

## 中国柴胡属植物叶表皮特征及系统学意义

逢云莉<sup>1</sup>, 唐自慧<sup>2</sup>, 王奇志<sup>3</sup>, 任海燕<sup>1</sup>, 何兴金<sup>1\*</sup>

(1. 四川大学生命科学学院, 成都 610064; 2. 成都市工业学校, 成都 610064; 3. 华侨大学化工学院, 厦门 361021)

**摘要:** 利用光学显微镜和扫描电镜对我国柴胡属(*Bupleurum* L.) 13 种(含 1 变种)植物的叶表皮进行了观察,首次报道了它们的微形态特征。结果表明:除了大叶柴胡(*B. longiradiatum* Turczaninow)气孔器仅存在于下表皮,其余 12 种柴胡的上、下表皮都存在气孔器,气孔器类型包括不规则型和不等型两种。叶表皮细胞形状为多边形或不规则型,垂周壁式样可区分为平直-弓形、浅波状。保卫细胞壁加厚明显,极端联合形成极层结构。在扫描电镜下,气孔器内陷于表皮细胞间。角质膜条纹状,有的条纹隆起,有的条纹上附有蜡质胶状分泌物和鳞片。光镜和电镜下叶表皮柴胡属微形态表现出相当高的多态性;而在特定的分类群中,又表现为高度的一致性,为种间分类提供了新的证据。

**关键词:** 柴胡属; 叶表皮; 气孔器

中图分类号: Q944.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2009)02-0133-12

## Characters of Leaf Epidermis and Their Systematic Significance in *Bupleurum* from China

PANG Yun-Li<sup>1</sup>, TANG Zi-Hui<sup>2</sup>, WANG Qi-Zhi<sup>3</sup>, REN Hai-Yan<sup>1</sup>, HE Xing-Jin<sup>1\*</sup>

(1. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 2. Chengdu Industry College, Chengdu 610064, China; 3. College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Leaf epidermis of 13 species in the genus *Bupleurum* L. was examined under both light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM). Stomatas of most species occur in both abaxial and adaxial epidermis, and only *B. longiradiatum* Turczaninow has stomatas in abaxial epidermis. The shape of epidermal cells in *Bupleurum* examined are generally polygonal, and the anticlinal cell walls are either straight or curved. Only a few species are irregular, with the anticlinal cell walls sinuate. Guard cells have thickened walls, forming polar lamellae at the polar end. Under the SEM, the cuticular membrane in the genus is usually striated. The wax ornamentations are flaked, striate to wrinkled or granular. These uniform micromorphological characteristics in the genus are important in classifications of studied species.

**Key words:** *Bupleurum*; Leaf epidermis; Stomatal apparatus

柴胡属(*Bupleurum* L.)是伞形科(Umbelliferae)、芹亚科(Apiioideae)、芹族(Apiaceae)、芹亚族(Apiinae)的一个重要类群。常具平行脉,类似禾本科植物,拥有较为一致的花粉形态等特征<sup>[1]</sup>,是一个较自然的分类群。柴胡主要分布在北半球,亚洲是分布较为集中的一个地区。我国有柴胡属植物 42 种(包含 22 个特有种),占全世界种类的 1/5 以上,主要分布于西南、西北和东北地区<sup>[2]</sup>,是中国重要的传统中药,有解热、镇痛、利胆等作用。但是由于分布的区域广、种类多、外形差异小给中国柴胡属

的分类学研究带来很大的困难,常造成中药材柴胡种类混乱,有必要进一步挖掘更多的分类指标加以区分。

到目前为止,国内外学者 Cauwet-Marc 等<sup>[3]</sup>、潘泽惠等<sup>[4,5]</sup>、秦慧贞等<sup>[6]</sup>、舒璞等<sup>[1,7]</sup>、Plunkett 和 Downie<sup>[8,9]</sup>、姜传明等<sup>[10,11]</sup>、Liu M 等<sup>[12]</sup>、王奇志等<sup>[13]</sup>在形态学、细胞学、分子系统学、孢粉学等方面的工作为柴胡属的系统学研究提供了有用的资料。但关于柴胡属叶表皮微形态的研究国内至今没有报道。近几年,植物叶表皮微形态特征的研究越来越受

收稿日期:2008-06-12,修回日期:2008-09-28。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30670146)(Supported by the National Natural Science Foundation of China, Grant No. 30670146);国家自然科技资源平台项目(2005DKA21403)资助(Supported by national science and technology resources project, Grant No. 2005DKA21403)。

作者简介:逢云莉(1981-),女,硕士在读,从事植物分类学研究。

\* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: xingjinhe@126.com)。

到植物分类学家的重视,一方面,营养器官的微形态特征主要是物种本身遗传特征的反映,叶表皮形状如气孔器类型、表皮细胞类型、角质层等特征对探讨现存植物的分类系统有着重要的意义<sup>[14,15]</sup>,另一方面,采用营养器官的微形态特征对各种物候期的标本鉴定更为有利。我们首次利用光学显微镜和扫描电子显微镜观察了柴胡属 13 种植物成熟叶表皮形态特征,旨在为柴胡属的系统分类和形态分类学鉴定提供微形态学资料。

## 1 材料

实验中所采用的柴胡属 (*Bupleurum* L.) 13 种植物叶除少部分取自新鲜叶片外,其余均来自四川大学标本馆 (SZ) 的腊叶标本 (凭证标本见表 1)。每种材料均取植株中部的成熟叶片。

## 2 方法

### 2.1 用于光学显微镜观察的材料

腊叶标本材料先在蒸馏水中浸泡 30 min 左右,再用 10% Jeffry (铬酸:硝酸 = 3:1) 浸泡约 20 min,经蒸馏水冲洗后,将软化的材料平展于干净载玻片上,用锋利的双面刀片刮去上面的表皮和叶肉,只留下下面的表皮,然后用镊子将表皮翻转,使表皮的外面

朝上<sup>[16]</sup>。然后用 1% 番红染色,酒精系列脱水,二甲苯冲洗,加拿大树胶封片。Olympus BH-2 光镜观察拍照。

新鲜叶片直接用 10% Jeffry 浸泡约 20 min,后面步骤同上。

**2.1.1 气孔器类型及大小** 取具气孔器的上下表皮封片,置光学显微镜下,随机检查 50 个气孔器,记录其气孔器类型和大小。

**2.1.2 气孔器指数 I** 单位视野气孔数  $S$ 、单位视野普通表皮细胞数  $P$ ,均取具气孔器的下表皮封片中 20 个视野的平均值。气孔器指数计算公式为:

$$I = S \times 100 / (S + P)。$$

**2.1.3 下表皮气孔长轴  $t$  检验** 随机分别选取柴胡属供试类群各 50 个气孔,测量其极轴长度,然后采用  $t$  检验的方法判断两两类群间气孔极轴长度存在差异的显著性水平。 $t$  检验所采用的相关数学公式如下:

$$t = \{ (X_1 - X_2)^2 / (S_w^2 / n_1 + S_w^2 / n_2) \}^{1/2} \\ = \{ [ (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 ] / (n_1 + n_2 - 2) \}^{1/2} \\ t_{1-P/2} (n_1 + n_2 - 2) = t$$

