

# 榄李属红树植物叶片结构及其生态适应

李元跃<sup>1, 2, 3, 4</sup>, 潘文<sup>5</sup>, 黎中宝<sup>1, 2, 3</sup>, 林鹏<sup>4</sup>

(1. 集美大学 水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省 高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 福建 厦门 361021; 3. 集美大学 水产生物技术研究所, 福建 厦门 361021; 4. 厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005; 5. 集美大学 生物工程学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 研究了采自海南东寨港(19°54'N, 110°20'E)榄李属的红榄李(*Lumintzera littorea*)和榄李(*Lumintzera racemosa*)的叶片结构及其生态学意义。榄李属红树植物的叶片解剖结构特征基本相同, 都具有适应海滩环境的结构——叶片为完全等面叶, 没有内皮层结构, 海绵组织特化为贮水组织等; 叶的解剖结构差异可能是榄李属红树植物生态隔离现象的原因, 其结构差异可为种间鉴定提供依据。

**关键词:** 榄李属; 叶片结构; 红树植物; 解剖; 适应

中图分类号: Q944.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)07-0072-05

红树林是生长在热带和亚热带海滩的木本植物群落, 通常生长在港湾河口地区的淤泥质滩涂上, 是滨海湿地特有的森林类型。红树林生态系统处于海洋与陆地的动态交界面, 周期性遭受海水浸淹的潮间带环境, 使其结构和功能上具有既不同于陆地生态系统也不同于海洋生态系统的特性, 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。

榄李属包括红榄李(*Lumintzera littorea*)和榄李(*Lumintzera racemosa*) 2种植物, 隶属于使君子科(Combretaceae), 是生长于红树林后侧的真红树植物<sup>[1, 2]</sup>。榄李属的2种植物红榄李和榄李在中国已不多, 尤其是红榄李的植株数在中国只剩下360约株<sup>[3]</sup>。由于其分布窄且相对较少, 国内外对其的研究报道尚未引起重视, 仅限于一般的生物学、生态学描述<sup>[1, 2, 4]</sup>和木材解剖结构的研究<sup>[5]</sup>。本研究对榄李属两种红树植物叶的解剖结构做比较系统的研究, 旨在为引种栽培提供解剖学的结构依据, 对认识和保护榄李属植物具有一定的指导意义, 同时也为红树植物的起源、进化、系统分类提供必要的参考资料。

## 1 材料与方 法

供试材料均采自海南省东寨港国家自然保护区(19°54'N, 110°20'E), 选取正常植株上的完整成熟叶片(顶芽下第三对叶片)10片。

剪取成熟叶片中脉两侧约5mm×5mm的小块, 用FAA固定, 系列酒精脱水, 石蜡包埋, Leica-2235

切片机切片, 厚度8~10 μm, 番红-固绿对染, 中性树胶封片, 制成永久切片, 显微测微尺测量, OLYMPUS 荧光数码显微镜和激光扫描共聚焦显微镜(MRC1024ES)观察拍片。切片经番红-固绿对染后, 部分细胞中具有被染成红褐色的小体, 因单宁细胞中的单宁化合物可氧化成褐色和红褐色的鞣酐<sup>[6]</sup>, 所以将此红褐色的小体定为单宁。每个实验数据各为15个数值的平均值。

用SPSS软件进行方差分析。

## 2 观察结果

### 2.1 榄李属红树植物叶的解剖结构特征

#### 2.1.1 红榄李

在光学显微镜和共聚焦显微镜下观察, 红榄李叶的上下表皮细胞外分布有薄的角质层, 表皮细胞较小, 表皮细胞内没有内皮层的分布, 在上下表皮细胞的内侧分布着上下栅栏组织, 栅栏组织细胞排列紧密, 染色较深, 上栅栏组织细胞3~4层, 细胞较长, 下栅栏组织细胞2~3层, 细胞较短; 海绵组织由8~14层细胞组成, 细胞排列紧密, 细胞中不含叶绿

