

无瓣海桑叶结构的研究

Study on the Leaf Structure of *Sonneratia apetala*陈健辉^{1,2}, 缪绅裕^{1,2}, 张志坤¹, 杜翠华¹, 罗 韵¹, 陈倩韵¹CHEN Jian-hui^{1,2}, MIAO Shen-yu^{1,2}, ZHANG Zhi-kun¹, DU Cui-hua¹, LUO Yun¹, CHEN Qian-yun¹

(1. 广州大学生命科学学院, 广东广州 510006; 2. 广州大学生命科学学院, 华南生物多样性保护与利用实验室, 广东广州 510006)

(1. College of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong, 510006, China; 2. Laboratory for Conserving and Utilizing Biodiversity of South China, College of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong, 510006, China)

摘要:利用石蜡切片法对无瓣海桑叶进行解剖研究。结果表明,无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)的叶为等面叶,气孔类型为4(-5)细胞轮列型;叶中脉维管束为周韧维管束,有微弱形成层,并具内生韧皮部;叶具四级侧脉,第一级侧脉为半周韧维管束,第二级、第三级、第四级侧脉为外韧维管束;盐腺先由叶的表皮细胞发育成原基,再进一步发育,其发育过程可分为表皮细胞分化期、分泌细胞形成期以及盐腺成熟期3个阶段,最终发育形成具腔室、分泌细胞和收集细胞的盐腺,盐腺分布广泛,具有明显的生态适应性。

关键词:无瓣海桑 叶 结构 叶脉 盐腺

中图法分类号:Q944 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2011)02-0169-08

Abstract: The leaf of *Sonneratia apetala* was anatomized by paraffin method to observe its structures. The results showed that the leaf of *S. apetala* is isobilateral leaf, belonging to 4(-5) cells verticillate type stomata. The vascular bundle of the midrib is amphicribal bundle with faint cambium and intraxylary phloem. The leaf has four veins, of which primary vein vascular bundle is semi-amphicribal bundle, and secondary, tertiary and quaternary vein vascular bundles are collateral bundle. The salt gland is developed from epidermis cells of leaf, experiencing 3 periods of epidermis cells differentiation, secreting cells for mation and salt gland maturation. Ultimately the salt gland consists of cavity, secreting cells and collecting cells, which widely distributes and has obviously ecological adaptability.

Key words: *Sonneratia apetala*, leaf, structure, vein, salt gland

红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带的木本植物群落,红树林生态系统是维持海岸生态平衡的重要生态系统。目前对红树林造林已开展了广泛研究^[1,2]。无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)为红树林植物,属海桑科海桑属,原产孟加拉国。无瓣海桑能在盐渍环境生活,主要是依靠盐腺将体内过多的盐分排出体外,有效地降低体内盐分的浓度,从而适应盐渍

环境^[3]。从1985年起,无瓣海桑在我国海南东寨港红树林自然保护区试种,到目前在中国的土地上疯长,对本地种造成了一定的影响^[4,5]。

目前对盐生植物的研究主要涉及以下几个方面:盐腺的结构^[6-8],生理生态学意义^[9]等。国内曾有学者对某些植物的盐腺结构、泌盐机制及盐生植物木材等方面做过相关研究^[10-12]。同时,无瓣海桑的研究多见于盐度对其生长的影响^[13,14]、生态影响^[3],也有从分子学的角度论述其引种与遗传特征^[15]及推广应用和生物进化特点的比较等^[16];但是对海桑属植物形态结构方面^[17]的研究资料并不多。对于无瓣海桑的叶片形态结构与盐腺发育方面的详细研究目前尚未见报道。

本研究尝试通过石蜡切片法,观察无瓣海桑叶形

收稿日期:2010-11-10

修回日期:2011-02-15

作者简介:陈健辉(1966-),男,副教授,主要从事植物形态和植物发育方面的研究。

*广州市属高校科技计划项目(08C032),国家教育部留学回国人员科研启动基金项目(2007-1108)资助。

态结构变化,分析无瓣海桑对环境的适应原因,探究其耐盐性与其解剖结构的关系,了解无瓣海桑能大面积地在盐渍和丰富的咸水资源地区生长的结构特点,为进一步认识其作为外来入侵植物的结构特征,为防御其过度生长提供相关的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验材料为红树植物无瓣海桑 (*S. apetala*) 的叶片,取自深圳市福田区红树林区。

1.2 实验方法

切取不同植株,不同发育程度的无瓣海桑叶片,用卡诺氏固定液固定。按常规石蜡切片法制片,爱氏苏木精整体染色;幼嫩材料用 1% 碱性品红酒液复染,切片厚度为 8 μ m,光学树脂封固。表皮解离用 4% 氢氧化钠沸水解离,1% 碱性品红染色;单宁的鉴定用 1% 三氯化铁染色,Olympus 显微镜观察并摄影。

2 观察结果

2.1 叶片的结构

无瓣海桑的叶片由表皮、叶肉、叶脉组成(图 1)。叶片上、下表皮有盐腺和气孔器分布;表皮细胞一层,外壁具发达的角质层,细胞排列紧密、呈不规则形;气孔器具 4(—5)个副卫细胞,属 4(—5)细胞轮列型(图 2);盐腺由分泌细胞和收集细胞组成(图 3)。叶片上、下两面的表皮细胞下均为栅栏组织,海绵组织位于栅栏组织之间,为等面叶;栅栏组织细胞垂直于叶片表面;海绵组织为紧靠栅栏组织的一层,细胞略呈方形,有不发达的胞间隙,海绵组织之间为贮水组织,并具多数含单宁的薄壁细胞(图 4)。叶脉为结网状曲行脉,主脉明显向下凹,具四级侧脉,相互连接形成网状。

