

江苏沿海互花米草(*Spartina alterniflora*) 盐沼的形成过程*

张忍顺 沈永明 陆丽云 燕守广 王艳红 李加林 张正龙

(南京师范大学海洋及滩涂研究所 南京 210097)

(南京晓庄学院地理科学学院 南京 210017)

提要 选取江苏沿海的 3 个典型岸段,在 2000—2001 年进行了野外地貌沉积及植被调查,并进行了地形高程测量;选用了 1985—2001 年间 7 个时相的 TM 卫星影像资料,追踪了江苏互花米草盐沼形成的过程。结果表明,在移栽后的 5—6 年内,互花米草植被扩散缓慢,主要为立地扎根,走茎蔓延。在 TM 影像可以计量的规模上,互花米草植被在裸滩上的扩散可以分为三个阶段:第一阶段为 1993—1996 年,随着面积逐渐增大,草仔数量明显增加,年扩展率逐渐扩大,到 1996 年,平均年扩展率已达 30%。第二阶段为 1996—1999 年的 3 年间,互花米草人工盐沼的面积迅速扩大,年扩展率平均为 43%。第三阶段为 1999 年以后,平均年扩展率迅速减小,为 10%,预计还要减缓,最后,待原有潮滩生态位长满后,与滩涂自然淤长速率相应。

关键词 互花米草,盐沼,江苏沿海,淤泥质海岸

中图分类号 P736

互花米草(*Spartina alterniflora* Loisel)是继大米草(*Spartina anglica* Hubbard)引入我国后,于 1979 年 12 月从美国引进的又一适宜在广阔滩面生长的耐盐耐淹的多年生草本植物。

近年来,互花米草对我国沿海的生态稳定与平衡产生了深远的影响。目前,互花米草已分布到我国沿海的大部分淤泥质滩涂上,北从天津,南至广西都形成面积大小不等的互花米草盐沼。江苏属平原淤泥质海岸,岸线平直而开敞,滩涂宽阔,不论在地貌沉积学方面,还是在海岸湿地生态系统方面,与福建乃至华南沿海的热带与亚热带港湾淤泥质海岸有很大的不同。江苏沿海滩涂的互花米草盐沼在全国沿海省份中宽度与面积均最大,故对于平原淤泥质海岸有较好的代表性。已有的研究主要集中在促淤、保滩、保堤效果及生态综合开发利用方面(Zhou *et al.*, 1988; 卓荣宗等, 1985; 徐国万等, 1993; 陈宏友, 1998, 1990; 陈才俊, 1988; Qin *et al.*, 1998; 万树文等, 2000),而缺乏互

花米草盐沼的形成、扩展及其分布规律这一基础性研究,作者选择江苏沿海滩涂来研究互花米草的扩展过程。

1 区域概况

江苏沿海的平均潮差在 1—4m 之间,入海河流众多,滩面潮水盐度较低,在 29.53—32.24 之间。淤泥质潮坪宽广平缓,一般宽 2—6km,淤长型滩涂最宽处达 10—13km,适宜互花米草生长的潮间带上部宽为 1—4km。江苏沿海 954km 标准海岸线中,90% 以上属淤泥质海岸,主要分布于盐城与南通沿海。江苏海岸带地处 31°33′—35°07′N,属暖温带向北亚热带过渡的季风气候。气候与滩涂底质都适合互花米草的栽种与扩展(徐国万等, 1985)。

江苏沿海自 1982 年开始试种互花米草,1983 年在启东、射阳、滨海、灌云、连云港、赣榆等市、县普遍试栽成功(仲崇信等, 1985)。目前江苏沿海已形成大片的互花米草盐沼。

* 江苏省农业资源开发局项目“条子泥促淤并陆工程实验研究”专项,1998 年;国家自然科学基金资助项目,40401059 号。张忍顺,教授, E-mail: zhangrenshun@njnu.edu.cn

