



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十一五”国家重点图书出版规划项目



ZHONGGUO BINHAI SHIDI
MICA O YANZHAO
SHENGTAIXITONG YU GUANLI

中国滨海湿地 米草盐沼生态系统与管理

关道明 主编



海洋出版社

中国滨海湿地米草盐沼 生态系统与管理

关道明 主编

海洋出版社

2009年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

中国滨海湿地米草盐沼生态系统与管理/关道明主编. —北京:
海洋出版社, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7370 - 0

I. ①中… II. ②关… III. ①滨海盐土 - 盐沼泽 - 牧草 - 生态系统 - 研究 - 中国
IV. ①S553②P942. 078

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 214365 号

责任编辑: 王 溪

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

开本: 889 mm × 1194 mm 1/16 印张: 11.25

字数: 320 千字 定价: 65.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《中国滨海湿地米草盐沼生态系统与管理》

编写人员名单

主 编 : 关道明

副 主 编 : 刘长安 左 平 钦 佩

编 者 : 刘长安 左 平 钦 佩

关道明 张利权 王化登

姜 洋 张世宇 丛丕福

序

Preface

米草属植物,是一种适宜于淤泥质海滩潮间带中上部生长的耐盐耐淹植物。该属植物为多年生草本植物,隶属于禾本科虎尾草族,于1879年由 Schreber 命名,全球共有15个种,属 C_4 植物。米草属植物在其原产地是盐沼中的常见优势种,在生态系统中具有重要的生态功能。

基于保滩护岸、促淤造陆、改良土壤和绿化海滩的目的,我国自1963年以来,先后从国外引进了4种米草属植物,分别是大米草(*Spartina anglica*)、互花米草(*Spartina alterniflora*)、狐米草(*Spartina patens*)和大绳草(*Spartina cynosuroides*)。目前,大米草在我国海岸带种植后退化非常严重,仅在辽宁、山东、江苏、广东等地发现有少量群丛存活。而互花米草在我国海岸带的分布面积达34 451 hm^2 ,分布范围北起辽宁,南达广西,覆盖了除海南岛、台湾岛之外的全部沿海省份,以江苏海岸分布最广,促淤效果显著。大绳草和狐米草耐盐性较差,并没有在海滩大面积种植。

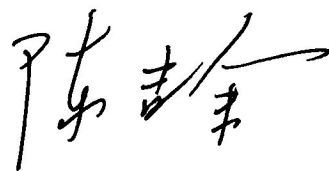
米草属植物引种40余年来,对我国沿海潮滩的保滩护岸、促淤造陆、改良土壤以及绿化海滩和改善海滩生态环境起到了积极的作用。米草的引种将我国沿海的许多淤泥质潮滩从不毛之地变为海滩绿地。与此同时,米草植物资源的开发利用、深度加工以及耐盐基因的提取、耐盐作物的培养等应用研究也取得了一系列的研究成果。还需看到,互花米草具有高速吸收 CO_2 的能力,在国际上称之为“炭汇”,在当前节能减排中,有着重要意义。

但是,互花米草的引入在有些海岸对本土生物及其生存环境产生了一定的冲击,因而被一些国家或地区列入入侵物种名单。我国国家环保总局和中国科学院于2003年把上海(崇明岛)、浙江、福建、广东、香港引种的互花米草列入中国第一批外来入侵物种名单,认为互花米草的危害主要集中于减少生物多样性、淤塞河道、引起水体富营养化等几个方面。

我国海岸线漫长,纬度跨度大,海岸地形地貌复杂,动力条件差异显著,互花米草在我国不同的地区也表现出不同的生态功能。在有的海岸正面效应显著,有的海岸存在负面影响。至今,有关互花米草的正负效应,即利与弊因需不同、观点差异,仍有较大的争议。因此,评价引种互花米草对生态系统的影响要客观公正和因地制宜,要从整体上对互花米草