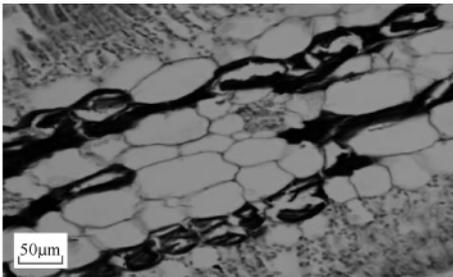


图 1 成熟叶片

Fig. 1 Leaf in mature stage

2.1.1 嫩叶叶片的结构

无瓣海桑幼嫩叶片的横切面观:表皮由 1 层细胞组成,细胞略呈方形,排列紧密,有气孔器。叶肉由不

同形态的细胞组成,位于表皮层下排列紧密、呈长条形的是栅栏组织,在栅栏组织之间、略呈方形的是海绵组织;海绵组织之间的薄壁细胞为贮水组织。栅栏组织靠近表皮,近上表皮的栅栏组织由 3 层细胞组成,近下表皮的为 2~3 层细胞,细胞排列整齐,含有较多叶绿体,近上表皮的栅栏组织细胞长宽比值大于近下表皮的栅栏组织细胞;位于上下两部分栅栏组织之间的是海绵组织和贮水组织(图 5A);海绵组织上下各 1 层,贮水组织 4~5 层,具多数含单宁的薄壁细胞。与栅栏组织相比,海绵组织和贮水组织细胞层的厚度大于栅栏组织细胞层的厚度,两者比值为(1.31 \pm 0.17):1.00;海绵组织细胞含有的叶绿体较少,贮水组织无叶绿体分布,细胞的大小和形状不规则,细胞间隙不明显(图 5B)。盐腺在此阶段开始分化。

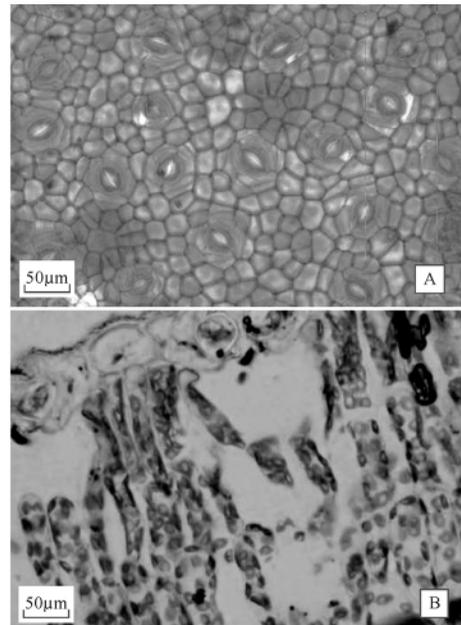


图 2 叶表皮(示气孔器)

Fig. 2 Leaf in epidermis (show the stomatal apparatus)

A. 表面观,B. 横切面观。

A. The surface structure,B. The cross section structure.

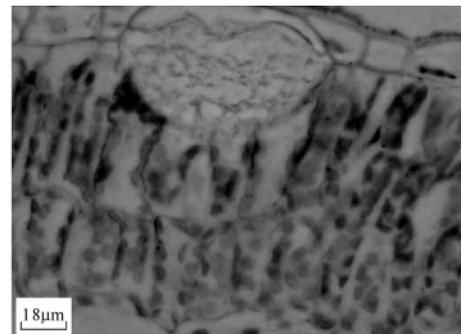


图 3 叶横切面观(示盐腺)

Fig. 3 Cross section of mature leaf (show the salt gland)

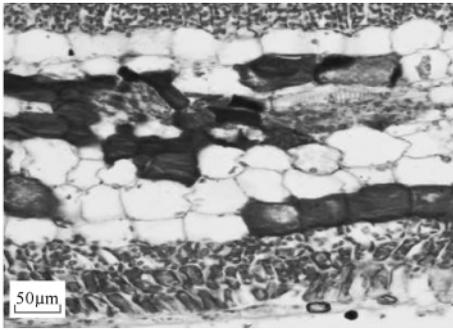


图4 等面叶

Fig. 4 Isobilateral leaf

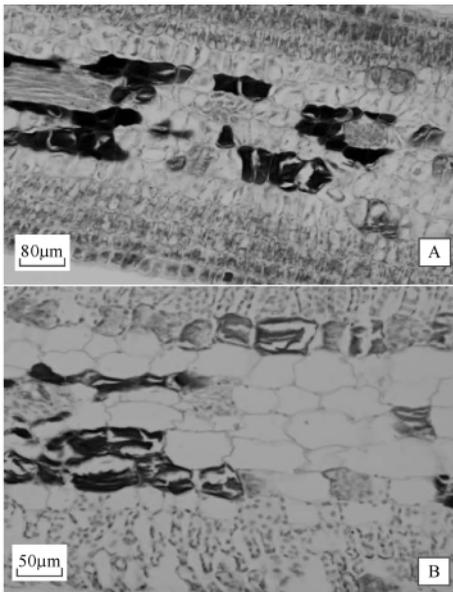


图5 嫩叶的叶肉组织(A)和栅栏组织(B)