收稿日期: 2009-06-12; 修回日期: 2009-08-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40276028); 教育部博士点基金资助项目(20030384007); 福建省科技计划重点项目(2009Y0036); 集美大学创新团队基金项目(2007A001)

作者简介: 李元跃(1968-), 男, 福建漳州人, 集美大学水产学院副教授, 博士, 主要研究方向为植物生态学, 电话: 0592-6183672, E-mail: yuanyueli@163.com

体,说明海绵组织细胞已特化为贮水细胞,从而弥补没有内皮层的结构,且海绵组织中分布着较多的维管束,这是对海生生活的适应(图1中1-1,1-2,1-3,1-4);海绵组织中分布有螺纹导管,细胞中含有晶簇(图1中1-5)。在上下表皮之间还分布着下陷的气孔,气孔下连着孔下室(图1中1-6,1-7),所以红榄李的叶属于完全等面叶。叶片很厚,有明显的肉质化。叶中脉没有明显的突起,有一维管束,呈弧状排列,导管细胞数量多(图1中1-8,1-9)。

### 2.1.2 榄李

在光学显微镜和共聚焦显微镜下观察,榄李叶的上下表皮外面分布有很薄的角质层,表皮细胞较小,表皮细胞内也没有内皮层细胞的分布,上下表皮细胞内侧分布着栅栏组织,上栅栏组织由2层细胞组成,细胞排列紧密,细胞较细长,染色较深,下栅栏组织也由2层细胞组成,细胞较短,染色较浅,

说明单宁含量较少;海绵组织由5~10层细胞组成,细胞排列紧密,细胞中不含有叶绿体,说明榄李叶的海绵组织细胞也特化为贮水细胞(图1中1-10,1-11,1-12,1-13);海绵组织中也分布着螺纹导管,细胞中含有晶簇;上下表皮细胞分布着气孔,气孔下陷,气孔下连着孔下室(图1中1-14,1-15),说明榄李的叶也属于完全等面叶。和红榄李比较,榄李的叶片较薄,叶片的肉质化程度较小;叶中脉上下表皮由于向外突起成椭圆形,叶中脉有一束维管束,呈线形排列,导管细胞不发达,细胞数量较少(图1中1-16,1-17)。

## 2.2 榄李属红树植物叶片结构的数量特征比较

榄李属2种红树植物叶片结构的各组织厚度见表1。

表1 榄李属两种红树植物叶片结构的数量特征

Tab. 1 Thickness of tissue layers in the leaves of two mangrove species of *Lumintzera*

项目	上角质层 ( $\mu\text{m}$ )	上表皮( $\mu\text{m}$ )	上栅栏组 织( $\mu\text{m}$ )	海绵组织 ( $\mu\text{m}$ )	下栅栏组 织( $\mu\text{m}$ )	下表皮 ( $\mu\text{m}$ )	下角质层 ( $\mu\text{m}$ )	叶片厚度 ( $\mu\text{m}$ )	中脉导管细 胞直径( $\mu\text{m}$ )	叶中脉厚 度( $\mu\text{m}$ )
红榄李	5.60 ± 1.35 (0.6)	14.13 ± 1.92 (1.5)	117.93 ± 9.08 (12.6)	710.88 ± 275.52 (76.0)	71.53 ± 17.41 (7.7)	11.87 ± 1.51 (1.3)	2.73 ± 0.80 (0.3)	934.67 ± 276.47	14.00 ± 6.27	1756.67 ± 131.02
	3.00 ± 0.76 (0.6)	16.67 ± 3.04 (3.5)	103.13 ± 11.61 (21.7)	258.93 ± 35.49 (54.6)	76.00 ± 9.05 (16.0)	14.73 ± 1.94 (3.1)	2.47 ± 0.64 (0.5)	474.93 ± 39.77	11.67 ± 4.27	718.67 ± 52.63

