

# 野丁香属植物叶表皮形态特征研究

杨萍<sup>1,2</sup>, 罗燕燕<sup>3</sup>, 王瑞江<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 广州 510650;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 中山纪念中学, 广东 中山 528454)

**摘要:** 在光学显微镜和电子扫描显微镜下观察了茜草科(Rubiaceae)野丁香属(*Leptodermis* Wall.) 35种8变种植物的叶表皮微形态特征。结果表明,野丁香属植物叶表皮细胞为多边形或不规则形状,垂周壁平直、弓状或波状。气孔器全部位于下表皮,有辐射型、平列型两种,其中平列型较为普遍。表皮毛在上下表皮都有分布,有单细胞毛和单列多细胞毛两种类型。角质膜为颗粒状、网状或乳突状。野丁香属植物叶表皮的微形态特征存在种间差异,可为物种分类和系统演化分析提供更为有用的证据。

**关键词:** 叶表皮形态; 分类; 野丁香属; 茜草科

中图分类号: Q944.56

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2011)04-0291-12

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.04.001

## Leaf Epidermal Morphology of *Leptodermis* Wall. (Rubiaceae)

YANG Ping<sup>1,2</sup>, LUO Yan-yan<sup>3</sup>, WANG Rui-jiang<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese

Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100049, China; 3. Guangdong Sun Yat-Sen Memorial Middle School, Zhongshan 528454, China)

**Abstract:** The leaf epidermal characters of 35 species and 8 varieties of *Leptodermis* Wall. (Rubiaceae) were observed under light and scanning electron microscopes. The results showed that leaf epidermal cells were either polygonal or irregular, with straight, arched, or sinuous anticlinal walls. The leaves were hypostomatic, with both of paracytic and actinocytic stomata. The trichomes distributed ad- and abxially epidermis were either simple unicellular or uniseriate multicellular. Leaf cuticular membrane was granular, reticulate, or papilliform. These characters exhibit interspecific variation among *Leptodermis* species and it could provide informative evidence for taxonomic and systematic analysis.

**Key words:** Leaf epidermal morphology; Taxonomy; *Leptodermis*; Rubiaceae

野丁香属(*Leptodermis* Wall.)隶属于茜草科(Rubiaceae)鸡矢藤族(Paederieae)<sup>[1]</sup>,全世界共有野丁香属植物约40种,主要分布于中国、日本、越南、泰国、不丹、印度、尼泊尔、巴基斯坦等国家,我国有野丁香属植物约35种,是野丁香属植物种类分布最多的国家,为野丁香属植物的现代分布中心<sup>[2]</sup>。

植物形态性状特征是植物分类的重要基础。

叶表皮性状在一定程度上能反映出类群间的系统学关系。目前对野丁香属植物的研究主要集中在分类学方面<sup>[2-3]</sup>,它们的形态学资料比较缺乏,如Fagerlind曾对薄皮木(*L. oblonga*)的胚胎学进行了研究<sup>[4]</sup>,Koek-Noorman和Puff对*L. virgata*和*L. potaninii*进行了木材解剖学研究<sup>[5]</sup>,Robbrecht仅报道了野丁香(*L. potaninii*)的花粉特征<sup>[6]</sup>,Khoshoo和

收稿日期: 2010-10-08 接受日期: 2010-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30770156)资助

作者简介: 杨萍(1986~),女,硕士研究生,主要从事系统演化植物学方面的研究, email: yangpingly@163.com

\* 通讯作者 Corresponding author, email: wangrj@scbg.ac.cn

Bhatia 报道了 *L. lanceolata* 的花粉染色体为  $n = 11$ <sup>[7]</sup>, 由于这些结果比较零散并且数据较少, 因此无法对本属植物的分类学研究提供较多的帮助。同时, 野外观察表明, 由于地理环境的影响, 野丁香属植物的种内变异较大而种间变异较小, 并且前人发表的新分类群有时仅基于部分营养器官的形态变异, 因此, 全面了解本属植物的叶表皮形态的变异幅度和变异式样, 对于研究本属植物的分类及系统演化有重要的意义。本文利用光学显微镜和扫

描电子显微镜对野丁香属 35 种 8 变种植物的叶表皮形态特征进行研究, 探讨了这些植物的叶表皮形态特征间的差异, 以期为野丁香属植物的分类鉴定和系统演化研究提供科学依据。

## 1 材料和方法

**材料** 共采集了野丁香属 (*Leptodermis* Wall.) 植物 35 种 8 变种共 43 份成熟叶表皮材料, 均取自腊叶标本(表 1)。

表 1 野丁香属植物材料  
Table 1 *Leptodermis* materials

序号 No.	植物 Taxon	凭证标本 Vouchers	海拔 (m) Altitude	标本馆 Herbarium	图版 Plate
1	北川野丁香 <i>L. beichuanensis</i>	唐昌林等 C. L. Tang et al. 433		CDBI	I: 1,2
2	短萼野丁香 <i>L. brevisepala</i>	西师生 74 级 Students of 1974 session, Biology Department, Northwest Normal University 12105	1980	IBSC	I: 3
3	黄杨叶野丁香 <i>L. buxifolia</i>	四川第八森林大队 8th Forest Expedition Team of Sichuan 4741	2030	IBSC	I: 4
4	丽江野丁香 <i>L. dielsiana</i>	俞德浚 T. T. Yu 15442	2900	IBSC	I: 5,6
5	文水野丁香 <i>L. diffusa</i>	傅国勋、张志松 G. X. Fu & Z. S. Zhang 347		IBSC	I: 7,8
6	高山野丁香 <i>L. forrestii</i>	四川第八森林大队 8th Forest Expedition Team of Sichuan 5455	3000	IBSC	I: 9,10
7	聚花野丁香 <i>L. glomerata</i>	冯国楣 K. M. Fang 12	2200	IBSC	I: 11,12
8	柔枝野丁香 <i>L. gracilis</i>	高黎贡山考察队 Gaoligong Shan Biodiversity Survey 34302	1550	KUN	I: 13
9	长花野丁香 <i>L. gracilis</i> var. <i>longiflora</i>	张泽云、周洪富 Z. Y. Zhang & H. F. Zhou 23393	2650	IBSC	I: 14
10	光萼野丁香 <i>L. hirsutiflora</i> var. <i>ciliata</i>	杨萍、郭兴 P. Yang & X. Guo 44	3255	IBSC	I: 15 ~ 17
11	华山野丁香 <i>L. huashanica</i>	刘慎澍 T. N. Liou 10652		IBSC	I: 18,19
12	吉隆野丁香 <i>L. kumaonensis</i>	Hara et al., 3140	2000	PE	II: 20,21
13	光叶野丁香 <i>L. lanceolata</i>	青藏队 Qingzang Team 73-635	2100	PE	II: 22,23
14	绵毛野丁香 <i>L. lanata</i>	俞德浚 T. T. Yu 5395		IBSC	II: 24,25
15	糙毛野丁香 <i>L. nigricans</i>	四川省植被调查队 Sichuan Vegetation Exped. 2295	3000	IBSC	II: 26,27
16	薄皮木 <i>L. oblonga</i>	刘英 Y. Liu 10459	400	IBSC	II: 28,29
17	内蒙野丁香 <i>L. ordosica</i>	赵一之 Y. Z. Zhao 33	1700	HIMC	II: 30 ~ 32
18	卵叶野丁香 <i>L. ovata</i>	王瑞江等 R. J. Wang et al. 1121	758	IBSC	II: 33,34
19	瓦山野丁香 <i>L. parvifolia</i>	谢朝俊 C. J. Xie 39821	1350	IBSC	II: 35,36
20	川滇野丁香 <i>L. pilosa</i>	秦仁昌 R. C. Ching 21852		IBSC	III: 37,38
21	刺枝野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>acanthoclada</i>	俞德浚 T. T. Yu 9626	3850	IBSC	III: 39
22	渐光野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>glabrescens</i>	王启无 Q. W. Wang 69177	3400	IBSC	III: 40,41