Fig. 5 Mesophyll tissue(A) and palisade tissue(B) of tender leaf

无瓣海桑的脉序为羽状网脉,中脉维管束呈椭圆形至圆形,为周韧维管束,具微弱的形成层,维管束外面环绕着薄壁细胞形成的鞘,维管束从外到里分别是韧皮部、不甚发达的形成层(位于近背面稍多、位于近腹面较少)、木质部(位于近背面较多、位于近腹面较少)以及内生的韧皮部;维管束外靠近下表皮处逐渐分化形成厚壁细胞(图6A),此阶段中脉尚未发育完善,整体横长为 $(379.5 \pm 80.6) \mu\text{m}$,原生木质部导管直径为 $(13.2 \pm 2.2) \mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(22.7 \pm 2.7) \mu\text{m}$ (图6B)。随着发育的深入,在叶片中脉背面形成的隆起部位有较多厚壁组织,而在叶片腹面为薄壁细胞。侧脉具有四级分支,随着分支越来越细,结构也越来越简单,木质部和韧皮部的分化也越来越简单,组成的细胞数目逐渐减少。第一级侧脉较大,维管束为半周韧维管束,呈近圆形,维管束整体横长在 $(80 \sim 120) \mu\text{m}$ 之间(图7A),原生木质部的导管直径约 $(5.6 \pm 0.8) \mu\text{m}$,后生木质部的导管直径约 $(11.3 \pm 1.5) \mu\text{m}$;第二级、三级侧脉的维管束为外韧

维管束类型,呈圆形。第二级侧脉整体横长在 $30 \mu\text{m}$ 左右,木质部和韧皮部已经分化完成,原生木质部的导管直径约 $(5.4 \pm 0.1) \mu\text{m}$,后生木质部的导管直径约 $(11.1 \pm 0.2) \mu\text{m}$;第三级侧脉整体横长在 $15 \sim 20 \mu\text{m}$ 之间,它们的木质部以原生木质部为主,外侧的薄壁细胞未分化,部分韧皮部尚未分化完成(图7B);第四级侧脉整体横长在 $10 \mu\text{m}$ 以下(图7C),韧皮部尚未分化。

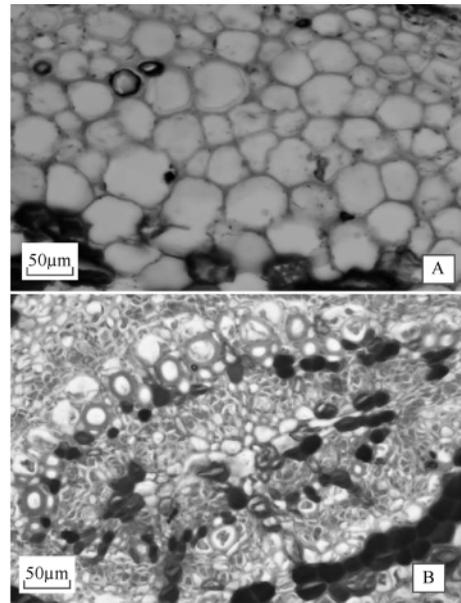


图6 嫩叶中脉外的厚壁组织(A)和中脉维管束(B)

Fig. 6 Sclerenchyma(A) and vascular bundle(B) of tender leaf (across midrib)

2.1.2 成熟叶片的结构

无瓣海桑成熟叶片的表面观可见:表皮细胞排列较整齐,形状有差异,表皮细胞中广布气孔器,气孔器具4(-5)个副卫细胞,属4(-5)细胞轮列型。由表皮细胞发育而来的盐腺结构已经形成;在叶片表面观可以看见,盐腺位于表皮细胞之间,呈一个不规则的间隙,周围有放射状排列的表皮细胞包围,其上有一圆形膜包被(图8)。

无瓣海桑的成熟叶片与嫩叶相比,叶肉细胞比较发达,靠近上、下表皮都形成三层细胞的栅栏组织,细胞呈长方形至长条形,排列比较紧密,与幼嫩期细胞相比,细胞的长宽都有增大,长宽比值更大,细胞内含有比较多的叶绿体;海绵组织靠近栅栏组织上下各一层,含有较少的叶绿体;贮水组织4~6层,并具有较多含单宁细胞。海绵组织和贮水组织薄壁细胞层的厚度大于栅栏组织薄壁细胞层的厚度,两者比值为 $(1.24 \pm 0.16) : 1.00$ (图9A)。在海绵组织中可以观察到有毛状石细胞,从贮水组织开始插入海绵薄壁组织、栅栏薄壁组织(图9B);同时在海绵薄壁组织中可以看见有晶簇细胞(图9C)。