$X$  为算术平均值,  $S_w^2$  为两样本的合并方差,  $S_1^2$ 、 $S_2^2$  分别为两样本的方差,  $n$  为样本容量,  $\alpha = 0.05$  为小概率事件的标准,  $P$  为概率,  $P$  与  $\alpha$  相比较, 确定

表 1 材料来源  
Table 1 Source of materials

| 种类<br>Species                                                                             | 采集地<br>Site                      | 采集时间<br>Time of collection | 凭证标本<br>Voucher                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| 1. 紫花鸭跖柴胡<br><i>Bupleurum commelynoideum</i> H. de Boissieu                               | 云南大理<br>Dali, Yunnan             | 2006/07                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 374627, SZ     |
| 2. 大叶柴胡<br><i>B. longiradiatum</i> Turczaninow                                            | 黑龙江伊春<br>Yichun, Heilongjiang    | 2006/07                    | C. B. Wang (王长宝), 200607, (Jia Mu Si University) |
| 3. 红柴胡<br><i>B. scorzonifolium</i> Willdenow                                              | 黑龙江桦南<br>Huanan, Heilongjiang    | 2007/09                    | C. B. Wang (王长宝), 200607, (Jia Mu Si University) |
| 4. 小柴胡<br><i>B. hamiltonii</i> N. P. Balakrishnan                                         | 云南昆明<br>Kunming, Yunnan          | 2006/09                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 348618, SZ     |
| 5. 马尔康柴胡<br><i>B. malconense</i> R. H. Shan & Yin Li                                      | 四川黄胜关<br>Huangshengguan, Sichuan | 2007/07                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 357521, SZ     |
| 6. 马尾柴胡<br><i>B. microcephalum</i> Diels                                                  | 四川康定<br>Kangding, Sichuan        | 2006/09                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 356516, SZ     |
| 7. 天山柴胡<br><i>B. thianschanicum</i> Freyn                                                 | 新疆米泉<br>Miquan, Xinjiang         | 2004/07                    | H. Wang (王虹), 04-0111, SZ                        |
| 8. 阿尔泰柴胡<br><i>B. krylovianum</i> Schischkin ex Krylov                                    | 新疆米泉<br>Miquan, Xinjiang         | 1998/06                    | H. Wang (王虹), 0271914, SZ                        |
| 9. 竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i> Wallich ex de Candolle                                    | 四川茂县<br>Maoxian, Sichuan         | 2005/09                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 361530, SZ     |
| 10. 窄竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i> var. <i>stenophyllum</i> (H. Wolff) R. H. Shan & Yin Li | 四川卧龙<br>Wolong, Sichuan          | 2005/07                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 374614, SZ     |
| 11. 柴首<br><i>B. chaishouii</i> R. H. Shan & M. L. Sheh                                    | 四川茂县<br>Maoxian, Sichuan         | 2006/09                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 361536, SZ     |
| 12. 细柄柴胡<br><i>B. gracilipes</i> Diels                                                    | 四川茂县<br>Maoxian, Sichuan         | 2005/09                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 361529, SZ     |
| 13. 北柴胡<br><i>B. chinense</i> de Candolle                                                 | 陕西西安<br>Xi'an, Shaanxi           | 2007/08                    | Q. Z. Wang & F. D. Pu (王奇志, 薄发鼎), 362550, SZ     |

两两种之间的差异显著性 ( $P > \alpha$  时, 差异不显著;  $P < \alpha$  时, 差异显著)。

2.2 表皮外部形态的扫描电镜观察

扫描电镜下观察的材料先用毛笔将叶片轻轻擦拭, 去除灰尘, 剪下叶片中部 0.5 cm × 0.5 cm 大小方块, 将下表皮朝上粘贴在样品台上, 镀膜后在 Hitachi-SX-450 扫描电镜下观察, 为便于比较, 每种叶表皮均随机观察 20 个气孔器, 选择开张度最大的气孔器拍照。

叶表皮所用术语主要参考文献[17-19]。

3 结果与分析

3.1 叶表皮在光学显微镜下的特征

在光学显微镜下, 观察柴胡属 13 种植物叶表皮特征(见表 2)。

3.1.1 表皮细胞特征 叶表皮细胞形状为多边形

(polygonal) 和不规则形(irregular), 垂周壁式样为平直-弓形(straight-arched) 和浅波状(sinuate)。根据表皮细胞特征可分为: (A) 上下叶表皮的细胞形状都为多边形且垂周壁式样都为平直-弓形, 如北柴胡(图版 I:3,4)、红柴胡(图版 I:5,6)、紫花鸭跖柴胡(图版 I:9,10)、马尔康柴胡(图版 I:15; 图版 II:16)、马尾柴胡(图版 II:17,18)、小柴胡(图版 II:23,24); (B) 上下叶表皮的细胞形状都为多边形且垂周壁式样为浅波状, 如细柄柴胡(图版 I:1,2), 柴首(图版 I:7,8), 竹叶柴胡(图版 I:11,12), 天山柴胡(图版 II:19,20), 阿尔泰柴胡(图版 II:21,22); (C) 上表皮细胞形状为多边形且垂周壁式样都为平直-弓形, 下表皮细胞形状为不规则形且垂周壁式样都为浅波形, 如窄竹叶柴胡和大叶柴胡(图版 I:13,14; 图版 II:25,26)。

细胞间结合紧密无间隙, 根据垂周壁加厚方式,

表 2 光学显微镜下的柴胡属植物叶表皮特征  
Table 2 Leaf epidermal features of *Bupleurum* under light microscopy

| 种名<br>Species                                             | 上表皮 Adaxial epidermis  |                                      |                           |                      | 下表皮 Abaxial epidermis  |                                      |                                    |                          |                      | 图版<br>Plate   |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|
|                                                           | 细胞形状<br>Shape of cells | 垂周壁式样<br>Pattern of anticlinal walls | 气孔器<br>Stomatal apparatus | 气孔类型<br>Stomato-type | 细胞形状<br>Shape of cells | 垂周壁式样<br>Pattern of anticlinal walls | 保卫细胞长度(μm)<br>Length of guard cell | 气孔指数(%)<br>Stomata index | 气孔类型<br>Stomato-type |               |
| 细柄柴胡<br><i>B. gracilipes</i>                              | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 18.2                               | 24.4                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :1,2        |
| 北柴胡<br><i>B. chinense</i>                                 | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 29.9                               | 18.2                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :3,4        |
| 红柴胡<br><i>B. scorzonnerifolium</i>                        | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 26.3                               | 19.8                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :5,6        |
| 柴首<br><i>B. chaishou</i>                                  | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 19.2                               | 21.5                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :7,8        |
| 紫花鸭跖柴胡<br><i>B. commelynoideum</i>                        | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 26.1                               | 18.6                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :9,10       |
| 竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i>                              | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 17.3                               | 14.7                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :11,12      |
| 窄竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i><br>var. <i>stenophyllum</i> | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 18.2                               | 22.6                     | 不等型<br>Anisocytic    | I :13,14      |
| 马尔康柴胡<br><i>B. malconense</i>                             | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不规则型<br>Anomocytic   | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 25.1                               | 25.5                     | 不规则型<br>Anomocytic   | I :15; II :16 |
| 马尾柴胡<br><i>B. microcephalum</i>                           | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不规则型<br>Anomocytic   | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 24.9                               | 20.6                     | 不规则型<br>Anomocytic   | II :17,18     |
| 天山柴胡<br><i>B. thianschanicum</i>                          | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 24.5                               | 17.6                     | 不等型<br>Anisocytic    | II :19,20     |
| 阿尔泰柴胡<br><i>B. krylovianum</i>                            | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 存在<br>Present             | 不等型<br>Anisocytic    | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 24.4                               | 16.3                     | 不等型<br>Anisocytic    | II :21,22     |
| 小柴胡<br><i>B. hamiltonii</i>                               | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 存在<br>Present             | 不规则型<br>Anomocytic   | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 12.2                               | 33.3                     | 不规则型<br>Anomocytic   | II :23,24     |
| 大叶柴胡<br><i>B. longiradiatum</i>                           | 多边形<br>Polygonal       | 平直-弓形<br>Straight-arched             | 不存在<br>Absent             |                      | 不规则形<br>Irregular      | 浅波状<br>Sinuate                       | 21.4                               | 23.2                     | 不规则型<br>Anomocytic   | II :25,26     |

