

五种海桑属红树植物叶片的结构及其生态适应

吴 钊, 周 畅, 刘敏超, 刘素青*

(广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088)

摘 要: 对海桑属五种红树植物的叶片进行解剖学的观察和研究。结果表明:海桑属红树植物的叶片上、下均有栅栏组织,栅栏组织与叶片厚的比值在 0.3375~0.4349 之间,属等面叶;表皮的角质膜厚 1.88~7.63 μm ; 输导组织发达;多数种类的栅栏组织中有分泌腔,而海绵组织中有单宁异细胞分布。说明了海桑属红树植物叶片的结构具有很强的耐旱及抗腐蚀能力。

关键词: 海桑属; 叶片; 解剖结构; 生态适应

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)04-0484-04

Leaf structure and its ecological adaptability in five species of *Sonneratia*

WU Tian, ZHOU Chang, LIU Min-Chao, LIU Su-Qing*

(Agricultural College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: The anatomical leaf structures of five *Sonneratia* mangrove species were observed. The results showed that *Sonneratia* mangrove had isobilateral leaves with palisade tissue in uppermost and lowermost. The ratio of palisade tissue and the whole leaf thickness was 0.3375—0.4349. *Sonneratia* mangrove had juvenile leaves with the epidermal horny membranes in the thickness of 1.88—7.63 μm . The cuticular membrane on epidermis was thickened and conducting tissue was developed. There are secretory cavities in the palisade tissue and tanniferous idioblast in the spongy tissue in the leaves of most species. The results indicated that leaf structures of *Sonneratia* mangrove had good drought and corrosion tolerance.

Key words: *Sonneratia*; leaf; anatomical structures; ecological adaptability

红树林是自然分布于热带与亚热带潮间带的木本植物群落的总称,是海滩上特有的森林类型。红树林生态系统处于海洋与陆地的动态交界面,周期性遭到海水浸淹的潮间带环境,使其在结构与功能上既不同于陆地的生态系统也不同于海洋生态系统的特性,因而作为独特的海陆边缘生态系统在自然生态平衡中起着特殊的作用(林鹏,1997)。

海桑属(*Sonneratia*)植物属于海桑科(Sonneratiaceae),是组成红树林的主要树种,分布于非洲东部热带海岸和邻近岛屿,亚洲东南部至澳大利亚北

部,在我国主要分布于海南岛的海岸泥滩上(陈封怀,1987)。近年来广东各地沿海较大规模地引种无瓣海桑,颇有经济价值。对海桑属红树植物的研究,国内外已取得很多重要成果。前人的研究主要集中在对其群落结构(王旭等,2008)、空间结构(梁士楚等,2005)、遗传多样性(李海生等,2005,2004a,2004b)、人工群落的物种多样性(陈玉军等,2004)、单宁含量和结构(张慧等,2008)、次生木质部(林鹏,2000)、木材的解剖特性(邓传远等,2000)等方面;而对海桑属红树植物叶片的研究则较为少见,陈泽濂

收稿日期: 2009-03-23 修回日期: 2009-10-29

基金项目: 国家自然科学基金(30771724); 广东省自然科学基金(8152408801000007)[Supported by the National Natural Science Foundation of China (30771724); Natural Science Foundation of Guangdong Province(8152408801000007)]

作者简介: 吴钊(1963-),女,广东潮州市人,硕士,副教授,主要从事植物学的教学与研究工作,(E-mail) wutian702@yahoo.com.cn.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: liusuqing2001@yahoo.com.cn)

(1996)对国产海桑属植物的形态解剖特征进行了报道,但并未对其数量性状及生态适应方面进行探讨。由于植物演化适应不同的生境,产生出各种不同的结构特征,在用来分辨这些不同生境上的植物特征中以叶的结构最为明显(K. 伊稍,1973)。因此常以叶的形态构造特征作为各种环境条件的指示特征(刘穆,2004)。本文对生长于海岸泥滩特殊生境中的海桑(*Sonneratia caseolaris*)、无瓣海桑(*S. apetala*)、卵叶海桑(*S. ovata*)、拟海桑(*S. caseolaroides*)、杯萼海桑(*S. alba*)等五种海桑属红树植物叶片的结构进行比较解剖学研究,并对其结构的数