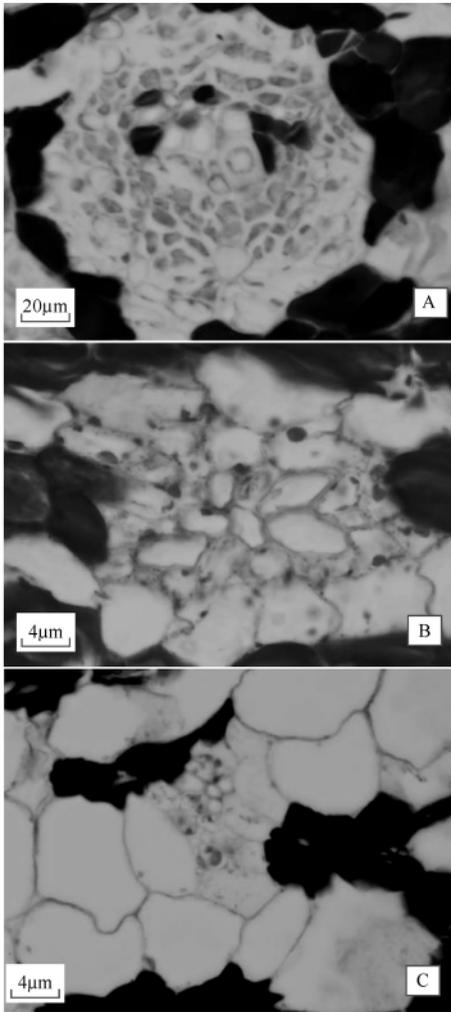


图7 嫩叶的第一级(A)、第三级(B)和第四级(C)侧脉

Fig. 7 Primary vein(A), tertiary vein(B) and quaternary vein (C) of tender leaf

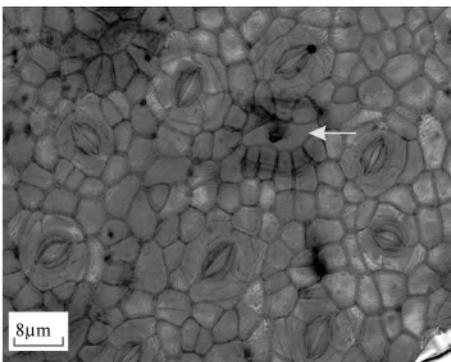


图8 叶片表皮表面观(示盐腺)

Fig. 8 Surface structure of epidermis (show the salt glands)

成熟叶中脉的维管束与嫩叶的结构相似,维管束为周韧维管束,并有内生的韧皮部,呈椭圆形。木质部中导管、薄壁组织、管胞等分化完成,居于维管束的中央、内生的韧皮部之外;韧皮部的筛管、伴胞、韧皮薄壁细胞等多位于维管束的外侧,包被木质部;两者间的形成层细胞逐步分化形成成熟组织。从切片上

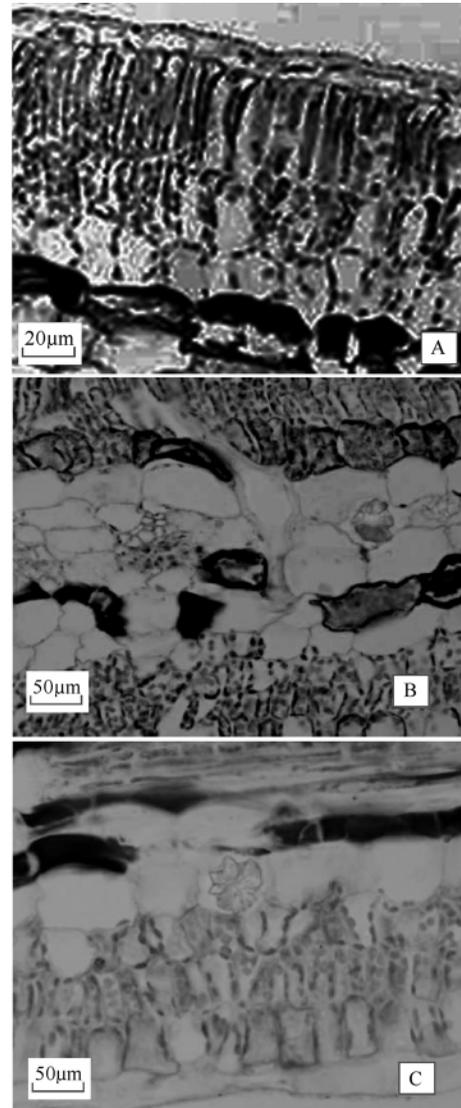


图9 成熟叶片的叶肉组织(A)及其中的石细胞(B)和晶簇细胞(C)

Fig. 9 Mesophyll tissue (A), sclereid(B) and crystal cell (C) in mesophyll of mature stage

观察,有从木质部向韧皮部延伸的薄壁细胞,体积较小着色较深,呈辐射状排列,一般排列为单列或两列,有的止于木质部最外层,有的延伸至韧皮部;在其中的薄壁细胞中也观察到具有含单宁细胞。维管束整体横长为 $(641.4 \pm 24.1) \mu\text{m}$,原生木质部导管直径为 $(20.5 \pm 2.9) \mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(39.6 \pm 8.8) \mu\text{m}$ (图 10A)。从维管束外到下表皮层之间,为发达的厚壁组织,细胞大小不一,由表皮层开始向内细胞逐渐增大(图 10B)。从维管束外到上表皮层之间为同化薄壁组织,细胞形态与栅栏薄壁组织细胞相似。

到该发育阶段,各级侧脉已经发育完成,第一级侧脉较大,维管束为半周韧维管束类型,呈近圆形,维管束结构与中脉维管束的结构相似,无中间内生的韧

皮部,维管束的直径相对也较小,整体横长在 $100\mu\text{m}$ 以上,原生木质部导管直径为 $(16.3\pm 4.5)\mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(24.0\pm 5.7)\mu\text{m}$ (图 11A);第二级、第三级、第四级侧脉的维管束为外韧维管束,呈圆形。第二级侧脉整体横长在 $40\mu\text{m}$ 左右,原生木质部导管直径为 $(4.4\pm 1.2)\mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(8.1\pm 1.4)\mu\text{m}$;第三级侧脉整体横长在 $20\sim 30\mu\text{m}$ 之间,原生木质部导管直径 $(3.6\pm 1.1)\mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(6.1\pm 1.3)\mu\text{m}$ (图 11B);第四级侧脉稍小,整体横长在 $8\sim 15\mu\text{m}$ 之间,原生木质部导管直径为 $(1.8\pm 0.3)\mu\text{m}$,后生木质部导管直径为 $(3.6\pm 1.5)\mu\text{m}$ (图 11C)。各级维管束束鞘细胞排列紧密,围成 $1\sim 2$ 列,细胞为多边形。从叶片横切面来看,维管束鞘有向上下两表皮延伸的趋势,可形成维管束鞘伸展区。在叶缘为表皮细胞包被的厚壁细胞组成(图 12)。

