

互花米草、狐米草和大绳草茎秆 的比较解剖观察*

宋蓉君 窦润祿

(南京大学生物系)

提 要

互花米草、狐米草和大绳草的表皮均由长细胞、短细胞(栓质细胞和硅质细胞)、盐腺和气孔器组成。它们成纵行交互排列。盐腺的结构与大米草相似,但三个种的盐腺和气孔器的数目不同,尤其以大绳草最多。它们的内部结构是由气道、不同大小的维管束、基本组织以及厚壁组织组成。然而,维管束的数目及厚壁组织的发育各不相同。狐米草和大绳草有高度木质化的厚壁组织细胞,而互花米草的厚壁组织木质化较弱。大绳草的维管束多于其他两种。

关键词: 互花米草; 狐米草; 大绳草

继1963年从英国引进的大米草(*Spartina anglica*)栽培成功,对我国辽阔海滩的开发利用,取得了显著的经济效益。又于1979年从美国引进互花米草、狐米草和大绳草,这三种米草也都是多年生禾本科米草属植物,兼有大米草的许多优良特性,有高度的耐盐性和不同程度的耐淹力,对进一步开发利用我国海滩具有一定的作用。

对米草属(*Spartina*)中唐氏米草^[6,7,8]和大米草的营养器官的解剖研究,曾有不少报道^[1,3,4]。近年来,Anderson^[5]对互花米草和狐米草的营养器官进行了一些研究,其中只对叶的报道较为详细。本文通过光学显微镜和扫描电镜对3种米草茎秆结构进行了比较观察,试图提供一些对3种米草各方面深入研究的理论依据。

材 料 与 方 法

3种米草的制片材料,均取自从美国引栽在我校植物园里的盆栽植株。一律用第五、六叶片(以刚长出的新叶片为第一叶片向下计数)的叶鞘所包的节间,切取各节间的中段做横切面;另取各节间的上、中、下三段做离析表皮。分别用下列方法制片:

本文于1985年5月15日收到。

* 本工作蒙仲崇信教授指导;张德宁等同志代为摄影;扫描电镜拍摄承南京林学院电镜室李永敬和陈敏忠等同志协助,谨此致谢。

1. 石蜡法: 材料先用F.A.A.固定液固定, 按常规方法染色制片。

2. 离析法: ①用3:1的75%酒精与浓盐酸加少量氯酸钾晶体水浴加热, 离析互花米草和狐米草的茎秆表皮, 用1%结晶紫酒精溶液染色, 烘干, 用树脂胶封片。②用1:1的浓硝酸与水加少量氯酸钾晶体水浴加热, 离析大绳草的茎秆表皮, 其它程序用①。

3. 供扫描电镜观察的材料: 取各个种的新鲜茎秆中段, 通过临界点干燥法使样品干燥, 喷金进行观察。

观察结果

(一) 互花米草茎秆的结构

1. 表皮层: 表皮层由长细胞、短细胞、气孔器及盐腺组成〔图版I: 1〕。长细胞沿茎的长轴纵向排列, 平均长约89微米, 宽约13微米, 侧壁较厚, 呈微波状, 外壁具有圆形的单纹孔。短细胞有栓质细胞和硅质细胞两种〔图版I: 2〕。大部分栓质细胞呈扁方形, 少数近于方形。硅质细胞呈横向椭圆形或近于圆形, 但数量较少。一般单个栓质细胞与长细胞相间排列, 有时2—3个栓质细胞或者一个栓质细胞伴随一个硅质细胞与长细胞相间排列。短细胞的形状和排列方式很象大米草茎秆的表皮〔3〕。

气孔器和盐腺一般位于长细胞之间〔图版I: 1〕, 它们在表皮上无规律地分散排列。通常盐腺和气孔器总是相距不远, 气孔器周围的长细胞一般比其他长细胞短而宽, 侧壁波状, 外壁上的纹孔稍大而明显, 但与气孔器两端相连的长细胞端壁略微膨大并向内凹入〔图版I: 1〕, 位于盐腺两端长细胞的端壁逐渐变窄, 一端较大, 另一端较小, 并与两侧毗连的两个细胞的部分侧壁共同形成一个盐腺孔口〔图版I: 1〕。盐腺的形态结构和功能与唐氏米草 (*Spartina townsendii*) (7) 和大米草 (*Spartina anglica*) (4) 的盐腺相似, 均由一个小的帽细胞和一个大的基细胞组成〔图版I: 3〕。盐腺孔口近于圆形, 外径约11微米, 内径约6微米。扫描电镜下, 可见盐腺孔口三面隆起, 另一侧向着孔口逐渐凹陷, 盐腺位于其中〔图版I: 4〕。