可分为 2 类:垂周壁呈点状不均匀加厚,如紫花鸭拓柴胡、马尔康柴胡、天山柴胡、阿尔泰柴胡、大叶柴胡 5 种;垂周壁均匀加厚,如北柴胡、红柴胡、马尾柴胡、小柴胡、竹叶柴胡、窄竹叶柴胡、细柄柴胡、柴首 8 种。

**3.1.2 气孔器特征** 气孔器的分布除大叶柴胡 1 种植物仅分布下表皮外,其它 12 种上下表皮皆有气孔器。气孔器的类型为不规则型(anomocytic)和不等型(anisocytic),除了马尔康柴胡(图版 I:15;图版 II:16)、马尾柴胡(图版 II:17,18)、小柴胡(图版 II:23,24)和大叶柴胡(图版 II:25,26)为不规则型外,其它均为不等型。

**3.1.3 保卫细胞特征** 柴胡气孔保卫细胞两极加厚明显,极端联合形成极层加厚(棒状、角状),天山柴胡极层加厚最明显(图版 II:21,22)。

### 3.2 在扫描电镜下的叶表皮特征

在电子显微镜下,观察柴胡属 13 种植物叶表皮特征(见表 3)。

**3.2.1 气孔器的特征** 根据观察,植物叶表皮的气孔器,除北柴胡下表皮气孔器(图版 III:33,34)与表皮细胞在同一水平面上,其它柴胡叶表皮气孔器几乎都是内陷状态,这一特殊的结构可能与柴胡的某些生理活动相关,需进一步研究。保卫细胞两端的极层加厚现象在电镜下也较明显,如竹叶柴胡(图版 III:47~50)、窄竹叶柴胡(图版 III:51~54)、北柴胡(图版 III:31~34)、阿尔泰柴胡(图版 IV:67~70)、马尾柴胡下表皮(图版 IV:61,62)。

**3.2.2 角质层纹饰特点** 根据叶表皮角质层特点可划分为:(A)角质层具条纹和片状颗粒,存在于马

表 3 扫描电镜下柴胡属植物叶表皮特征  
Table 3 Characters of epidermis of leaves in *Bupleurum* under SEM

| 种名<br>Species                                             | 上表皮 Adaxial epidermis       |                              |                             |                                                             | 下表皮 Abaxial epidermis       |                              |                             |                                                                  | 图版<br>Plate |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                           | 细胞轮廓<br>Outline<br>of cells | 气孔器<br>Stomatal<br>apparatus | 气孔形状<br>Shape of<br>stomata | 角质膜<br>Cuticular membrane                                   | 细胞轮廓<br>Outline<br>of cells | 气孔器<br>Stomatal<br>apparatus | 气孔形状<br>Shape of<br>stomata | 角质膜<br>Cuticular membrane                                        |             |
| 细柄柴胡<br><i>B. gracilipes</i>                              | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,大量片状颗粒和少量鳞片 With stripe, mass granules and a few squama | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条状隆起,大量片状颗粒和少量鳞片 With apophysis, mass granules and a few squama | II:27-30    |
| 北柴胡<br><i>B. chinense</i>                                 | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条状隆起和大量片状颗粒 With apophysis and mass granules               | 不清晰<br>Unclear              | 非内陷<br>Not chasmal           | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹和稀疏片状颗粒 With stripe and a few squama                          | III:31-34   |
| 红柴胡<br><i>B. scorzoneri-folium</i>                        | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,少量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, a few granules and mass squama | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                            | III:35-38   |
| 柴首<br><i>B. chaishou</i>                                  | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹和大量片状颗粒 With stripe and granules                         | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条状隆起,大量片状颗粒和少量鳞片 With apophysis, granules and a few squama      | III:39-42   |
| 紫花鸭拓柴胡<br><i>B. commelynoideum</i>                        | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                       | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                            | III:43-46   |
| 竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i>                              | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,几乎光滑 With stripe, nearly smooth                         | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,少量片状颗粒和少量鳞片 With stripe, a few granules and a few squama     | III:47-50   |
| 窄竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i><br>var. <i>stenophyllum</i> | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,大量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, granules and mass squama       | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,大量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, granules and mass squama            | III:51-54   |
| 马尔康柴胡<br><i>B. malconense</i>                             | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,大量片状颗粒 With stripe and mass granules                    | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,大量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, granules and mass squama            | IV:55-58    |
| 马尾柴胡<br><i>B. microcephalum</i>                           | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,少量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, a few granules and mass squama | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹,少量片状颗粒和大量鳞片 With stripe, a few granules and mass squama      | IV:59-62    |
| 天山柴胡<br><i>B. thianschanicum</i>                          | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                       | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                            | IV:63-66    |
| 阿尔泰柴胡<br><i>B. krylovianum</i>                            | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹和大量片状颗粒 With stripe and granules                         | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Ellipse              | 具条纹和大量片状颗粒 With stripe and granules                              | IV:67-70    |
| 小柴胡<br><i>B. hamiltonii</i>                               | 清晰<br>Clear                 | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                       | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 卵形<br>Ovate                 | 具条纹和大量鳞片 With stripes and mass squama                            | IV:71-74    |
| 大叶柴胡<br><i>B. longiradiatum</i>                           | 不清晰<br>Unclear              |                              |                             | 具条状隆起和大量鳞片 With apophysis and mass squama                   | 不清晰<br>Unclear              | 内陷<br>Chasmal                | 椭圆形<br>Elliptic             | 具条状隆起和大量鳞片 With apophysis and mass squama                        | IV:75-78    |

