

# 两种忍冬属植物叶表皮扫描电镜 观察及其生态适应性的研究

李强<sup>1,2</sup>, 邓艳<sup>2</sup>, 余龙江<sup>1</sup>, 刘玉<sup>2,3</sup>, 曹建华<sup>2\*</sup>

(1. 华中科技大学 生命科学与技术学院, 武汉 430074; 2. 中国地质科学院 岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004; 3. 西南师范大学 资源环境学院, 重庆 400715)

**摘要:** 利用扫描电镜观察 2 种忍冬属植物的叶表皮形态特征, 观察指标包括气孔器、表皮毛、表皮细胞等。扫描电镜观察结果表明: 气孔仅分布在下表皮, 气孔器散生并为无规则型; 下表皮密被表皮毛(包括腺状毛和非腺毛); 上表皮细胞的垂周壁呈沟槽状下陷; 同时在下表皮还分布有瘤状的草酸钙簇晶。为进一步研究这 2 种忍冬属植物叶的形态解剖特征, 通过光学显微镜观察发现, 叶均为异面叶, 栅栏组织发达, 细胞长柱形; 海绵组织细胞类圆形, 排列紧密; 叶脉机械组织发达。以上这些构造特征, 都有利于减少植物体水分的散失, 以适应我国西南岩溶区干旱环境特征。通过进一步分析电镜观察结果, 发现在忍冬叶的上表皮中脉处有呈线状分布的腺状表皮毛, 而华南忍冬叶的上表皮则无表皮毛分布, 这一微形态特征可以作为二者种间特异性差别, 从而为二者的合理区分提供一定的依据。

**关键词:** 叶表皮细胞; 气孔器; 表皮毛; 生态适应

**中图分类号:** Q944.56 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)02-0146-06

## Research on structure of leaf epidermis of two species of *Flos Lonicerae* by SEM and its ecological adaptation

LI Qiang<sup>1,2</sup>, DENG Yan<sup>2</sup>, YU Long-Jiang<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>2,3</sup>, CAO Jian-Hua<sup>2\*</sup>

(1. School of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;  
2. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China; 3. College of  
Resources and Environment Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** As an adaptive consequence, plants growing in drought habitats have developed various drought-resistant mechanisms on their leaf-structure such as well-developed epidermal hairs, conducting tissue and mechanical tissue. For finding valuable ecology-adoption characters, leaf epidermis of *Lonicera japonica* and *L. confusa*, which are in the genus of *Flos Lonicerae* were examined by scanning electron microscopes (SEM) to study the characteristics of stomata, trichomes and dermal cell, et al. To obtain more characters of morphology and anatomy of leaf, the optical microscopy was also used. The results showed that leaf epidermis consisted of epidermis cells and stoma complexes. On the lower epidermis, bushy trichomes including glandular hairs and non-glandular hairs are observed and some strumae distributing regularly are hypothesized as oxalic calcium. In addition, the stomata apparatus are ruleless and only distribute on the lower epidermis. On the up-

收稿日期: 2005-05-24 修回日期: 2006-01-15

基金项目: 全球岩溶生态系统对比(IGCP448); 国家自然科学基金重点项目(40231008); 科技部国家科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J067); 西南师范大学自然地理学重点学科开放基金(250-411110); 中国地质科学院重点开放实验室专项(KL05-20)[Supported by UNESCO/IUGS(IGCP 448); the National Natural Science Foundation of China(40231008); the Open Fund and Key Subject of Physical Geography, Southwest Normal University of China(250-411110); the Open Fund of Key Laboratory of Chinese Academy of Geological Sciences(KL05-20)]

作者简介: 李强(1978-), 男, 山东曹县人, 博士研究生, 主要从事分子生态学研究, (E-mail) glqiangli@163.com.