气孔器和盐腺的数目均较少, 平均每平方厘米约有气孔器148个, 盐腺118个。从整个节间看, 节间上部气孔器和盐腺数目较多, 下部较少。

2. 内部结构〔图版I: 5〕: 互花米草茎秆的内部结构类似大米草〔3〕。从横切面观察, 表皮细胞呈扁平状, 外被角质层, 排列紧密, 只是在位于气道外方的气孔器和盐腺着生处中断〔图版I: 3〕。表皮层至气道外方有2—3层薄壁组织细胞。表皮层至气道与气道之间的部分是厚壁组织细胞。气道之间各有一个发育较好的维管束, 各维管束的大小不同, 其外围被几层直径较小而细胞壁木质化的厚壁组织所包围, 并向外延伸与表皮内方的厚壁组织相接。围绕气道的是一圈一般不木质化的薄壁组织。气道大而明显, 大小不等, 呈切向伸长。在气道内方有2—3层厚壁组织组成的纤维组织带, 细胞直径较小, 细胞壁木质化程度较弱。基本组织位于纤维带和髓腔之间, 其中分布着两圈维管束, 外圈维管束较小, 呈卵圆形, 有的外侧与纤维组织带相接, 内圈维管束较大, 呈橢

圆形，两圈维管束交错排列着。

(二) 狐米草茎秆的结构

1. 表皮层：在结构上类似互花米草〔图版Ⅱ：6〕。长细胞平均长约115微米，宽约10微米，侧壁波纹明显，外壁上的纹孔近于圆形，有规律地沿外壁两侧排列〔图版Ⅱ：6〕。栓质细胞与硅质细胞的形状及排列似互花米草，但硅质细胞的数目较多。通常节间上部的短细胞数目多，向下逐渐减少。

气孔器和盐腺的分布也与互花米草相似〔图版Ⅱ：1〕，但数目较多，平均每平方厘米约有气孔器509个，盐腺392个。气孔器往往几个成纵行排列，而盐腺单个分散排列在气孔器行之间或附近〔图版Ⅱ：7〕。盐腺孔口呈卵圆形〔图版Ⅱ：6〕，孔口外径平均长约11.7微米，宽约10.8微米，内径平均长约6.6微米，宽约5.9微米。

在扫描电镜下，可观察到盐腺孔口的形态似互花米草，孔口也是三面隆起，一边斜向孔口〔图版Ⅱ：7〕，这一边就是在光镜下所看到的盐腺孔口狭窄的一边。在表皮上还发现有毛和明显的硅质细胞〔图版Ⅱ：7〕。

2. 内部结构〔图版Ⅱ：8〕：表皮细胞的细胞壁高度角质化。表皮层里面至气道外方是几层薄壁组织细胞，紧接表皮之内偶尔有几个厚壁组织细胞。气孔器和盐腺一般着生在气道外方，紧接在气孔器和盐腺的里面，通常是含叶绿体较多的、排列疏松的薄壁组织细胞〔图版Ⅱ：8〕。表皮层至气道与气道之间的部位，靠近表皮层是1—2层薄壁组织，接着是直径较小的厚壁组织。再向内是一圈气道，气道的大小不同。气道之间的维管束发育正常，周围被几层厚壁组织所包围，大小相间排列，这些厚壁组织与气道内侧的厚壁组织相接，形成一个较厚的、波浪式的纤维组织带〔图版Ⅱ：9〕。纤维组织带和髓腔之间是基本组织，其中排列着两圈维管束，其分布形式与互花米草相似。

(三) 大绳草茎秆的结构

1. 表皮层：大绳草表皮细胞类型的组合与前两种相似〔图版Ⅲ：11〕。但长细胞的长度、宽度以及侧壁的波纹，因所在的部位不同而差异显著，气孔器和盐腺的分布很有规律。一般位于气道之间的长细胞平直，平均长约93微米，宽约7.6微米，侧壁较厚呈波状，外壁上纹孔为圆形，较小〔图版Ⅲ：11〕。而位于气道外方的长细胞，常呈弯曲状，平均长约76微米，宽约8.3微米，比气道之间外方的长细胞短而宽，侧壁呈粗波状，也较厚，外壁上的纹孔大而明显〔图版Ⅲ：11〕。栓质细胞与硅质细胞的形状和排列方式类似前两种。不过在气道之间和气道外方的表皮上，短细胞的数目不完全一样，前者较多，后者较少〔图版Ⅲ：11〕。