尔康柴胡的上表皮(图版IV:56,57)、柴首上表皮(图版III:39,40)、阿尔泰柴胡的上下表皮(图版IV:67~70)、北柴胡下表皮(图版III:33,34);(B)角质层具条纹和大量鳞片,存在于红柴胡下表皮(图版III:37,38)、紫花鸭跖柴胡下表皮(图版III:45,46)、天山柴胡上下表皮(图版IV:63~66)、小柴胡上下表皮(图版IV:71~74);(C)角质层具条状隆起和大量鳞片,存在于大叶柴胡的上下表皮(图版IV:75~78);(D)角质层具条纹、鳞片和片状颗粒,存在于细柄柴胡上表皮(图版II:27,28)、红柴胡上表皮(图版III:31,32)、窄竹叶柴胡上下表皮(图版III:51~54)、竹叶柴胡下表皮(图版III:49,50)、马尔康柴胡下表皮(图版IV:57,58)、马尾柴胡上下表皮(图版IV:59~62);(E)角质层具条状隆起、鳞片和片状颗粒,存在于细柄柴胡下表皮(图版II:29,30)、柴首下表皮(图版III:41,42);(F)角质层具条纹,表面很光滑,仅存在于竹叶柴胡的上表皮(图版III:47,48)。

### 3.3 柴胡属的气孔大小的统计分析

用统计学方法对柴胡属气孔长轴进行了  $t$  检

验,结果见表4。 $t$  检验结果显示了两种之间的差异显著程度,从表4可发现,小柴胡和北柴胡气孔长轴的差异最显著,而窄竹叶柴胡和细柄柴胡差异最不显著,另外,小柴胡与红柴胡差异也较显著;阿尔泰柴胡与天山柴胡、马尾柴胡与马尔康柴胡、紫花鸭跖柴胡与红柴胡的差异都不显著。

## 4 讨论

### 4.1 柴胡属的叶表皮特征

我们在光学显微镜和扫描电镜下对柴胡属13种植物的叶表皮特征进行了全面的观察研究,结果表明叶表皮微形态表现出相当高的多态性;而在特定的分类群中,又表现为高度的一致性,使得微形态特征能够成为分类的重要依据,并对探讨柴胡属内分类群的系统发育有一定的意义。柴胡属植物叶表皮的主要特征是相似的,表明柴胡属是一个自然的类群,但上下表皮微形态特征存在稳定的种间差异。我们根据观察的13个种柴胡植物的叶表皮特征,可将本属13种列一检索表如下,作为分类鉴定的依据。

### 紫胡属13种植物检索表

1. 气孔存在于上下表皮
  2. 下表皮气孔指数 > 20%
    3. 气孔类型为不规则型
      4. 气孔形状为椭圆形,下表皮角质层具条纹,少量片状颗粒和大量鳞片
        5. 电镜下,上下叶表皮细胞轮廓都不清晰,上表皮具条纹,大量片状颗粒 ..... 马尔康柴胡 *Bupleurum malconense*
        5. 电镜下,上表皮细胞轮廓清晰,下表皮细胞轮廓不清晰,上表皮具条纹,少量片状颗粒和大量鳞片 ..... 马尾柴胡 *B. microcephalum*
      4. 气孔形状为卵形,且下表皮角质层具条纹和大量鳞片 ..... 小柴胡 *B. hamiltonii*
    3. 气孔类型为不等细胞型
      6. 上下表皮细胞轮廓清晰 ..... 窄竹叶柴胡 *B. marginatum* var. *stenophyllum*
      6. 上表皮细胞轮廓清晰,下表皮细胞轮廓不清晰
        7. 上表皮角质膜具条纹,大量蜡质片状颗粒和少量鳞片 ..... 细柄柴胡 *B. gracilipes*
        7. 上表皮角质膜具条纹,大量蜡质片状颗粒 ..... 柴首 *B. chaishou*
  2. 下表皮气孔指数 < 20%
    8. 上下表皮细胞形状为多边形,垂周壁式样为平直-弓形
      9. 气孔形状为椭圆形
        10. 上下表皮细胞轮廓不清晰 ..... 北柴胡 *B. chinense*
        10. 上下表皮细胞轮廓清晰 ..... 红柴胡 *B. scorzonifolium*
      9. 气孔形状为卵形,上下表皮细胞轮廓清晰 ..... 紫花鸭跖柴胡 *B. commelynoideum*
    8. 上下表皮细胞形状为不规则形,垂周壁式样为浅波状
      11. 气孔类型为不规则型,上下表皮细胞轮廓不清晰
        12. 上下表皮角质层具大量鳞片和具条纹 ..... 天山柴胡 *B. thianschanicum*
        12. 上下表皮角质层具大量蜡质片状颗粒和具条纹 ..... 阿尔泰柴胡 *B. krylovianum*
      11. 气孔类型为不等型,上下表皮细胞轮廓清晰 ..... 竹叶柴胡 *B. marginatum*
  1. 气孔仅存在于下表皮 ..... 大叶柴胡 *B. longiradiatum*

表 4 柴胡属种间气孔极轴长度差异的  $t$  值及显著性水平  
Table 4 The significance level and " $t$ " of differences between species of the genus *Bupleurum*