\* 通讯作者(Author for correspondence)

per epidermis, anticlinal wall caves in sinuose groove to countercheck the transpiration. Evidences from leaf morphological structures sever as another proofs on drought-resistant mechanisms. *L. japonica* and *L. confusa* share typical xerophytic features and have bifacial leaves. Palisade tissues are well developed and cells of palisade tissue are cylindrical and cells of the spongy tissue are roundness. In addition, the conducting tissue and mechanical tissue are also well developed, which can improve the transportation efficiency of water. Therefore, the above characteristics of *Flos Lonicerae* can reduce the loss of water and make *L. japonica* and *L. confusa* adapt to the droughty environment at karst area in Southwest China. However, there is some difference of the two species. From the SEM result, it is shown that on the upper epidermis, some glandular hairs regularly present along the midrib of *L. japonica*, but *L. confusa* has no glandular hairs on the upper epidermis, which can verify the relationships of *Flos Lonicerae* species and provide the significance for classification of *Flos Lonicerae*.

**Key words:** epidermal cell; stomata; trichomes; ecological adaptation

忍冬科忍冬属植物忍冬 (*Lonicera japonica* Thunb)、红腺忍冬 (*L. hypoglauca* Mip)、山银花 (*L. confusa* DC) 或毛花柱忍冬 (*L. dasystyla* Rehd) 的干燥花蕾或带初开的花, 俗称“金银花”, 具有疏散散热, 清热解毒的功效, 主要用于急性热病及各种急性感染性疾病, 是临床上常用药物之一 (中华人民共和国药典委员会, 2000)。

目前全世界忍冬属植物约 200 种, 我国有 98 种, 广布于全国各省区, 而以西南部种类最多, 其中可供药用的品种达 47 种 (中国药材公司, 1994; 石铍等, 1999; 中华人民共和国药典委员会, 2000)。金银花不但具有较高的经济价值, 而且还由于其根系发达, 适应性强, 具有抗旱、耐涝、耐寒、耐瘠薄等特点, 在生态环境建设及水土保持上具有重要的作用, 并在我国西南岩溶山区广泛栽培用于生态治理和增加农民收入 (彭素琴等, 2003)。

基于忍冬属植物金银花具有重要的经济价值, 因而近年来关于忍冬属植物金银花的物候学研究 (徐迎春等, 2002; 邢俊波等, 2003)、药用成分分析 (董熙暇等, 1985; Ma 等, 1997) 国内一些学者进行了详细的报道, 但对于忍冬属植物叶表面结构特征分析以及形态解剖学的研究至今仍较少 (张丽军等, 1997; 梁松洁等, 2004)。因此, 我们以忍冬属中的忍冬和华南忍冬 (*L. confusa*) 为材料, 对其叶表面的形态、结构及叶的形态解剖进行观察和研究, 希望通过考察这两种植物叶的形态构造, 了解其旱生特点与环境的关系, 从而为今后进行石漠化治理以及合理引种提供重要的参考资料, 并为今后进行分类以及生药鉴定提供准确而细微的叶表皮特征。

## 1 材料与方法

本文研究的实验材料为新鲜叶片, 取自广西马

山弄拉, 分别为: 忍冬和华南忍冬。

弄拉位于广西南宁地区马山县东南部古零镇境内典型的岩溶峰丛山区。其地理坐标为 108°19' E, 23°29' N。该区位于亚热带季风区, 具高温多雨、降雨集中、湿度大等气候特征。据多年气象观测资料, 该区平均气温 19.84 °C, 年降雨量 1 700 mm。主要地层岩性为泥盆系东岗岭组厚层硅泥质白云岩, 土壤具有偏碱富钙的石灰土特征 (邓艳等, 2004)。