注:表中括号中数字指该组织的厚度占叶片总厚度的百分率

2种红树植物叶片横切面上,都具有对称的结构,都为完全等面叶,叶片厚度红榄李约为榄李的2倍,分别为934.67  $\mu\text{m}$ 和474.93  $\mu\text{m}$ ,2种植物叶片厚度的差异主要由海绵组织的厚度决定。

2种植物的叶中脉厚度差异很大,红榄李为1756.67  $\mu\text{m}$ ,榄李为718.6  $\mu\text{m}$ ,差异的原因与2种植物的生境和竞争能力有关。

通过方差分析,红榄李和榄李两种红树植物叶片结构的数量特征除下栅栏组织、下角质层和中脉导管细胞直径数量特征没有显著变化( $P > 0.05$ )外,而上角质层、上表皮、上栅栏组织、海绵组织、下表皮、叶中脉厚度等的数量特征都有极显著差异( $P < 0.001$ ),因此可以作为红榄李和榄李两种红树植物分类的鉴定特征。

## 3 讨论

红树植物通常分布于热带亚热带海岸潮间带,土壤盐渍化,通气不良,富有机质的淤泥海滩,受着

潮汐的影响。为适应特殊的生境,红树植物的营养器官显示出与陆生植物不同的形态、结构和功能。

### 3.1 榄李属红树植物的叶片解剖结构中具有适应海生生活的特征

对榄李属的2种红树植物红榄李和榄李的叶片解剖结构特征和数量特征研究可以看出,榄李属红树植物的叶片解剖结构具有与海生生活相适应的特征,主要体现在叶片为完全等面叶、海绵组织特化为贮水组织等,与李元跃和林鹏<sup>[7,8]</sup>已经研究的秋茄、桐花树、白骨壤、木榄和红海榄等其他红树植物的叶片解剖结构相比较,红榄李和榄李的叶片解剖结构特征中没有出现内皮层的结构,但其海绵组织都特化为贮水组织,替代了内皮层的功能。红树植物叶片结构中贮水组织的出现,对于红树植物的蒸腾作用和调节水分平衡的功能具有重要意义<sup>[9,10]</sup>,也对红树植物适应海滩环境具有重要的意义。

