

3 种红树植物叶片结构及其生态适应

李元跃^{1,2}, 林鹏^{1,2}

(1.厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005; 2.厦门大学 湿地与生态工程研究中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 研究了采自福建九龙江口龙海市浮宫镇草埔头村 (24° 29' N, 117° 55' E) 的 3 种红树植物——桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)、白骨壤 (*Avicennia marina*) 和秋茄 (*Kandelia candel*) 的叶片结构及其生态学意义。这 3 种红树植物叶片结构中, 都具有适应海滩环境结构——较厚的角质层, 表皮之内有内皮层, 内皮层是贮水组织的一种。3 种红树植物的叶片结构表明, 秋茄具等面叶, 桐花树和白骨壤是异面叶。从 3 种红树植物叶片横切面的染色状况可判断, 3 种红树植物的单宁含量, 秋茄最高, 桐花树第二, 白骨壤最少。

关键词: 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 (2006) 07-0053-05

红树林是指热带海岸潮间带的木本植物群落。对红树林的研究具有多方面的意义, 其中最主要的是维护海岸生态平衡的特殊生态系以及林鹏^[1]提出的“三高理论”, 即高生产率、高归还率、高分解率, 红树林为热带河口海湾生态系重要的第一性生产量的贡献者, 它的生产量的形成和变化具有独特的生态学规律, 也间接影响到河口海湾水产业和渔业的正常发展。红树植物是专指生长在红树林中的木本植物, 是红树林群落中的重要物种, 因此, 红树植物的研究对于沿海海岸的防风固堤、渔业发展、湿地保护等具有重要的作用。

对红树植物的研究国内外已取得很多重要的成果。Schimper^[2]、Chapman^[3,4]和林鹏^[5-7]对红树植物的生态学、生理学和形态学都有详细的讨论; Walsh^[8]和林鹏等^[9,10]对红树植物的木材解剖也做了很好的研究。而对红树植物叶片解剖的研究则较少, Stace^[11]对红树科的 4 个种类的叶片的结构和生态做了研究, Rao 等^[12]对新加坡的 16 种红树植物的叶片结构和生态意义做了比较。在国内对红树植物叶片的解剖学及其生态学的意义的研究也不多^[13]。作者主要对中国 3 种广泛分布的红树植物——桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)、白骨壤 (*Avicennia marina*) 和秋茄 (*Kandelia candel*) 的叶片结构及

其生态学意义做了研究, 为 3 种红树植物的分类、系统进化和移栽提供一定的依据。

1 材料与方法

供试材料均采自福建九龙江口龙海市浮宫镇草埔头村 (24° 29' N, 117° 55' E), 选取正常植株上的完整成熟叶片 (顶芽下第三对叶片)。

用火棉胶溶液直接涂抹于植株上的叶片, 取其胶膜装片观察, 并用 100 目网格测微尺计算单位面积的气孔数和测量气孔的大小。

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 切片机制片, 厚度 8~10μm 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 显微镜观察拍片。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

收稿日期: 2005-01-10; 修回日期: 2005-04-10

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)

作者简介: 李元跃 (1968-), 男, 福建漳州人, 讲师, 博士生, 主要研究方向为植物生态学, 电话: 0592-2181430, E-mail: yuanyueli@163.com; 林鹏, 通信作者, E-mail: linpeng@jingxian.xmu.edu.cn

细胞中的单宁化合物可氧化成褐色和红褐色的鞣酐^[4]，所以将此红褐色的小体定为单宁。每个实验数据各为 10 个数值的平均值。

叶片面积的测量采用剪纸法计算；叶片的含水量是以烘干法求其水分占叶片鲜质量的百分比来衡量。

2 结果

2.1 3 种红树植物叶片解剖特征

(1) 桐花树具有较厚的角质层，上下表皮内都具有内皮层，上内皮层 2~4 层细胞（图 1-1），下内皮层 1~2 层细胞（图 1-2），细胞中含有大量染成紫红色的单宁，栅栏组织呈柱状排列，具有一定的细胞间隙（图 1-1），海绵组织排列无规则，具有较大的细胞空隙（图 1-2），气孔只位于下表皮（图 1-3），各层的细胞都含有单宁（图 1-4）。

(2) 白骨壤的角质层相对较薄，上表皮内具有 4~7 层的内皮层细胞（图 1-5），无下内皮层，栅栏

组织呈柱状排列，紧密而有规律，海绵组织较疏松，无规则，细胞间的空隙较大（图 1-6），下表皮的表面具有表皮毛，气孔只位于下表皮，但由于表皮毛的遮盖，观察较困难，只在栅栏组织和海绵组织中含有一定量的单宁（图 1-7）。