续表(Continued)

序号 No.	植物 Taxon	凭证标本 Vouchers	海拔 (m) Altitude	标本馆 Herbarium	图版 Plate
23	穗花野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>spicatiformis</i>	张志英 Z. Y. Zhang 17957	720	IBSC	III: 42,43
24	野丁香 <i>L. potanini</i>	禹平华 P. H. Yu 1344	1650	IBSC	III: 44,45
25	狭叶野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>angustifolia</i>	毛品一 P. Y. Mao 1185	2000	PE	III: 46,47
26	粉绿野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>glauca</i>	张清龙 Q. L. Zhang 80321		IBSC	III: 48,49
27	绒毛野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>tomentosa</i>	熊济华等 J. H. Xiong et al. 35903	2850	IBSC	III: 50,51
28	<i>L. pulchella</i>	Tomita Makino 0013		HAST	III: 52,53
29	甘肃野丁香 <i>L. purdomii</i>	王作宾 Z. B. Wang 14900	950	IBSC	III: 54
30	白毛野丁香 <i>L. reheriana</i>	刘慎谔 S. E. Liu 21568		IBSC	IV: 55,56
31	糙叶野丁香 <i>L. scabrida</i>	陈伟烈 W. L. Chen 14432	800	PE	IV: 57,58
32	撕裂野丁香 <i>L. scissa</i>	赵清盛等 Q. S. Zhao et al. 5403		CDBI	IV: 59,60
33	纤枝野丁香 <i>L. schneideri</i>	四川第八森林大队 8th Forest Expedition Team of Sichuan 2032	1700	IBSC	IV: 61,62
34	<i>L. stapfiana</i>	Ohashi et al. 770807	2400	PE	IV: 63,64
35	蒙自野丁香 <i>L. tomentella</i>	王启无 Q. W. Wang 81570	1500	IBSC	IV: 65,66
36	管萼野丁香 <i>L. tubicalyx</i>	杨萍、郭兴 P. Yang & X. Guo 43	3010	IBSC	IV: 67~69
37	伞花野丁香 <i>L. umbellata</i>	杨金祥、胡志新 J. X. Yang & Z. X. Hu 3526	640	IBSC	IV: 70
38	毛花野丁香 <i>L. velutiniflora</i>	四川大学生物系 Biology Department, Sichuan University 12225	2750	IBSC	IV: 71,72
39	薄叶野丁香 <i>L. velutiniflora</i> var. <i>tenera</i>	张清龙 Q. L. Zhang 1824	2900	IBSC	V: 73,74
40	广东野丁香 <i>L. vestita</i>	王瑞江等 R. J. Wang et al. 1119	70.3	IBSC	V: 75,76
41	帚状野丁香 <i>L. virgata</i>	刘慎谔 T. N. Liou L. 5899	788	IBSC	V: 77,78
42	大果野丁香 <i>L. wilsoni</i>	周金云 J. Y. Zhou 1120	2200	KUN	V: 79~81
43	<i>L. sp.</i>	杨萍、郭兴 P. Yang & X. Guo 8	2155	IBSC	V: 82~84

**光镜材料的制备** 取成熟叶片叶轴中部的部分,剪成0.5 cm×0.5 cm的小块,煮沸使之排气软化后,浸泡于含5%的NaOH的解离液中6~12 h,分离表皮与叶肉,洗净收集叶表皮,用1%的番红溶液染色5~10 min,用1%的甘油封片,在光学显微镜下观察并拍照。

**扫描电镜材料的制备** 拿毛笔蘸取95%酒精轻轻擦拭叶片材料,去除灰尘,取叶片中部剪成5 mm×5 mm的小块,自然干燥后,用双面胶带固定在样品台上,喷金镀膜后在扫描电镜下观察。

**数据处理和统计** 气孔器类型和长宽比:在光学显微镜下,随机检查50个气孔器,记录其类型和长宽比。气孔长宽比 $R=L/W$ ,其中: $L$ 为气孔器的长轴, $W$ 为气孔器的径轴。气孔器指数 $I=S \times 100/(S+P)$ ,其中: $S$ 为单位视野气孔数, $P$ 为单位视野表皮细胞数。取20个视野的平均值。

所有形态描述的术语参照 Metcalfe<sup>[8]</sup>。

## 2 结果

对野丁香属35种8变种植物共43份样品在光学显微镜和扫描电子显微镜下进行观察,它们的叶表皮主要形态特征见表2。

### 2.1 上表皮细胞

野丁香属植物的上表皮细胞为不规则或多边形,细胞排列紧密,无气孔分布,大部分上表皮细胞都有表皮毛,表皮毛有单细胞毛,如高山野丁香(图版 I: 9)、糙毛野丁香(图版 II: 26)、渐光野丁香(图版 III: 40)、糙叶野丁香(图版 IV: 57)、帚状野丁香(图版 V: 77);单列多细胞毛,如丽江野丁香(图版 I: 5)、绵毛野丁香(图版 II: 24)、绒毛野丁香(图版 III: 50)、*L. stapfiana* (图版 IV: 63) 2种类型。上表皮蜡被有条状,如北川野丁香(图版 I: 1)、光叶野丁香(图版 II:

22)、渐光野丁香(图版 III: 40)、糙叶野丁香(图版 IV: 57)、大果野丁香(图版 V: 81); 颗粒状, 如白毛野丁香(图版 IV: 55)、帚状野丁香(图版 V: 77); 网状, 如丽江野丁香(图版 I: 5)、吉隆野丁香(图版 II: 20)、川滇野丁香(图版 III: 37)、白毛野丁香(图版 IV: 55)、薄叶野丁香(图版 V: 73) 3 种类型。

## 2.2 下表皮细胞

野丁香属植物的下表皮细胞一般为多边形或不规则形状, 细胞壁曲折, 细胞间界限不明显。下表皮的角质层很明显, 一般为条状, 如黄杨叶野丁香(图版 I: 4)、薄皮木(图版 II: 29)、刺枝野丁香(图版 III: 39)、撕裂野丁香(图版 IV: 60)、*L. sp.*(图版 V: 82); 颗粒状, 如帚状野丁香(图版 V: 78); 网状, 如北川野丁香(图版 I: 2)、吉隆野丁香(图版 II: 21)、川滇野丁香(图版 III: 38)、白毛野丁香(图版 IV: 56)、薄叶野丁香(图版 V: 74)。表皮毛一般也有单细胞毛, 如糙毛野丁香(图版 II: 27)、毛花野丁香(图版 IV: 71); 单列多细胞毛, 如文水野丁香(图版 I: 8)、绵毛野丁香(图版 II: 25)、糙叶野丁香(图版 IV: 58, 70), 基部膨大而顶端渐尖。

