

# 大叶藻花序的解剖结构及超显微结构

于 函<sup>1,2</sup> 马有会<sup>1</sup> 张 岩<sup>2\*</sup> 原永党<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>辽宁师范大学生命科学学院,大连 116029)

(<sup>2</sup>中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛 266071)

(<sup>3</sup>威海市环翠区水产局,264200)

**摘要** 利用解剖镜和扫描电子显微镜对大叶藻花序的形态结构进行了观察。大叶藻花小,单性,无花被,雌、雄花同生于一扁平的肉穗花序上。花的结构简单,雄花仅 1 枚雄蕊,雄蕊 1 花药,花药 1 室、无柄、纵裂;花粉为丝状花粉,无纹饰、萌发孔。雌花仅一心皮,有胚珠 1 颗,柱头两个;柱头细长,柱头表面及柱头到胚珠处细胞壁表面有大量的丝状突起。大叶藻的花序结构已与沉水生活相适应。

**关键词** 大叶藻花 解剖结构 超显微结构 扫描电镜

**中图分类号** Q949.205 **文献标识码** A **文章编号**: 1000-7075(2009)03-0131-05

## Study on anatomy structure and ultrastructure of eelgrass *Zostera marina* L. inflorescence

YU Han<sup>1,2</sup> MA You-hui<sup>1</sup> ZHANG Yan<sup>2\*</sup> YUAN Yong-dang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Liaoning Normal University, College of Life Sciences, Dalian 116029)

(<sup>2</sup>Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>3</sup>Weihai Huancui Aquatic Bureau, 264200)

**ABSTRACT** Anatomical and SEM observation of the inflorescence showed that eelgrass was a monoecious plant, the male and female flowers were alternately arranged on the inflorescence. Each anther had one chamber, and the pollen of eelgrass was filamentous, with no exine sculpturing, inaperturate. The carpel contained one ovule and two stigmas, there were filaments on the epidermal cells in front of the carpel. All the characters showed that eelgrass had already adapted to submarine life.

**KEY WORDS** Eelgrass inflorescence Anatomy structure Ultrastructure SEM

大叶藻 *Zostera marina* L., 隶属于眼子菜科 Potamogetonaceae, 大叶藻属 *Zostera* L., 是多年生海草, 生于潮间带和潮下带的浅海中, 分布于我国河北和山东等地沿海, 朝鲜、日本、俄罗斯、欧洲和北美洲等也有分布。大叶藻通常在沿海潮间带和潮下带较浅的水域形成广大的群落(Den Hartog 1970), 为一些重要的经济鱼类和贝类提供复合的食物网、栖息场所和育幼场(Zieman *et al.* 1980; Thayer *et al.* 1984; Heck *et al.*

山东省科技攻关计划项目(2006123)资助

\* 通讯作者。E-mail: zhangyan@ysfri.ac.cn, Tel: (0532) 85830494

收稿日期: 2008-04-25; 接受日期: 2008-06-04

作者简介: 于 函(1981-), 女, 硕士研究生, 主要从事海洋生物学研究。E-mail: yuhan232@163.com, Tel: 13583273004

1995)。此外,它们的根和茎也对海底的沉积物有很强的固定作用(Harlin *et al.* 1982),从而有利于保持海水的透明度。近几十年来,由于许多人为因素的干扰,如向海水中释放的悬浮颗粒物质和可溶性营养物质的增多,大叶藻植被大量减少,其种群分布范围日益缩小。由于大叶藻在其生态系统中的重要作用,国外生态学家与环境科学家对影响其生存和生长的许多限制因素(如光、盐度、温度和营养条件等)进行了研究(Den Hartog 1970; Giensen *et al.* 1990; Touchette *et al.* 2000; Zimmerman *et al.* 1995)。国内对大叶藻的研究甚少,例如叶春江等(2002)对大叶藻盐分胁迫的研究,任国中等(1991)对虾池中移植大叶藻增加对虾产量的研究,刘志鸿等(1998)对大叶藻遗传多样性的研究及汪文俊等(2004)对大叶藻 PS I、PS II 复合物的研究等。

大叶藻在繁殖上存在有性繁殖与无性繁殖相互交替的现象。研究表明(Keddy *et al.* 1978),大叶藻在相邻的生境中采取一年生和多年生的策略,单位面积上一年生的大叶藻的种子量是多年生的7倍多;与多年生相比,一年生的大叶藻将最大的生物量配置到开花的结构中,而损耗其营养结构。对大叶藻花序的研究有助于了解其开花传粉机制,研究其与海水生活的适应。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