收稿日期: 2004-02-28, 收修改稿日期: 2004-09-12

2 研究方法

互花米草的扩展有两种方式: 一种为无性繁殖, 指其地下走茎向四周的蔓延, 连片生长; 二是有性繁殖, 指互花米草的种子随浪流移动, 落滩后如遇到合适的生境, 即萌发生长, 形成草斑。为了

追踪互花米草扩展形成盐沼植被的情况, 选用了1985、1988、1993、1995、1997、1999及2001年7个时相盐城幅TM卫星影像资料进行处理分析, 这些时相基本上涵盖了从栽种到形成成片盐沼的各个时期(表1)。

表1 卫星影像成像时间

Tab. 1 The time of the TM pictures taken

序号	1	2	3	4	5	6	7
年份	1985	1988	1993	1995	1997	1999	2001
成像月日	01-11	04-09	12-09	/	02-28	02-19	04-10

为了准确地判读和识别江苏沿海盐沼植被的种类、范围与界限及其生境条件, 2000年9月和2001年1月在江苏沿海互花米草生长最好的东台市笆斗垦区、大丰市王竹垦区及两市共有的东川垦区岸段, 进行了环境调查(包括地貌、沉积物及群落等项目), 并使用日产拓普康全站仪就三个断面(断面位置见图1)的高程、地形及植被群落等的分布范围进行了测量, 为卫星影像资料的分析处理提供了可靠的地面资料。

各个时相的卫片选用TM5、TM4和TM3三个波段进行了标准假彩色合成。在假彩色合成图像上, 互花米草盐沼与其海陆两侧垦区或滩面很容易区分: 互花米草盐沼呈深褐色, 而陆侧有直线状的海堤与已垦区呈淡青色的种植区间隔, 海侧有细颗粒(浮泥)沉积物覆盖的滩面呈玫瑰紫色, 再向海的粉沙滩则呈灰色或灰黑色。植被分布范围的断面测量也证实了这种对比的结果。应该指出的是, 在重点研究岸段以外, 江苏沿海尚有成片的芦苇群落, 在上述假彩色合成影像上, 与互花米草群落颜色相近。由于芦苇生长在入海河流闸下的潮间带上带, 这里闸下河段普遍发育曲流, 故可以根据河曲地貌形态将两者区分开来。为了减少在不同时相卫片上量计的误差, 在研究区利用GPS进行了20个地点的野外定位并与影像配准, 以满足对潮间带上的地貌或生态单元进行定位的精度要求。在目视判读的基础上, 对各时相的图像进行数字化, 利用Mapinfo软件, 进行互花米草面积、宽度以及扩散范围的量计, 以研究江苏人工盐沼的形成过程。

3 研究结果

3.1 互花米草的试栽

至1985年, 江苏沿海的互花米草试种总面积

仅有 $8 \times 10^4 \text{m}^2$ 。为了防护海岸, 减轻海岸侵蚀, 1986年在射阳河以北的大喇叭口、大洼港、双洋港等多处潮滩栽种互花米草(徐国万等, 1985; Zhou *et al.*, 1988; 卓荣宗等, 1985), 至1989年, 这一带已形成互花米草带, 特别是在射阳侵蚀最严重的双洋口以北的岸段。1987—1988年在中部的东台、大丰等县试栽互花米草, 其目的是为了加速滩涂淤积, 增加可供围垦的土地(徐国万等, 1993), 试栽草苗密度仅为1株/ m^2 。

3.2 互花米草的扩展

3.2.1 笆斗、东川和王竹垦区外互花米草盐沼的扩展 1987年以后的5—6年中, 由于每块苗斑面积小于卫片一个像元所覆盖的面积, 扩散过程在卫片上显示不出。至1993年, 互花米草盐沼在卫片上有明显的显示, 表明各草斑已连片, 形成较大面积的互花米草盐沼。图1a, b, c是根据1993年后的5个时相卫星影像与野外调查绘制的, 由图中可以看出笆斗、东川和王竹三个垦区海堤外互花米草盐沼从1993—2001年的扩展过程。