## 2.3 气孔器

野丁香属植物的气孔器仅分布于叶片下表皮。大部分种类的气孔与表皮细胞在同一平面上, 但有一些种类的气孔凹陷, 并被表皮细胞覆盖, 如绵毛野丁香(图版 II: 25)、粉绿野丁香(图版 III: 49)、薄叶野丁香(图版 IV: 74)。野丁香属植物的气孔类型可分为 2 种: 一种为辐射型, 如北川野丁香(图版 I: 2)、

华山野丁香(图版 II: 19)、刺枝野丁香(图版 III: 39)、纤枝野丁香(图版 IV: 62)、薄叶野丁香(图版 V: 74), 即气孔被稍微有些拉长的副卫细胞辐射状包围<sup>[8]</sup>; 另一种为平列型, 也称为茜草科型<sup>[9]</sup>, 此类型的气孔每个保卫细胞侧面伴生 1 个或多个副卫细胞, 它们的长轴与气孔的长轴平行, 如北川野丁香(图版 I: 2)、光叶野丁香(图版 II: 23)、川滇野丁香(图版 III: 38)、白毛野丁香(图版 IV: 56)、广东野丁香(图版 V: 76)。

气孔长宽比在 1~1.8 之间, 大多集中在 1~1.4。从图 1 大致可以看出, 分布在低海拔的野丁香属植物叶片的气孔指数较高, 而分布在高海拔的植物叶片气孔指数相对较低。这可能是由于植物进行光合作用的强度与环境因子的胁迫强度有关<sup>[10]</sup>。也就是说, 在环境相对温和的低海拔地区, 植物进行光合作用的强度较大, 而在高海拔地区则相反。从图 1 看出, 野丁香属植物分布的海拔高度与气孔长宽比的关系不显著。

## 2.4 表皮毛

表皮毛大多分布在叶片中脉两侧, 侧脉和小脉上的表皮毛较稀疏。表皮毛细胞上的角质层为条纹状, 如绵毛野丁香(图版 II: 24)、伞花野丁香(图版 IV: 70); 或突起, 如文水野丁香(图版 I: 8)、绵毛野丁香(图版 II: 25)、渐光野丁香(图版 III: 40)、糙叶野丁香(图版 IV: 57)。根据表皮毛着生的位置以及表皮毛细胞的形态和结构, 野丁香属植物的表皮毛分为以下 2 种类型:

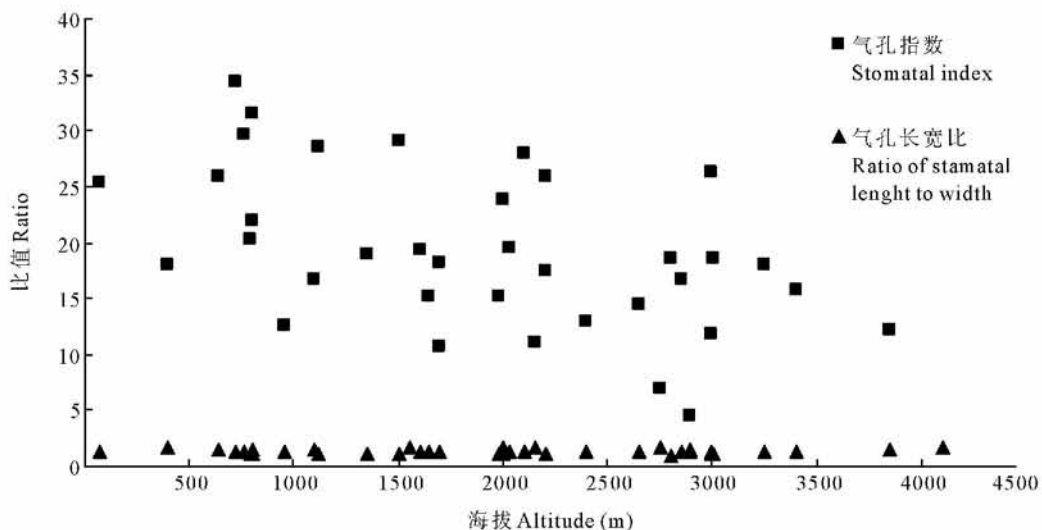


图 1 气孔指数和气孔长宽比与海拔的关系

Fig. 1 Relationship between stomata index, ratio of stomata length to width and altitude

类型1:单细胞毛,为单个细胞构成。上下表皮都有分布,一般上表皮分布较多。单细胞圆锥形或长条形,毛细胞基部膨大,末端渐尖,细胞壁加厚,如光萼野丁香(图版 I: 15)、糙毛野丁香(图版 II: 27)、渐光野丁香(图版 III: 40)、糙叶野丁香(图版 IV: 57)、

帚状野丁香(图版 V: 77)。

类型2:单列多细胞毛,即由单个细胞呈线形排列而成的表皮毛。此类型的表皮毛一般着生在叶中脉,侧脉和小脉上,如丽江野丁香(图版 I: 5)、瓦山野丁香(图版 II: 35)、蒙自野丁香(图版 IV: 65)。