| 种名<br>Species                                             | 细柄柴胡<br><i>B. gracilipes</i>    | 北柴胡<br><i>B. chinense</i>        | 红柴胡<br><i>B. scorzoneri-<br/>folium</i> | 柴首<br><i>B. chaishou</i>     | 紫花鸭跖<br>柴胡<br><i>B. connely-<br/>noideum</i> | 窄竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i><br>var. <i>stenophyllum</i> | 竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i> | 马尔康柴胡<br><i>B. malconense</i>   | 马尾柴胡<br><i>B. microcephalum</i> | 天山柴胡<br><i>B. thianschanicum</i> | 阿尔泰柴胡<br><i>B. krylovianum</i> | 小柴胡<br><i>B. hamiltonii</i>  | 大叶柴胡<br><i>B. longigradiatum</i> |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 细柄柴胡<br><i>B. gracilipes</i>                              | -                               |                                  |                                         |                              |                                              |                                                           |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 北柴胡<br><i>B. chinense</i>                                 | $P < \alpha$<br>$t = 21.136$    | -                                |                                         |                              |                                              |                                                           |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 红柴胡<br><i>B. scorzoneri-<br/>folium</i>                   | $P < \alpha$<br>$t = 18.279$    | $P < \alpha$<br>$t = 6.822$      | -                                       |                              |                                              |                                                           |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 柴首<br><i>B. chaishou</i>                                  | $P > \alpha$<br>$t = 2.010$     | $P < \alpha$<br>$t = 19.537$     | $P < \alpha$<br>$t = 16.300$            | -                            |                                              |                                                           |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 紫花鸭跖柴胡<br><i>B. connelynoideum</i>                        | $P < \alpha$<br>$t = 16.774$    | $P < \alpha$<br>$t = 6.990$      | $P > \alpha^*$<br>$t = 0.558^*$         | $P < \alpha$<br>$t = 14.879$ | -                                            |                                                           |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 窄竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i><br>var. <i>stenophyllum</i> | $P > \alpha^*$<br>$t = 0.053^*$ | $P < \alpha$<br>$t = 24.111$     | $P < \alpha$<br>$t = 22.822$            | $P < \alpha$<br>$t = 2.373$  | $P < \alpha$<br>$t = 20.340$                 | -                                                         |                              |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 竹叶柴胡<br><i>B. marginatum</i>                              | $P > \alpha$<br>$t = 1.889$     | $P < \alpha$<br>$t = 23.730$     | $P < \alpha$<br>$t = 21.697$            | $P < \alpha$<br>$t = 4.046$  | $P < \alpha$<br>$t = 19.809$                 | $P < \alpha$<br>$t = 2.395$                               | -                            |                                 |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 马尔康柴胡<br><i>B. malconense</i>                             | $P < \alpha$<br>$t = 13.550$    | $P < \alpha$<br>$t = 8.126$      | $P < \alpha$<br>$t = 2.437$             | $P < \alpha$<br>$t = 11.778$ | $P > \alpha$<br>$t = 1.843$                  | $P < \alpha$<br>$t = 15.822$                              | $P < \alpha$<br>$t = 16.036$ | -                               |                                 |                                  |                                |                              |                                  |
| 马尾柴胡<br><i>B. microcephalum</i>                           | $P < \alpha$<br>$t = 9.693$     | $P < \alpha$<br>$t = 6.635$      | $P < \alpha$<br>$t = 2.0857$            | $P < \alpha$<br>$t = 8.348$  | $P > \alpha$<br>$t = 1.682$                  | $P < \alpha$<br>$t = 10.470$                              | $P < \alpha$<br>$t = 11.237$ | $P > \alpha^*$<br>$t = 0.319^*$ | -                               |                                  |                                |                              |                                  |
| 天山柴胡<br><i>B. thianschanicum</i>                          | $P < \alpha$<br>$t = 9.710$     | $P < \alpha$<br>$t = 7.585$      | $P < \alpha$<br>$t = 2.884$             | $P < \alpha$<br>$t = 8.279$  | $P < \alpha$<br>$t = 2.426$                  | $P < \alpha$<br>$t = 10.612$                              | $P < \alpha$<br>$t = 11.383$ | $P > \alpha$<br>$t = 0.939$     | $P > \alpha$<br>$t = 0.493$     | -                                |                                |                              |                                  |
| 阿尔泰柴胡<br><i>B. krylovianum</i>                            | $P < \alpha$<br>$t = 12.265$    | $P < \alpha$<br>$t = 9.564$      | $P < \alpha$<br>$t = 4.109$             | $P < \alpha$<br>$t = 10.454$ | $P < \alpha$<br>$t = 3.419$                  | $P < \alpha$<br>$t = 14.406$                              | $P < \alpha$<br>$t = 14.739$ | $P > \alpha$<br>$t = 1.425$     | $P > \alpha$<br>$t = 0.752$     | $P > \alpha^*$<br>$t = 0.193^*$  | -                              |                              |                                  |
| 小柴胡<br><i>B. hamiltonii</i>                               | $P < \alpha$<br>$t = 10.810$    | $P < \alpha^*$<br>$t = 31.415^*$ | $P < \alpha^*$<br>$t = 30.908^*$        | $P < \alpha$<br>$t = 14.196$ | $P < \alpha$<br>$t = 28.805$                 | $P < \alpha$<br>$t = 14.483$                              | $P < \alpha$<br>$t = 10.989$ | $P < \alpha$<br>$t = 24.692$    | $P < \alpha$<br>$t = 18.096$    | $P < \alpha$<br>$t = 18.647$     | $P < \alpha$<br>$t = 23.607$   | -                            |                                  |
| 大叶柴胡<br><i>B. longigradiatum</i>                          | $P < \alpha$<br>$t = 6.927$     | $P < \alpha$<br>$t = 16.075$     | $P < \alpha$<br>$t = 1.937$             | $P < \alpha$<br>$t = 4.873$  | $P < \alpha$<br>$t = 10.662$                 | $P < \alpha$<br>$t = 8.496$                               | $P < \alpha$<br>$t = 9.422$  | $P < \alpha$<br>$t = 7.769$     | $P < \alpha$<br>$t = 5.280$     | $P < \alpha$<br>$t = 5.008$      | $P < \alpha$<br>$t = 6.324$    | $P < \alpha$<br>$t = 19.540$ | -                                |

注:  $\alpha = 0.05$ ; \* 表示两种差异较显著或差异不显著。

Notes:  $\alpha = 0.05$ ; \* Indicates the difference between the two species is relatively significant or not significant.

## 4.2 对柴胡属一些有争议种的探讨

### 4.2.1 关于窄竹叶柴胡的分类等级问题

对于一些近缘的类群,在经典分类中经常将其中的一个种作为另一个物种的变种处理,在《中国植物志》中将窄竹叶柴胡作为竹叶柴胡的变种,在英文版的中国植物志中也认同这一观点<sup>[2]</sup>。在这两个种之间的关系上,很多学者从不同方面对其进行了研究。在核型方面的研究认为,窄竹叶柴胡是一个独立的种。竹叶柴胡和窄竹叶柴胡的染色体数、染色体基数和倍数都不相同。竹叶柴胡细胞染色体数为 $2n=2x=14$ ;窄竹叶柴胡染色体数为 $2n=4x=24$ <sup>[5,6]</sup>。近年来花粉形态的研究也显示了两组数据的不同<sup>[1]</sup>。Ding等<sup>[20]</sup>发现药理活性的皂角苷-a(1)和-d(3)在窄竹叶柴胡中的含量比在竹叶柴胡中的含量多。近期王奇志等<sup>[13]</sup>通过对柴胡属植物 ITS 序列的研究分析,发现窄竹叶柴胡与细柄柴胡聚合在一起而不是与竹叶柴胡聚合在一起,故分子方面不支持窄竹叶柴胡作为竹叶柴胡的变种。

在我们对叶表皮的研究结果中,两者也存在很大的差异。竹叶柴胡与窄竹叶柴胡下表皮的气孔指数差异较大,竹叶柴胡为 14.7%,窄竹叶柴胡为 22.6%,双侧  $t$  检验显示两者的差异显著,光镜下两者差异不大,窄竹叶柴胡上表皮垂周壁为平直-弓形,下表皮垂周壁加粗明显,而竹叶柴胡上表皮垂周壁为浅波状,下表皮垂周壁没有加粗。电镜下角质层的差异较大,窄竹叶柴胡上下表皮角质层具有条纹、大量片状颗粒和大量鳞片,而竹叶柴胡上表皮角质层具有条纹、近平滑,下表皮具有条纹、少量片状颗粒和少量鳞片。因此结合染色体核型、化学成分组成、花粉形态、分子差异、形态生境的差异,及本实验观察的叶表皮微形态的差异,我们支持将窄竹叶柴胡独立成种。