自引种以来的所有研究有一个全面的把握,对在我国不同区域所生产的生态效应与当地自然条件的相互关系有一个明确的认识,从而为更好地管理互花米草盐沼提供科学依据。

该书的作者从学者的角度出发,以求科学、客观、一分为二的视角认识问题,分析问题,并指明了进一步研究我国米草属植物的方向。在以后的研究中,应加强对互花米草作为外来物种对区域性的环境影响方面的系统综合研究,例如互花米草对潮流动力、沉积特征、地貌变化、生态系统以及生物多样性等方面的影响研究,以便用科学客观的态度认识这一外来物种对我国滨海湿地环境的综合影响,为进一步开发利用互花米草打下更加坚实的基础。



2009年7月6日

前言

Foreword

滨海湿地是单位面积上生态服务价值最高的生态系统类型之一,但也是极易被外来生物入侵的一种生境类型。米草属植物广泛分布于世界许多国家的沿海地区,由于人类的有意引入或无意带入,现在已成为全球海岸盐沼生态系统中最主要的外来物种之一。我国自1963年以来先后从国外引进了4种米草属植物,它们是大米草(*Spartina anglica*)、互花米草(*Spartina alterniflora*)、狐米草(*Spartina patens*)和大绳草(*Spartina cynosuroides*)。现今,互花米草在我国海岸带的分布面积达34 451 hm²,分布范围北起辽宁,南达广西,覆盖了除海南岛、台湾岛之外的全部沿海省份。

尽管米草属植物的引种对保滩护岸和促淤造陆具有较大的正面效益,但也产生了一定的负面影响。2003年初,国家环保总局公布了首批入侵我国的外来入侵物种名单,互花米草作为唯一的海岸盐沼植物名列其中。但互花米草的危害有没有达到这一严重程度,目前引起很大争议。

客观上,中国需要编写一部权威的有关米草属植物的著作,为制定和实施有关米草属植物的国家战略和对策、指导有关米草属植物的科学研究和技术创新、促进滨海湿地的可持续发展提供科技支撑。为此,2005年,国家海洋局近海海洋综合调查与评价项目(“908”专项)对我国滨海湿地米草属植物进行了全国现状调查。在此成果的基础上,我们系统地总结当前国内外米草属植物的研究进展,集成了40年来有关米草属植物的研究成果,编写成本书。通过本书,全面系统地将有关米草属植物的知识介绍给读者,给未来的研究者、管理者提供参考。

本书共分7章,主要内容依次是:米草属植物生物学与生态学特性;米草盐沼湿地生态系统的组成与生物多样性;米草盐沼湿地生态系统的物质循环与能量流动;米草属植物对滨海湿地生态系统的影响;米草属植物的综合利用;中国滨海湿地米草属植物的分布;米草属植物的管理对策分析。

需要特别指出的是,由于互花米草的分布覆盖面很广,几乎涉及到中国的整个海岸带,详细调查具有一定的难度。因此,相关的专家、同行以及关注米草属植物的朋友们对该项调查所提供的大量的数据信息,为该项调查的完成起到至关重要的作用。他们分别是 Dr. Winne Kwok(郭碧

雲)以及她所在的工作单位 Agriculture, Fisheries and Conservation Department of the HKSAR(香港渔农理事署)提供了香港米草属植物分布精确的定位数据和信息;Dr. Lee Tsai - Ming(李载鸣)提供了台湾米草属植物分布的数据;Mr. Leung Va(梁华)提供了澳门米草属植物分布的数据;天津水利科学研究院曹大正先生、王银生研究员,南开大学生命科学学院教授唐廷贵先生提供了米草属植物在天津、河北分布的数据;广西红树林研究中心主任范航清研究员提供了米草属植物在广西分布的数据;南京大学生命科学学院卓荣宗教授提供了早期向国内相关单位提供互花米草种子的数据信息。国家海洋环境监测中心张丰收研究员为本书提供了黄河三角洲互花米草卫星遥感分布图片。

本书的出版得到我国近海海洋综合调查与评价(“908”专项)“我国近海海域赤潮灾害、海洋病原生物和外来生物入侵灾害调查与评价”(908-01-ZH3)、“中国滨海湿地”(908-ZC-II-03)及国家自然科学基金项目“双齿围沙蚕对互花米草盐沼湿地的生物地球化学影响”(40606025)的支持。