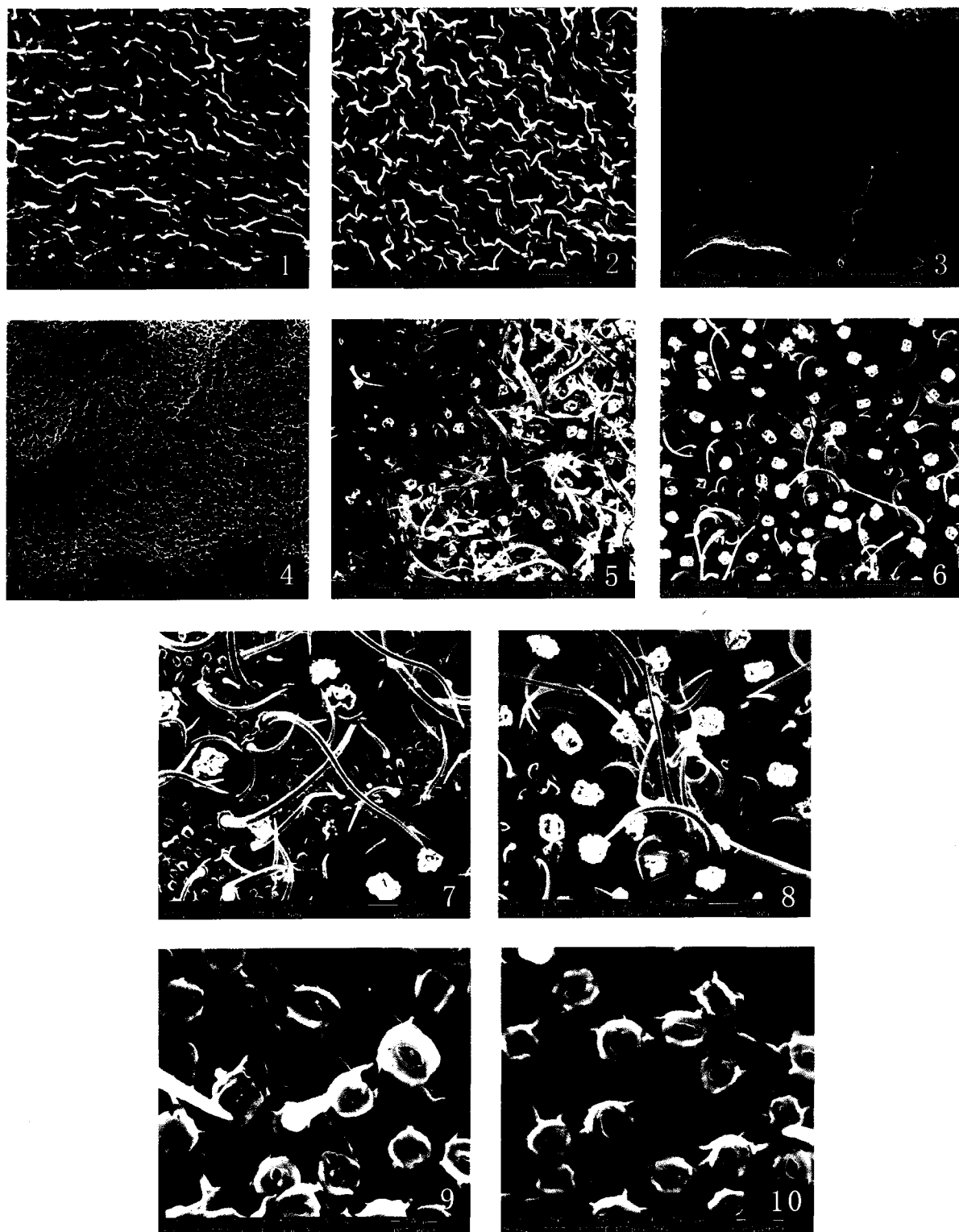
叶表皮在电镜扫描观察之前, 采用的处理方法为: 取叶片中部中脉附近的部分, 切面积约 1 cm<sup>2</sup> 的小块, 用 FAA 固定 48 h, 并经 70%、85%、95%、100%、100% 的酒精系列脱水, 用双面胶固定在样品台上。然后, 经 CO<sub>2</sub> 临界点干燥, 精密刻蚀镀膜仪镀金后, 在 30 KV 高压下用 FEI 公司生产的 Quanta 200 扫描电镜进行拍照。叶表皮所用术语参考 Wilkinson (1979)。

为进一步研究叶的形态解剖学特征, 我们还取一部分新鲜叶片, 采用普通徒手切片法在 Olympus 光学显微镜下观察、拍照。测量并统计以下指标: 表皮的层数; 栅栏组织、海绵组织的层数; 栅栏组织、海绵组织细胞的长度、宽度。