量性状和生态适应性进行分析,旨在为这五种红树植物的分类、保护、引种和利用提供相关的理论依据。

1 材料与方 法

所用材料均采自海南岛东寨港红树林自然保护区。选取生长旺盛的枝条上发育正常且无病害的成熟叶片。从叶片中部过中脉切取 10 mm×5 mm 的材料,用 FAA 固定液固定,采用常规的石蜡切片法制片,切片度厚 12 μm,以番红—固绿对染,中性树脂胶封片,在 Nikon ys100 光学显微镜下仔细观察、测

表 1 五种海桑属植物叶片解剖结构量化结果(μm)

Table 1 Result of quantifying the leaf anatomical structures of the five *Sonneratia* mangrove species

种类 Species	叶片厚 Leaf thickness	上角质 膜厚 Upper horny membrane thickness	下角质 膜厚 Lower horny membrane thickness	上表皮厚 Upper epidermis thickness	下表皮厚 Lower epidermis thickness	上栅栏 组织厚 Upper palisade tissue thickness	下栅栏 组织厚 Lower palisade tissue thickness	海绵组 织厚 Spongy tissue thickness	栅栏组织 厚/叶厚 Palisade tissue thickness /leaf thickness	海绵组织 厚/叶厚 Spongy tissue thickness /leaf thickness
杯萼海桑 <i>S. alba</i>	545.71± 34.09	5.36± 1.43	5.54± 1.59	11.15± 1.76	11.76± 2.25	117.60± 12.31	83.59± 23.71	316.62± 34.81	0.3667± 0.0434	0.5697± 0.0326
海桑 <i>S. caseolaris</i>	430.00± 59.41	3.50± 0.82	1.88± 1.00	8.66± 2.12	9.49± 1.50	93.05± 6.24	71.83± 7.25	212.21± 47.56	0.3939± 0.0295	0.5191± 0.0433
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	587.50± 49.60	7.63± 1.65	7.35± 1.00	21.98± 3.95	17.20± 2.26	130.47± 11.80	109.97± 10.55	303.01± 33.34	0.4349± 0.0148	0.5413± 0.0113
拟海桑 <i>S. pa- racaseolaris</i>	450.71± 24.81	5.65± 1.42	4.70± 0.82	15.63± 4.01	11.93± 1.37	102.03± 9.12	87.44± 12.68	205.46± 34.80	0.4287± 0.0294	0.4804± 0.0555
卵叶海桑 <i>S. ovata</i>	575.00± 56.73	5.69± 1.01	5.09± 0.65	18.86± 1.54	21.85± 2.22	98.98± 19.20	99.26± 12.80	303.60± 52.03	0.3375± 0.0316	0.5802± 0.0137

量并拍照记录。

2 结果与分析

海桑属五种红树植物的叶片均为等面叶,解剖结构均呈现明显的旱生植物叶片的结构特征。五种海桑属植物叶片解剖结构量化结果见表 1。

2.1 表皮的解剖结构特征

五种红树植物的叶片表皮均为单层生活细胞,排列紧密;上、下表皮均有气孔分布,气孔器除两个稍向内凹陷的保卫细胞外,在保卫细胞的外侧还有两个副卫细胞。杯萼海桑、拟海桑和无瓣海桑的上表皮细胞中有呈结晶状的颗粒物(图版 I:1),这可能是细胞中多余的钙与代谢过程中所产生的草酸形成的草酸钙晶体;晶体的形成可避免对细胞产生毒害,草酸钙晶体的形状对于植物的鉴定也有一定的价值(刘穆,2004)。上、下表皮细胞均有明显的角质膜覆盖(角质膜厚 1.88~7.63 μm),以无瓣海桑的