本书由各位编者分工撰写,具体分工如下:第1章由关道明、刘长安、王化登、左平编写,第2章由刘长安、王化登编写,第3章由左平、刘长安编写,第4章由左平、姜洋、刘长安编写,第5章由钦佩、刘长安、张世宇、王化登编写,第6章由刘长安、左平、张利权、丛丕福编写,第7章由刘长安、张利权、关道明、钦佩编写。由于时间仓促、作者能力有限,书中不免会有欠妥之处,恭请读者不吝斧正。

编 者

2009年7月1日于大连

目次

中国滨海湿地米草盐沼生态系统与管理

第1章 米草属植物生物学与生态学特性	(1)
1.1 米草属植物生物学特性	(1)
1.1.1 大米草的生物学特性	(3)
1.1.2 互花米草的生物学特性	(6)
1.1.3 狐米草的生物学特性	(6)
1.1.4 大绳草的生物学特性	(8)
1.2 米草属植物的生态学特性	(8)
1.2.1 C_4 植物	(8)
1.2.2 耐淹性	(9)
1.2.3 广盐性	(9)
1.2.4 适应性	(10)
1.2.5 繁殖能力强	(11)
1.2.6 遗传特性	(13)
1.2.7 种群快速扩张和暴发	(14)
1.3 米草属植物在我国滨海湿地的引种	(14)
第2章 米草盐沼湿地生态系统的组成与生物多样性	(16)
2.1 米草盐沼湿地生态系统的组成	(16)
2.2 米草盐沼湿地生态系统的生物多样性	(19)
2.2.1 微生物群落组成与多样性	(19)
2.2.2 浮游植物群落组成与多样性	(21)
2.2.3 浮游动物群落组成与多样性	(22)
2.2.4 底栖生物群落组成与多样性	(24)
2.2.5 昆虫群落组成与多样性	(27)
2.2.6 鸟类群落组成与多样性	(28)

第3章 米草盐沼湿地生态系统的物质循环与能量流动	(31)
3.1 米草盐沼湿地生态系统的物质循环	(31)
3.1.1 物质循环	(31)
3.1.2 元素循环	(33)
3.2 米草盐沼湿地生态系统的能量流动	(37)
3.2.1 盐沼湿地的能量流动模型	(38)
3.2.2 案例:江苏盐城盐沼湿地生态系统的能量流动	(40)
第4章 米草属植物对滨海湿地生态系统的影响	(43)
4.1 米草属植物的贡献	(43)
4.1.1 促淤造陆	(44)
4.1.2 防风抗浪	(48)
4.1.3 改良土壤	(49)
4.1.4 净化环境	(50)
4.1.5 直接与间接经济效益	(50)
4.2 米草属植物的危害	(51)
4.2.1 危害生物多样性	(52)
4.2.2 淤塞河道	(55)
4.2.3 引起水体富营养化	(56)
4.3 米草盐沼湿地生态服务功能评价	(57)
4.3.1 生态系统服务及功能	(57)
4.3.2 案例:米草盐沼湿地生态系统服务功能及其生态经济价值 评估	(58)
4.4 米草盐沼湿地的生态效应评价	(60)
4.4.1 外来物种入侵风险评价体系	(60)
4.4.2 互花米草入侵风险的生态效应评价	(62)
第5章 米草属植物的综合利用	(66)
5.1 米草属植物的传统利用	(66)
5.1.1 食品	(66)
5.1.2 有机肥料、燃料和草蓆材料	(66)
5.1.3 生物饲料	(67)
5.1.4 香菇栽培	(69)
5.1.5 造纸原料	(69)
5.2 米草属植物的深度开发利用	(70)
5.2.1 互花米草复合降脂胶囊	(70)
5.2.2 互花米草总黄酮	(71)