(3) 秋茄的角质层也较厚，上下表皮内各具有 2 层的内皮层细胞（图 1-8），第一层内皮层细胞较小，不含单宁，第二层内皮层细胞较大，含有大量的单宁，栅栏组织分化为上下栅栏组织两部分，中间是海绵组织，栅栏组织细胞排列较紧密，且上栅栏组织比下栅栏组织厚，海绵组织排列疏松，无规则，在栅栏组织和海绵组织中均含有一定量的单宁（图 1-9），气孔也只位于下表皮。

2.2 3 种红树植物叶片解剖结果比较

3 种红树植物叶片的解剖结果和数据见表 1 和表 2。

表 1 3 种红树植物叶片各组织的厚度及其占叶片总厚度的百分率

Tab.1 Thickness and percentage of tissue layers in leaves of mangrove plants

组织名称	厚度 (μm)		
	桐花树	白骨壤	秋茄
上角质层	6.70±0.56 (1.7)	4.33±0.67 (1.3)	6.87±0.46 (1.0)
上表皮	18.47±1.76 (4.9)	12.00±0.33 (3.7)	13.53±1.50 (2.0)
上内皮层	76.67±16.71 (20.3)	109.67±32.89 (33.5)	49.60±6.91 (7.4)
上栅栏组织	61.40±14.48 (16.3)	109.67±13.00 (33.5)	158.53±14.91 (23.8)
海绵组织	161.00±20.13 (42.6)	79.33±9.78 (24.1)	294.00±14.13 (44.1)
下栅栏组织	-	-	89.53±5.23 (13.5)
下内皮层	23.93±4.20 (6.5)	-	35.87±1.38 (5.4)
下表皮	23.67±2.36 (6.3)	9.33±0.67 (2.8)	14.07±1.15 (2.1)
下角质层	5.83±0.89 (1.4)	3.50±0.83 (1.1)	4.60±0.56 (0.7)
叶片	377.67 (100)	327.83 (100)	666.60 (100)

注：括号中数字指该组织的厚度占叶片总厚度的百分率

(1) 3 种红树植物叶片横切面上，都具有上内皮层，其中白骨壤最厚，有 4~7 层细胞，占叶片总厚度的 33.5%，桐花树次之，占 20.3%，秋茄最薄，占 7.4%，但桐花树和秋茄同时具有下内表皮，分别占叶片厚度的 6.5% 和 5.4%，且秋茄在下内皮层的内侧还分化出下栅栏组织，占 13.5%。因此，从 3 种红树植物的叶片横切面上看，只有秋茄具有对称的结构，为等面叶，而桐花树和白骨壤为异面叶。

(2) 3 种红树植物叶片厚度，秋茄最大，达 666.6 μm，桐花树第二，为 377.7 μm，白骨壤最小，为 327.8 μm；相应的叶片面积从大到小也依次为秋茄（24.0 cm²）、桐花树（14.9 cm²）、白骨壤（12.3 cm²）。有趣的是，3 种红树植物的叶片厚度与面积的比例非常接近，在 26 左右。

(3) 白骨壤由于叶片下表皮密布皮毛，所以在光学显微镜下比较难观察到气孔，秋茄和桐花树则较

容易观察到气孔,秋茄的气孔密度为 195.7 个/mm²,气孔面积为 617.3 μm²,桐花树的气孔密度则较大,为 305.6 个/mm²,气孔面积和秋茄差不多,为 621.6 μm²。3 种红树植物叶片的含水量比较接近,最大的是白骨壤,占鲜质量的 67.0%,其次是秋茄,为 62.8%,最低的是桐花树,为 58.3%。

(4) 3 种红树植物叶片中都含有一定量的单宁,

从叶片横切面解剖图可看出:秋茄叶片中的单宁被染成红褐色,且分布在各层细胞中,所以含量应最多(图 1-8);桐花树和白骨壤叶片中的单宁则被染成红色,且桐花树叶片中的单宁也分布在各层细胞中,含量第 2(图 1-4),而白骨壤叶片中的单宁只分布在栅栏组织和海绵组织的细胞中,含量最少(图 1-6)。

表 2 3 种红树植物叶片面积、含水量、气孔密度及气孔大小

Tab.2 Leaf area,water content,stomatal density and dimensions in the three kinds of mangrove plants

种名	叶片面积(cm ²)	含水质量分数(%)	气孔密度(个/mm ²)	气孔大小(μm)
桐花树	14.9±2.2	58.3±3.0	305.6±40.7	33.6±2.6×18.5±1.3
白骨壤	12.3±1.2	67.0±2.9	ND	ND
秋茄	24.0±5.8	62.8±3.2	195.7±32.6	36.1±3.0×17.1±1.1