笆斗垦区外互花米草是1988年在东台河闸引河口南约2km高潮线附近试种的, 面积仅为 108m^2 。至2001年4月, 互花米草在川水港闸与梁垛河闸之间, 形成了东西宽约1.6km、南北长约8km, 面积约为 12.74km^2 的茂密植被。1999年10月由笆斗垦区外互花米草盐沼的样方调查表明, 植株平均密度为99.3株/ m^2 , 平均株高为1.78m, 最大高度达2.0m, 平均株径为0.8cm。

1988年在东川垦区范围内种植互花米草(卓荣宗等, 1985), 面积约为 0.1km^2 ; 1989—1990年补种; 至2001年4月形成南至川水港、北至川东港,

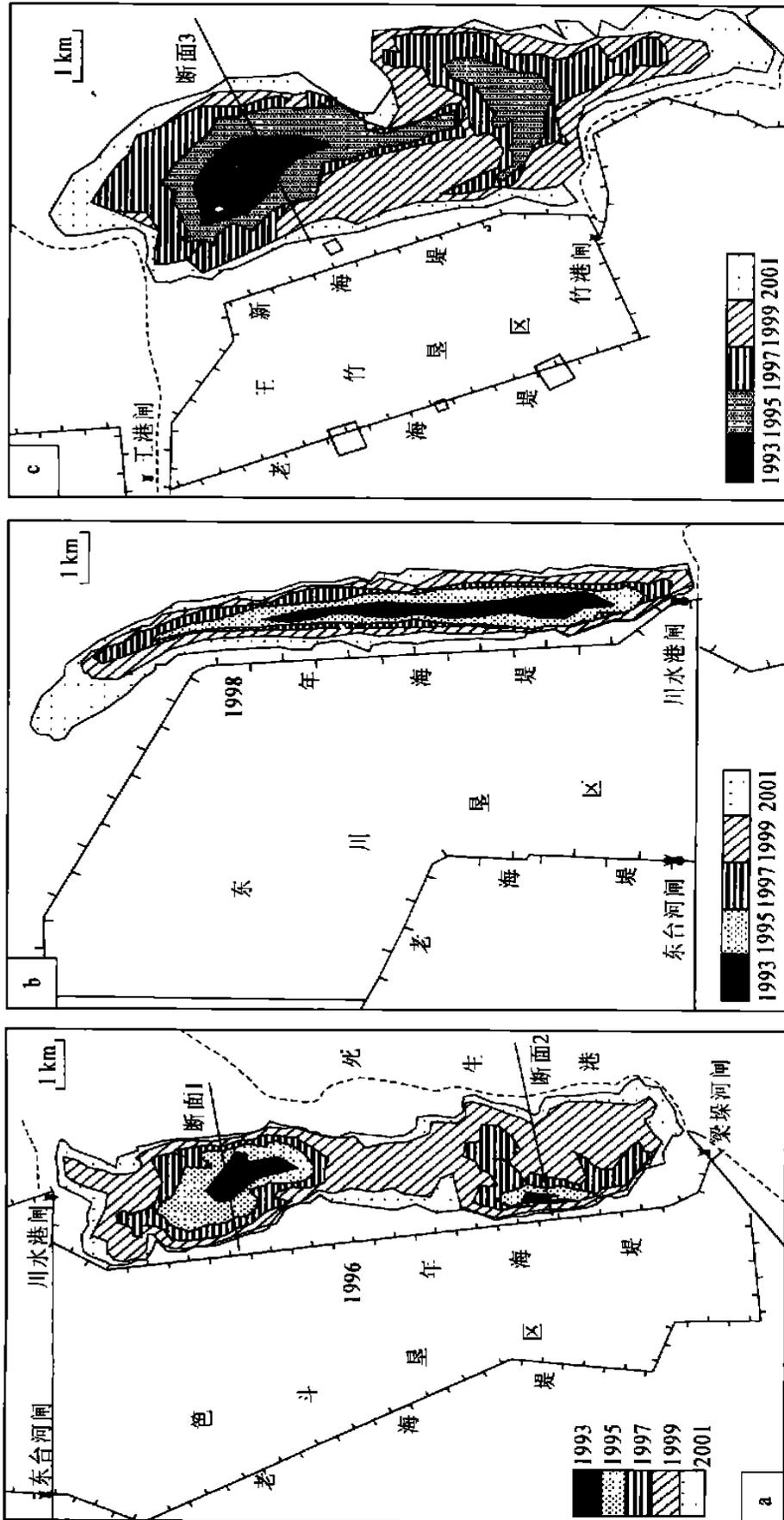


图1 互花米草盐沼扩展过程示意图(a. 芭斗垦区以外; b. 东川垦区以外; c. 王竹垦区以外)

Fig. 1 The expanding process of *Spartina alterniflora* salt-marsh (outside of the a. Badon reclaim region;

b. Dongchuan reclaim region; c. Wangzhu reclaim region)

面积约为 16.23km² 的连片草带。

王竹垦区外, 1987 年在王港南栽种约 0.3km² 互花米草, 1988 年又种约 1km², 至 2001 年 4 月形成南至竹港、北至王港, 面积约为 30.39km² 的连片互花米草。表 2 给出了 1993 年后各区的互花米草盐沼面积。

3.2.2 互花米草的扩展速度 互花米草栽种成活后, 迅速地形成植被并扩散。表 2 给出了筲斗、

东川和王竹三垦区岸段及整个江苏沿海 1993—2001 年互花米草盐沼面积的变化。令 A_0 为互花米草盐沼某年面积, A_1 为 1 年后的面积, A_2 为 2 年后的面积, $P\%$ 为年扩展率, 则 $A_1 = A_0 \times (1 + P\%)$ 。由于互花米草在冬半年停止走茎蔓延和草种萌发, 扩散也中止, 故只考虑卫片的年间隔, 利用表 2 数据及式 $A_2 = A_0 \times (1 + P\%)^2$ 计算 3 个岸段外的 $P\%$, 结果见表 3。