## 2 观察结果

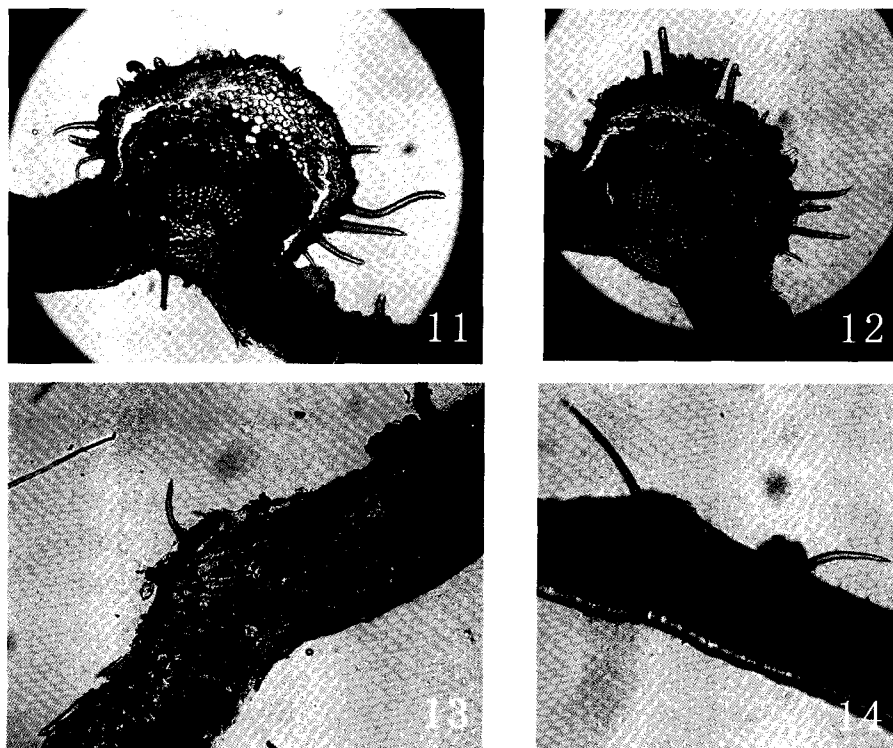
### 2.1 叶表皮细胞特征

利用扫描电镜观察了忍冬和华南忍冬叶的上下表皮细胞。扫描电镜观察结果表明: 这两种忍冬属植物叶的上表皮细胞呈多边形, 大小不一, 细胞垂周壁呈沟槽状下陷, 平周壁边缘呈波状隆起, 细胞界限分明; 下表皮细胞的垂周壁均呈波状隆起, 平周壁上具各种角质层纹饰, 细胞界限不明显 (图版 I: 1, 2, 9, 10)。此外, 通过对这两种植物叶表皮结构的进一步区分, 可以看出: 忍冬叶的上表皮细胞垂周壁边缘



图版 I 扫描电镜下叶表皮形态 1. 忍冬叶上表皮,  $\times 200$ ; 2. 华南忍冬叶上表皮,  $\times 200$ ; 3. 忍冬叶上表皮,  $\times 50$ ; 4. 华南忍冬叶上表皮,  $\times 50$ ; 5. 忍冬叶下表皮及表皮毛,  $\times 100$ ; 6. 华南忍冬叶下表皮及表皮毛,  $\times 100$ ; 7. 忍冬叶下表皮及表皮毛,  $\times 1\ 000$ ; 8. 华南忍冬叶下表皮及表皮毛,  $\times 1\ 000$ ; 9. 忍冬叶下表皮细胞及气孔,  $\times 1\ 000$ ; 10. 华南忍冬叶下表皮细胞及气孔,  $\times 1\ 000$ 。

Plate I SEM photomicrographs of leaf surface 1. Upper epidermis cells of *Lonicera japonica*,  $\times 200$ ; 2. Upper epidermis cells of *L. confusa*,  $\times 200$ ; 3. Upper epidermis cells of *L. japonica*,  $\times 50$ ; 4. Upper epidermis cells of *L. confusa*,  $\times 50$ ; 5. Lower epidermis cells and trichomes of *L. japonica*,  $\times 100$ ; 6. Lower epidermis cells and trichomes of *L. confusa*,  $\times 100$ ; 7. Lower epidermis cells and trichomes of *L. japonica*,  $\times 1\ 000$ ; 8. Lower epidermis cells and trichomes of *L. confusa*,  $\times 1\ 000$ ; 9. Lower epidermis cells and stomata of *L. japonica*,  $\times 1\ 000$ ; 10. Lower epidermis cells and stomata of *L. confusa*,  $\times 1\ 000$ 。