大叶藻花于2006年4月采自山东青岛汇泉湾附近海域。

### 1.2 方法

将采集到的一部分大叶藻花序用蒸馏水冲洗干净,剥去其花序膜,放到解剖镜下做初步观察、拍照。另一部分用2.5%的戊二醛于4℃下固定2h以上,常规扫描电镜样品制备,JSM-840扫描电镜观察拍照。

## 2 结果

### 2.1 大叶藻花序的解剖结构

大叶藻花序为肉穗花序,花序轴扁平包于佛焰苞内,长约4~8cm。花小,单性,无花被,雌、雄花同生于一扁平的肉穗花序上,包藏于上部叶鞘内;雄蕊与心皮排列于轴的两侧,轴两侧每两个雄蕊与1个心皮交替排列(图版I-1、图版I-2);雄花仅1雄蕊,无苞片状附属物,雄蕊1花药,花药1室、无柄和纵裂,长约5.5~6.5mm,宽约1mm(图版I-3);雌花仅1个心皮,有胚珠1颗,柱头两个,子房长约2~2.5mm,两个柱头形成叉状,每个长约1~1.5mm(图版I-4)。

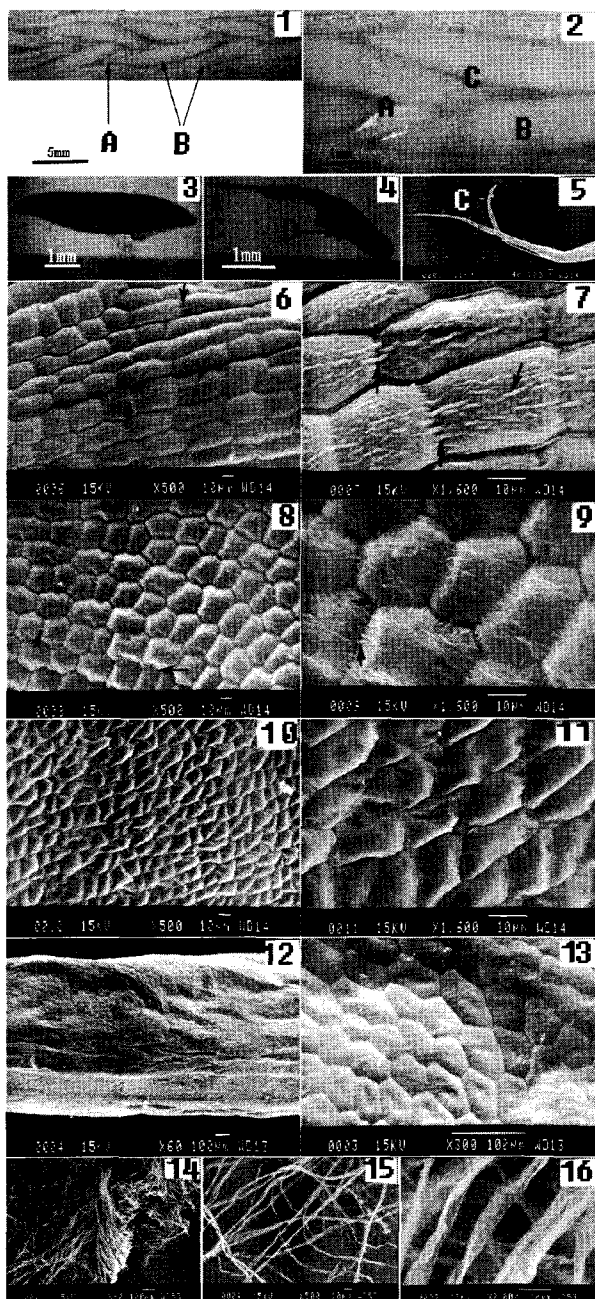
### 2.2 大叶藻花的超微结构

从大叶藻雄蕊和心皮的扫描电镜图片中可以观察到,心皮有两个细长的柱头(图版I-5),从柱头到胚珠处细胞的细胞壁表面有大量的丝状突起。柱头细胞上的丝状突起与柱头的纵切方向平行。在柱头的纵切方向,有的细丝从前一个细胞发出连接到后一个细胞壁上,并不与横切方向上的细胞相连(图版I-6和图版I-7)。而从柱头与子房的连接端到胚珠处细胞壁上的细丝与周围的细胞都相连(图版I-8和图版I-9)。子房远离柱头端的细胞表面没有细丝的分布(图版I-10和图版I-11)。同样,雄蕊的细胞表面也没有这些细丝(图版I-12和图版I-13)。大叶藻的花粉为丝状,细长,约为(1200~2900)mm×(3.5~9.5)mm,花粉丝表面有不规则卷曲但无纹饰,无萌发孔(图版I-14、图版I-15、图版I-16)。

