

# 了哥王叶的结构特征及生态意义

唐为萍\*, 陈树思

(韩山师范学院生物系, 广东 潮州 521041)

**摘要:**运用冷冻切片技术,用光学显微镜对了哥王(*Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.)叶的解剖结构进行了观察研究。结果表明,了哥王叶表现出许多旱生、阳生形态,兼具有中生特点。叶表皮由一层排列紧密形状不规则的细胞组成,细胞外壁角质膜较厚;上下表皮均无毛;气孔类型为无规则型,仅分布在下表皮且下陷,气孔密度较小,气孔器面积较大;栅栏组织双栅型,上栅栏组织由1~2层排列整齐的圆柱状细胞组成,下栅栏组织及海绵组织细胞排列疏松,叶肉细胞均含有丰富的叶绿体,栅海比为1.16:1;主脉发达,具内生维管束和发达的周韧纤维。这些特征反映出了哥王叶片结构与其生长环境相适应。

**关键词:**解剖结构;叶;生态意义;了哥王

中图分类号:Q944.56

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2011)03-0205-06

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.03.002

## Leaf Anatomic Structure of *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey. and Its Ecological Significance

TANG Wei-ping\*, CHEN Shu-si

(Department of Biology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

**Abstract:** The leaf anatomic structure of *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey was studied under light microscope by using frozen section technique. The results showed that the leaves of *W. indica* exhibited morphological characteristics of xerophytism, heliophyte with mesophyte. Leaf epidermis consisted of one layer of closely arranged and irregular cells with thick cuticular membrane on outer cell wall, and there were not hair on abaxial and adaxial epidermis. Stomata are anomocytic type, large and sunken, and only sparsely distributed on abaxial epidermis. The two layers of palisade tissue each distributed under the abaxial and adaxial epidermis, respectively. The upper palisade tissue consisted of 1-2 layer(s) regularly arranged cylindrical cells, and the lower palisade tissue and spongy tissue cells arranged loosely, with a ratio of 1.16:1 for the palisade tissue to the spongy tissue. There were rich chloroplasts in the mesophyll cells. The leaf main vein is well developed with endophytic vascular bundles and hadrocentric fibers. All these characteristics indicated that the leaf structure of *W. indica* could well adapt to its growing environment.

**Key words:** Anatomical structure; Leaf; Ecological significance; *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.

了哥王(*Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.)又名南岭堇花,为瑞香科(Thymelaeaceae)堇花属阳性灌木植物,小枝红褐色,无毛;叶对生,纸质至近

革质,无毛,侧脉细密,叶柄长约1 mm;花黄绿色,数朵组成顶生短总状花序;果椭圆形;花果期夏秋间;耐贫瘠,产广东、广西、海南、福建、台湾、湖南、

收稿日期: 2010-09-03

接受日期: 2010-12-30

基金项目: 广东省科技计划项目(2008B080701018)资助

作者简介: 唐为萍(1964~),女,广西桂林人,生物学高级实验师,从事植物发育生物学研究

\* 通讯作者 Corresponding author, email: twp@hstc.edu.cn

贵州、云南、浙江等省区,主要分布于  $5^{\circ} \sim 32^{\circ}\text{N}$  的亚热带和热带地区,喜生于海拔 1500 m 以下的灌丛、空旷林下、石山上或田边路旁,其分布区的年均温度  $16^{\circ}\text{C} \sim 26^{\circ}\text{C}$ ,年降水量在 1000 mm 以上;全株有毒,可药用<sup>[1-3]</sup>,对乳腺癌、肺癌、肝癌、喉癌、癌性胸腹水、各种体表癌等多种癌症有治疗作用<sup>[4-5]</sup>。目前,有关了哥王的化学成分、药理学作用等方面的研究报道较多<sup>[5-8]</sup>,对其生态生物学特征也有相关报道<sup>[3]</sup>,但对其形态结构的系统研究依然缺乏。由于了哥王在癌症的防治方面具有极大的应用价值,因此对其叶、茎的需求量大,但由于过度的采摘,许多原产地(如井冈山、南岭等)的了哥王资源面临枯竭<sup>[3]</sup>。因此,本文对了哥王叶的解剖结构进行观察研究,探讨其结构与环境的关系,为了哥王的深入研究及开发利用提供解剖学资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