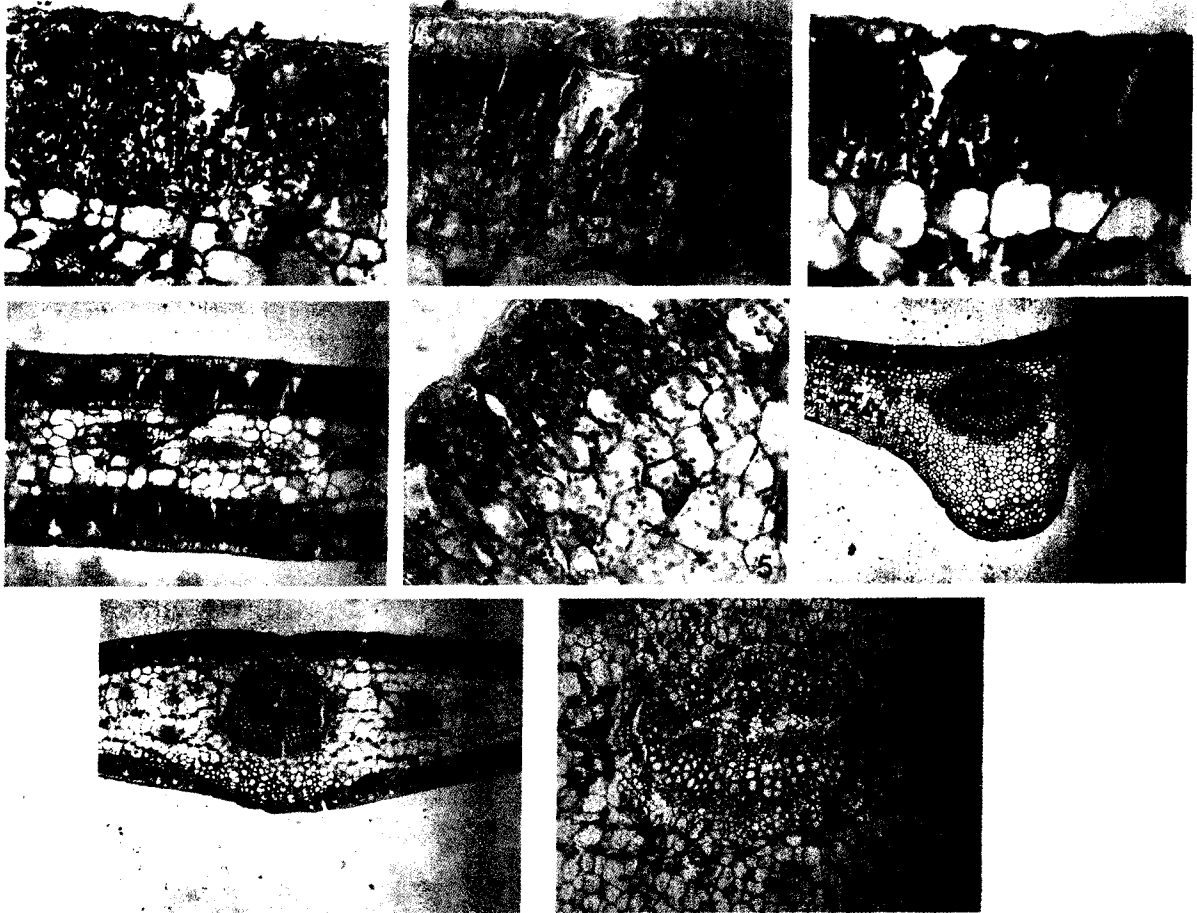
上表皮的角质膜最厚(图版 I:2),卵叶海桑、拟海桑和杯萼海桑次之,海桑的下表皮角质膜最薄(图版 I:3)。从表 1 看出,上表皮的角质膜普遍比下表皮的略厚,这是由于上表面受光相对较强的缘故。角质膜可使植物体表不易浸湿,防止病菌孢子的附着及萌发;减少水分蒸腾;对光线有反射作用而可避免强光的灼伤(强胜,2006)。厚的角质膜对于生长在海岸潮间带,长期处于强光照条件及海水浸泡环境的红树植物是很好的适应。

2.2 叶肉的解剖结构特征

五种红树植物的叶肉上、下两面都有多层栅栏组织分布,均为等面叶,这是一种很强的旱生结构特征(K. 伊稍,1973)。栅栏组织与叶片厚的比值在 0.3375~0.4349 之间,以无瓣海桑的最大,拟海桑和海桑次之,杯萼海桑和卵叶海桑的相对较小。无瓣海桑的上、下两面的栅栏组织细胞形态及层数较为相似(图版 I:4),而其它 4 种海桑均表现为靠上表皮的栅栏组织比较典型,细胞呈长柱形,细胞间隙

极小,细胞中的叶绿体多;靠下表皮的栅栏组织细胞近等径,叶绿体相对较少;拟海桑靠下表皮的栅栏组织排列不甚规则,其余4种海桑的栅栏组织均排列整齐(图版I:5),这与陈泽濂(1996)的研究略有不同。

无瓣海桑、拟海桑、卵叶海桑和杯萼海桑的栅栏组织中均有分泌腔分布,以无瓣海桑的最多(图版I:4),这些分泌腔的存在与海桑属红树植物的泌盐作用是否有关,有待进一步的研究;而海桑的叶片中