气孔器和盐腺有规律地发生在气道外方〔图版Ⅲ：12〕，形成明显的气孔带〔图版Ⅲ：13〕。气孔器的行数不等，一般节间中部较多，可达5—6行，上部次之，约1—3行，下部最少。气孔器行间距离不等，即使同一纵行气孔器之间的距离也不一致，有的一个长细胞两端各有一气孔器，有的中间隔几个长细胞〔图版Ⅲ：13〕。盐腺成纵行位于气孔器行之间，偶而也有单个盐腺着生于纵行气孔器之间。腺盐和气孔器的数目相当

多,平均每平方厘米约有盐腺899个,约有气孔器3732个。盐腺孔口呈纵向椭圆形〔图版Ⅲ:11, 14〕, 外径平均长约14.4微米, 宽约10.3微米, 内径平均长约8.7微米, 宽约6.3微米。若在气道与气道之间有小气道发生, 则在小气道外方往往也会有盐腺或气孔器形成。在扫描电镜下观察到明显的气孔带和分布在气孔带之间的盐腺, 盐腺孔口四边平整无隆起, 近于圆形的硅质细胞特别明显〔图版Ⅲ:13, 14〕。

在表皮上还发现有毛, 但并不是有规律地发生在整个表皮上〔图版Ⅲ:14〕。

2. 内部结构〔图版Ⅲ:15〕: 表皮细胞的外壁很厚, 径向壁和内切向壁较薄, 细胞腔较小, 排列紧密。紧接表皮的一层细胞较小, 细胞壁轻微木质化。再向内的组织结构由于所在的部位不同而异。表皮层至气道外方, 一般是排列规则的薄壁组织, 惟在气孔器和盐腺的内方, 薄壁组织排列疏松, 其中含有较多的叶绿体〔图版Ⅲ:10〕。这些薄壁组织细胞与围绕气道的一圈薄壁组织细胞相连接。表皮层至气道与气道之间的细胞, 一般较小, 细胞壁木质化, 其中分布着若干小维管束, 偶而还有小气道发生〔图版Ⅲ:16〕。一圈大气道都呈卵圆形, 径向伸长。围绕气道的一圈薄壁组织, 其外围被数层厚壁组织细胞所包围。气道与气道之间的间隔不一致, 宽的间隔中央通常具有一个较大的维管束, 发育完备, 但有的维管束偶而成侧向排列〔图版Ⅲ:17〕, 窄的间隔中央没有维管束出现, 而在间隔的两端各具一维管束〔图版Ⅲ:15〕。气道内方是几层厚壁组织细胞, 有时与间隔窄的相邻气道内方的厚壁组织形成连续的纤维组织带, 或由于间隔宽而中断。纤维组织带之内是基本组织, 其中排列着几圈维管束, 维管束的圈数以茎秆的粗细而定, 在较粗的茎秆中, 基本组织层数较多, 维管束的圈数也多, 有的可达四圈, 而在较细的茎秆中, 基本组织层数少, 维管束只有两圈交错排列〔图版Ⅲ:15〕。

讨 论

互花米草、狐米草和大绳草都是耐盐和耐淹的泌盐盐生植物(其中, 大绳草耐淹性较低, 耐盐程度也较前两种稍差)。但它们对生境的适应是有差异的。互花米草适于生长在平均低潮位到平均高潮位之间的宽广潮间带; 狐米草适于生长在平均高潮位到特大潮位之间; 大绳草则主要分布在高潮位以上的高滩^[9]。因而, 反映在它们的茎秆结构上, 也有或多或少的区别, 有共性也有个性。

从表皮结构的表面观, 3种米草茎秆表皮的组成, 除了长细胞和短细胞(栓质细胞和硅质细胞)之外, 均有盐腺和气孔形成。但各个种的盐腺和气孔器的数目不同, 以互花米草为最少, 大绳草较多, 狐米草介于二者之间。盐腺和气孔器在表皮上的分布形式, 互花米草和狐米草较为相似, 都是无规律地分散排列, 而大绳草却形成有规律的气孔带, 纵向排列的盐腺与气孔器行交错排列。由切面观, 它们的气孔器和盐腺主要分布在气道外方, 利于蒸腾作用和泌盐作用。盐腺不仅有泌盐作用, 用时也起到维持水分平衡的作用^[5]。