了哥王(*Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.)植株于 2009 年 3 月由唐为萍采自潮州市韩江东岸笔架山开阔阳坡处,由陈蔚辉教授鉴定,凭证标本(No. T200903)存放于韩山师范学院生物系标本室。选取成熟健壮的了哥王叶片,洗净,在叶片 1/2 处取中部及侧部,切成  $10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  的小块作为切片材料。

### 1.2 方法

用冷冻切片机(KD1508A 型)进行切片,切片厚度为  $13 \sim 15\text{ }\mu\text{m}$ ,用番红-固绿对染,水封片<sup>[9-10]</sup>。撕取上下表皮制成临时封片,在 OLYMPUS CH30 型生物显微镜下观察,采用数码摄影显微镜拍摄(数码相机为 Nikon Coolpix 4500 型,显微镜为北京泰克 XSZ-7G-D 型)。用彩色图像计算机分析系统(北京福凯)进行数据测量、分析。照片经 Adobe Photoshop 8.0 图像处理系统处理制版。数据均为 20 个切片的随机测量值,以平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果和分析

了哥王叶片由表皮、叶肉和叶脉三部分组成。依据其叶肉组成和细胞排列情况<sup>[11]</sup>,了哥王叶为双栅型。

### 2.1 表皮细胞

了哥王叶片的厚度为  $(250.01 \pm 19.9778)\text{ }\mu\text{m}$ ;上

下表皮细胞均排列紧密,不规则形,大小不等,相互嵌合紧密,无胞间隙,垂周壁平直或呈弧形(图版 I: A,B),细胞厚度差异显著;上表皮细胞大,多为不规则方形或圆形,内平周壁呈弧形向内凸起,一层,厚度为  $(39.98 \pm 14.9016)\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I: E,F,K,L,N);下表皮细胞较小,多为不规则圆形或椭圆形,一层,厚度为  $(22.11 \pm 8.8532)\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I: E,G,K,L,O);上下表皮细胞外平周壁均具角质膜,下表皮角质膜比上表皮的略厚,上下表皮角质膜厚度分别为  $(11.07 \pm 0.8839)\text{ }\mu\text{m}$  和  $(9.56 \pm 2.0387)\text{ }\mu\text{m}$ 。上下表皮细胞均无毛。了哥王叶片气孔仅分布在下表皮,气孔类型为无规则型,气孔内陷,其下具较大的孔下室,气孔由一对保卫细胞构成,无规则型,保卫细胞内平周壁强烈加厚,远厚于外平周壁及垂周壁,同时在保卫细胞外平周壁于气孔开口一侧外方具有角质层(图版 I: C)。气孔的长度为  $(39.22 \pm 2.8446)\text{ }\mu\text{m}$ ,宽度为  $(29.03 \pm 1.2855)\text{ }\mu\text{m}$ ,气孔口长椭圆形,长度为  $(19.22 \pm 2.2096)\text{ }\mu\text{m}$ ,宽度为  $(4.37 \pm 0.8127)\text{ }\mu\text{m}$ ,气孔密度为 122 个  $\text{mm}^{-2}$ ;保卫细胞肾形,长度为  $(39.22 \pm 2.8446)\text{ }\mu\text{m}$ ,宽度为  $(13.43 \pm 0.8598)\text{ }\mu\text{m}$ (图版 I: A,D)。

### 2.2 叶肉细胞

了哥王叶肉组织发达,具有栅栏组织和海绵组织的分化,但依据其叶肉组成和细胞排列情况,属于双栅型(图版 I: K,L)。栅栏组织发达,分为上下栅栏组织,分别与上下表皮相连;上栅栏组织由 1~2 层排列整齐的圆柱状细胞构成,厚度为  $(61.79 \pm 10.3946)\text{ }\mu\text{m}$ ,含丰富的叶绿体,第一层栅栏组织细胞紧密排列于上表皮细胞向内凸起的内平周壁下,胞间隙较小,第二层栅栏组织细胞排列疏松,具有较大的胞间隙;下栅栏组织排列相对疏松,有时间断不连续,由一层短柱状细胞组成,厚度为  $(30.15 \pm 6.7446)\text{ }\mu\text{m}$ ,也含有丰富的叶绿体(图版 I: F,K,L,N,O);上下栅栏组织之间的海绵组织细胞形状不规则,排列十分疏松,细胞间隙大,厚约  $(79.11 \pm 18.4012)\text{ }\mu\text{m}$ ,海绵组织细胞同样含有丰富的叶绿体;栅海比为 1.16:1。