### 4.2.2 关于大叶柴胡(*B. longiradiatum* Turczaninow)的归属问题

从形态、解剖学上观察,大叶柴胡没有明显的主根,根茎长,植株高大,叶大型、广卵形至椭圆形,叶片宽,基部扩大成心形或有叶耳抱茎,一级叶脉呈羽状,花柄、花柱很长,花瓣顶端小舌片开裂,裂成三角形,分生果横剖面近圆形、无果棱等。而其它柴胡主根明显,根茎无或很短,植株相对矮小,叶片小,一级叶脉均为近平行呈弧形、部分叶脉呈网状,花柄、花柱短,花瓣顶端小舌片不开裂或浅裂,分生果横剖面五角形,有棱果等。并且大叶柴胡是中国唯一的一种含有毒成分的药用柴胡种类<sup>[20]</sup>。

舒璞等<sup>[7]</sup>综合报道了柴胡属植物的形态、解剖和花粉方面的研究结果,首次提出了中国柴胡属植物的分类系统,包括大叶柴胡亚属和真柴胡亚属两个亚属,后者再分2组(大苞组、小苞组),把大叶柴胡列为大叶柴胡亚属之中,为单种。

在光镜下观察,大叶柴胡的叶表皮特征(图版 II:25,26)为:仅下表皮有气孔器,与其它种类的柴胡叶有很大区别。上表皮细胞形状是多边形,垂周壁式样是平直-弓形,下表皮细胞形状是不规则形,垂周壁式样是浅波状,通过双侧  $t$  检验,大叶柴胡与其它种柴胡都差异显著。电镜下也清楚地看到大叶柴胡上表皮没有气孔的存在,上下表皮细胞轮廓不明显,上下表皮角质层为条状隆起和大量鳞片。

我们对叶表皮的分析研究结果表明,大叶柴胡与其它柴胡属植物存在显著的区别,支持了舒璞等<sup>[7]</sup>的观点。

用光学显微镜和扫描电镜观察,同种植物的叶表皮细胞、气孔器等特征是一致的。由此可见,结合外部形态特点、叶表皮的微形态特征对柴胡属植物的分类具有一定的参考价值,该属更大地域范围、更多种类的叶部微形态特征将有待进一步深入研究。此外,关于国内伞形科植物叶表皮微形态特征尚未见报道,通过对伞形科柴胡属的叶表皮观察,推断叶表皮微形态特征的研究对伞形科的系统分类研究将有很大的意义。

## 参考文献:

- [1] Shu P (舒璞), She M L (余孟兰). Pollen photographs and flora of Umbelliferae in China (中国伞形科植物花粉图志) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2001: 68-75.
- [2] She M L (余孟兰), Mark F Watson. *Bupleurum* Linnaeus [M] // Wu Z Y. Flora of China. Beijing: Science Press, 2005, 14: 60-74.
- [3] Cauwet-Marc A M. Races chromosomiques, écologie et biologie du *Bupleurum ranunculoides* L. dans la partie orientale des Pyrénées [J]. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 1970, 117: 373-384.
- [4] Pan Z H (潘泽惠), Qin H Z (秦慧贞). A report on the chromosome numbers of Chinese Umbelliferae [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1981, 19: 447-450.
- [5] Pan Z H (潘泽惠), Qin H Z (秦慧贞), Wu Z J (吴竹君), Yuan C Q (袁昌齐), Liu S L (刘守炉). A report on the chromosome numbers of Chinese Umbelliferae [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1985, 23: 97-102.
- [6] Qin H Z (秦慧贞), Pan Z H (潘泽惠), She M L (余孟兰), Wu C J (吴竹君). A report on chromosome numbers of Chinese

- Umbelliferae[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1989, 27: 268–272.
- [7] Shu P (舒璞), Yuan C Q (袁昌齐), She M L (余孟兰), Liu Y Z (刘一真), Xiang B R (相秉仁), An D K (安登魁). Numerical taxonomy of medicinal *Bupleurum* species in China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 1998, 18: 277–283.
- [8] Plunkett G M, Downie S R. Major lineages within Apiaceae subfamily Apioideae: a comparison of chloroplast restriction site and DNA sequence data[J]. *Amer J Bot*, 1999, 86: 1014–1026.
- [9] Plunkett G M, Downie S R. Expansion and contraction of the chloroplast inverted repeat in Apiaceae subfamily Apioideae[J]. *Systematic Botany*, 2000, 25: 648–667.
- [10] Jiang C M (姜传明), Lu F (路芳), Peng Y L (彭一良). The number of *Bupleurum* L. in North of China[J]. *Journal of Heilongjiang Nongken Normal College* (黑龙江农垦师专学报), 2002, 62: 59–60.
- [11] Jiang C M (姜传明), Xu N (徐娜), Wang H Y (王好友), Li R J (李瑞军), Liu M Y (刘鸣远). Cytotaxonomical studies on *Bupleurum* L. in northeast China I. Karyology analysis of six taxa and their significance of taxonomy[J]. *Bull Bot Res* (植物研究), 1994, 14: 267–274.
- [12] Liu M, Shi L, Wyk B V, Tilney P M. Fruit anatomy of the genus *Bupleurum* (Apiaceae) in northeastern China and notes on systematic implications[J]. *South Afr J Bot*, 2003, 69: 151–157.
- [13] Wang Q Z (王奇志), Zhou S D (周颂东), Wu Y K (吴云柯), Yu Y (余岩), Pang Y L (逢云莉). Phylogenetic inference of the genus *Bupleurum* (Apiaceae) in Hengduan Mountains based on chromosome counts and nuclear ribosomal DNA ITS sequences[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 2008, 46(2): 142–154.
- [14] Kocsis M, Darok J, Borhidi A. Comparative leaf anatomy and morphology of some neotropical *Rondeletia* (Rubiaceae) species[J]. *Plant Syst Evol*, 2004, 248: 205–218.
- [15] Tang Z H (唐自慧), Pang Y L (逢云莉), Liu H Y (刘海燕). Characters of leaf epidermis and their systematic significance in *Maianthemum*[J]. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 2007, 25(6): 550–557.
- [16] Metcalfe C R. Anatomy of the Monocotyledons I. Gramineae[M]. Oxford: Clarendon Press, 1960.
- [17] Baranova M. Historical development of the present classification of morphological types of stomata[J]. *Botan Rev*, 1987, 53: 53–79.
- [18] Baranova M. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants[J]. *Botan Rev*, 1992, 58: 1–99.
- [19] Wilkinson H P. The Plant Surface (mainly leaf)[M] // Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the dicotyledons. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1979: 97–167.
- [20] Ding J K, Fujino H, Kasai R, Fujimoto N, Tanaka O, Zhou J, Matsuura H, Fuwa T. Chemical evaluation of *Bupleurum* species collected in Yunnan, China[J]. *Chem Pharm Bull*, 1986, 34: 1158–1167.