表2 野丁香属植物叶表皮微形态特征

Table 2 Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis*

序号 No.	植物 Taxon	上表皮 Adaxial epidermis			下表皮 Abaxial epidermis			气孔器 Stomatal apparatus		
		细胞形状 Cell shape	垂周壁 Anticlinal wall	表皮毛 Trichomes	细胞形状 Cell shape	垂周壁 Anticlinal wall	表皮毛 Trichomes	类型 Type	长宽比 Ratio of length to width (R)	气孔指数 Stomatal index (I)
1	北川野丁香 <i>L. beichuanensis</i>	PO	ST	—	IR	AR	—	PA	1.29	19.4
2	短萼野丁香 <i>L. brevisepala</i>	PO	ST	—	PO	ST	—	PA	1.15	15.2
3	黄杨叶野丁香 <i>L. buxifolia</i>	PO	ST	—	PO	ST	—	PA	1.28	19.6
4	丽江野丁香 <i>L. dielsiana</i>	IR	SU	MS, +	IR	SU	—	PA	1.32	28.6
5	文山野丁香 <i>L. diffusa</i>	PO	AR	US, +; MS, +	IR	SN	MS, +	AC	1.28	11.9
6	高山野丁香 <i>L. forrestii</i>	PO	ST	US, +	IR	SN	—	PA	1.31	11.8
7	聚花野丁香 <i>L. glomerata</i>	IR	SN	—	PO	AR	—	AC	1.19	25.9
8	柔枝野丁香 <i>L. gracilis</i>	PO	AR	—	PO	AR	—	PA	1.69	28.6
9	长花野丁香 <i>L. gracilis</i> var. <i>longiflora</i>	PO	AR	US, +	IR	SU	—	PA	1.39	14.5
10	光萼野丁香 <i>L. hirsutiflora</i> var. <i>ciliata</i>	IR	SN	US, +	IR	SI	—	PA	1.28	18.1
11	华山野丁香 <i>L. huashanica</i>	PO	ST	—	PO	AR	—	AC	1.49	14.5
12	吉隆野丁香 <i>L. kumaonensis</i>	PO	ST	MS, +	IR	SN	—	AC	1.66	DD
13	光叶野丁香 <i>L. lanceolata</i>	PO	ST	—	IR	SU	—	PA	1.3	28
14	绵毛野丁香 <i>L. lanata</i>			MS, ++			US, ++; MS, ++	HO		DD
15	糙毛野丁香 <i>L. nigricans</i>	IR	SI	US, +	IR	SI	US, +	PA	1.11	26.2
16	薄皮木 <i>L. oblonga</i>	PO	AR	US, +	IR	SU	—	AC	1.65	18.1
17	内蒙野丁香 <i>L. ordosica</i>	IR	SI	—	IR	SN	—	PA	1.28	18.2
18	卵叶野丁香 <i>L. ovata</i>	PO	ST	—	PO	AR	—	PA	1.36	29.6
19	瓦山野丁香 <i>L. parvifolia</i>	PO	AR	MS, +	IR	SU	—	PA	1.21	18.9
20	川滇野丁香 <i>L. pilosa</i>	PO	AR	—	IR	ST	—	PA	1.24	33.8
21	刺枝野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>acanthoclada</i>	PO	AR	—	IR	SI	—	AC	1.57	12.3
22	渐光野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>glabrescens</i>	PO	AR	—	IR	SN	—	AC	1.3	15.8
23	穗花野丁香 <i>L. pilosa</i> var. <i>spicatiformis</i>	PO	AR	US, +	PO	AR	—	PA	1.29	34.4
24	野丁香 <i>L. potanini</i>	PO	ST	—	PO	AR	—	PA	1.3	15.3
25	狭叶野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>angustifolia</i>	PO	AR	—	PO	ST	—	PA	1.2	23.9



续表(Continued)

序号 No.	植物 Taxon	上表皮 Adaxial epidermis			下表皮 Abaxial epidermis			气孔器 Stomatal apparatus		
		细胞形状 Cell shape	垂周壁 Anticlinal wall	表皮毛 Trichomes	细胞形状 Cell shape	垂周壁 Anticlinal wall	表皮毛 Trichomes	类型 Type	长宽比 Ratio of length to width (R)	气孔指数 Stomatal index (I)
26	粉绿野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>glauca</i>	PO	ST	—	IR	AR	—	AC	1.78	14.1
27	绒毛野丁香 <i>L. potanini</i> var. <i>tomentosa</i>	PO	AR	MS, +	IR	AR	—	PA	1.25	16.7
28	<i>L. pulchella</i>	IR	SU	—	IR	SN	—	AC	1.6	16.1
29	甘肃野丁香 <i>L. purdomii</i>	PO	ST	—	PO	ST	—	PA	1.37	12.6
30	白毛野丁香 <i>L. reheriana</i>	IR	AR	—	PO	AR	—	PA	1.27	32.2
31	糙叶野丁香 <i>L. scabrida</i>	PO	ST	US, +	PO	ST	MS, +	PA	1.48	22
32	撕裂野丁香 <i>L. scissa</i>	PO	AR	—	PO	AR	—	PA	1.13	28.6
33	纤枝野丁香 <i>L. schneideri</i>	PO	AR	—	PO	AR	—	AC	1.32	10.7
34	<i>L. stapfiana</i>	PO	AR	MS, +	IR	AR	MS, +	AC	1.33	13
35	蒙自野丁香 <i>L. tomentella</i>	PO	ST	MS, +	IR	AR	—	PA	1.11	29.1
36	管萼野丁香 <i>L. tubicalyx</i>	PO	ST	MS, +	IR	AR	—	PA	1.22	18.5
37	伞花野丁香 <i>L. umbellata</i>	PO	ST	MS, +	IR	SN	MS, +	PA	1.48	25.9
38	毛花野丁香 <i>L. velutiniflora</i>	PO	AR	US	PO	AR	—	AC	1.66	6.9
39	薄叶野丁香 <i>L. velutiniflora</i> var. <i>tenera</i>	PO	AR	—	PO	AR	—	AC	1.56	4.5
40	广东野丁香 <i>L. vestita</i>	PO	ST	US, +	PO	AR	US, +	PA	1.3	25.4
41	帚状野丁香 <i>L. virgata</i>	PO	ST	US, +	IR	SN	—	PA	1.2	20.3
42	大果野丁香 <i>L. wilsoni</i>	PO	ST	—	IR	SU	—	AC	1.08	17.5
43	<i>L. sp.</i>	IR	SI	—	IR	SI	—	PA	1.68	11.1

PO: 多边形 Polygonal; IR: 不规则 Irregular; ST: 平直 Straight; AR: 弓状 Arched; SI: 深波状 Sinuated; SN: 波状 Sinuous; SU: 浅波状 Sinuolate; US: 单细胞毛 Unicellular simple trichome; MS: 单列多细胞毛 Multicellular simple trichome; PA: 平列型 Paracytic stomata; AC: 辐射型 Actinocytic stomata; HO: 下陷型 Hollow stomata; -: 无表皮毛 Glabrous; +: 表皮毛一般 Hairy more or less; ++: 表皮毛浓密 Hairy densely.

### 3 讨论

#### 3.1 叶表皮特征与分布生境的关系

气孔指数等叶表皮特征随海拔上升发生变化<sup>[11]</sup>。野丁香属植物主要生在高海拔的干旱地区,该属植物的分布生境与其微形态特征之间有一定的关系。野丁香属植物叶以小型为主,大多数种类的叶片为纸质,上下表皮细胞以不规则形状为主,角质层或蜡被以及表皮毛的细胞角质层特征多样,该属植物下表皮还分布有大量的气孔和丰富的毛被,有些种类,如绵毛野丁香(图版 II: 24,25)还有气孔下陷的现象。

叶片角质层对阻止植物体内水分蒸腾和抗病虫害具有重要作用<sup>[12]</sup>。野丁香属植物的这些叶表皮特征显示了它们有一定的耐旱性,与其生长在干

旱的高海拔地区相符合。

#### 3.2 气孔发育类型

本研究结果表明,大部分野丁香属植物的气孔类型属于茜草科型。Pant 和 Mehra 研究了茜草科植物的气孔发育,认为茜草科型的气孔发育类型为中生型<sup>[9]</sup>,即保卫细胞母细胞和所有的多个或单个环状的副卫细胞均来自于同一拟分生组织。另外,在野丁香属植物中,也有少部分植物的气孔类型为辐射型,而辐射型的气孔发育类型也属于中生型<sup>[13]</sup>。因此,我们可以认为野丁香属的气孔发育类型均为同一种。