注: ND 表示不能观察到

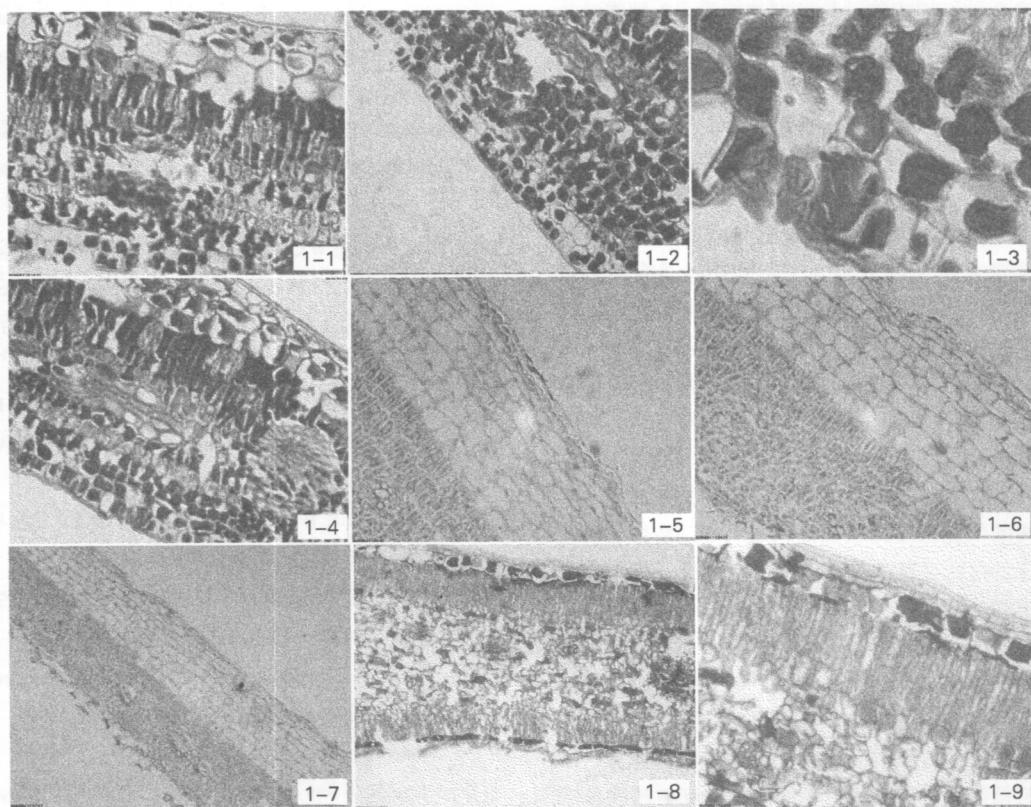


图 1 桐花树、白骨壤和秋茄叶片结构示意图

Fig.1 Sketch map of leaf structure of *A. corniculatum*, *A. marina* and *K. candel*

1-1.桐花树叶片的上表皮、上内皮层及栅栏组织; 1-2.桐花树叶片的下表皮、下内皮层及海绵组织; 1-3.桐花树叶片下表皮

的气孔; 1-4.单宁在桐花树叶片横切面各组织的分布; 1-5.白骨壤叶片的上表皮、上内皮层和栅栏组织; 1-6.白骨壤叶片的栅栏组织和海绵组织; 1-7.具表皮毛的白骨壤叶片横切面; 1-8 秋茄的叶片横切面; 1-9.秋茄叶片的上表皮、上内皮层及栅栏组织

1-1. Upper epidermis, upper hypodermis and palisade tissue of the leaf of *A.corniculatum*;1-2 .Lower epidermis, Lower hypodermis and spongy tissue of the leaf of *A.corniculatum*;1-3. Stomata in lower epidermis of the leaf of *A.corniculatum*;1-4. Distribution of tannin in each tissue of transverse sections of leaves of *A.corniculatum*;1-5. Upper epidermis, upper hypodermis and palisade tissue of the leaf of *A. marina*;1-6. Palisade tissue and spongy tissue of the leaf of *A. marina*;1-7. Trichomes in transverse sections of the leaf of *A. marina*;1-8. Transverse sections of the leaf of *K. candel*;1-9 Upper epidermis, upper hypodermis and palisade tissue of the leaf of *K. candel*

3 讨论

红树植物通常分布于热带海岸潮间带, 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、结构与功能。

(1)从 3 种红树植物叶片的解剖结构可证明, 红树植物叶片适应环境, 主要是出现了较厚的角质层、表皮毛和贮水组织等旱生结构及抗盐适应。从研究的 3 种红树植物叶片解剖结构看, 3 种类叶片结构中都出现了较厚的角质层, 在白骨壤的叶片结构中下表皮还出现了表皮毛, 这些结构都可以防止水分的过度蒸发; 另外, 从研究的 3 种红树植物叶片解剖结构看, 最明显的特征是出现了内皮层的结构, 内皮层具有贮水组织功能。在红树植物的生态生理学研究, 叶片结构中的贮水组织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^[8,15], 因此, 内皮层的结构对于红树植物适应海滩环境具有重要的意义。