### 2.3 叶脉

了哥王叶片的叶脉发达,呈网状,中脉较粗,在叶背隆起,叶中脉处厚度为  $(454.45 \pm 3.1552)\text{ }\mu\text{m}$ 。横切面上,叶中脉处上表皮细胞外角质层明显加厚,上表皮细胞与中脉维管束之间为 2~3 层细胞

壁稍加厚的基本组织,其内为内生韧皮部的周韧纤维(图版 I: E,F);两侧均为发达的上栅栏组织细胞,含丰富的叶绿体。叶中脉处的下表皮细胞外角质层无明显加厚,下表皮内 3~4 层细胞中部分成为厚角细胞(图版 I: J),其余细胞壁稍加厚,与维管束之间为 1~2 层排列较疏松的薄壁细胞,薄壁细胞较大,两侧与含丰富叶绿体的下栅栏组织细胞相连(图版 I: E,G)。

叶主脉维管束横切面观呈扇形排列,外由一层薄壁细胞环绕而成几近连续的维管束鞘;维管束中央为发达的木质部,木质部由多列径向链状排列的导管紧密相连呈半月形分布,开口于近轴面,无木射线,最大导管直径( $15.59 \pm 1.1077$ )  $\mu\text{m}$ (图版 I: E, H,I);木质部内(近轴面)、外(远轴面)均有韧皮部,为双韧维管束,上、下韧皮部外具有发达的周韧纤维,近轴面周韧纤维呈不规则束状分布,远轴面周韧纤维呈连续的半月形分布(图版 I: E,H,I)。叶侧脉由维管束和机械组织组成,侧脉与小脉均有一圈薄壁细胞构成的维管束鞘,鞘细胞含叶绿体,能进行光合作用(图版 I: E,K,L,M)。

### 3 讨论

#### 3.1 了哥王叶片结构特点

了哥王与已经研究的瑞香科植物在叶片结构上具有某些相同点<sup>[12]</sup>,如气孔分布在叶的下面;海绵组织具有发达的胞间隙;叶脉维管束通常伴生有厚壁组织,且往往被薄壁组织细胞形成的鞘环绕;常具有内生韧皮部(包括堇花属在内的 21 属)。Léandri 曾研究过瑞香科中大多数种类叶的结构与生境的关系,发现即使来自旱生环境的种类出现下陷的气孔、厚的角质层等特征时,叶的解剖结构也没有显示出任何与生境有关的巨大变化<sup>[12]</sup>。了哥王作为阳生植物常分布在阳光完全直射的南亚热带荒坡上,受光和受光较强,所处环境中的空气较干燥,风也较大,这都加大了植物的蒸腾作用。因此,了哥王的叶片具有了旱生植物叶的结构特点<sup>[13-16]</sup>,叶片小而较厚,表皮细胞排列紧密,表皮外具有较厚的角质层,气孔仅分布于下表皮且下陷,具气室;栅栏组织发达且上下表皮内均有分布,为双栅型;机械组织发达,具有大量的周韧纤维、发达的维管束鞘细胞;木质部发达,木质化程度高,侧脉细密等。但了哥王叶的上下表皮细胞均为 1 层,且上表皮细胞较大,上下表皮无毛;具有排列疏松的

