

文章编号:1001-4810(2008)03-0235-05

盐肤木对岩溶干旱环境的适应性研究: 叶片解剖结构的启示

刘彦¹, 赵敏¹, 李忠义², 姜建³

(1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 广西大学农学院, 广西 南宁 530005; 3. 华中科技大学生命科学与技术学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:通过石蜡切片和扫描电镜观察,研究了岩溶环境下生长的盐肤木叶片结构特征。结果表明,在水分胁迫下,叶片表现了一系列的旱生特征。表皮由一层排列致密的不规则细胞组成。上表皮覆盖一层较厚的角质层,下表皮表面有表皮毛丛生。气孔着生在下表皮,陷入表皮以下。叶肉内栅栏组织发达,海绵组织松散。栅栏组织与海绵组织比约为4:1。部分叶肉细胞中含有胶状结晶物质。叶脉中厚壁组织发达,木质部外纤维数量众多,在气腔周围有单宁结晶分布。这些特征表明,盐肤木采用以保护型为主的多种方式适应岩溶干旱环境。

关键词:盐肤木; 环境适应性; 解剖结构; 干旱; 岩溶

中图分类号: 944.5 **文献标识码:** A

岩溶生态系统是脆弱的生态系统,也是受岩溶环境影响和制约的生态系统^[1]。西南岩溶地区普遍存在土壤贫瘠, Ca、Mg 含量高, 水土流失严重, 岩石裸露, Cu、Fe 等元素有效性不高等影响生态系统平衡的因素。人类不合理的资源利用方式更加剧了石漠化和岩溶生态系统的恶化, 从而制约当地经济的可持续发展和人民生活水平的提高^[2]。植物作为生态系统的第一生产者, 对生态系统的恢复有重要的意义, 也是驱动岩溶环境良性循环的重要因素^[3]。岩溶地区地表地下双层结构的存在, 造成地表水易渗漏, 地面蒸发强烈等特点, 从而形成了独特的岩溶干旱环境。由于受水分与土壤条件的胁迫和制约, 岩溶地区的岩溶植被具有喜钙性、旱生性和石生性^[4], 生长缓慢且逆向演替快、顺向演替难, 生物资源集聚程度低等特点^[5]。

叶片是植物对环境变化最敏感的器官之一, 环境改变常引起叶片结构的变化与响应^[6]。叶片的解剖结构观察能直接反映叶片对环境的适应性, 也是植物环境适应性研究的热点内容。目前关于干旱和半干旱地区植被结构特征的研究成果较多, 而对岩溶环境下植

被叶片结构特征的研究还不多见。张兴旺等研究了岩溶石山地区青檀叶的解剖结构特点^[7]; 邓艳等研究了峰丛岩溶区不同海拔高度下青冈的叶片解剖结构特点^[8]。本文研究岩溶环境下盐肤木叶片的结构, 发现盐肤木通过多种方式抵御岩溶干旱的影响, 其抗旱类型以保护型为主。

作为岩溶地区常见的植物, 盐肤木属植物多具有药用价值和经济价值。盐肤木在传统中医学上, 根、茎、叶、皮、花和果实均可入药, 盐肤木本身也是生产五倍子的寄主植物, 因而具有很高的利用价值^[10]。本研究以盐肤木为对象, 通过解剖学的显微观察, 探讨植物叶片对岩溶干旱的适应性特点和适应机制, 为岩溶地区的植被恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地点为贵州与广西交界处(25°09'~25°20' N, 107°52'~108°05'E)的茂兰国家级喀斯特森林自

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号: kzcx2-yw-306)、国家社会公益项目(2005DIB3J067)、中科院“百人计划”项目; 岩溶所所控项目(200802)

第一作者简介: 刘彦(1981-), 男, 在读博士生, 主要从事岩溶地区生态环境研究。E-mail: liuyan8862@163.com。

收稿日期: 2008-05-04

然保护区。区内以典型的岩溶峰丛地貌为主,海拔最高处为1 078.6m,最低海拔430m,平均海拔800m以上。成土母岩以中下石炭统白云岩及纯石灰岩为主。年平均气温为15.3℃,夏季均温26.4℃,1月均温8.3℃。全年平均相对湿度为83%^[11],年均降雨量约1 700mm。土壤以黑色石灰土为主,土层浅薄,地表岩石裸露,pH值7.5~8.0,土壤有机质和全氮含量比较丰富^[12]。