## 图版说明

图版 I : 1~15, 图版 II : 16~26, 光学显微镜下柴胡属植物叶表皮的特征。1, 2. 细柄柴胡; 3, 4. 北柴胡; 5, 6. 红柴胡; 7, 8. 柴首; 9, 10. 紫花鸭跖柴胡; 11, 12. 竹叶柴胡; 13, 14. 窄竹叶柴胡; 15, 16. 马尔康柴胡; 17, 18. 马尾柴胡; 19, 20. 天山柴胡; 21, 22. 阿尔泰柴胡; 23, 24. 小柴胡; 25, 26. 大叶柴胡

图版 II : 27~30, 图版 III : 31~54, 图版 IV : 55~78, 电镜下柴胡属植物叶表皮的特征。27~30. 细柄柴胡; 31~34. 北柴胡; 35~38. 红柴胡; 39~42. 柴首; 43~46. 紫花鸭跖柴胡; 47~50. 竹叶柴胡; 51~54. 窄竹叶柴胡; 55~58. 马尔康柴胡; 59~62. 马尾柴胡; 63~66. 天山柴胡; 67~70. 阿尔泰柴胡; 71~74. 小柴胡; 75~78. 大叶柴胡

其中(图版 I ~图版 IV) 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64, 67, 68, 71, 72, 75, 76 为上表皮照片; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, 46, 49, 50, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 77, 78 为下表皮照片

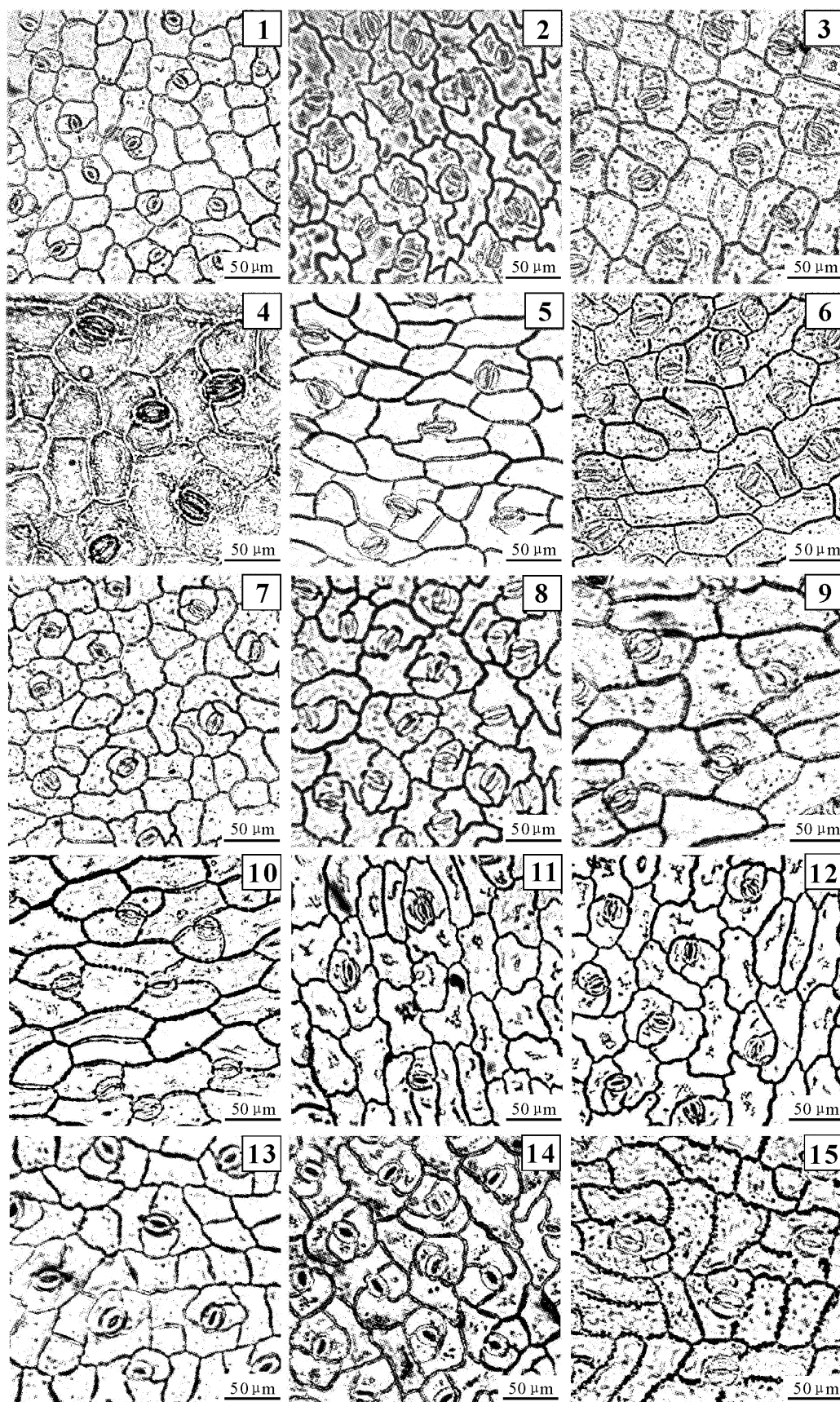
## Explanation of Plates

**Plate I** : 1–15, **Plate II** : 16–26, The epidemis characters of leaves in *Bupleurum* under LM. 1, 2. *B. gracilipes*; 3, 4. *B. chinense*; 5, 6. *B. scorzonrifolium*; 7, 8. *B. chaishouii*; 9, 10. *B. commelynoideum*; 11, 12. *B. marginatum*; 13, 14. *B. marginatum* var. *stenophyllum*; 15, 16. *B. malconense*; 17, 18. *B. microcephalum*; 19, 20. *B. thianschanicum*; 21, 22. *B. krylovianum*; 23, 24. *B. hamiltonii*; 25, 26. *B. longiradiatum*