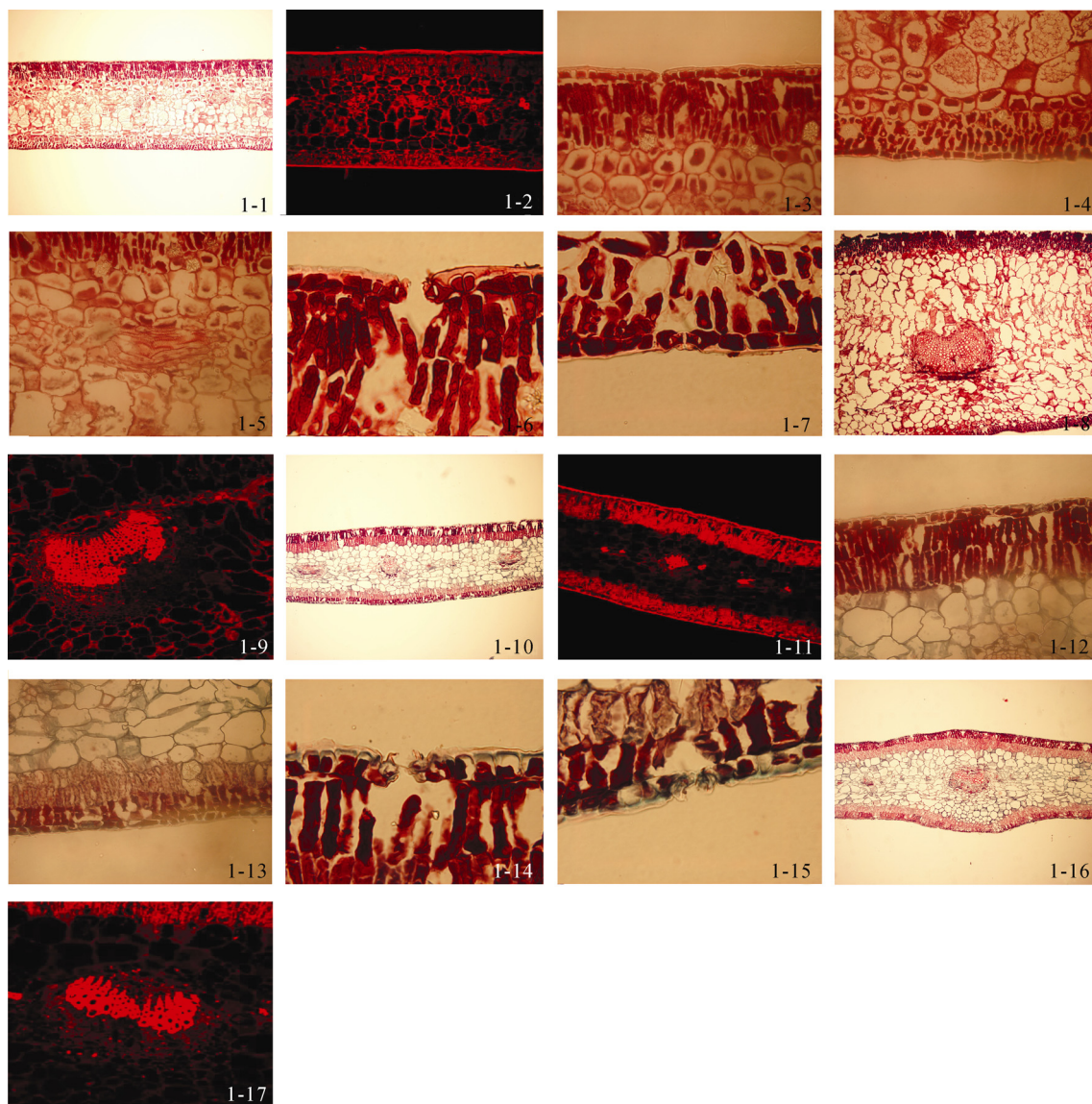


图 1 红榄李和榄李叶片结构示意图

Fig. 1 Sketch map of leaf structure of *L. littorea* and *L. racemosa*

1-1.红榄李叶片横切面(100×); 1-2.红榄李叶片横切面(100×;共); 1-3.红榄李叶的上角质层、上表皮、上栅栏组织和海绵组织(400×); 1-4.红榄李叶的下角质层、下表皮、下栅栏组织和海绵组织(400×); 1-5.红榄李叶的螺旋导管和晶体(400×); 1-6.红榄李叶的上表皮气孔(1000×); 1-7.红榄李叶的下表皮气孔(1000×); 1-8.红榄李叶中脉横切面(100×); 1-9. 红榄李叶中脉维管束(100×; 共); 1-10. 榄李叶片横切面(100×); 1-11. 榄李叶片横切面(100×; 共); 1-12. 榄李叶的上角质层、上表皮、上栅栏组织和海绵组织(400×); 1-13. 榄李叶的下角质层、下表皮、下栅栏组织和海绵组织(400×); 1-14. 榄李叶的上表皮气孔(1000×); 1-15. 榄李叶的下表皮气孔(1000×); 1-16. 海南东寨港榄李叶中脉横切面(100×); 1-17. 海南东寨港榄李叶中脉维管束(238×; 共) 共: 共聚焦显微镜