图版 II 光学显微镜下叶的形态解剖结构 11. 忍冬栅栏组织和海绵组织分布,  $\times 100$ ; 12. 华南忍冬栅栏组织和海绵组织分布,  $\times 100$ ; 13. 忍冬叶片中脉,  $\times 100$ ; 14. 华南忍冬叶片中脉,  $\times 100$ 。

Plate II Optical microscopy of leaf morphological structures 11. Palisade tissue and spongy tissue of *Lonicera japonica*,  $\times 100$ ; 12. Palisade tissue and spongy tissue of *L. confuse*,  $\times 100$ ; 13. Midrib of *L. japonica*,  $\times 100$ ; 14. Midrib of *L. confuse*,  $\times 100$ .

波状隆起幅度较小,细胞之间彼此呈波状分布,而华南忍冬叶上表皮细胞垂周壁边缘波状隆起相对明显,上表皮细胞呈镶嵌式分布(图版I:1,2)。

## 2.2 叶的表皮毛类型

忍冬和华南忍冬下表皮均密被表皮毛,表皮毛均为单毛(图版I:5,6,7,8)。位于忍冬叶下表皮的表皮毛较为密集,主要为腺状毛,同时还夹杂着非腺毛;而位于华南忍冬叶下表皮的表皮毛相对而言较为稀疏,并可分为腺状毛和非腺毛。此外,在忍冬叶的上表皮中脉处有呈线状分布的腺状表皮毛,而华南忍冬叶上表皮则无表皮毛分布(图版I:3,4)。腺状毛的腺毛全长  $100\sim 600\ \mu\text{m}$ ,腺头为球形或圆锥形,直径约  $8\sim 10\ \mu\text{m}$ ,侧面观由  $4\sim 10$  个细胞组成,腺柄为圆柱形;非腺毛主要为厚壁单细胞,薄壁单细胞偶见,长约  $70\sim 800\ \mu\text{m}$ ,宽约  $6\sim 60\ \mu\text{m}$ ,壁厚  $2\sim 20\ \mu\text{m}$ ,基部多直接镶嵌到表皮细胞中。

## 2.3 气孔器类型特征

这两种忍冬属植物的气孔仅分布于下表皮。气孔器全部散生,分布较为密集,气孔取向无规则,副卫细胞与表皮细胞无明显差异,气孔器类型均为无规则

型。气孔大小不等,为  $(22.5\sim 27.5)\ \mu\text{m}\times(14.5\sim 22.5)\ \mu\text{m}$ (图版I:9,10)。此外,由于忍冬叶下表皮表皮毛较为密集,将大部分气孔遮挡,几乎组成一个相对独立的密闭体系而不利于水分的蒸腾,而华南忍冬叶下表皮表皮毛较为稀疏,使气孔处于相对开放体系之中。

## 2.4 叶表面的结晶体

在两种忍冬属植物的下表皮处分布有大小均一瘤状物,主要分布在气孔器周围,数个排列成行,直径约  $50\sim 75\ \mu\text{m}$ (图版I:5,6,7,8)。由于前人对忍冬属植物所具有的这一瘤状物没有公开报道,因而只能根据相关研究进行分析。有些学者认为这种瘤状物可能是叶内合成的一种物质穿留在叶子表面,也可能是某些腺体的分泌物,并认为这些瘤状物对叶片起到保护功能(贾敬鸾等,1996);有的学者认为这种瘤状物是草酸钙簇晶,并推测它们与植物的抗旱性有关(Kausch等,1981;张丽军等,1997)。作者通过利用电子探针技术进行元素分析,发现该瘤状物主要由 Ca、C 和 O 元素组成(图 1),认为该瘤状物可能为草酸钙簇晶,但仍需要对该瘤状物进一步分析方能定论。