海绵组织,且胞间隙发达;气孔密度较小,气孔器面积较大等特征又表现出中生植物的结构特点。

#### 3.2 了哥王叶片结构的生态意义

叶片是植物进行同化作用和蒸腾作用的主要器官,与周围环境有着密切的关系,其结构特征最能体现环境因子的影响或植物对环境的适应<sup>[17]</sup>。

了哥王的叶表皮外角质膜强烈增厚,上下表皮细胞外角质膜厚度分别达到了( $11.07 \pm 0.8839$ )  $\mu\text{m}$ 和( $9.56 \pm 2.0387$ )  $\mu\text{m}$ ,远远超过一般旱生植物<sup>[18]</sup>,这对生长在阳光直射环境中的了哥王具有极其重要的生态意义。厚的角质膜可以有效防止蒸腾失水,是反映植物抗旱能力的一个重要指标,同时坚硬的角质层除有保水作用外,还有机械支撑作用,使植株在水分供应不足时,不至于立即萎蔫;厚的角质膜还可反射强烈阳光及紫外线的照射,避免强烈的直射阳光灼伤叶片<sup>[19-20]</sup>。另外,生长于阳光充足、年均气温较高、雨量充沛环境中的了哥王叶角质膜的解剖特征,与已有的研究结果<sup>[21-22]</sup>不相符,说明环境因子对叶片的作用或叶片对环境因子的适应是十分复杂的。

了哥王的叶上表皮细胞较大,上表皮细胞平均垂周径几乎达到 40  $\mu\text{m}$ ,上下表皮细胞垂周径比为 1.81:1(图版 I: K,L),发达、肥大的上表皮细胞是适应旱生的形态,能起到一定的防止失水的作用。了哥王叶上表皮细胞的另一个特点是内平周壁呈弧形向内凸起,有时内凸十分强烈,从而扩大了内表面积,增加了单个上表皮细胞下的栅栏组织细胞个数(图版 I: K,L,N)。这些特点对了哥王抗旱性的提高、高效率的利用光能、提高光合作用面积和效率有着积极的意义。强烈内凸的上表皮细胞内平周壁应是了哥王作为阳生植物对直射阳光的生态适应性特点之一。

通常认为气孔密度随环境中水分和湿度减少而增加、气孔面积向小型化发展是植物适应旱生环境的表现<sup>[15,23]</sup>。了哥王叶片虽然气孔密度较小(122 个  $\text{mm}^{-2}$ ),气孔器较大( $1138.70 \mu\text{m}^2$ ),但气孔仅分布于叶片下表皮并且下陷,具较大的气室,保卫细胞内外平周壁近气孔开口一侧强烈加厚并具有角质层(图版 I: C,D),这个特点在强光和高温下既可促进植物与外界环境的气体交换,又可营造较湿润的小环境,从而减少水分蒸腾,同样起到保水的作用<sup>[24]</sup>。

了哥王叶肉组织有栅栏组织与海绵组织的分

化,为双栅型,含丰富的叶绿体,表现出强烈的阳生形态。这种叶肉分化与分布的样式对阳生植物了哥王具有积极的生态意义<sup>[19, 23-26]</sup>:(1)增加了叶片的内表面积,扩大了光合面积,有利于提高光合效率,光合作用效率的提高本身也是一种抵抗干旱的非常重要的途径;(2)可避免强烈光照对叶肉的灼伤,又可以有效地利用反射光、衍射光进行光合作用,即栅栏组织与叶片厚度的比值越大,光能的利用效率就越高;(3)叶子中水分的输导有共质体和质外体两种途径,水分的运输不仅依靠叶脉和维管束鞘伸展区,而且也经由叶肉细胞到表皮层,并且经过栅栏组织到表皮层的水分比经过海绵组织的多,发达的栅栏组织,增加了叶的内自由表面积,因此具有较高的输水效率,在水分供应充足时,能增加植物的蒸腾作用<sup>[24]</sup>,叶片的蒸腾作用有以气孔蒸腾为主和以角质层蒸腾为辅的两种途径。

了哥王叶片中的维管组织十分发达,具有双韧维管束(或周韧维管束),中脉厚度为叶平均厚度的 1.82 倍,中脉和侧脉外具有大型薄壁细胞组成的维管束鞘(图版 I: H, M)。紧密排列的维管束增大了叶片的输水面积,保证了水分的迅速运输,是叶片旱生形态的显著特征之一;同时发达的维管系统和较大的维管束鞘细胞可增强从叶脉基部向叶肉细胞的水分传输,是植物对干旱环境的又一响应方式,可起到补偿叶片失水的作用;而薄壁的鞘细胞能减小水分进出时所受阻,同时因其含有叶绿体,也进行光合作用制造营养物质;木质部近、远轴面生长的韧皮部能加快光合产物从叶片运出,使光合作用能继续高效进行,因为光合作用效率的提高本身也是一种抵抗干旱的非常重要的途径,对于植物抗拒水分过度散失具有一定的生态学意义<sup>[13, 15, 19-20]</sup>。

