under LM 1. *Cotoneaster bullatus*; 2. *C. foveolatus*: polygonal in shape, straight to arched in pattern of anticlinal walls; 3. *C. apiculatus*; 4. *C. horizontalis*: irregular in shape, repand or sinuous in pattern of anticlinal walls; 5. *C. acutifolius*: anomocytic; 6. *C. apiculatus*; 7. *C. horizontalis*; 8. *C. nitens*: the other patterns 1~4. Adaxial; 5~8. Abaxial Scale bar = 1 mm



图版 II 扫描电镜下柃子属植物的叶表皮特征 9. 水柃子; 10. 西北柃子: 角质膜具有乳突; 11. 泡叶柃子: 角质膜具有条纹和条状隆起; 12. 细枝柃子; 13. 散生柃子: 角质膜具有不规则隆起; 14. 光泽柃子: 角质膜具有不规则隆起和条纹; 15. 细弱柃子: 角质膜具有条状隆起和不规则隆起; 18, 19. 水柃子: W 型; 16. 麻核柃子; 17. 黑果柃子; 20. 细枝柃子; 21. 宝兴柃子; 23. 灰柃子: S 型; 22. 细尖柃子: I 型 9~15. 为上表皮; 16~23. 为下表皮 标尺长度 = 1 mm

Plate II Characters of leaf epidermis under SEM 9. *C. multiflorus*; 10. *C. zabelii*: warts; 11. *C. bullatus*: striate and striate ridge; 12. *C. tenuipes*; 13. *C. divaricatus*: irregular ridge; 14. *C. nitens*: irregular ridge and striate; 15. *C. gracilis*: striate ridge and irregular ridge; 18, 19. *C. multiflorus*: type W; 16. *C. foveolatus*; 17. *C. melanocarpus*; 20. *C. tenuipes*; 21. *C. moupinensis*; 23. *C. acutifolius*: type S; 22. *C. apiculatus*: type I 9~15. Adaxial; 16~23. Abaxial Scale bar = 1 mm