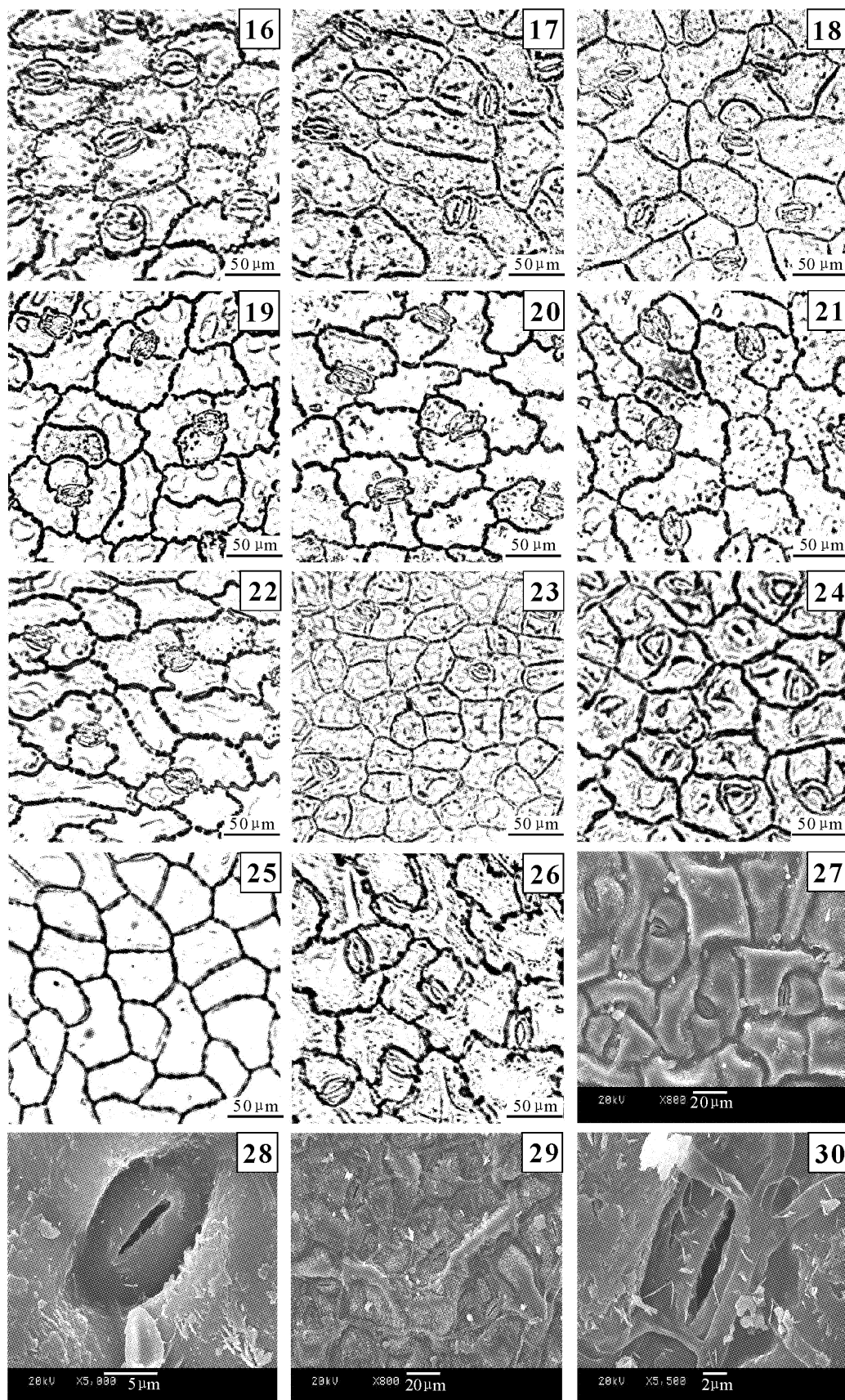
**Plate II** : 27–30, **Plate III** : 31–54, **Plate IV** : 55–78, The epidemis characters of leaves in *Bupleurum* under SEM. 27–30. *B. gracilipes*; 31–34. *B. chinense*; 35–38. *B. scorzonrifolium*; 39–42. *B. chaishouii*; 43–46. *B. commelynoideum*; 47–50. *B. marginatum*; 51–54. *B. marginatum* var. *stenophyllum*; 55–58. *B. malconense*; 59–62. *B. microcephalum*; 63–66. *B. thianschanicum*; 67–70. *B. krylovianum*; 71–74. *B. hamiltonii*; 75–78. *B. longiradiatum*

Plate I – Plate IV, the characters of adaxial epidermis in 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64, 67, 68, 71, 72, 75, 76 and those of abaxial epidermis in 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, 46, 49, 50, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 77, 78

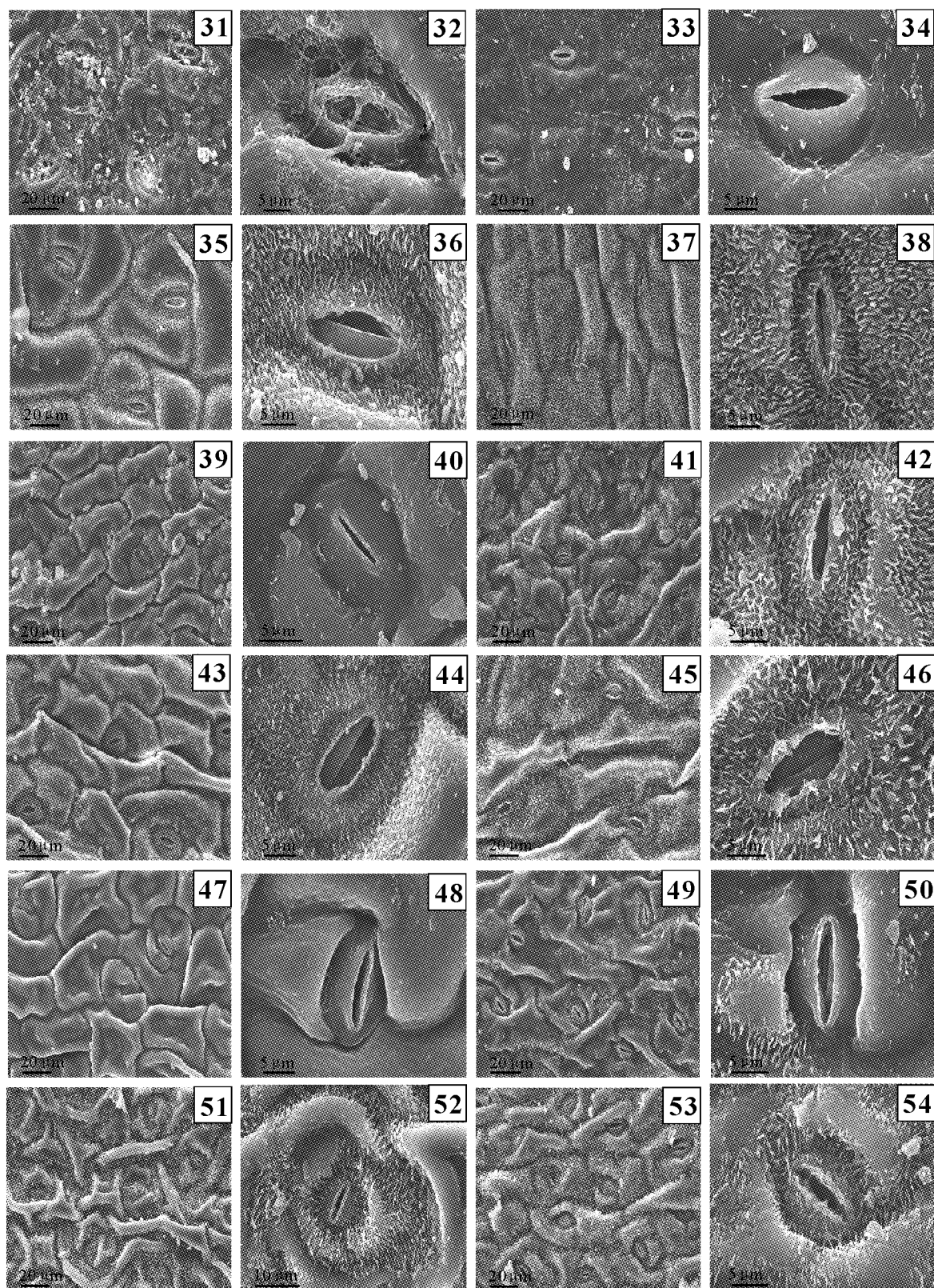
逢云莉等:图版 I

PANG Yun-Li *et al.*: Plate I

逢云莉等:图版 II

PANG Yun-Li *et al.*: Plate II

逢云莉等:图版Ⅲ

PANG Yun-Li *et al.*: Plate III

逢云莉等:图版IV

PANG Yun-Li *et al.*: Plate IV