通常认为,引起叶子表现出旱生特性的因素有 3 点,即水分的缺乏、强烈的阳光、氮素的缺乏。本文的研究材料了哥王正是采集于向阳的南坡开阔林下,虽然湿度较高,但在常年的高温和热带强烈的阳光直射环境,易产生过度蒸腾的状况,了哥王叶片内发达的周韧纤维提供了很大的机械强度,支持着叶片,使其在缺水情况下仍然不会萎缩变形,而基本组织的细胞壁加厚,在保障叶肉组织的形状方面也起到了积极的作用,因而保证了叶肉细胞不因叶的失水萎缩变形而受到伤害及抵御物理损伤,而成片分布的周韧纤维还能起到遮光作用以保护内部维管组织,同时具有防止叶脉输导的水分经质

外体途径过度的丧失,以保证植物的生长需要<sup>[14-15, 19, 23-24]</sup>。

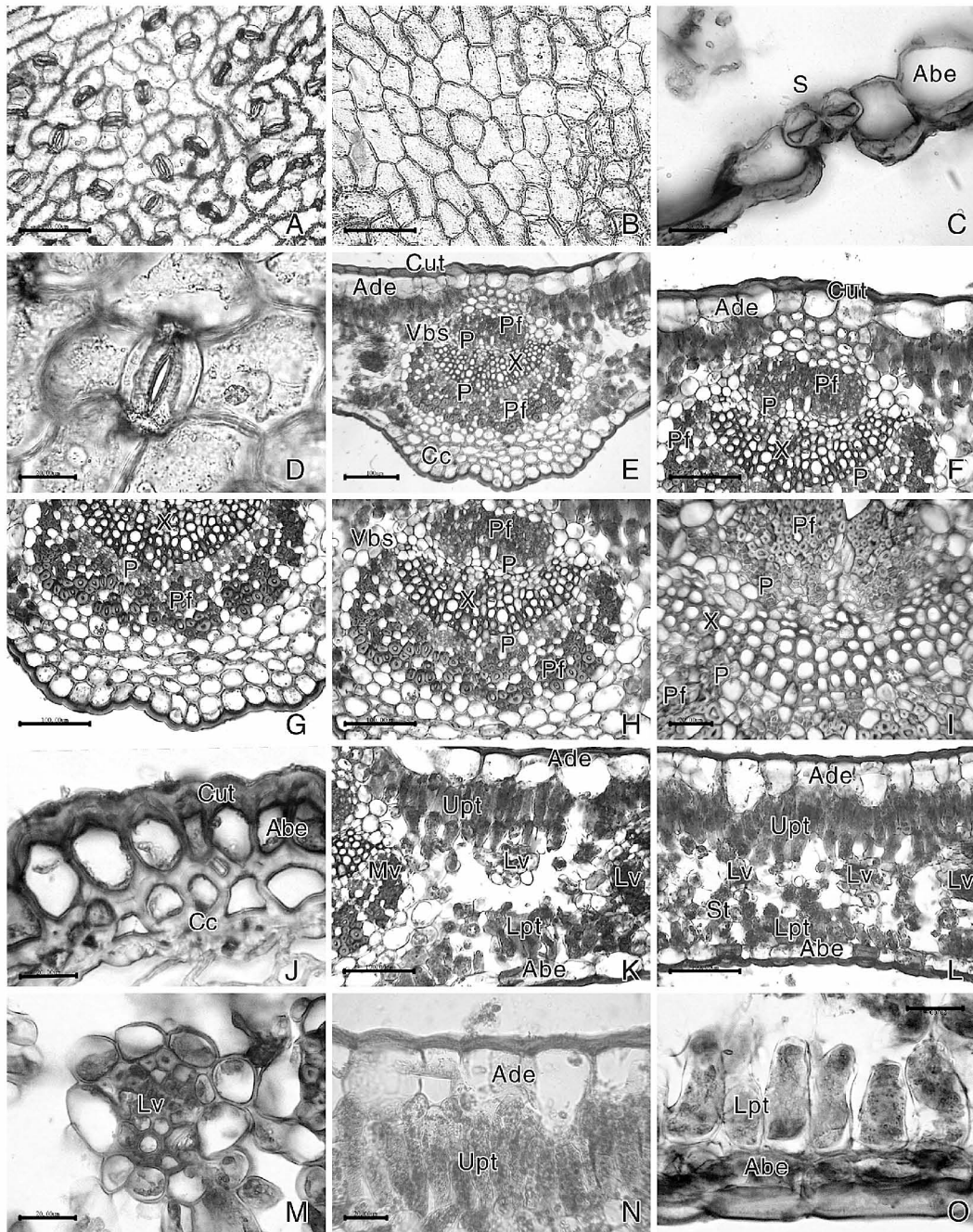
总之,环境因子对植物叶片的影响十分复杂,同种植物在不同的环境中也会产生结构上的变异从而适应相应的环境,这些不同性状的存在是系统演化性状还是生态适应性状,是植物学工作者一直力图解决的问题。本研究结果至少说明潮州产阳生植物了哥王,在其叶结构上体现了一定的旱生形态,但因受其生长环境的影响又体现了不同于旱生植物的阳生形态和中生植物结构,与其喜光喜高温湿润环境及耐旱的生活习性相一致,反映了结构、功能与环境的统一性。