1-1. Transverse section of leaf of *L. littorea* (100×); 1-2. Transverse section of leaf of *L. littorea* (100×, L.); 1-3. Upper cuticle, epidermis, palisade tissue and spongy tissue of leaf of *L. littorea* (400×); 1-4. Lower cuticle, epidermis, palisade tissue and spongy tissue of leaf of *L. littorea* (400×); 1-5. Spiral vessel and druse of leaf of *L. littorea* (400×); 1-6. Stomata in upper epidermis of leaf of *L. littorea* (1000×); 1-7. Stomata in lower epidermis of leaf of *L. littorea* (1000×); 1-8. Vascular in midrib of leaf of *L. littorea* (100×); 1-9. Vascular in midrib of leaf of *L. littorea* (100×, L.); 1-10. Transverse section of leaf of *L. racemosa* (100×); 1-11. Transverse section of leaf of *L. racemosa* (100×, L.); 1-12. Upper cuticle, epidermis, palisade tissue and spongy tissue of leaf of *L. racemosa* (400×); 1-13. Lower cuticle, epidermis, palisade tissue and spongy tissue of leaf of *L. racemosa* (400×); 1-14. Stomata in upper epidermis of leaf of *L. racemosa* (1000×); 1-15. Stomata in lower epidermis of leaf of *L. racemosa* (1000×); 1-16. Vascular in midrib of leaf of *L. racemosa* (100×); 1-17. Vascular in midrib of leaf of *L. racemosa* (238×, L.) L.:laser scanning confocal microscopy

### 3.2 叶的解剖结构差异可能是榄李属植物生态隔离现象的原因

不同的学者<sup>[11,12]</sup>曾注意到榄李属植物独特的生

态隔离现象,即:榄李和红榄李各自占据不同的生态位置,两者从不混合生长。Tomlinson<sup>[12]</sup>同时指出:红榄李更适合生长在盐分低、排水性能好的生境中,

而榄李则抗盐性比红榄李强，常在裸露的沼泽盐地边缘与白骨壤或角果木伴生。

对红榄李和榄李叶的解剖结构研究结果表明：生境条件较为相似的情况下，榄李叶中脉导管细胞内径更窄，叶肉组织中的输导系统密度更高，这种叶片解剖结构特征使榄李具更强的抗盐性，提高吸水功能。因为窄的导管内径有助于水分疏导的安全性，而高的输导系统密度有助于弥补部分因导管直径减小而导致输导效率的降低。但总体来说，榄李高抗盐性的获得是以牺牲水分输导的有效性为代价的。而红榄李具有比榄李更显著更宽的导管，使它的输导率增大，这在竞争中更容易获得生长所必需的营养物质。这种研究结果和邓传远<sup>[13]</sup>在研究榄李属红树植物的木材结构时的结论是一致的。因而，在生境条件较为优越的时候，红榄李容易在竞争中取得优势，而把榄李排挤掉。然而，在盐度较高的生境中，则红榄李的导管易散失功能而无法生存，榄李因导管结构有利于水分输导的安全性而容易存活下来。目前海南红榄李残余不多，与其抗盐竞争较差有关，目前，红榄李是一级保护的濒危植物，必须选择优良环境和低盐地段加以繁殖和发展。

### 3.3 榄李属红树植物叶的解剖结构特征应用于种的鉴定

海绵组织的厚度和细胞层数、中脉维管束的排列和导管细胞数量、大小可以作为榄李属红树植物种的鉴定特征，简略的种的鉴定表如下：

1. 海绵组织厚(710.88  $\mu\text{m}$ )，由 8~14 层细胞组成，中脉维管束呈弧形，导管细胞数量多，内径大(14.00  $\mu\text{m}$ ).....红榄李
2. 海绵组织相对薄(258.93  $\mu\text{m}$ )，由 5~10 层细胞组成，中脉维管束呈线形，导管细胞数量较少，内径小(11.67  $\mu\text{m}$ ).....榄李