图版 I 1. 拟海桑叶片 6×40, 示气孔器及含晶体的表皮细胞; 2. 无瓣海桑叶片 6×40, 示表皮上角质膜; 3. 海桑叶片 6×40, 示表皮上角质膜; 4. 无瓣海桑叶片 6×10, 示分泌腔; 5. 杯萼海桑叶片 6×40, 示海绵组织的叶绿体; 6. 卵叶海桑中脉 6×4; 7. 无瓣海桑中脉 6×4; 8. 海桑的中脉维管组织 6×10, 示双韧维管束环。

Plate I 1. Leaf of *Sonneratia paracuseolaris* 6×40, showing stomatal apparatus and crystalliferous epidermal cell; 2. Leaf of *S. apetala* 6×40, showing cuticular membrane on epidermis; 3. Leaf of *S. caseolaris* 6×40, showing cuticular membrane on epidermis; 4. Leaf of *S. apetala* 6×10, showing secretory cavity; 5. Leaf of *S. alba* 6×40, showing chloroplast in spongy tissue; 6. Midrib of *S. ovata* 6×4; 7. Midrib of *S. apetala* 6×4; 8. Vascular tissue of *S. caseolaris* in the midrib 6×10, showing the girdle surrounded by bicollateral bundles.

未见明显的分泌腔;在上、下栅栏组织之间是海绵组织,其细胞也呈近等径的形态;与一般植物的海绵组织相比,细胞间隙不明显。卵叶海桑和杯萼海桑的海绵组织细胞中有少量的叶绿体(图版I:5);而海桑、无瓣海桑、拟海桑的海绵组织中不含叶绿体,我们认为,这些海绵组织薄壁细胞的主要作用应为贮藏水分,这是其长期生活于海水中,对生理性干旱的一种适应。在海桑、无瓣海桑、卵叶海桑、拟海桑的海绵组织和

中脉的薄壁组织间,可见一些被染成红褐色的细胞(图版I:1,3-4);由于在薄壁细胞中普遍都有单宁存在,单宁可氧化成在显微镜下容易看到的褐色或红褐色的鞣酐(K. 伊稍,1973),因此把这些呈红褐色的细胞称为单宁异细胞。海桑、无瓣海桑的单宁异细胞最多,卵叶海桑次之,拟海桑的最少,而杯萼海桑中未见单宁异细胞。单宁具有保护植物、抗水解、抗腐烂和防止动物危害的作用(胡宝忠等,2002),是红树植物对环境的一种适应,它跟红树植物的抗腐蚀具密切的关系(林鹏,1984)。叶肉中单宁异细胞的存在,对于浸没于海水中的红树植物的生存具有良好的保护作用。在植物分类学上,

单宁的有无,是一个可供参考的特征(胡宝忠等, 2002)。

2.3 叶脉的解剖结构特征

叶脉向背面呈不同程度凸起,卵叶海桑凸起最为明显(图版 I:6),而无瓣海桑凸起最少(图版 I:7)。除无瓣海桑叶脉的上表皮内方有 5~6 层的厚壁组织外,其余种类的叶脉上表皮内方均为与叶肉相连的栅栏组织,这种结构对于其更好利用光能进行光合作用应该是有利的;而下表皮的内方均有 4~6 层厚壁组织(图版 I:7)。叶脉的中间是由双韧维管束围成的扁圆形的维管束环(图版 I:8),不同种类的维管束环在形状上略有不同,环的中间有少量由薄壁细胞组成的髓;在靠外方的韧皮部和木质部之间有少量的形成层;木质部和韧皮部均非常发达。

3 结论

从研究结果看出,五种海桑属红树植物的叶片都呈现旱生植物叶片的解剖结构特征:表皮的角质层厚;叶肉的上、下方都有栅栏组织分化,均为等面叶;叶脉维管束呈环状排列,为双韧维管束,输导组织非常发达;这些特征与其生活于热带海岸潮间带,土壤盐渍化,叶片又常浸没于海水之中,处于生理性干旱的特殊生长环境是相适应的。除杯萼海桑外,其余 4 种海桑叶肉的海绵组织中都有单宁异细胞分布。单宁对红树植物的抗腐蚀、抗污染具有重要的意义。