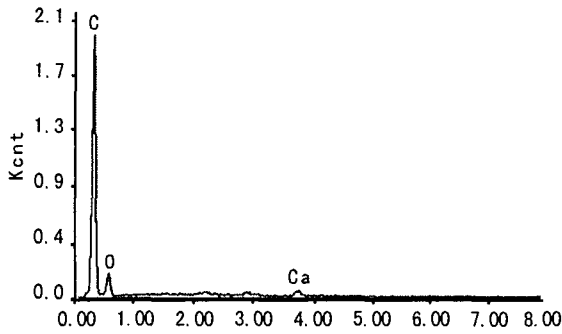


图1 瘤状物内元素组成分析

Fig. 1 Analysis of elements in the strumaes

## 2.5 叶肉特征

忍冬和华南忍冬的叶为异面叶,表皮细胞1~2层,呈圆形,排列紧密。叶肉均有明显的栅栏组织与海绵组织之分,叶肉中栅栏组织排列紧密,几乎无间隙,细胞长柱形;海绵组织细胞类圆形或近正方形、排列紧密,几乎无间隙。忍冬栅栏组织2~3层,细胞长约38.5~60  $\mu\text{m}$ ,宽约10.5~13.5  $\mu\text{m}$ ;华南忍冬栅栏组织2层,细胞长约34.5~53.8  $\mu\text{m}$ ,宽约9.5~13.5  $\mu\text{m}$ 。忍冬海绵组织细胞平均大小为10.4  $\mu\text{m}$ ,华南忍冬海绵组织细胞平均大小为9.7  $\mu\text{m}$ (图版II:11,12)。

## 2.6 叶脉的结构

叶脉在叶片中起着支持和输导作用,中脉及其维管束的发达程度直接决定水分的输导效率。从横切面看,忍冬和华南忍冬的叶脉均由表皮、基本组织和微管束组成,维管束为外韧型,叶脉机械组织发达,发达的木质部不但可增强支持力量,而且还有利于提高水分的输导效率,起到补偿叶片失水的作用(图版II:13,14)。

## 3 讨论

我国西南岩溶区尽管地处亚热带,雨量充沛,水热条件较好,但由于溶隙、溶洞等岩溶通道发育,降水极易渗入地下,形成“土在楼上,水在楼下”的岩溶环境系统,因而地表严重干旱缺水,并使该区的植物具有耐钙性、旱生性、石生性特点(Yuan等,1995; yuan, 2001)。因此由环境因子和遗传因子共同作用决定当地适生植物的旱生性特点,并使植物采取多种“对策”来适应这种干旱环境特征。叶作为植物体表暴露面最大的器官,与其它器官相比受环境影响最大,最能反映植物对生态环境适应的特点,因而植物利用叶器官结构适应干旱环境所采取的对策,也是多种多样,

例如:①保护型,这类植物以有利于减少水分过度蒸腾、阳光强烈照射来适应环境。这类植物通常以长毛来反射阳光和阻止水分丧失或者以特别厚的角质膜来保护叶表面,以及采取结构与生理共同作用的保护对策,如气孔器的适时关闭,来减少水分过度散失等(Fahn,1964; Johnosn,1975)。②节约型,是以最大限度减少植物暴露面积,从而减少对辐射的直接接触和水分的蒸腾,保存有限水分并加以充分利用的方式(赵翠仙等,1981)。③忍耐型,通过叶肉细胞大量贮存水分和特有内含物以提高保水力来对抗干旱胁迫(王耀芝等,1983)。④强壮型,植物依靠其他器官的支持和叶肉同化组织的发达(如多层栅栏组织),以不降低蒸腾强度,提高光合效率达到自身强壮来抵抗不良环境因子的胁迫(王勋陵等,1999)。