1.2 材料

试验材料于2007年9月采集自国家茂兰自然保护区。选择发育良好、生长完全、无虫害的盐肤木叶片,蒸馏水清洗干净后,取其中脉以及附近部分切成5mm×5mm小块后浸泡在FAA固定液中48h^[13]。

1.3 方法

1.3.1 叶片解剖结构观察

参照李正理^[14]方法进行石蜡制片。采用KD-1508A型手动旋转切片机,切片厚度8~12μm,然后经70%、85%、95%和100%(两次)乙醇进行梯度脱水,样品每级停留约20min。二甲苯透明,番红固绿法染色。中性树胶封片后置于LEICA DMLB型光学显微镜下观察,OLYMPUS数码相机拍照,并测量叶片

厚度、透明栅栏组织和海绵组织厚度等形态结构指标,每个数据为20次测量的平均值。

1.3.2 叶片扫描电镜观察

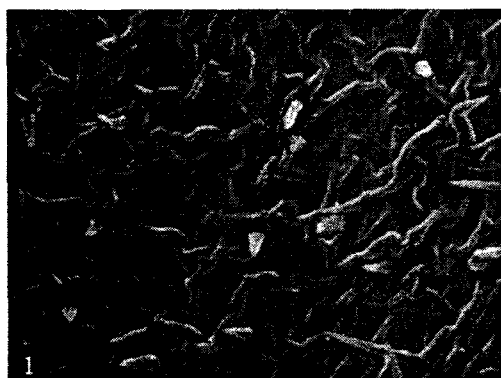
选取发育成熟的盐肤木叶片,蒸馏水洗净后,沿中脉以及附近部分切成5mm×5mm小块后用FAA固定48h,然后经70%、85%、95%和100%(两次)乙醇进行梯度脱水,样品每级停留20min;乙酸异戊酯梯度处理后,利用CO₂临界点干燥仪进行干燥,精密刻蚀镀膜仪喷金后用KYKY-1000B扫描电子显微镜进行观察并拍照。本文所用术语依据Wilkinson的报道^[15]。

2 观察结果

盐肤木叶为奇数羽状复叶互生,叶柄及叶轴多有宽翅,叶形成卵状椭圆形或长卵形的背腹叶,叶脉成网状分布。

2.1 表皮

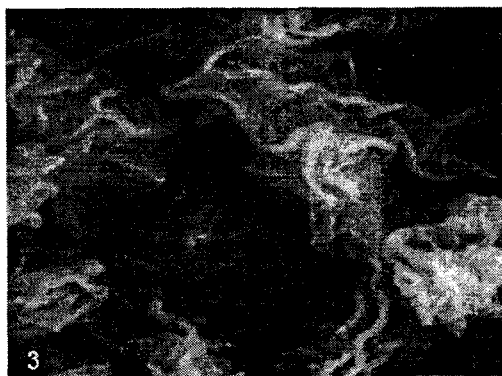
由扫描电镜观察发现,盐肤木叶片的上表皮有少量表皮毛着生(图版1-1),没有气孔着生。下表皮分布有较密集的表皮毛(图版1-2),绝大部分叶表面有众多丝条状结构覆盖,难以观察到气孔形态(图版1-3)。



上表皮(×200)



下表皮(×200)



气孔(×1400)

图版1 盐肤木叶表皮扫描电镜照片

Photo 1 The epidermis structure picture of *Rhus chinensis* with electron microscope

由切片观察可知(图版Ⅱ-1),叶上表皮外覆盖有一层角质膜,下表皮未见明显的角质层,但有表皮毛丛生。表皮毛的染色程度与表皮细胞类似,多由表皮细胞发育而来,且多分布于气孔周围。气孔仅分布于下表皮,并向内微陷,一些表皮细胞异化成表皮毛。

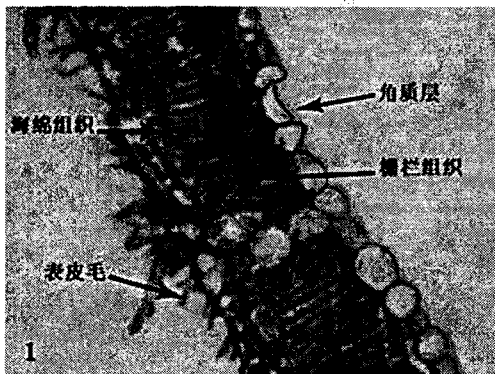
2.2 叶肉

从横切面(图版2-1)看,盐肤木叶片的叶肉组织比较发达,分化成栅栏组织和海绵组织。栅栏组织由1~2层柱状的近方形的异细胞组成,排列致密,染色较深,厚度约为117 μm 。海绵组织排列疏松,叶绿体含量较多,厚度约为28 μm 。下表皮有1~2层染色较深、排列密集的异细胞组成的下皮层。叶肉中也分布