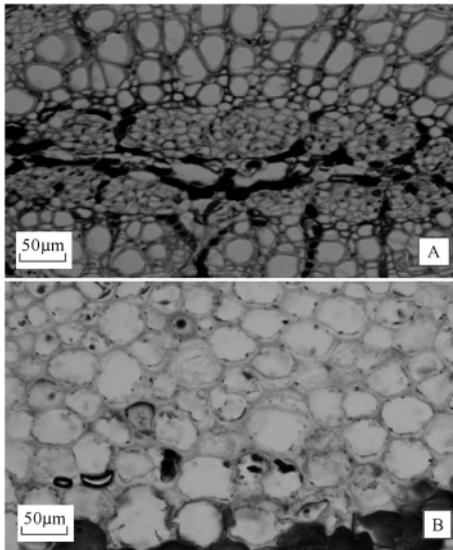


图 10 成熟叶中脉维管束(A)和中脉外的厚壁组织(B)

Fig. 10 Vascular bundle(A) and sclerenchyma(B) of mature leaf (across midrib)

2.2 盐腺的发育

根据盐腺结构发育的进程,可以将其分为 3 个时期:表皮细胞分化期、分泌细胞形成期及盐腺成熟期,最终形成由腔室、分泌细胞和收集细胞组成的盐腺。各时期的结构特点如下:

2.2.1 表皮细胞分化期

盐腺由表皮细胞分化而成。当叶片发育到三级侧脉韧皮部开始发育完善时,部分表皮细胞开始分化,形成盐腺原基。其变化过程是:表皮细胞体积增大、特化为正方形,细胞较为饱满,切向轴较其他的表皮细胞大,原生质丰富,细胞核较大,细胞核周围有小液泡环绕(图 13A)。以后盐腺原基细胞沿切向轴继续增大,并向外切面突出,使细胞壁出现不均匀的增

厚,细胞原生质呈链珠状或波浪状(图 13B)。

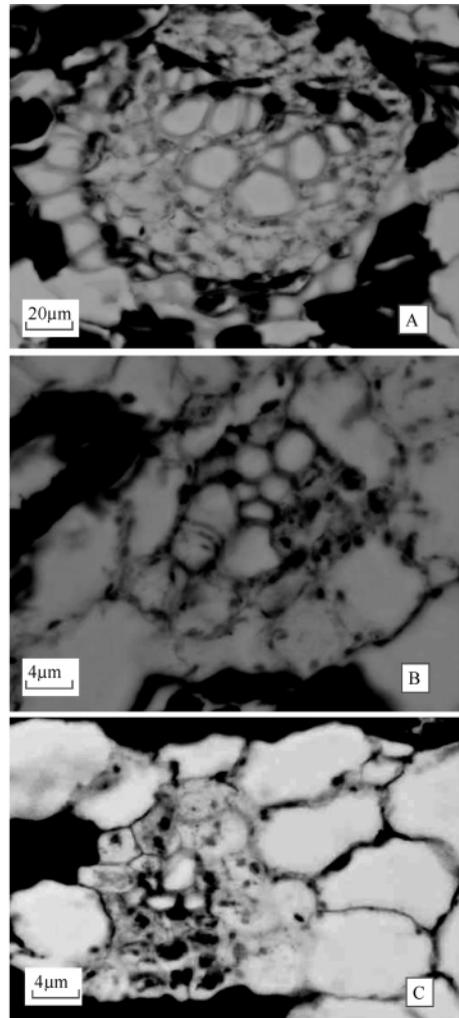


图 11 成熟叶第一级(A)、第三级(B)和第四级(C)侧脉

Fig. 11 Primary vein(A), tertiary vein(B) and quaternary vein(C) of mature leaf

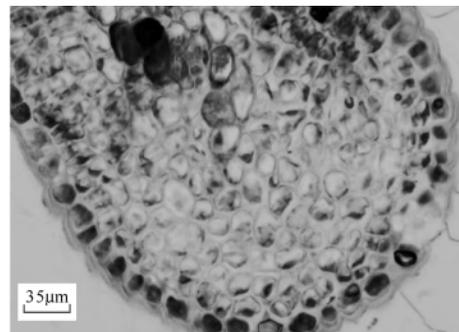


图 12 叶缘结构

Fig. 12 Structure of margin

2.2.2 分泌细胞形成期

当盐腺原基向外切面突出后,随着叶片的发育,该细胞继续增大,逐步形成分泌细胞;同时,位于该细胞下、原栅栏组织部位 $1\sim 2$ 个的薄壁细胞,也开始出现浓厚的原生质体;以后含浓厚原生质体的薄壁细胞的细胞开始分化,浓厚原生质体逐步变淡,形成收集