## 3 讨论

大叶藻是生长在潮间带的高等沉水植物,大部分时间浸泡在海水中,植株随着潮汐的变化而摆动,其开花和授粉都是在海水中进行,正是为了适应这种生活,大叶藻的开花和授粉机制都发生了相应的变化。

大叶藻的肉穗花序包被在扁平的佛焰苞内,雄花仅1花药,雌花仅1子房,两柱头,其他结构都已退化消失,



- I-1 大叶藻花序解剖结构照片 A(心皮)、B(雄蕊) Eelgrass inflorescence A (carpel), B(anther), C(stigma)
- I-2 大叶藻花序解剖结构放大照片 A(心皮)、B(雄蕊)、C(柱头) Eelgrass inflorescence A(carpel), B(anther), C(stigma)
- I-3 大叶藻雄蕊解剖照片 The stamen of eelgrass
- I-4 心皮解剖照片 C(柱头)、D(胚珠) The carpel of eelgrass C (Stigma), D(ovule)
- I-5 大叶藻柱头扫描电镜照片×40 SEM photo of stigma×40
- I-6 大叶藻柱头前端扫描电镜照片×500 SEM photo of carpel (near the stigma)×500
- I-7 大叶藻柱头前端扫描电镜照片×1 600 →(细胞壁上的丝状突起和连接) SEM photo of carpel (near the stigma)×1 600
- I-8 大叶藻靠近胚珠处扫描电镜照片×500 →(细胞壁上的丝状突起和连接) SEM photo of carpel (near the ovule)×500
- I-9 大叶藻靠近胚珠处扫描电镜照片×1 600 →(细胞壁上的丝状突起和连接) SEM photo of carpel (near the ovule)×1 600
- I-10 大叶藻心皮底端细胞表面扫描电镜照片×500 SEM photo of carpel (at the bottom)×500
- I-11 大叶藻心皮底端细胞表面扫描电镜照片×1 600 SEM photo of carpel (at the bottom)×1 600
- I-12 大叶藻雄蕊表面扫描电镜照片×300(细胞壁表面无丝状物) SEM photo of stamen
- I-13 大叶藻雄蕊表面扫描电镜照片×300(细胞壁表面无丝状物) SEM photo of stamen
- I-14 大叶藻花粉丝扫描电镜×80 SEM photo of Pollen×80
- I-15 大叶藻花粉丝扫描电镜×500 SEM photo of Pollen×500
- I-16 大叶藻花粉丝扫描电镜×2 000 SEM photo of Pollen×2 000

图版 I 大叶藻花序的形态结构

Plate I Anatomical and SEM observation of eelgrass inflorescence

这说明大叶藻已经长期适应水环境而表现出了花部结构的极度简化和趋同适应(Cronquist 1988)。研究表明,大叶藻的花枝和花序都是从底部向上开始成熟的,而且同一个花序中花的成熟是不同步的,雌蕊先熟,花粉在 48 h 后释放(De Cock 1980)。因此,自然状态下大叶藻在同一花序中的自交是罕见的,但在分株中花的开放时间并不同步,所以有同一株系内授粉情况的发生(既自交发生在同一基因型的不同分株的花序间)(Reusch 2001)。研究者利用限制性扩增片段长度多态性(RFLP)技术对加州中部 3 个不同海滩的大叶藻进行分析表明,自然种群的大叶藻,无论在受干扰和不受干扰地区都拥有很高的遗传多样性;基因交流非常有限,即使是在非常接近的群体之间;生长在潮间带的受扰动非常大的群体比不受干扰的群体有更低的遗传多样性(Alberte *et al.* 1994)。

水下传粉与空气传粉在空间上都是三维传粉方式(高花粉浪费的方式),这种方式导致植物对传粉系统中另两个组成部分,即花粉和柱头做出提高传粉效率的选择。大叶藻有两个细长的叉状柱头,而其花粉为丝状花粉,丝状花粉是生态学和进化上的重要证据(Ackerman 1995)。有研究(Philbrick 1988; Dahlgren *et al.*

1985)证明,与大叶藻相近的同为水媒传粉的丝粉藻科 Cymodoceaceae 与波喜荡科 Posidoniaceae 植物的柱头也较细长,花粉同样为丝状花粉,而茨藻科中不采用水媒传粉的植物花粉粒近球形至近长球形(孙 坤等 2001),这种花粉形状的差异可能来自于生境的差异性,在水流速度大的环境下,落在柱头上的球形花粉比缠绕在柱头上的丝状花粉更容易被水冲走。传粉的有效性以大量的花粉、有效的媒介和处于可受期的柱头为前提,而大叶藻细长的叉状柱头和大量的丝状花粉满足了这种条件。其两个细长的叉状柱头及柱头上突起的大量丝状体能有有效的捕获花粉丝,从而大大提高传粉效率。