5.2.3 互花米草饲用着色剂	(72)
5.2.4 互花米草特种水产饲用添加剂	(74)
5.2.5 互花米草厌氧发酵	(77)
5.2.6 远缘杂交水稻	(85)
5.2.7 其他深度开发利用	(93)
第6章 中国滨海湿地米草属植物的分布	(94)
6.1 米草属植物的分布现状	(94)
6.1.1 调查方法	(94)
6.1.2 米草属植物的分布	(95)
6.2 互花米草的潜在分布区预测	(115)
6.2.1 互花米草的适宜生态位	(115)
6.2.2 江苏盐城国家级自然保护区核心区大米草与互花米草的 定植与扩散	(119)
6.2.3 长江口地区互花米草的定植与扩散——以上海九段沙 为例	(124)
6.2.4 黄河口互花米草盐沼湿地的演化过程	(130)
第7章 米草属植物的管理对策分析	(136)
7.1 米草属植物的控制	(136)
7.1.1 互花米草的物理防治	(136)
7.1.2 互花米草的化学防治	(141)
7.1.3 互花米草的生物防治	(142)
7.1.4 互花米草的生物替代	(142)
7.1.5 互花米草的综合防治	(144)
7.1.6 本土植物的化感作用防治互花米草	(144)
7.2 米草属植物的综合管理	(146)
7.2.1 法律法规建设	(146)
7.2.2 管理体系建立	(147)
7.2.3 制定经济政策	(147)
7.2.4 加强米草属植物扩散的预测	(147)
7.2.5 重大防治工程规划	(148)
7.2.6 因地制宜控制米草入侵	(148)
7.2.7 实施专项技术发展规划	(149)
7.2.8 全面开展米草属植物的普查与安全性考察	(149)
7.2.9 建设完整的数据库系统及其信息共享平台	(149)
7.2.10 建立检测预警网络体系与技术平台	(150)

7.2.11	成立相应的科研机构、加强人才培养	(150)
7.2.12	增进国际交流与合作	(150)
7.2.13	加强宣传、强化阻止外来有害生物入侵意识	(151)
参考文献		(152)

第1章 米草属植物生物学与生态学特性

1.1 米草属植物生物学特性

米草属植物 (*Spartina*) 起源于北美大西洋沿岸, 隶属于禾本科虎尾草族, 该属于 1879 年由 Schreber 命名, 全球共有 15 个种, 均为多年生耐盐植物 (Mobberley, 1956)。米草属植物其染色体数目表明该属物种为多倍体起源。该属植物均为多年生草本植物, 属 C_4 植物, 均具有一定的耐盐、耐淹能力, 多生活在海岸、河口区域或者内陆的盐沼。米草属植物在其原产地是盐沼中的常见优势种, 在生态系统中具有重要的生态功能 (Currin et al., 1995; Odum et al., 1967; Simenstad et al., 1995; Simenstad et al., 1995; Weinstein et al., 2000)。米草属植物与其周围环境一起被称为盐沼植物群落, 为海洋三大高等植物群落之一 (林鹏, 2006)。由于无意带入或有意引种, 米草的一些物种已被传到世界许多区域。从扩散情况来看, 有 7 种米草被认为具有很强的入侵性 (Daehler et al., 1996)。

米草属植物现存 15 种, 非杂交种共 12 种, 分别是互花米草 *S. alterniflora* Loisel., 阿根廷米草 *S. argentinensis* Parodi [= *S. spartinae* Trin. (Mobberley, 1956)], *S. arundinacea* (Thouars) Carmich., *S. bakeri* Merr., *S. ciliata* Brongn., 大绳草 *S. cynosuroides* (L.) Roth, 密花米草 *S. densiflora* Brongn., 叶米草 *S. foliosa* Trin., *S. gracilis* Trin., 欧洲米草 *S. maritima* (Curtis) Fern., 狐米草 *S. patens* (Aiton) Muhl., *S. pectinata* Bosc ex Link; 杂交种有 3 种, 分别是唐氏米草 *S. × townsendii* H. & J. Groves, 大米草 *S. anglica* C. E. Hubbard 和 *S. × neyrautii* Foucaud (王卿等, 2006)。

米草属植物现存的 15 种植物的染色体数目及其他一些特性见表 1-1, 系统发育关系如图 1-1 (王卿等, 2006)。

表 1-1 米草属植物的生物和生态学特征比较
(Mobberley, 1956; Daehler et al., 1996; Baumel et al., 2002)