在内部结构上看, 3种米草的茎秆内都有一圈发育良好的气道, 各个种的气道大小不同。气道之间的维管束, 一般是大小相间排列。而大绳草除了气道之间的维管束之

外,在气道之间的外方,还有若干个小维管束,且在这个部位偶而还有小气道形成。紧接气道内侧有一圈纤维带,纤维带发育的程度,三个种是不一致的。以互花米草的纤维带最不明显;大绳草较厚也较显著,组成它的厚壁组织细胞小而数量多;狐米草的纤维带特别厚而明显,组成它的厚壁组织细胞大且壁厚。说明后两种的机械组织较为发达。

从上述的一些结构特点,可以看出三者都具有发育良好的气道,有利于气体交流,属于水生、湿生植物的结构特性,也是适应耐淹的特征。而盐腺和气孔器数目的多少,机械组织发育的程度以及维管束的增多,同样也是由于生境的差异而反映出的特性。因为在不同的潮间带中,最显著的生态因子是水分条件和含盐量的不同,导致3种米草在长期适应过程中,它们的形态结构往往不是向旱生变化,就是向湿生变化,当然与温度、湿度以及光照等因子也是相关的。因此,大绳草的盐腺和气孔器数目多,机械组织发达,维管束增多,都是趋向旱生的特性,而互花米草则是趋向于水生、湿生的特性,狐米草介于二者之间。

这些事实不仅说明植物的形态结构是依环境为转移的,而且也说明盐生的形态结构和旱生的形态结构是可以结合在一起的。当生境中的干燥程度愈是增加的时候,盐生植物就愈是具备了旱生的形态结构。这当然也是由于与它们的生理状态相合的结果^[2]。

3种米草因地制宜地栽培于不同潮间带,使滩面自下而上形成坚实的草滩,既可以起到消浪缓流、保滩护堤的作用,也可以根据它们的结构特点因地制宜地加以利用。

参 考 文 献

- (1) 王慧姬、周鸿彬、宋蓉君等, 1979: 大米草生物学特性(I)叶解剖结构的初步观察。南京大学学报(自然科学版), 3: 45-52.
- (2) 何景, 1959: 植物生态学。高等教育出版社, 北京.
- (3) 宋蓉君、窦润禄, 1982: 大米草生物学特性II、茎秆和叶鞘的解剖结构。南京大学学报(自然科学版), 1: 111-116.
- (4) 周鸿彬、蒋虎祥、窦润禄, 1982: 大米草(*Spartina anglica* Hubbard)盐腺的形态结构。植物学报, 2: 115-119.
- (5) Anderson, C.E., 1974: A review of structure in several North carolina salt marsh plants. In Ecology of halophytes (Eds. R.I.Reimold and W.H.Queen), Academic press, New York, 307-343.
- (6) Metcalfe, C.R., 1960: Anatomy of the Monocotyledons I, Gramineae. Clarendon press, Oxford.
- (7) Skelding, A.D. and Winterbotham, J., 1939: The structure and development of hydathodes of *Spartina townsendii* Groves. New Phytol., 38: 69-79.
- (8) Sutherland, G.K. and A. Eastwood, 1916: The physiological anatomy of *Spartina townsendii*. Annals of Bot. 30: 333-351.
- (9) Woodhouse, W.W. Jr., 1979: Building salt marshes along the coasts of the continental United States, U.S Army, Corps of Engineers, coastal Engineers research center, Special report 4.

AN ANATOMICAL STUDY ON THE CULM OF SPARTINA ALTERNIFLORA, S. PATENS AND S. CYNOSUROIDES

Song Rongjun and Dou Runlu

(Department of Biology, Nanjing University, Nanjing)

Abstract

The epidermis of culm of *S. alterniflora*, *S. patens* and *S. cynosuroides* is all made up of long cells, short cells (cork cells and silica cells), salt glands and stomatal apertures. They are arranged alternately in longitudinal rows. The structure of salt glands is similar to that of *S. anglica*. But the number of the salt glands and the stomatal apparatus is different in these three species, especially, they are more abundant in *S. cynosuroides* than the others. Their internal structures consist of air passages, vascular bundles of various size, ground tissues and sclerenchyma. However, the number of vascular bundles and the development of sclerenchyma are not uniform with each other. Both of *S. patens* and *S. cynosuroides* have highly lignified sclerenchyma cells. In contrast, the sclerenchyma cells in *S. alterniflora* have little lignification. The vascular bundles of *S. cynosuroides* are more than the others.