## 参 考 文 献

- 叶春江,赵可夫. 2002. 高等植物大叶藻研究进展及其对海洋沉水生活的适应. 植物学通报, 19(2): 184~193
- 叶春江,赵可夫. 2002. 盐胁迫对大叶藻某些胞内酶耐盐性及其生理功能的影响. 植物学报(英文版), 44(7): 788~794
- 孙 坤,陈家宽,张志耕. 2001. 茨藻科、角果藻科植物花粉形态研究. 植物分类学报, 39(1): 31~37
- 任国中,张起信,王继成,王大建. 1991. 移植大叶藻提高池养对虾产量的研究. 海洋科学, 1: 52~57
- 刘志鸿,董树刚,牟海洋,杨永杰,高明君. 1998. 青岛汇泉湾大叶藻种群遗传多样性的研究. 海洋水产研究, 19(2): 27~32
- 汪文俊,王广策,黄 勃,曾呈奎. 2004. 大叶藻(*Zostera marina* L.) PSI 和 PSII 复合物的分离鉴定. 海洋与湖沼, 35(5): 446~452
- Ackerman, J. D. 1995. Convergence of filiform pollen morphologies in seagrasses: Functional mechanisms. *Evolutionary Ecology*, 9: 139~153
- Alberte, R. S., Suba, G. K., Procaccini, G., Zimmerman, R. C., and Fain, S. R. 1994. Assessment of genetic diversity of seagrass populations using DNA fingerprinting: Implications for population stability and management. *Plant Biology*, 9: 1 049~1 053
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. The New York Botanical Garden, 2: 1 039~1 072
- Dahlgren, R. M., Clifford, H. T., and Yee, P. E. 1985. The families of the monocotyledons: Structure, evolution and taxonomy. Berlin: Springer-Verlag, 23~43
- De Cock, A. M. 1980. Flowering, pollination and fruiting in *Zostera marina* L.. *Aquatic Botany*, 9: 201~220
- Den Hartog, C. 1970. The sea-grasses of the world. North Holland Publ. Co., Amsterdam, 12~34
- Fonseca, M. S., and Fisher, J. S. 1986. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 29: 15~22
- Giensen, W. B. J. T., van Katwijk, M. M., and den Hartog, C. 1990. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquat. Bot.* 37: 71~8
- Harlin, M. M., Thorne-Miller, B., and Boothroyd, J. C. 1982. Seagrass sediment dynamics of a flood-tidal delta in Rhode Island (USA). *Aquat. Bot.* 14: 127~138
- Heck, K. L., Able, K. W., Roman, C. T., and Fahay, M. P. 1995. Composition, abundance, biomass and production of macrofauna in a New England estuary: Comparisons among eelgrass meadows and other nursery habitats. *Estuaries*, 8: 379~389
- Hemminga, M. A., Harrison, P. G., and van Lent, F. 1991. The balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71: 85~96
- Keddy, C. J., and Partriquin, D. J. 1978. An annual form of eelgrass in Nova Scotia. *Aquat. Bot.* 5: 163~170
- Philbrick, C. T. 1988. Evolution of underwater outcrossing from aerial pollination system: A hypothesis. *Ann Missouri Bot Gard*, 75: 836~841
- Reusch, T. B. H. 2001. Fitness-consequences of geitonogamous selfing in a clonal marine angiosperm (*Zostera marina*). *Journal of Evolutionary Biology*, 14: 129~138
- Thayer, G. W., Bjorndal, K. A., Ogden, J. C., Williams, S. L., and Zieman, J. C. 1984. Role of larger herbivores in seagrass communities. *Estuaries*, 7: 351~376
- Touchette, B. W., and Burkholder, J. M. 2000. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250: 133~167
- Zieman, J. C., and Wetzel, R. G. 1980. Productivity in seagrasses: methods and rates. In: Philips RC, McRoy CP (eds) *Handbook of sea-grass biology, an ecosystem perspective*. Garland, New York, 87~116
- Zimmerman, R. C., Reguzzoni, J. L., and Alberte, R. S. 1995. Eelgrass (*Zostera marina* L.) transplants in San Francisco Bay: Role of light availability on metabolism, growth and survival. *Aquat. Bot.* 51: 67~86