物种	染色体数目 ($2n$)	已知入侵性	生境	原产地
互花米草 <i>S. alterniflora</i> Loisel.	62	+	潮间带	南、北美大西洋沿岸
大米草 <i>S. anglica</i> C. E. Hubbard	120, 122, 124	+	潮间带	英国

续表

物种	染色体数目 ($2n$)	已知入侵性	生境	原产地
阿根廷米草 <i>S. argentinensis</i> Parodi	40		海滨, 陆生	南、北美大西洋沿岸
<i>S. arundinacea</i> (Thouars) Carmich.	40		潮间带	南大西洋和印度洋
<i>S. bakeri</i> Merr.	40		低盐度或淡水湖	美国佛罗里达、乔治亚州
<i>S. ciliata</i> Brongn.			潮间带	南美大西洋沿岸
大绳草 <i>S. cynosuroides</i> (L.) Roth	40		低盐度	北美大西洋沿岸
密花米草 <i>S. densiflora</i> Brongn.	60	+	潮间带高程较高地带	南美南部
叶米草 <i>S. foliosa</i> Trin.	60		潮间带	北美太平洋沿岸
<i>S. gracilis</i> Trin.	42		碱水湖岸	北美内陆
欧洲米草 <i>S. maritima</i> (Curtis) Fern.	60	+	潮间带	欧洲
<i>S. × neyrautii</i> Foucaud	62		潮间带	法国西南沿岸
狐米草 <i>S. patens</i> (Aiton) Mu- hl.	28, 35, 42	+	潮间带高程较高地带	北美大西洋沿岸
<i>S. pectinata</i> Bosc ex Link	42, 70, 84		低盐度, 陆生	北美中部内陆, 大西洋沿岸
唐氏米草 <i>S. × townsendii</i> H. & J. Groves	62	+	潮间带	英国

目前, 在我国引种的四种米草属植物分别是大米草、互花米草、狐米草和大绳草, 下面就这四种植物的生物学特性作一简要介绍。

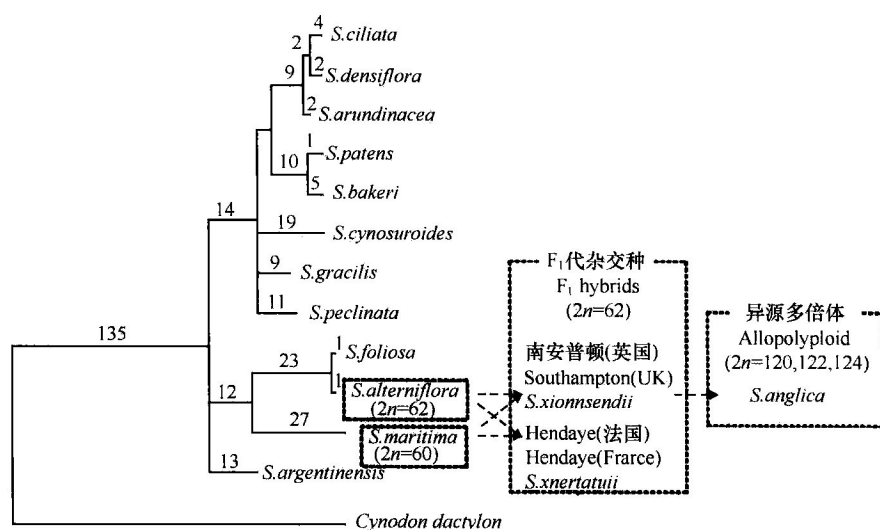


图 1-1 米草属植物的系统发育关系

(Baumel et al., 2002, 2003; Ainouche et al., 2004; 王卿等, 2006)