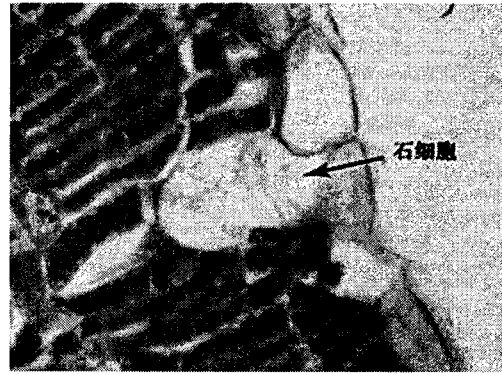
有一些不规则的石细胞,长度可穿越整个栅栏组织,石细胞内含有淡黄色胶状物质(图版2-2)。

2.3 叶脉

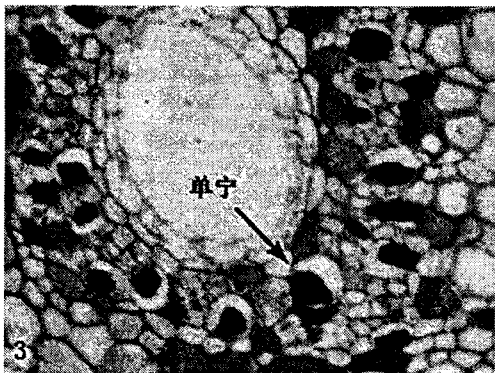
盐肤木叶的主脉比较发达,侧脉细小。从横切面看,主脉中维管束为外韧型,排列呈环形辐射状分布,维管束数量较少。木质部不发达,但木质部外纤维较多。维管束与上表皮之间也分布有数层薄壁细胞,导管之间有薄壁细胞间隔。韧皮部中有大量的气腔存在,沿气腔周围分布有一些染色较深的晶体。韧皮部与下表皮之间分布着多层厚角细胞和厚壁细胞。下表皮细胞有2~3层,内层细胞多为齿状,外层细胞异化为表皮毛,并且也有表皮毛着生。



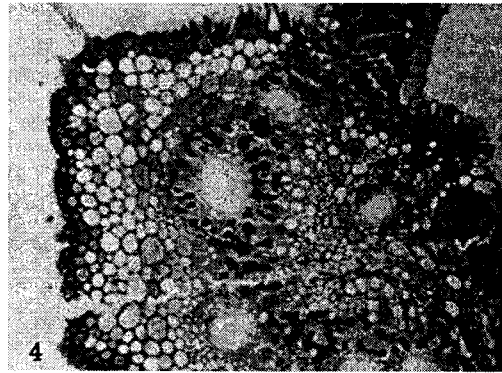
叶肉组织, $\times 40$



石细胞, $\times 400$



单宁, $\times 400$



木质部外纤维, $\times 40$

图版2 盐肤木叶石蜡切片图

Photo 2 The paraffin sectioning picture of *Rhus chinensis*

3 讨论

茂兰自然保护区属于典型的峰丛洼地地貌,基岩以白云岩和灰岩为主。由于地上地下双层结构的存在和强烈的岩溶作用,使得地表水易漏失,岩石大范围裸露等而形成特殊的生态环境^[16]。在水分缺失严重、蒸腾强烈的岩溶干旱环境条件下,植物进化出多种形态结构以适应岩溶干旱。

(1)盐肤木叶片为典型的异面叶,气孔分布在下表皮,它可以增加气孔与空气的接触,保持水分^[17];而上表皮附着有一层较厚的角质膜,厚度约为10 μm ,它的存在能够降低在高温、高光照条件下叶片水分的散失,保护表皮下细胞不受强烈日光的伤害^[18]。此外,下表皮气孔的轻微下陷也能有效减少水分的蒸发。