#### 3.3 叶表皮特征的分类学意义

本研究结果表明,野丁香属植物的叶表皮微形态特征虽总体较相似,但仍能对一些种类的分类学

处理提供有用的解剖学证据。

疑似新种 *Leptodermis* sp.(图版 V: 82~84)采自云南昆明,其根茎叶等外部形态上与大果野丁香 *L. wilsoni*(图版 V: 79~81)相似,二者的果实大小也相差无几,仅萼裂片形状和大果野丁香有区别, *Leptodermis* sp.的萼裂片为长三角形,大果野丁香萼裂片为三角形至阔三角形。但是,电镜下观察发现前者上下表皮细胞为狭长的深波状,气孔狭长(气孔长宽比为 1.68),后者上下表皮细胞分别为多边形和不规则浅波状,气孔卵圆形(气孔长宽比为 1.08);气孔指数(11.1)与大果野丁香(17.5)相比较低;前者仅在上表皮有少量条状角质层,而后者上下表皮都密布网状角质层。这些区别为其作为一个新种提供了形态学上的证据。

广东野丁香(*L. vestita*)(图版 V: 75,76)和卵叶野丁香(*L. ovata*)(图版 II: 33,34)相比,前者苞片顶端钻状渐尖至渐尖,而后者骤尖,仅在蜡被纹饰和表皮毛的疏密程度上有细微差异,其他特征如表皮细胞形状(为多边形)、气孔器结构(平列型)、气孔指数(分别为 25.4 和 29.6)、气孔长宽比(分别为 1.30 和 1.36)等方面均较为一致。因此,将卵叶野丁香与广东野丁香合并<sup>[12]</sup>可从叶表皮微形态特征得到支持。

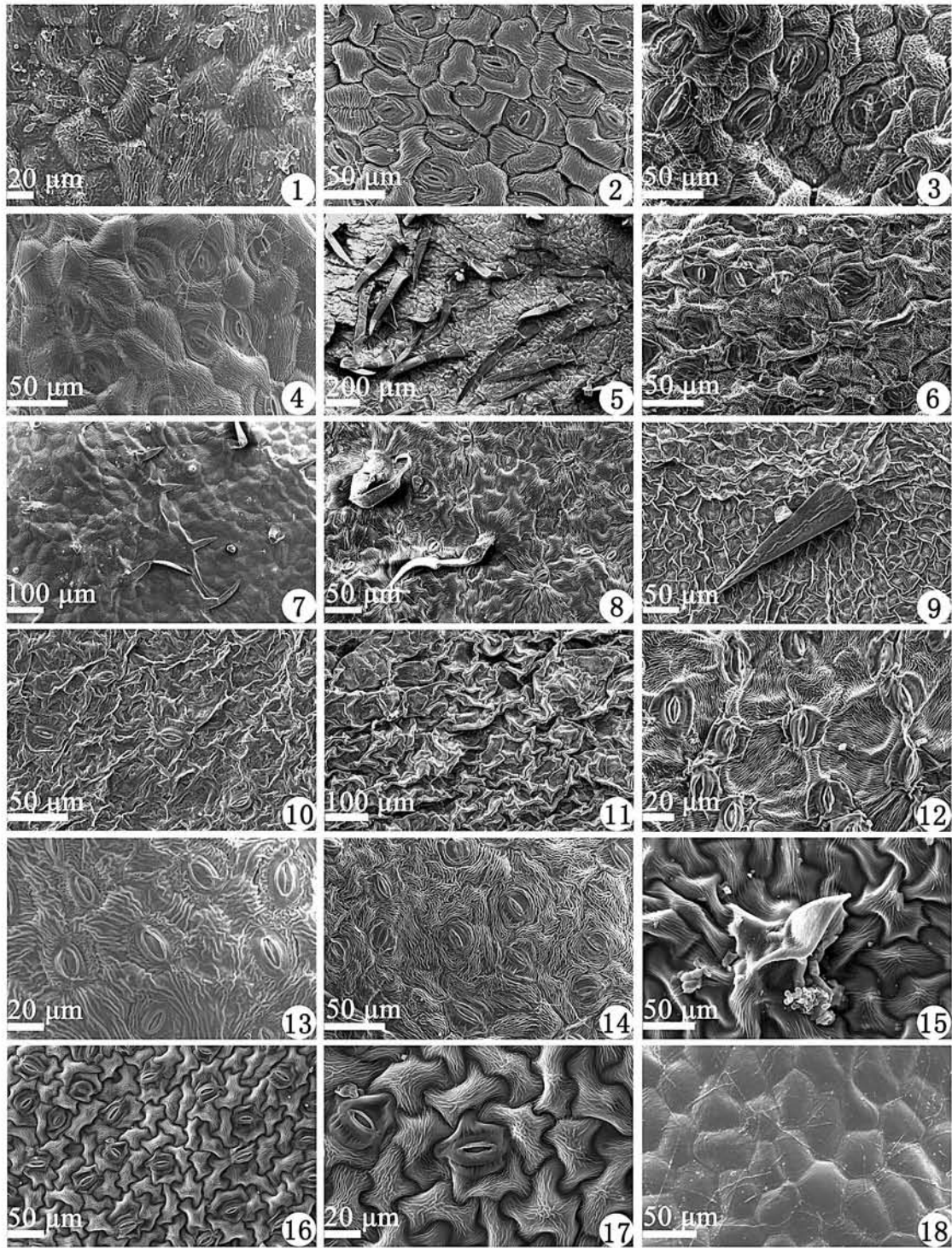
高山野丁香(*L. forrestii*)(图版 I: 9,10)和北川野丁香(*L. beichuanensis*)(图 I: 1,2)在外部形态上区别并不显著,但叶表皮微形态观察发现,前者上表皮被单细胞毛,后者无;前者上下表皮细胞排列紧密,后者排列疏松整齐;前者的气孔指数(11.8)明显低于后者(19.4)。因此,叶表皮的形态特征可以使两者在分类鉴定上得到应用。

同样,华山野丁香(*L. huashanica*)(图版 I: 18; 图版 II: 19)与薄皮木(*L. oblonga*)(图版 II: 28,29)外部形态相似,叶表皮微形态特征也相似,且气孔指数(分别为 14.5、18.1)与气孔长宽比(1.49, 1.65)相近,气孔器同为辐射型,二者角质层也都集中分布在气孔器的副卫细胞上。而 *L. pulchella*(图版 III: 52, 53)尽管在外部形态特征上与二者相似,叶表皮微形态特征却有着较大差异,上下表皮细胞均为不规则形状,可与前面二者的多边形区分,下表皮几乎无角质层覆盖,而前面二者的副卫细胞上角质层明显。所以,我们认为华山野丁香与薄皮木可以合并,而 *L. pulchella* 仍然独立为种。

**致谢** 感谢中国科学院华南植物园标本馆(IBSC)、中国科学院植物研究所标本馆(PE)、中国科学院昆明植物研究所标本馆(KUN)、中国科学院成都生物研究所标本馆(CDBI)、内蒙古大学标本馆(HIMC)、西北高原植物研究所标本馆(HNWP)、中央研究院植物标本馆(HAST)的工作人员提供查阅标本的帮助;感谢中国科学院华南植物园公共实验室的胡晓颖高级工程师在实验过程中给予的技术指导和帮助。