## 参考文献

- [1] Gu C Z(谷粹芝), Li Z Y(李振宇), Huang S Q(黄蜀琼). Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 25(1) [M]. Beijing: Science Press, 1998: 300-301. (in Chinese)
- [2] 江苏新医学院. 中药大辞典(上册) [M]. 上海: 上海人民出版社, 1977: 12-54.
- [3] Ren H(任海), Peng S L(彭少麟), Dai Z M(戴志明), et al. Ecological and biological characteristics of *Wikstroemia indica* [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2002, 13(12): 1529-1532. (in Chinese)
- [4] 章永红. 抗癌中药大全 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2000: 17-18.
- [5] Yang Z Y(杨振宇), Guo W(郭薇), Wu D Y(吴东媛), et al. Study on extraction, isolation and anti-tumor activity of daphnoretin from *Wikstroemia indica* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2008, 20: 522-526. (in Chinese)
- [6] Chen D S(陈定双), Huang Y D(黄运东), Wang D Y(王定勇). Studies on chemical constituents of stem bark of *Wikstroemia indica* [J]. Subtrop Plant Sci(亚热带植物科学), 2008, 37(4): 26-28. (in Chinese)
- [7] Handa S S, Kinghorn A D, Cordell G A. Plant anticancer agents: XXVI. Constituents of *Peddiea fischeri* [J]. J Nat Prod, 1983, 46: 248-250.
- [8] Wang L Y, Unehara N, Kitanaka S. Lignans from the roots of *Wikstroemia indica* and their DPPH radical scavenging and nitric oxideinhibitoryactivities [J]. Chem Pharm Bull, 2005, 53: 1348-1351.
- [9] 李正理. 植物制片技术 [M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 1987: 1-137.
- [10] 郑国锷. 生物显微技术 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978: 113-120.
- [11] Wang X L(王勋陵), Ma J(马骥). A study on leaf structure and the diversity of xerophytes ecology adaptation [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1999, 19(6): 787-792. (in Chinese)
- [12] Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons: Vol. II Wood Structure and Conclusion of the General Introduction