本文通过对两种忍冬属植物叶表面结构的扫描电镜观察,可以看出:气孔仅分布在忍冬和华南忍冬叶的下表皮;上表皮细胞的垂周壁呈沟槽状下陷;下表皮密被表皮毛(腺状毛和非腺毛)。由于叶表皮细胞的紧密度、气孔的大小和密度、表皮毛的多寡等因素影响着植物在干旱环境条件下的适应性,因而忍冬和华南忍冬叶器官构造一定程度上表现了典型旱生叶的结构,并采用降低水分过度蒸腾,以“保护型”对策来适应岩溶区干旱环境特征。而通过忍冬和华南忍冬叶肉和叶脉的形态解剖可以看出:忍冬与华南忍冬叶为异面叶,表皮细胞1~2层,排列紧密;叶肉中栅栏组织排列紧密,几乎无间隙,细胞长柱形;海绵组织细胞类圆形,排列紧密,这在增强光合效率、防止蒸腾方面有一定的作用,因此忍冬和华南忍冬还采用“强壮型”对策来抵御干旱环境的胁迫。此外,忍冬和华南忍冬叶脉机械组织发达,发达的木质部不但能增强支持力量,而且还有利于提高水分的输导效率,起到补偿叶片失水的作用,为旱生结构特征(李正理,1981)。同时通过对比分析发现,忍冬叶下表皮表皮毛较为密集,将大部分气孔遮挡组成一个密闭体系来有效降低叶表面的水分蒸发,并且其栅栏组织也比较发达,因而忍冬与华南忍冬相比,其适应干旱环境的能力更强。

此外,忍冬和华南忍冬下表皮上的瘤状结晶体可能是由于它们生活在石灰土环境中,土壤中的钙在蒸腾拉力作用下从木质部到达旺盛生长的树梢、幼叶、花、果及顶端分生组织(Du等,1995; 廖红等,2003)。钙一旦到达这些组织和器官后,多数变得相对稳定,几乎不发生再分配与运输,并通过积累效应使钙在叶

内含量最高,而钙在植物体内含量过高将会干扰以磷酸为基础的能量体系,因而它们为适应当地环境特征,可能通过泌钙功能在叶表面形成草酸钙簇晶,并提高其抗旱功能。

通过对忍冬和华南忍冬叶表皮微形态的进一步观察,发现忍冬叶上表皮中脉处有呈线形分布的腺状表皮毛,而华南忍冬上表皮则无腺毛,因而可将该点作为二者的分类依据之一。

因此,通过对这两种忍冬属植物叶表皮形态结构以及形态解剖的分析研究,可以看出它们由于具有旱生植物典型的形态特征,因而可广泛用于干旱地区生态治理以及进行水土保持工作,同时还由于其具有较高的经济价值,在利用忍冬属植物进行生态治理时能够使生态效益和经济效益兼顾。

致谢:中国地质科学院岩溶地质研究所韩军、孙海龙、廖长君参与本文部分研究工作;导师袁道先院士的关心和帮助,在此一并表示衷心地感谢!