## 参考文献

- [1] Backlund M, Bremer B, Thulin M. Paraphyly of Paederieae, re-cognition of Putorieae and expansion of *Plocama* (Rubiaceae, Rubioideae) [J]. *Taxon*, 2007, 56: 315-328.
- [2] Lo H S(罗猷瑞). *Leptodermis* Wall. [M]// Chen W C(陈伟球). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 71(2)*. Beijing: Science Press, 1999: 120-153.(in Chinese)
- [3] Winkler H. Monographische Übersicht der Gattung *Leptodermis* [J]. *Reper Spec Nov*, 1922, 18: 150-166.
- [4] Fagerlind F. Embryologische, zytologische und bestäubungs-experimentelle studien in der Familie Rubiaceae nebst Bemerkungen über einige Polyploiditätsprobleme [J]. *Acta Hort Berg*, 1937, 11: 195-470.
- [5] Koek-Noorman J, Puff C. The wood anatomy of Rubiaceae tribes Anthospermeae and Paederieae [J]. *Plant Syst Evol*, 1983, 143 (1/2): 17-46.
- [6] Robbrecht E. Pollen morphology of the tribes Anthospermeae and Paederieae (Rubiaceae) in relation to taxonomy [J]. *Bull Nat Plantentuin Belg*, 1982, 52: 349-366.
- [7] Khoshoo T, Bhatia S. Cytology of some Rubiaceae of the North-Western Himalayas [J]. *Proceedings: Plant Sciences*, 1963, 58 (1): 36-44.
- [8] Metcalfe C R, Chalk L. *Anatomy of the Dicotyledons* [M]. Oxford: Oxford University Press, 1979: 99-101.
- [9] Pant D D, Mehra B. Ontogeny of stomata in some Rubiaceae [J]. *Phytomorphology*, 1965, 15: 300-310.
- [10] Ma Q W(马清温), Li F L(李凤兰), Li C S(李承森). Coefficients of variation and factors affecting stomatal parameters [J]. *J Beijing For Univ(北京林业大学学报)*, 2005, 27(1): 19-23. (in Chinese)
- [11] Shi S(石硕), He X L(贺学礼), Zhu D L(祝东立). Comparative study on the leaf epidermal structure of two *Artemisia* species at different altitude [J]. *J Agri Univ Hebei(河北农业大学学报)*, 2008, 31(1): 42-47.(in Chinese)
- [12] Lu S W(陆时万), Xu X S(徐祥生), Shen M J(沈敏健). *Botany* [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 1991: 156-158. (in Chinese)
- [13] Fryns-Claessens E, van Cotthem W. A new classification of the ontogenetic types of stomata [J]. *Bot Rev*, 1973, 39: 73-108.

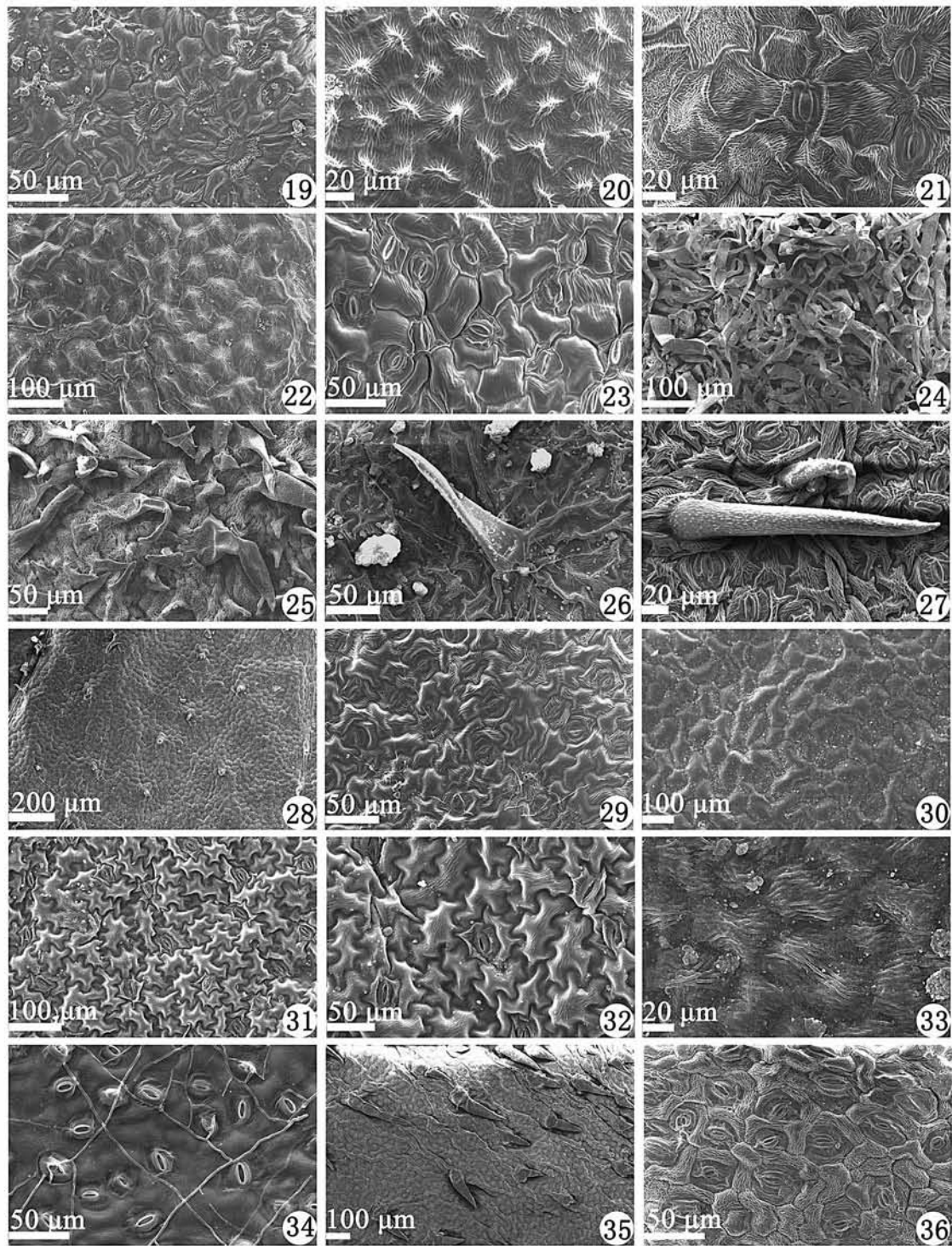


图版 I 扫描电镜下的野丁香属植物叶表皮微形态特征

Plate I Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis* under SEM

1,5,7,9,11,15,18: 上表皮 Adaxial epidermis; 2~4,6,8,10,12~14,16,17: 下表皮 Abaxial epidermis; 1,2: 北川野丁香 *L. beichuanensis*; 3: 短萼野丁香 *L. brevisepala*; 4: 黄杨叶野丁香 *L. buxifolia*; 5,6: 丽江野丁香 *L. dielsiana*; 7,8: 文水野丁香 *L. diffusa*; 9,10: 高山野丁香 *L. forrestii*; 11,12: 聚花野丁香 *L. glomerata*; 13: 柔枝野丁香 *L. gracilis*; 14: 长花野丁香 *L. gracilis* var. *longiflora*; 15~17: 光萼野丁香 *L. hirsutiflora* var. *ciliata*; 18: 华山野丁香 *L. huashanica*.