Key words: *Spartina alterniflora*, *S. patens*, *S. cynosuroides*

图版说明

图版 I

1—5. 互花米草茎秆的结构: 1. 表皮正面观, 示表皮的结构。2. 表皮局部放大, 示长细胞, 栓质细胞和硅质细胞。3. 部分茎秆横切面, 示盐腺切面观。4. 扫描电镜下, 盐腺表面观。5. 扫描电镜下, 茎秆横切面。L. 长细胞; co. 栓质细胞; si. 硅质细胞; st. 气孔; gl. 盐腺; c. 帽细胞; b. 基细胞; vb. 维管束; ap. 气道; sc. 厚壁组织。

图版 I

6—9. 狐米草茎秆的结构: 6. 表皮正面观, 示表皮的结构。7. 扫描电镜下, 表皮正面观, 示盐腺, 气孔和毛。8. 茎秆局部放大, 示盐腺和气孔切面观。箭头示盐腺和气孔。9. 扫描电镜下, 部分茎秆横切面。10. 大绳草茎秆横切面的一部分, 箭头示盐腺。L. 长细胞; co. 栓质细胞; si. 硅质细胞; st. 气孔; gl. 盐腺; c. 帽细胞; b. 基细胞; vb. 维管束; ap. 气道; sc. 厚壁组织; h. 毛。

图版 II

11—17. 大绳草茎秆的结构: 11. 表皮正面观, 示表皮的结构。12. 扫描电镜下, 茎秆的横切面, 示气孔带的位置。13. 扫描电镜下, 表皮正面观, 示气孔带。14. 扫描电镜下, 盐腺, 气孔和毛的正面观。15. 扫描电镜下, 部分茎秆横切面。16. 茎秆横切面的一部分, 示两个大气道之间的小维管束和小气道。17. 茎秆局部放大, 示气道之间的维管束侧向排列。L. 长细胞; co. 栓质细胞; si. 硅质细胞; st. 气孔; gl. 盐腺; vb. 维管束; ap. 气道; s.ap. 小气道; s.vb. 小维管束; sc. 厚壁组织; h. 毛。

Explanation of plates

Plate I

Figs. 1—5. The structure of the culm of *Spartina alterniflora*. Fig. 1. A surface view of the epidermis, showing the structure of epidermis. Fig. 2. The partial magnification of epidermis, showing long cells, cork cells and silica cells. Fig. 3. Transverse section of a portion of the culm, showing transverse view of the salt gland. Fig. 4. A surface view of the salt gland revealed by SEM. Fig. 5. Transverse section of the culm revealed by SEM. L. long cell; co. cork cell; si. silica cell; gl. salt gland; st. stoma; c. cap cell; b. basal cell; vb. vascular bundle; ap. air-passage; sc. sclerenchyma.

Plate I

Figs. 6—9. The structure of the culm of *Spartina patens*. Fig. 6. A surface view of epidermis, showing the structure of epidermis. Fig. 7. A surface view of epidermis revealed by SEM, showing salt gland, stoma and hair. Fig. 8. The partial magnification of the culm, showing transverse section of the salt gland and stoma. The arrow indicates them. Fig. 9. Transverse section of a portion of the culm revealed by SEM. Fig. 10. A part of transverse section of the culm of *Spartina cynosuroides*. The arrow indicates salt gland. L. long cell; co. cork cell; si. silica cell; st. stoma; gl. salt gland; c. cap cell; b. basal cell; vb. vascular bundle; ap. air-passage; sc. sclerenchyma; h. hair.

Plate II

Figs. 11—17. The structure of the culm of *Spartina cynosuroides*. Fig. 11. A surface view of epidermis, showing the structure of epidermis. Fig. 12. Transverse section of the culm revealed by SEM, showing the location of stomatal band. Fig. 13. A surface view of epidermis revealed by SEM, showing stomatal band. Fig. 14. A surface view of the salt gland, stoma and hair revealed by SEM. Fig. 15. Transverse section of a portion of the culm revealed by SEM. Fig. 16. A part of transverse section of the culm, showing small vascular bundles and small air-passage between two large air-passages. Fig. 17. A partial magnification of the culm, showing the lateral arrangement of the vascular bundle between air-passages. L. long cell; co. cork cell; si. silica cell; st. stoma; gl. salt gland; vb. vascular bundle; ap. air-passage; s. ap. small air-passage; s. vb. small vascular bundle; sc. sclerenchyma; h. hair.