#### 参考文献:

- 中华人民共和国国家药典委员会. 2000. 中华人民共和国药典(第一部)[M]. 北京:化学工业出版社:177
- 中国药材公司. 1994. 中国中药资源志要[M]. 北京:科学出版社:1 200
- 廖红,严小龙. 2003. 高级植物营养学[M]. 北京:科学出版社:1—313
- Deng Y(邓艳), Jiang ZC(蒋忠诚), Cao JH(曹建华), et al. 2004. Characteristics comparison of the leaf anatomy of *Cyclobalanopsis glauca* and its adaptation to the environment of typical karst peak cluster areas in Nongla(弄拉典型峰丛岩溶区青冈栎叶片形态特征及对环境的适应)[J]. *Guihaia*(广西植物), 24(4): 317—322
- Dong XX(董熙暇), Ding L(丁立), Cui YZ(崔耀章). 1985. The research on the chemical constituents in the leaf of *Flos Lonicerae*(金银花叶中有效成分含量的研究)[J]. *J Trad Chin Med*(中药通报), 10(5): 31—32
- Du Z C, Yang Z G. 1995. Comparative study on the characteristics of photosynthesis and transpiration in *Aneurolepidium chinense* of different soil types[J]. *Acta Bot Sin*, 37(1): 66—73
- Fahn A. 1964. Some anatomical adaptation of desert plant[J]. *Phytomorphology*, 14: 93—102
- Jia JL(贾敬鸾), Chen XS(陈晓松), Chen ZH(陈正华). 1996. Scanning electron microscopic observation of the needle leaves in *Picea*(云杉针叶的扫描电镜观察)[J]. *Hereditas*(遗传), 18(2): 25—27
- Johnson HB. 1975. Plant Pubescence; an ecological perspective[J]. *Bol Rev*, 41: 233—258
- Kausch AP, Horner HT. 1981. The relationship of air space formation and calcium oxalate crystal development in young leaves of *Typha angustifolia* (Typhaceae) [J]. *Scanning Electron Microscopy*, (1): 263—272
- Liang SJ(梁松洁), Zhang JZ(张金政), Zhang QX(张启翔), et al. 2004. Compararative study on structure of leaf epidermis form and ecology adaptation of climbing honeysuckle plants in the northern China(北方地区藤本类忍冬叶表皮结构及其生态适应性比较研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 24(4): 434—438
- Li ZL(李正理). 1981. Characters and structures of xerophytes(旱生植物的形态和结构)[J]. *Bull Biol*(生物学通报), 4: 9—12
- Ma XH, Wei Q, Zhang KJ, et al. 1997. Identification of the structure of chlorogenic acid from the leaves of *Eucommia ulmoides* [C]//Proceedings of the First International Symposium on *Eucommia ulmoides*. Beijing: China Forestry Publishing House, 42—47
- Peng SQ(彭素琴), Xie SX(谢双喜). 2003. Preliminary analysis on biological characters of honeysuckle (*Lonicera japonica*) (金银花的生物学特性及栽培技术)[J]. *Guizhou Agric Sci*(贵州农业科学), 31(5): 27—29
- Shi Y(石钺), Shi RB(石任兵), Lu YR(陆蕴如). 1999. Progress in studies on the resources and chemical constituents in *Flos Lonicerae*(我国药用金银花资源、化学成分及药理研究进展)[J]. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 34(11): 724—727
- Wilkinson HP. 1979. The plant surface (mainly leaf)[M]//Metcalfe CR, Chalk L(eds). *Anatomy of the Dicotyledon*(2nd ed) [M]. Oxford:arendon Press, 1: 97—114, 143—161
- Wang XL(王勋陵), Ma J(马骥). 1999. A study on leaf-structure and the diversity of xerophytes ecology adaptation(从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 19(6): 787—792
- Wang YZ(王耀芝), Wang XL(王勋陵), Li W(李蔚). 1983. Observation on leaf structure of some species in desert steppe(荒漠化草原常见植物叶内部结构的观察)[J]. *J Lanzhou Univ* (*Nat Sci*)(兰州大学学报), 19(3): 87—96
- Xing JB(邢俊波), Li P(李萍), Liu Y(刘云). 2003. Study on variation of chlorogenic acid in *Flos Lonicerae* with phenological phase and localities(不同产地、不同物候期金银花中绿原酸的动态变化研究)[J]. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 38(1): 19—21
- Xu YC(徐迎春), Zhou LY(周凌云), Zhang JB(张佳宝). 2002. Phenological analysis upon yield and quality of *Flos Lonicerae* (金银花产量和质量的物候学分析)[J]. *J Chin Med Mat*(中药材), 25(8): 539—541
- Yuan DX, Li B, Liu ZH. 1995. Karst in China[J]. *Episodes*, 18(1—2): 62—65
- Yuan DX. 2001. On the karst ecosystem[J]. *Acta Geol Sin*, 75(3): 336—338
- Zhang LJ(张丽军), Ren Q(任茵). 1997. Studies on pharmacognosy of *Lonicera ferdinandii* Franch(葱皮忍冬叶的生药学研究)[J]. *Northwest Pharm J*(西北药学杂志), 12(3): 114—115
- Zhao CX(赵翠仙), Huang ZC(黄子琛). 1981. A preliminary study of xeromorphism of some important xerophytes in Tengli Desert(腾格里沙漠主要旱生植物旱性结构的初步研究)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 23(4): 278—283