细胞。分泌细胞细胞核明显,细胞原生质增多,开始由向外突出变为明显径向膨大,同时,靠近外切向壁一侧的原生质体逐步向内移、变淡。随着生长发育的不断进行,分泌细胞原生质分布出现明显极性,在细胞的外侧的空间形成一个腔,即腔室(图 14);收集细胞仅 1 列。随着叶片的发育,分泌细胞和收集细胞的体积不断增大,只是分泌细胞膨大的比例相对大一些。收集细胞细胞质浓厚,内含物丰富。在分泌细胞和收集细胞之间有胞间连丝存在。收集细胞结构上与周围的叶肉细胞相似,体积相对大于栅栏组织细胞,形状规则呈矩形,不含叶绿体,因此能容易地与叶肉细胞区别开来(图 15)。在这个时期,可以清楚地看见在叶上看见,许多由一系列收集细胞和一个分泌细胞以及腔室组成的盐腺。在表皮的表面观,可以看见盐腺周围都会分布着一定数量的气孔器。

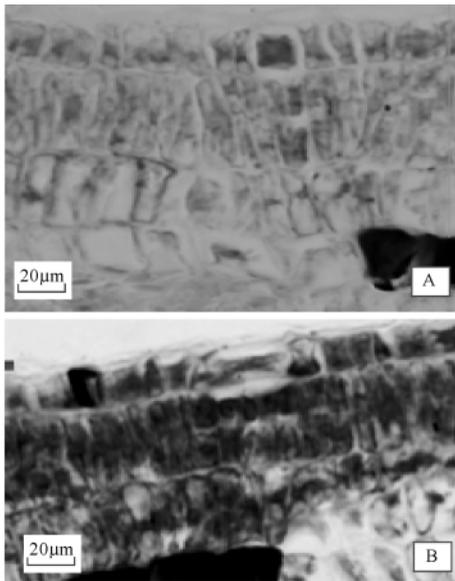


图 13 盐腺的原基细胞(A)和分泌细胞(B)
Fig. 13 Primordium(A) and secreting cell(B) of salt gland

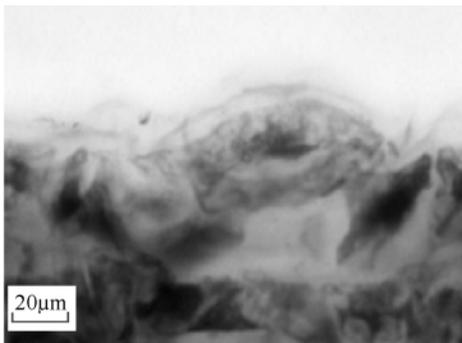


图 14 分泌细胞分化

Fig. 14 Differentiating of secreting cell

2. 2. 3 盐腺的成熟期

盐腺进一步发育,包被分泌细胞外壁的角质层明显加厚,并在腔室顶部的角质层、细胞壁形成小的孔

道,分泌细胞中的原生质较浓稠(图 16)。收集细胞近似矩形,与椭圆形的分泌细胞紧密相连。随着盐腺达到一定的成熟状态,细胞内的内容物储积到一定量,沿着外层分泌细胞的外切面孔道处出现了外壁突出物(图 17)。

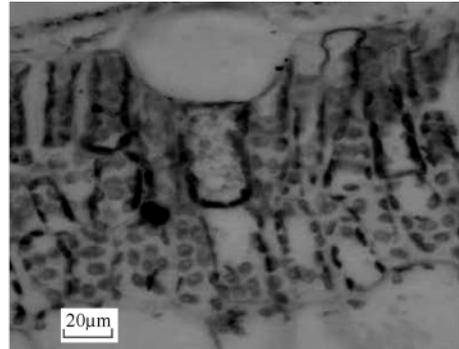


图 15 收集细胞
Fig. 15 Collecting cell

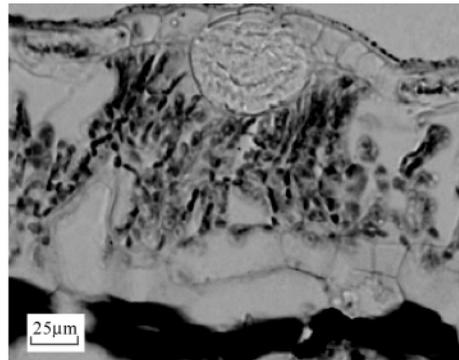


图 16 盐腺的分泌细胞
Fig. 16 Secreting cell of salt gland

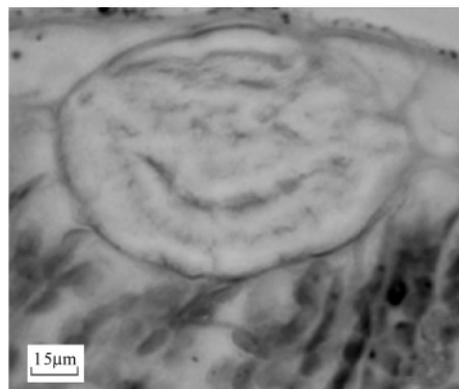


图 17 盐腺的分泌细胞和腔室
Fig. 17 Secreting cell and cavity of salt gland

3 讨论

3. 1 无瓣海桑叶片组织结构与功能的适应关系

无瓣海桑的气孔分布在上下表皮,表皮的气孔数量较多,广布的气孔有利于调节水分的吸收,更好地适应环境。关于气孔器问题,有学者提出无瓣海桑气孔器类型为茜草科型^[18],也有提出为 4~5 细胞轮列型^[17]。根据实验结果,本文支持 4~5 细胞轮列型说