1.1.1 大米草的生物学特性

大米草天然分布于英国南海岸，共有两个种，一为不育种（*Spartina townsendii* H. & J. Groves），一为结籽种（*Spartina anglica* C. E Hubbard）。Foucaud（1897）根据形态学特征推论大米草是以欧洲米草 [*Spartina maritima* (Curtis) Fernald] 为父本、美洲互花米草 (*Spartina alterniflora* Loisel) 为母本的天然杂交种（仲崇信，1985）。大米草的两个种长期以来一直未能分清，直到 20 个世纪 50 年代，才明确此两种大米草的独立存在。Hubbard 于 1968 年将结籽种正式命名为 *Spartina anglica* C. E Hubbard。从此明确了两种米草的学名。我国引种的大米草为结籽种（图 1-2）。从生境来说，结籽种的分布高程低于不育种，但单位面积株数要少于不育种。结籽种的生活力比不育种旺盛，因而分布也更广，向海水方向或潮水沟均有分布。

大米草茎秆直立、坚韧、不易倒伏。基部腋芽可萌发新蘖和生出地下茎，在土层中横向生长，然后弯曲向上生长，形成新株。根状茎形似根，具有不明显的节和节间，节上有鳞片状退化的叶，其内方有腋芽，同时节上生有不定根。其地下部分由短而细的须根和长而粗的根状茎组成，根系发达，通常密布于 0~30 cm 的滩涂中。地下茎多节，单棵植株可向周围延伸 1~2 m（图 1-3），从而形成发达的根系。大米草根的表皮细胞壁薄，不角质化，通过薄的表皮吸收水分和无机盐，在长期的适应过程中不形成具有转移吸收功能的根毛结构。

大米草根状茎的表皮由一层薄壁细胞组成，但这种薄壁细胞与地上茎的结构存在很大差异，在节间的薄壁组织里分布着许多大型孔隙——气腔，它是大米草长期适应在淹水条件下生活形成的良好的通气组织。另外，散生在基本组织中的维管束小、数量少、髓腔大等结构特点，也是与大米草长期在淹水条件下生活的习性相适应的。相反，大米草的地上茎则髓腔较小，茎秆壁较厚，机械组织发达，维管束多且在每个维管束外面有厚壁组织组成的维管束鞘包围，表皮组织木栓化或硅化，紧靠表皮的基层薄壁组织分化成波浪状分布的厚壁组织，

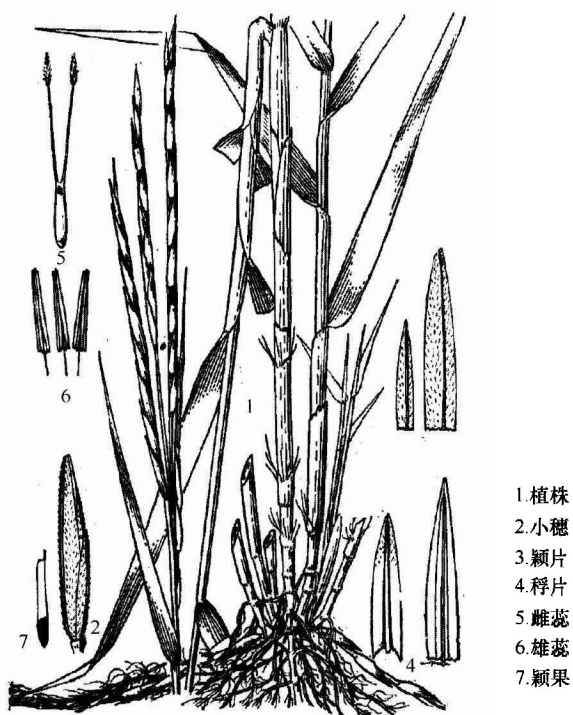


图 1-2 大米草 *Spartina anglica* Hubbard. Grass
(张迦得绘, 1990)

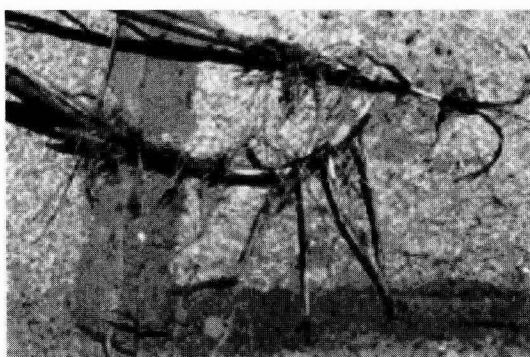


图 1-3 大米草地下茎
(生物秀, 2005)