参考文献：

- [1] 林鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京：科学出版社，1997.
- [2] Tomlinson P B. The Botany of Mangroves[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 127-129.
- [3] 范航清, 陈利洪. 中国濒危红树植物红榄李的种群数量及其分布[J]. 广西科学, 2006, 13(3): 226-227.
- [4] Cole T G, Ewel K C, Devoe N N. Structure of mangrove trees and forests in Micronisia[J]. *Forest Ecology and Management*, 1999, 117(1-3): 95-109.
- [5] 邓传远, 林清贤, 林鹏, 等. 海桑属 6 种红树植物的木材解剖特性及其应用[J]. 福建林业科技, 2000, 27(3): 1-5.
- [6] 伊稍 K. 种子植物解剖学[M]. 李正理, 译. 上海：上海人民出版社, 1973. 158.
- [7] 李元跃, 林鹏. 3 种红树植物叶片结构及其生态适应[J]. 海洋科学, 2006, 30(7): 53-57.
- [8] 李元跃, 林鹏. 三种红树植物叶片的比较解剖学研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2006, 14(4): 301-306.
- [9] Walsh G E. Mangroves: A Review[A]. In Ecology of Halophytes[C]. Reimold R J, Queen W H. New York: Acad Press, 1974. 51-74.
- [10] Waisel Y. Biology of Halophytes[M]. New York: Acad Press, 1972. 16-28.
- [11] Exell A W. Combretaceae[J]. *Flora Malesiana*, Series 1, 1954, 4: 553-589.
- [12] Tomlinson P B, Bunt J S, Primack R B, et al. *Lumnitzera rosea*(Combretaceae)-its status and floral morphology[J]. *J Arnold Arbor*, 1978, 59: 342-351.
- [13] 邓传远. 几种红树植物的木材解剖学研究[D]. 厦门：厦门大学, 2001, 73-85.

## Leaf structure and its ecological adaptability of mangroves of *Lumintzera*

LI Yuan-yue<sup>1,2,3,4</sup>, PAN Wen<sup>5</sup>, LI Zhong-bao<sup>1,2,3</sup>, LIN Peng<sup>4</sup>

(1. Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety, Xiamen 361021, China; 3. Institute of Aquaculture Biotechnology, Jimei University, Xiamen 361021, China; 4. School of Life Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 5. Bioengineering College of Jimei University, Xiamen 361021, China)

Received: Jun., 12, 2009

Key words: *Lumintzera*; leaf structure; mangrove plant; anatomy; adapt

**Abstract:** The anatomy of the leaves and its ecological adaptation of two species of *Lumintzera*: *L. littorea* and *L. racemosa* were studied. They are collected from Dongzhai harbor of Hainan (19°54'N, 110°20'E). The leaf characters of mangrove of *Lumintzera* are associated with those of xerophytes. The common features of structure of leaves of *Lumintzera* species are isobilateral leaf, no structure of hypodermis and spongy mesophyll specified as tissue of water storing. More leaf anatomical evidences were provided to explain why *L. littorea* and *L. racemosa* occupy different ecological sites. According to features of anatomy of leaves, a tentative new leaf anatomical key to 2 species of *Lumintzera* studied is present for the first time.

(本文编辑: 张培新)

(上接第 58 页)

## Characteristics of spatial variability of sediment grain size in the Haizhou Bay

LIU Fu-cheng<sup>1</sup>, ZHANG Cun-yong<sup>1</sup>, PENG Jun<sup>2</sup>

(1. Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222001, China; 2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Received: Jan., 5, 2009

Key words: sediment; spatial variability; geostatistics; the Haizhou Bay

**Abstract:** A total of 60 surficial sediment samples were collected in the Haizhou Bay in 2005, and the percentage of different sediment grain size components for each sample was also obtained through laboratory analysis. A geostatistics method, combined with Geographic Information System (GIS), was used to analyze spatial variabilities of the three sediment components (sand, silt and clay). The spatial variability of the different sediment components was apparent in isotropy within the maximum lag extent of 9 km, beyond which their anisotropy was increasing, especially between the perpendicular directions of NE40° and SE130°. The isotropic semivariograms showed that the ratios of nugget to sill for sand and clay were about 0.255 and 0.195, respectively, with the ranges of autocorrelation extending to about 15 km and 28 km, respectively, indicating that they had a relatively high strong autocorrelation. In comparison, silt had a middle strong autocorrelation with its ratio of nugget to sill and range being about 0.403 and 12 km, respectively. The maps of the three sediment components interpolated through block Kriging based on the fitted theoretical models depicted that the general sediment composition situation in the Haizhou Bay was clayey in the south, sandy in the north, and silty in the middle.

(本文编辑: 刘珊珊)