法。叶片表面覆盖角质层、分布着盐腺,这与李元跃^[19]对红树植物叶片出现了“较厚的角质层和贮水组织等旱生及抗盐结构”的研究是一致。在红树植物的生态生理学研究中,叶片结构中的贮水组织对于植物的蒸腾作用和调节水分平衡的功能具有重要意义,大面积的栅栏组织有利于植物光合作用^[19]。无瓣海桑的叶片为等面叶,栅栏组织发达,排列相对紧密,内含叶绿体丰富;无瓣海桑嫩叶的海绵组织和贮水组织的厚度与栅栏组织厚度比值约为 1.31 : 1.00,成熟的海绵组织和贮水组织的厚度与栅栏组织的厚度比值约为 1.24 : 1.00。大量叶绿体保证了高效率的光合作用,能为盐腺对盐离子的运输、分泌等活动提供充足的能量支援,这与陈长平^[13]在盐度对无瓣海桑的某些生理特性的影响中指出的“无瓣海桑光合能力会随盐度提高而提高,这是一种抗盐的生理表现”研究结果吻合。此外,在成熟的叶片中观察到晶簇细胞,在泌盐过程,液泡能吸收并储存从收集细胞运进分泌细胞的盐分,同时将胞质中的离子隔绝,这些都减低离子对细胞的危害。

无瓣海桑的厚壁组织与叶脉的生长存在着一定的关系:当叶片成熟的程度加深,叶脉直径增大时,厚壁组织逐渐增多,并在成熟的叶片中观察到毛状石细胞、晶簇细胞,这些结构表现出植物的生长与需要的适应性,因为当叶脉等其它组织发育成熟时,质量加重,叶片需要更多的支撑力,而机械组织具有支持植物体和使植物体具有坚固的性质,所以机械组织的增多与叶脉的成熟程度存在着正相关的关系^[20]。

随着叶脉的发育,叶片背面栅栏薄壁组织增多;在成熟叶片的中脉维管束有薄壁组织从木质部延伸至韧皮部。有证据报道^[21],薄壁组织不仅能运送水分到表皮层,而且相对于栅栏组织能更好地进行侧向运输,满足叶片成熟后叶面面积增大而加强侧向运输的需要。

3.2 盐腺结构与环境的适应关系

关于泌盐结构的表述,以前一般称为泌盐腺^[7,10,14],但是新出版物许多采用盐腺^[22]。本文的表述采用盐腺的名称。无瓣海桑的生长对自然条件有一定要求,当温度低 5℃,土壤盐度大于 15‰,或干旱天气等,都会对无瓣海桑的生长有抑制作用^[13]。不同发育程度的无瓣海桑叶片中含有的盐腺的数量不同,嫩叶含有的盐腺数量少,因此较嫩的无瓣海桑对高盐度的适应能力较弱。无瓣海桑盐腺的组成与一般红树林植物的盐腺的组成有区别^[19]。该植物叶片每个盐腺相邻的位置都出现一定数量的气孔器,进入植株体内的盐分都必须通过运输至盐腺向外分泌,所

以盐离子的运输需要一定的动力的帮助。而正是借助气孔进行蒸腾作用的过程中产生的蒸腾势,使水分和盐离子由形态学下端运向上端协同运输,把盐离子运到泌盐腺,最终将盐分排除体外。无瓣海桑盐腺通过分泌体内多余的盐,达到调节盐分平衡的目的,最终维持正常的生理活动,显示出气孔器的分布与泌盐活动有一定的适应性。

分泌细胞与收集细胞是盐腺的主要组成部分,据报道。在有些植物盐腺的分泌细胞与收集细胞连接处质膜融合,形成融合区,融合区上有大量一端连接收集细胞,一端连接分泌细胞的胞间微粒^[10]。盐分子主要通过这一途径从收集细胞运往分泌细胞。本次观察中发现,无瓣海桑分泌细胞和收集细胞相互之间有较发达的胞间连丝,可以通过信息上的交流,使细胞之间保持了生理上的有机联系,指导细胞间的物质的运输。

多种泌盐植物盐腺超微结构的研究表明,盐腺的分泌细胞富含小液泡,在这些液泡中积累离子。有学者将未泌盐的盐腺的超微结构和正在泌盐的盐腺的超微结构相比较,发现后者的分泌细胞中的小液泡向细胞周边移动,液泡膜和质膜接触^[23],由此可见小液泡在泌盐过程中起重要作用。小液泡可以使盐分进入盐腺分泌细胞中,泌盐分泌细胞中的小液泡也可以将细胞质中的离子隔离,然后液泡中的离子通过跨膜运输分泌到细胞外,在实验中观察到盐腺在发育的某个阶段可以观察到具有小液泡也与这个结论相吻合。有许多证据证明分泌过程是个主动过程^[12]。此外,在盐腺细胞的超微结构中,通常出现大量线粒体,这也间接地证明了上述结论。从本次实验结果可以知道,无瓣海桑可以将体内高浓度的盐分,通过盐腺的收集细胞从叶肉细胞中吸收并储存在分泌细胞中,待盐分积累到一定程度时,分泌细胞中的小液泡将细胞质中的离子隔离,然后排出叶片外。

维管束作为植物体输导水分、无机盐及有机物质的一种输导系统。无瓣海桑是一种抗盐性强的树种^[11],其叶脉维管组织发达,中脉有微弱的形成层、四级侧脉的完善结构都有助于提高蒸腾作用,同时具有抵抗盐胁迫的作用。无瓣海桑生长于阳光充沛的地区,提供足够的水分既能降低叶面温度,更重要的是能够促进光合作用的进行。在观察盐腺与维管束时,没有发现盐腺与叶脉维管组织直接相连。而植物的各种物质都是通过维管束的运输作用把物质分发到特定的部位。无瓣海桑的维管束中筛管的较发达,并在中脉中具有内含韧皮组织,在一定程度上满足了除运输代谢营养物质外,还运输盐类物质的