(2)尽管栅栏组织只有一层,但细胞呈长条状,排列紧密。刘穆等人的研究表明,狭长状的栅栏组织细

胞能够增加叶绿体的数量,通过叶绿体的移动可增强木叶片对强光的适应,提高水分利用效率^[19]。盐肤木叶片栅栏组织比较发育,其厚度约是海绵组织厚度的4倍,它是受强光照和干旱影响的必然结果。发达的栅栏组织有利于增大叶绿体对光照和CO₂的吸收面,增加叶片光合作用的活性和水分利用效率,提高植物的抗旱性^[20]。靠近上表皮处的一层染色较深的异细胞排列紧密,这种紧密排列的双层细胞结构,可以有效地防止日间强光和高温造成的水分过度蒸发。同时,由于其具有较高的渗透势,在水分良好的情况下能够吸收并保持水分,而在水分短缺时,则可以提供暂时的水分供应。

(3)叶片下表皮上表皮毛丛生,并有一些腺体和腺毛分布。表皮附属物的存在,既可以减少叶表面空气流动,减少水分蒸发,也可以折射由岩石表面反射来的阳光,降低强光照对叶表面损伤^[21]。气孔周围的表皮毛也对气孔起一定的遮挡作用,降低叶面水分蒸发^[22]。

(4)叶片上表皮靠近角质膜处有一些大型的囊状石细胞,内含有淡黄色的树胶成分。由于这种树胶状物质的存在,能够增加叶片表面的亲水性,提高叶片吸收和储存水分能力^[23]。叶脉靠近气腔处,有众多结晶体分布(图版2-3),根据张燕平等人的研究^[24],其成分为单宁。一方面单宁分子中含有苯环结构,其在紫外光区有很强的吸收能力,可以将日光的强紫外辐射转化为较少有害的辐射,保护植物体免受紫外辐射的损伤^[25];另一方面单宁也具有强烈的吸湿性,因而细胞内单宁物质的存在,使得叶片的渗透势减少,在叶内水分轻微下降时造成其水势大幅降低,进而提高植物的抗旱能力和水分利用效率^[6]。

(5)盐肤木叶脉的机械组织(厚壁组织)发达(图版2-4),主脉周围存在大量的木质部外纤维。叶脉中发达的木质部外纤维能够起到支撑作用。在水分缺失时,维持叶片形态,防止因缺水导致叶片萎缩变形^[26]。

4 结 语

(1)植物作为生态系统的第一生产者,对生态系统的恢复有重要的意义,也是驱动岩溶环境良性循环的重要因素;而植物叶片是植物对环境变化最敏感的器官之一,通过叶片的解剖结构观察能够直接了解叶片对环境的适应性。盐肤木属植物不仅是岩溶地区常见的植物,而且还具有一定的药用价值和经济价值。因此,探讨盐肤木叶片对岩溶干旱的适应性特点和适

应机制,对岩溶地区的植被恢复重建和促进山区的经济发展具有重要的意义。

(2)岩溶环境条件下,盐肤木叶片主要通过加厚角质、生长表皮丛毛等保护型方式来适应岩溶干旱环境,与此同时也采取如增大栅栏组织、分泌胶体物质等其它措施,以共同应对岩溶干旱和保证自身生理活动的水分需要。

参考文献

- [1] 曹建华,袁道先,章程,等. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统[J]. 地球与环境, 2004, 32(1): 1-8.
- [2] 李涛,余龙江. 西南岩溶环境中典型植物适应机制的初步研究[J]. 地学前缘, 2006, 13(3): 180-184.
- [3] Dao-xian Yuan. On the karst ecosystem [J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(3): 336-338.
- [4] 袁道先,蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆出版社, 1988: 10-15.
- [5] 李阳兵,谢德体,魏朝富. 岩溶生态系统土壤及表生植被某些特性变异与石漠化的相关性[J]. 土壤学报, 2004, 14(2): 196-202.
- [6] 李芳兰,包维楷. 植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应与适应[J]. 植物学通报, 2005, 22(增刊): 118-127.
- [7] 张兴旺,张小平,杨开军. 珍稀植物青檀叶的解剖结构及其生态适应性特征[J]. 植物研究, 2007, 27(1): 38-42.
- [8] 邓艳,蒋忠诚,曹建华,等. 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]. 广西植物, 2004, 24(4): 317-322.
- [9] 余龙江,吴耿,李为. 西南岩溶地区黄荆和榿木叶片结构对其生态环境的响应[J]. 西北植物学报, 2007, 27(8): 1517-1523.
- [10] 赵军,崔承彬,蔡兵. 国产盐肤木属植物的研究进展,解放军药学报[J]. 2006, 22(1): 48-51.
- [11] 周政贤. 茂兰喀斯特森林科学考察集[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1987: 1-23.
- [12] 龙翠玲. 茂兰喀斯特森林林隙更新生态位的研究[J]. 山地农业生物学报, 2006, 25(4): 302-306.
- [13] 李建军,李景原,朱命炜. 3种芦荟属植物叶的表皮扫描电镜观察及芦荟素含量的测定[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1397-1401.
- [14] 李正理. 植物制片技术(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 20-100.
- [15] Wilkinson H P. The plant surface (mainly leaf). In: Metcalfe C R, Chalk L eds [M]. Anatomy of the Dicotyledons. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press. 1979. 1: 1-16.
- [16] 袁道先,朱德浩,翁金桃,等. 中国岩溶学[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 159-162.
- [17] 周智彬,李培军. 我国旱生植物的形态解剖学研究[J]. 干旱区研究, 2002, 19(1): 35-40.
- [18] 王勋陵,马骥. 从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 787-792.
- [19] 刘穆. 种子植物形态解剖学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 220.
- [20] Castrodkez P, Puyravaud J P, Corneissen J H C. Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of wide range of woody plant species and types[J]. Oecologia, 2000, 124: 476-486.