同属的植物在解剖结构上有着相似的特征,这可作为分类学的依据。本研究的这五种海桑属植物中,无瓣海桑的叶厚、表皮及覆盖于表皮上角质膜均相对较厚,上、下栅栏组织排列规则,叶肉中有较多的分泌腔和单宁异细胞分布,这些特征都表明无瓣海桑在海桑属的这几种红树植物中最适于海岸潮间带的生长环境,这一结果与近年无瓣海桑在广东沿海地区的引种表现是相吻合的。

参考文献:

陈封怀. 1987. 广东植物志(第 1 卷)[M]. 广东:广东科技出版社:92-93
 胡宝忠,胡宝宣. 2002. 植物学[M]. 北京:中国农业出版社:38
 林鹏. 1997. 中国红树林生态系[M]. 北京:科学出版社:1-8
 林鹏. 1984. 红树林[M]. 北京:海洋出版社:26-34

刘穆. 2004. 种子植物形态解剖学导论(第 2 版)[M]. 北京:科学出版社:34,255
 强胜. 2006. 植物学[M]. 北京:高等植物出版社:64
 K. 伊稍著,李正理译. 1973. 种子植物解剖学[M]. 上海:上海人民出版社:158,268-274
 Chen YJ(陈玉军),Liao BW(廖宝文),Zheng SF(郑松发), et al. 2004. Dynamics and species-diversities of artificial *Sonneratia apetala*, *Sonneratia caseolaris* and *Kandelia candel* communities (无瓣海桑、海桑、秋茄红树人工林群落动态及物种多样性研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),15(6):924-928
 Chen ZL(陈泽谦). 1996. The morphology and anatomy of *Sonneratia* in China(国产海桑属植物的形态解剖)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报),4(2):18-24
 Deng CY(邓传远),Lin QX(林清贤),Lin P(林鹏), et al. 2000. Wood anatomy characteristics of 6 mangrove species of *Sonneratia* and their application(海桑属 6 种红树植物的木材解剖特性及其应用)[J]. *J Fujian Fore Sci Tech*(福建林业科技),27(3):1-5
 Li HS(李海生),Chen GZ(陈桂珠),Shi SH(施苏华). 2004. Genetic diversity of *Sonneratia hainanensis* (Sonneratiaceae) detected by Inter-simple Sequence Repeats (ISSR) analysis(海南海桑遗传多样性的 ISSR 研究)[J]. *Acta Univ Sunyatseni; Sci Nat* (中山大学学报·自然科学版),43(2):67-71
 Li HS(李海生),Chen GZ(陈桂珠). 2004. Genetic diversity of mangrove plant *Sonneratia caseolaris* in Hainan Island based on ISSR analysis(海南岛红树植物海桑遗传多样性的 ISSR 分析)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报),24(8):1657-1663
 Li HS(李海生),Chen GZ(陈桂珠). 2005. Genetic diversity of introduced populations of *Sonneratia apetala* based on inter-simple sequence repeat analysis(无瓣海桑引种群遗传多样性的 ISSR 分析)[J]. *J Trop Oceanography*(热带海洋学报),24(4):7-13
 Liang SC(梁士楚),Liang MZ(梁铭忠),Wu YL(吴苑玲), et al. 2005. Analysis of the spatial structure of natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen(深圳福田海桑+无瓣海桑自然林的空间结构分析)[J]. *Guihaia*(广西植物),25(5):393-398
 Lin P(林鹏),Lin YM(林益明),Lin JH(林健辉). 2000. The ecological secondary xylem anatomy of the mangrove *Aegiceras comiculatum* and *Sonneratia caseolaris* (桐花树和海桑次生木质部的生态解剖)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学),36(2):125-128
 Wang X(王旭),Ma ZY(马宗耀),Yang H(杨怀), et al. 2008. Structural features of artificial *Sonneratia apetala*—*S. caseolaris* community at Dongzhagang Harbor, Hainan Island(海南东寨港无瓣海桑—海桑人工红树群落结构特征)[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报),29(3):374-379
 Zhang H(张慧),Liu XW(刘晓伟),Li M(李敏), et al. 2008. Tannin contents in the different parts of alien mangrove species *Sonneratia apetala* and leaf tannin structure(无瓣海桑不同部位单宁含量及叶片单宁的结构分析)[J]. *J Xiamen Univ; (Nat Sci)*(厦门大学学报·自然科学版),47(Suppl. 2):186-191