(2)研究的 3 种红树植物中, 白骨壤和桐花树是泌盐植物, 秋茄是拒盐植物^[16], 而 3 种红树植物叶片的含水量白骨壤最大, 桐花树最小, 说明红树植物的叶片含水量与红树植物盐分代谢的形式无关。桐花树的气孔密度比秋茄高将近 1/3, 是否与桐花树适应低盐区蒸腾率较大有关, 有待进一步研究才能得出结论。

(3)单宁是红树植物对环境的另一适应, 它跟红树植物的抗腐蚀具密切关系^[16]。单宁对红树植物的生存、对污染的抗性和净化作用, 以及药物利用和各种工业用途方面具有极为重要的影响和意义^[17]。在红树植物叶片结构中, 不同种类的红树植物单宁分布部位是不同的, 而且单宁含量的多少具有一定的显色效应, 因此, 单宁的含量可作为判别红树植物种类的依据之一。

参考文献:

- [1] 林鹏.中国红树林生态系[M].北京: 科学出版社, 1997.1-8.
- [2] Schimper A F W. Die Indo-Malaysche strandflora[J]. **Bot Mit Trop**, 1891,3: 1-204.
- [3] Chapman V J. Mangrove Vegetation[M]. Heidelberg: Strauss & Cramer Gmbh, 1975.10-42.
- [4] Chapman V J. Wet coastal formations of Indo-Malesia and Papua New Guinea[A].Chapman V J. Ecosystems of the World 1: Wet Coastal Ecosystems[C]. Amsterdam: Elsevier, 1977. 261-270.
- [5] 林鹏.中国东南部海岸红树林的类群及其分布[J].生态学报,1981,1(3):283-290.
- [6] 林鹏,陈德海,李钨金.两种红树叶的几种酶的生理特性和海滩盐度的相关性初探[J].植物生态学与地植物学丛刊.1984,8(3):222-227.
- [7] Lin P, Wang W Q. Changes in the leaf composition, leaf mass and leaf area during leaf senescence in three species of mangroves[J]. **Ecological Engineering**. 2001,16(3): 415-424.
- [8] Walsh G E. Mangroves: A review[A]. Reimold R J, Queen W H .Ecology of Halophytes[C]. New York: Acad Press,1974.51-74.
- [9] 林鹏,林益明,林建辉.红树植物次生木质部的结构与进化[J].海洋学报,1998,20(4):108-114.
- [10] 林鹏,林益明,林建辉.桐花树和海桑次生木质部的生态解剖[J].林业科学,2000,36(2):125-128.
- [11] Stace C A. The use of epidermal characters in phylogenetic considerations[J]. **New Phytol**. 1966, 65: 304-318.
- [12] Rao A N,Tan H. Leaf Structure and its ecological significance in certain mangrove plants[A]. Soepadmo E, Rao A N. Mangrove Environment Research and Management[C]. Kuala Lumpur: Organised and Sponsored by University of Malaya and Unesco,1984.183-194.

- [13] 黄桂玲,黄庆昌, 中国红树植物的营养器官结构与生态适应 I [J].生态科学, 1989, 1 : 100-105.
- [14] 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.
- [15] Waisel Y. Biology of Halophytes[M]. New York:Acad Press, 1972.16-28.
- [16] 林鹏.红树林[M].北京:海洋出版社,1984.21-34.
- [17] Lin P, Fu Q. Environmental Ecology and Economic Utilization of Mangrove in China[M]. Beijing and Heidelberg:China Higher Education and Springer -Verlag Press, 2000.128-148.

Leaf structure and its ecological adaptability in three species of mangroves

LI Yuan-yue^{1,2}, LIN Peng^{1,2}

(1.School of Life Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China;2.Research Centre for Wetland and Ecological Engineering,Xiamen University,Xiamen 361005,China)

Received: Jan.,10,2005

Key words: leaf structure; mangroveplant; anatomy; adapt

Abstract: The anatomy of the leaves and its ecological adaptation of three species of mangrove plants——*Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina* and *Kandelia candel* were studied. They are collected from Fugong village, Longhai , Fujian (24° 29' N, 117° 55' E) .Their relatively thick cuticle and hypodermis in leaf structure of three species of mangrove plants make them adapt to the environment of foreshore, and hypodermis is aqueous tissue. *K. candel* showed isobilateral leaf structure and the remaining two species dorsiventral. It can be referred that according to the degree of stained and tannin distribution in different tissues of leaf, the tannin in *K. candel* is most, that in *A. corniculatum* is second, that in *A. marina* is least among three species of mangroves.

(本文编辑：张培新)