- [M]. Oxford: Oxford University Press, 1959: 1169–1178.
- [13] Zhang X R(张晓然), Wu H(吴鸿), Hu Z H(胡正海). Relationship between morphology and structure of leaves of the main sand-fixed plants in Mao US desert and environment [J]. Acta Bot Boreal-Occid Sin(西北植物学报), 1997, 17(5): 54–60. (in Chinese)
- [14] 刘穆. 种子植物形态解剖学导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 234–238.
- [15] Li F L(李芳兰), Bao W K(包维楷). Responses of the morphological and anatomical structure of the plant leaf to environmental change [J]. Chin Bull Bot(植物学通报), 2005, 22(Suppl.): 118–127. (in Chinese)
- [16] Kang D D(康东东), Han L H(韩利慧), Ma P F(马鹏飞), et al. Comparison on characters of leaf anatomy of *Ziziphus jujuba* var. *spinosa* in different geography environment [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2008, 44(12): 135–139. (in Chinese)
- [17] 王勋陵, 王静. 植物的形态结构与环境 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1989: 105–138.
- [18] Liu J Q(刘家琼). The xeromorphic structure of different typical plants in deserts of China [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 1982, 6(4): 314–319. (in Chinese)
- [19] Liao S X(廖声熙), Liu J(刘娟), He J(和菊), et al. A study on the relationship between anatomical structure of leaves and resistance drought of neem (*Azadirachta indica*) [J]. For Res(林业科学研究), 2001, 14(4): 435–440. (in Chinese)
- [20] Xing Q(邢全), Shi L(石雷), Liu B D(刘保东), et al. Morphological and anatomical characters of leaf in *Viburnum rhytidophyllum* and its ecological significance [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2004, 31(4): 526–528. (in Chinese)
- [21] Cai Y L(蔡永立), Wang X H(王希华), Song Y C(宋永昌). Anecoanatomical study on leaves of *Cyclobalanopsis glauca* populations in the eastern subtropical zone, China [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1999, 19(6): 844–849. (in Chinese)
- [22] He J S(贺金生), Chen W L(陈伟烈), Wang X L(王勋陵). Morphological and anatomical features of *Quercus* section *Suber* and its adaptation to the ecological environment [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 1994, 18(3): 219–227. (in Chinese)
- [23] 李正理. 旱生植物的形态和结构 [J]. 生物学通报, 1981(4): 9–12.
- [24] Zhou Z B(周智彬), Li P J(李培军). A review on the phytotomy research of xerophytes in China [J]. Arid Zone Res(干旱区研究), 2002, 19(1): 35–40. (in Chinese)
- [25] Zhang Y C(章英才), Yan T Z(闫天珍). Study on relationship between anatomical structure of leaves of *Karelinia caspica* (Pall) Less. and ecological environment [J]. J Ningxia Agri Coll(宁夏农学院学报), 2003, 24(1): 31–33. (in Chinese)
- [26] Zhang X W(张兴旺), Zhang X P(张小平), Yang K J(杨开军), et al. Study on anatomical structure of leaf and ecological adaptability of *Pteroceltis tatarinowii* Maxim. [J]. Bull Bot Res(植物研究), 2007, 27(1): 38–42. (in Chinese)





图版 I 了哥王叶片的结构特征

Plate I Leaf anatomic structure of *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.

A. 下表皮, 示不规则型气孔 Abaxial epidermis, showing irregular stomas; B. 上表皮 Adaxial epidermis; C. 下表皮, 示下陷气孔 Abaxial epidermis, showing sunken stoma; D. 不规则型气孔 Irregular stomas; E~H. 叶横切面, 示主脉 Transverse section of leaf, showing main vein; I. 叶横切面, 示主脉维管束 Transverse section of leaf, showing vascular bundle in main vein; J. 下表皮及厚角细胞 Abaxial epidermis and collenchyma cell; K. 叶片横切面, 示栅栏组织、侧脉及维管束鞘 Transverse section of leaf, showing palisade tissue, vascular bundle and vascular bundle sheath in lateral vein; L. 叶片横切面, 示栅栏组织及内凸的上表皮细胞 Transverse section of leaf, showing palisade tissue and raised adaxial epidermal cells on the inward; M. 侧脉维管束及维管束鞘 Vascular bundle and vascular bundle sheath in lateral vein; N. 叶片横切面, 示上表皮栅栏组织 Transverse section of leaf, showing upper palisade tissue; O. 叶片横切面, 示下表皮栅栏组织 Transverse section of leaf, showing lower palisade tissue.

Mv: 主脉 Main vein; Lv: 侧脉 Lateral vein; S: 气孔 Stomas; Vbs: 维管束鞘 Vascular bundle sheath; Pf: 韧皮纤维 Phloem fiber; X: 木质部 Xylem; P: 韧皮部 Phloem; Cc: 厚角细胞 Collenchyma cell; St: 海绵组织 Spongy tissue; Ade: 上表皮 Adaxial epidermis; Abe: 下表皮 Abaxial epidermis; Cut: 角质层 Cuticle; Upt: 上表皮栅栏组织 Upper palisade tissue; Lpt: 下表皮栅栏组织 Lower palisade tissue.

A,B,E-H,K,L: bars = 100  $\mu$ m; C,D,I,J,M-O: bars = 20  $\mu$ m.