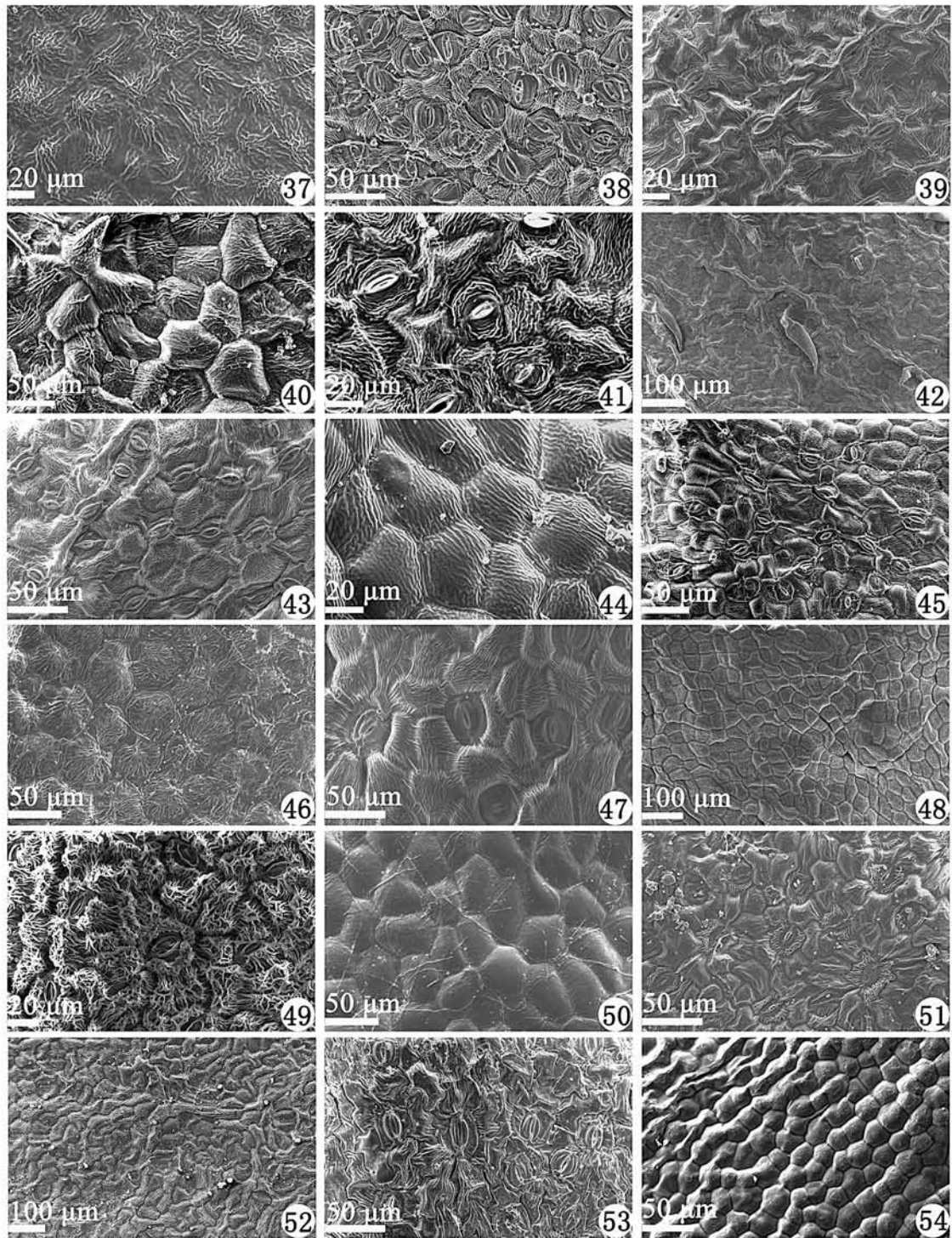




图版 II 扫描电镜下野丁香属植物的叶表皮微形态特征

Plate II Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis* under SEM

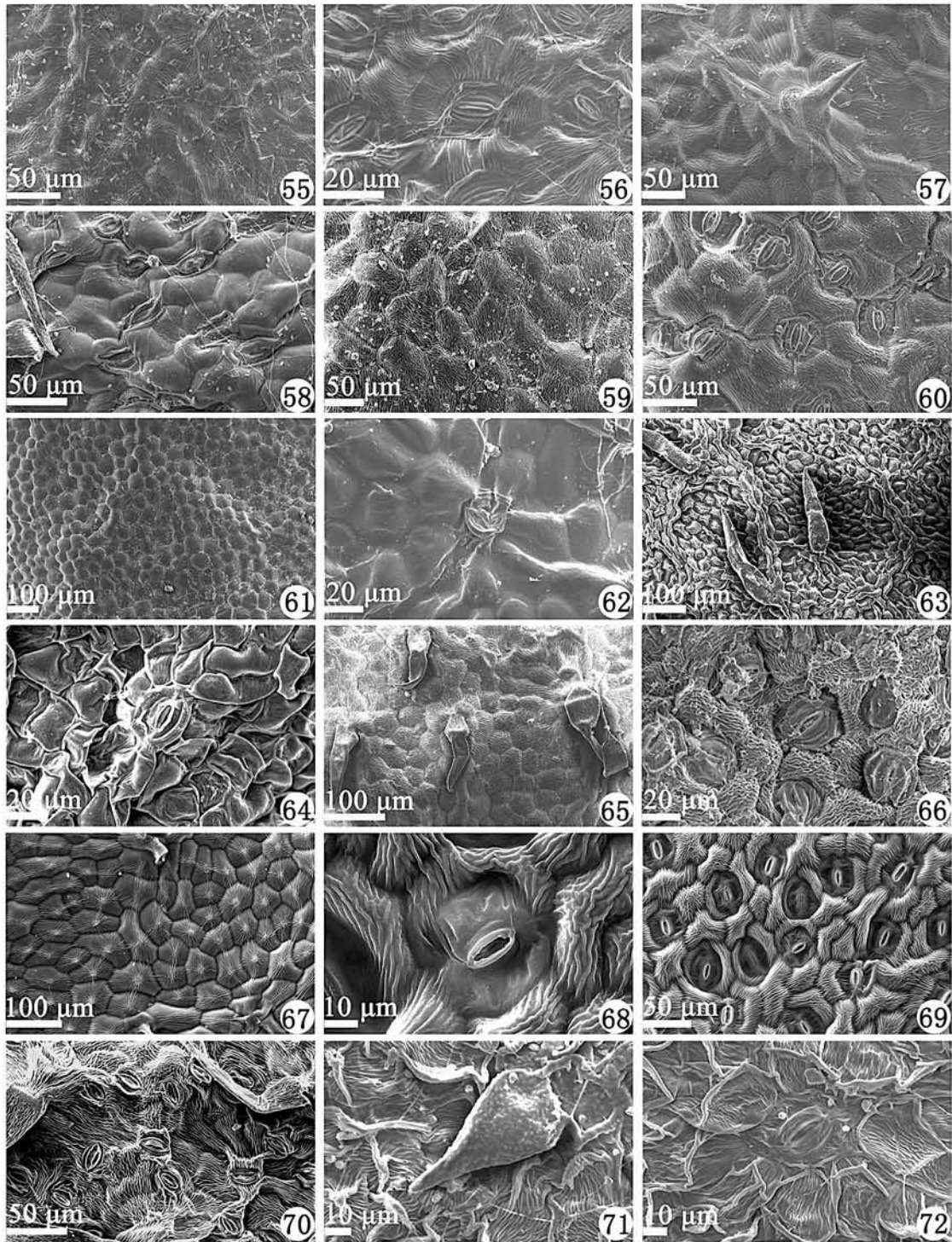
20,22,24,26,28,30,33,35: 上表皮 Adaxial epidermis; 19,21,23,25,27,29,31,32,34,36: 下表皮 Abaxial epidermis; 19: 华山野丁香 *L. huashanica*; 20,21: 吉隆野丁香 *L. kumaonensis*; 22,23: 光叶野丁香 *L. lanceolata*; 24,25: 绵毛野丁香 *L. lanata*; 26,27: 糙毛野丁香 *L. nigricans*; 28,29: 薄皮木 *L. oblonga*; 30~32: 内蒙野丁香 *L. ordosica*; 33,34: 卵叶野丁香 *L. ovata*; 35,36: 瓦山野丁香 *L. parvifolia*.