需要。

作为外来入侵植物,无瓣海桑叶片结构是有助于其在该环境生存的,也导致其栽种后迅速生长。有研究发现在 K、Na、Ca、Mg 的累积储量中,无瓣海桑累积的 K 和 Mg 都是最多的,而 Na 是最少的。无瓣海桑生长可以使林下滩涂的土壤颗粒组成明显发生了改变,土壤有机质含量增加,酸性增强,含盐量升高, N、P、K 的质量分数升高, Pb、Cu 等重金属及 Zn、Ni 等微量元素的质量分数升高^[24]。因此无瓣海桑作为外来入侵种,虽然一定程度上抑制了某些原有作物的生长,但是只要我们对它进行探索和研究,利用其长处并通过人工控制其过快增长,对于我国的环境建设还是会有好处的。

参考文献:

- [1] 陈玉军,陈文沛,郑松发,等. 广东番禺红树林造林研究[J]. 生态科学,2001,20(1):24-31.
- [2] 周涵韬,林鹏. 海桑属红树植物遗传多样性和引种关系研究[J]. 海洋科学,2002,26(4):5-7.
- [3] 廖宝文,郑松发,陈玉军,等. 外来红树植物无瓣海桑生物学特性与生态环境适应性分析[J]. 生态学杂志,2004,23(1):10-15.
- [4] 李玫,廖宝文,郑松发,等. 无瓣海桑对乡土红树植物的化感作用[J]. 林业科学研究,2004,17(5):641-645.
- [5] 潘辉,薛志勇,陈国荣. 无瓣海桑造林是否造成九龙江口生物入侵的探讨[J]. 湿地科学与管理,2006,2(2):52-55.
- [6] 陆静梅,李建东,胡阿林,等. 二色补血草叶片泌盐结构的扫描电镜观察[J]. 应用生态学报,1995,6(4):355-358.
- [7] 周三,韩军丽,赵可夫. 泌盐盐生植物研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(5):496-501.
- [8] 项秀丽,初庆刚,刘振乾,等. 砂引草泌盐腺的结构与泌盐的关系[J]. 暨南大学学报,2008,29(3):305-310.
- [9] 祁淑艳,储诚山. 盐生植物对盐渍环境的适应性及其生态意义[J]. 天津农业科学,2005,11(2):42-45.
- [10] 张道远,尹林克,潘伯荣. 柃柳泌盐腺结构、功能及分泌机制研究进展[J]. 西北植物学报,2003,23(1):190-194.
- [11] 邓传远,郭素枝,林鹏. 海桑属植物的木材结构及其系统演化意义[J]. 热带亚热带植物学报,2004,12(3):213-220.
- [12] 茹巧美,郑海雷,肖强. 红树植物耐盐机理研究进展[J]. 云南植物研究,2006,28(1):78-84.
- [13] 陈长平,王文卿,林鹏. 盐度对无瓣海桑幼苗的生长和某些生理生态特性的影响[J]. 植物学通报,2000,17(5):457-461.
- [14] 廖岩,赵肖,陈桂珠. 盐胁迫对无瓣海桑幼苗根茎叶膜保护系统的影响[J]. 海洋环境科学,2009,2(28):154-158.
- [15] 李海生,陈桂珠. 无瓣海桑引种种群遗传多样性的 IS-SR 分析[J]. 热带海洋学报,2005,24(4):7-13.
- [16] 吴中亨,蔡俊欣,叶亲柏. 无瓣海桑引种及推广效果分析[J]. 广东林业科技,2000,16(2):6-10.
- [17] 陈泽濂. 国产海桑属植物的形态解剖[J]. 热带亚热带植物学报,1996,4(2):18-24.
- [18] Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the dicotyledons [M]. Oxford: Clarendon Press, 1950: 660.
- [19] 李元跃,林鹏. 中国红树植物生态解剖学研究综述[J]. 海洋科学,2006,30(4):69-73.
- [20] 刘穆. 种子植物形态解剖学[M]. 第4版. 北京: 科学教育出版社,2008:82-84.
- [21] 李正理,张新英. 植物解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社,1983:250-253.
- [22] 胡正海. 植物解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社,2010:156-160.
- [23] Faraday C D, Thomson W W. Structure aspects of the salt glands of the *Plumbaginaceae* [J]. Journal of Experimental Botany, 1986, 13(7): 461-470.
- [24] 韩维栋,赵云涛,卢昌义,等. 雷州无瓣海桑群落7种元素的生物累积和循环[J]. 应用与环境生物学报,2004,10(1):27-34.

(责任编辑:邓大玉)

美国科学家首次在实验室内成功培植出人类心脏

早在 2007 年,科学家就试图利用从病人体内抽取出来的骨髓和干细胞培植出人类心脏瓣膜,一年后,一个可以自行跳动的动物心脏首次培植成功。最近,美国科学家首次培植出人类心脏。他们首先从心脏捐赠者身上移除心脏,去除肌肉细胞,只剩下蛋白骨干和架构,成为一个“幽灵心脏”。接下来,注入干细胞,细胞围绕蛋白骨干和架构进行分裂并自行生长,最终发展成为健康的心脏细胞。科学家们认为采用这种科技培植出来的心脏可以自行生长,并且在未来数周内,有望出现跳动的现象。如果培植的心脏能跳动,就有可能发挥泵血功能,为人类医学史揭开新的一页,也为心脏病患者带来新希望。

(据科学网)