- [21] 贺金生,陈伟烈,王勋陵.高山栎叶的形态结构及其与生态环境的关系[J].植物生态学报,1994,18(3):219-227.
- [22] 李强,邓艳,余龙江.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[J].广西植物,27(2):146-151.
- [23] 李广毅,高国雄,吕悦来,等.三种灌木植物形态特征及解剖结构的对比观察[J].水土保持研究,1995,2(2):141-145.
- [24] 张燕平,郑兴峰,杨力真,等.角倍及盐肤木叶片形态构造解剖分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2001,25(6):6-10.
- [25] 石碧,狄莹.植物多酚[M].北京:科学技术出版社,2000:118-137.
- [26] 唐为萍,陈树思.沉香叶解剖结构的研究[J].广西植物,25(3):229-232.

Adaptation of *Rhus chinensis* to drought stress in karst area: Insights from anatomical structure of leaf

LIU Yan¹, ZHAO Min¹, LI Zhong-yi², JIANG Jian³

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550002, China; 2. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China; 3. Institute of Resource Biology and Biotechnology, College of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: Leaf structure of *Rhus chinensis* in karst area is studied by paraffin sectioning and electron microscope and some xerophilous structures are found in leaf under water stress. The epidermis is covered by a thick cuticle. Upper epidermis cell is composite by a dense cuticular layer. Lower epidermis is covered by epicuticle hairs and the sunken stoma existed in lower epidermis. The palisade tissue is rich and the spongy parenchyma is loose. The ratio of the palisade tissue to the spongy parenchyma is about 4:1. Some mesophyll cells contained colloidal crystal material. Sclerenchyma in leaf vein is quite developed. Out of the xylem, there is lot of fiber and the tannin crystal distributes around the air cavity. It is then concluded that *Rhus chinensis* adapts to the karst drought environment with protection type.

Key words: *Rhus chinensis*; anatomical structure; adaptability to environment; drought; karst area

新书介绍

根据国土资源部、广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室学术委员会第二届委员会第四次学术委员会的建议,经过重点实验室全体成员和相关客座研究人员及同行的努力,纪念岩溶动力学重点实验室成立10周年图册《岩溶动力学的理论与实践》(袁道先、曹建华主编),已于2008年6月由科学出版社出版发行。

本图册强调尊重历史,知识性与可读性相结合,将岩溶动力学理论发生、发展、完善、应用与重点实验室的成长有机地结合,以大量珍贵的照片、成果的图件为主,辅以文字说明。全书共分五个章节:历史的回

顾、岩溶动力学理论概述、岩溶动力学重点实验室建设与人才培养、岩溶动力学研究的重要成果及经济社会公益服务、国际地质对比计划与国际岩溶研究中心。

本图册以照片、图件、表格为主,文字简明扼要,适合地学、生态学及实验室管理等方面的科研人员、管理人员阅读、参考。

本图册为硬壳精装大16开本,约60万字,封面及版式设计由北京美光制版有限公司承担。有需要者,可直接与科学出版社联系或与本书作者咨询。联系电话:010-64000246;咨询电话:0773-5837840。

(国土资源部、广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室 供稿)