图版 III 扫描电镜下野丁香属植物的叶表皮微形态特征

Plate III Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis* under SEM

37,40,42,44,46,48,50,52,54: 上表皮 Adaxial epidermis; 38,39,41,43,45,47,49,51,53: 下表皮 Abaxial epidermis; 37,38: 川滇野丁香 *L. pilosa*; 39: 刺枝野丁香 *L. pilosa* var. *acanthoclada*; 40,41: 渐光野丁香 *L. pilosa* var. *glabrescens*; 42,43: 穗花野丁香 *L. pilosa* var. *spicatifomis*; 44,45: 野丁香 *L. potanini*; 46,47: 狭叶野丁香 *L. potanini* var. *tenera*; 48,49: 粉绿野丁香 *L. potanini* var. *glauca*; 50,51: 绒毛野丁香 *L. potanini* var. *tomentosa*; 52, 53: *L. pulchella*; 54: 甘肃野丁香 *L. purdomii*.

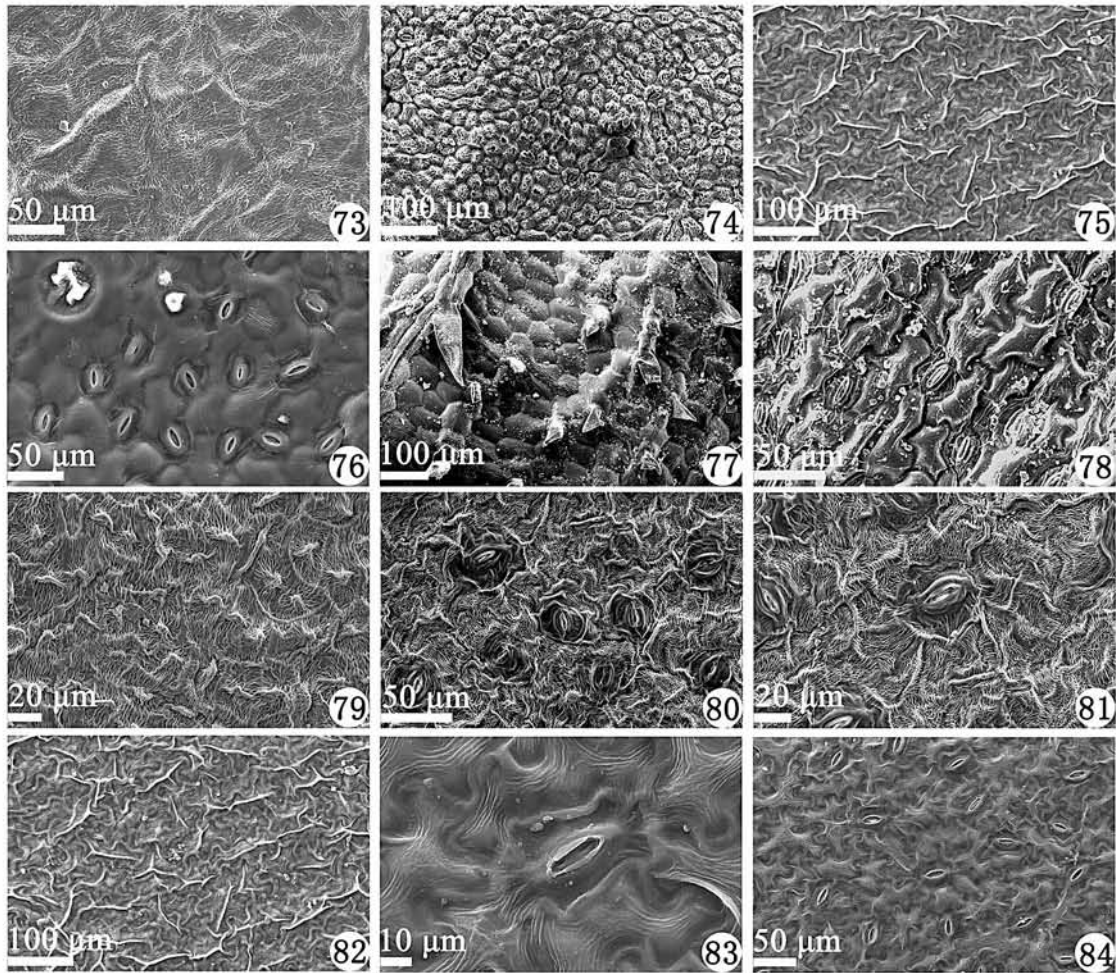


图版 IV 扫描电镜下野丁香属植物的叶表皮微形态特征

Plate IV Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis* under SEM

55,57,59,61,63,65,67,71: 上表皮 Adaxial epidermis; 56,58,60,62,64,66,68~70,72: 下表皮 Abaxial epidermis; 55,56: 白毛野丁香 *L. reheriana*; 57,58: 糙叶野丁香 *L. scabrata*; 59,60: 撕裂野丁香 *L. scissa*; 61,62: 纤枝野丁香 *L. schneideri*; 63,64: *L. stapfiana*; 65,66: 蒙自野丁香 *L. tomentella*; 67~69: 管萼野丁香 *L. tubicalyx*; 70: 伞花野丁香 *L. umbellata*; 71,72: 毛花野丁香 *L. velutiniflora*.





图版 V 扫描电镜下野丁香属植物的叶表皮微形态特征

Plate V Leaf epidermal morphological characters of *Leptodermis* under SEM

73,75,77,79,82: 上表皮 Adaxial epidermis; 74,76,78,80,81,83,84: 下表皮 Abaxial epidermis. 73,74: 薄叶野丁香 *L. velutiniflora* var. *tenera*; 75,76: 广东野丁香 *L. vestita*; 77,78: 帚状野丁香 *L. virgata*; 79~81: 大果野丁香 *L. wilsoni*; 82~84: *Leptodermis* sp.