这些结构特点又使得大米草的抗倒伏能力高, 适应性更强。

大米草叶鞘大多长于节间, 无毛, 基部叶鞘常撕裂成纤维状而宿存; 叶舌长约 1 mm, 具有长约 1.5 mm 的白色纤毛; 叶片线形, 先端渐尖, 基部圆形, 两面无毛, 长约 20 cm, 宽 8~10 mm, 中脉在上面不显著。大米草的幼叶中通气组织也比较发达, 这与其最初生长在海水的环境中相适应。长成的叶互生, 叶披针形, 叶色呈浅绿色, 叶被有暗绿色蜡质光泽, 叶舌具一圈细密纤毛, 为等面叶。表皮细胞较小, 其上分布有大量毛孔, 孔下室较小。表皮细胞的外壁含有大量硅质并具有大量乳状突起 (图 1-4), 使水分不易透入, 突起的相连处分布有泡状细胞或运动细胞。

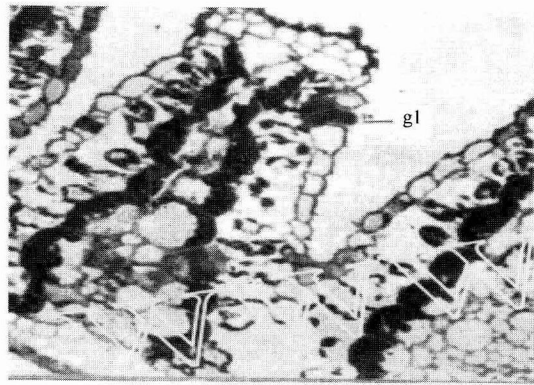


图1-4 叶片横切面，示近轴面盐腺位置×480
(周鸿彬, 1982)

大米草的叶被面有盐腺（图1-5），盐腺有一个帽细胞、一个基细胞和周围细胞构成，基细胞和周围细胞间有通道相通，根吸收的盐分大部分由这里排出体外。大米草为泌盐植物，通过泌盐腺将体内吸收的盐分排出体外，从而避免盐分积聚在体内。这是其在漫长的生长过程中与环境形成的生境适应性密切相关的。

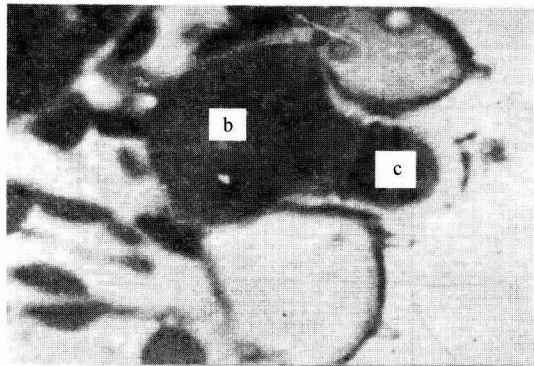


图1-5 盐腺放大
b. 基细胞×2400; c. 帽细胞 (周鸿彬, 1982)

大米草为圆锥花序（图1-6），穗状花序长7~11 cm，劲直而靠近主轴，先端常延伸成芒刺状，穗轴具3稜，无毛，2~6枚总状着生于主轴上；小穗单生，长卵状披针形，疏生短柔毛，长14~18 mm，无柄，成熟时整个脱落；第一颖草质，先端长渐尖，长6~7 mm，具1脉；第二颖先端略钝，长14~16 mm，具1-3脉；外稃草质，长约10 mm，具1脉，脊上微粗糙；内稃膜质，长约11 mm，具2脉；花药黄色，长约5 mm，柱头白色羽毛状；子房无毛。颖果圆柱形，长约10 mm，光滑无毛，胚长达颖果的1/3。染色体 $2n = 120, 122, 124, 126, 127$ ，通过以美国互花米草为母本、欧洲米草为父本杂交得到第一代后，再进行染色体加倍形成的四倍体植物。5—11月陆续开花，0—12月结实，结实率低。成熟种子易脱落，无休眠期，可被潮水漂流扩散至远近各处。种子失水即死，故主要用分株进行无性繁殖。