表 2 历年互花米草盐沼面积及其变化(km²)

Tab. 2 The area (km²) change of *Spartina alterniflora* salt-marsh

年份	筲斗垦区外	东川垦区外	王竹垦区外	全省
1993	1.42	2.24	3.29	14.68
1995	2.30	3.88	5.58	28.06
1997	4.52	7.52	12.18	56.89
1999	9.64	13.64	25.49	124.96
2001	12.74	16.23	30.39	137.02

表 3 互花米草盐沼面积年扩展率(%)

Tab. 3 The annual expanding rate(%) of *Spartina alterniflora* salt-marsh area

岸段	1993—1995	1995—1997	1997—1999	1999—2001
筲斗垦区外	27.27	40.19	46.03	14.96
东川垦区外	31.61	39.22	34.68	9.08
王竹垦区外	33.80	43.80	44.66	9.19

在试栽期(1993年前), 植株稀疏, 走茎蔓延面积小, 种子产生量少, 草斑扩散极为缓慢, 且间距较大, 故在卫片上难以显示。在 1993 年前, 即试栽以后 5—6 年中, 尚未形成连片的盐沼。1993 年冬半年的卫片, 才开始显露出盐沼的形成。在 TM 卫片影像可明显显示的规模上(卫片略, 本文为 $A_0 > 1.4\text{km}^2$), 互花米草盐沼的形成可以分为三个阶段: 第一阶段是逐渐加快扩展的阶段(1993—1993)。年平均扩展率为 30%。这是因为扩展的方式主要靠走茎的蔓延, 填充移栽株苗之间的空隙, 加大植株的密度所致。但草籽数量明显增多, 对扩散速度加快亦有较大贡献。第二阶段是快速扩展阶段(1996—1999), 随着植株的加密与壮大, 种子大量产出并随潮流漂散、立地、扎根, 成为盐沼扩散的主要方式, 这一阶段互花米草盐沼的扩展率可以达到 43%。在内侧成片滩地的外侧还可以看到大面积的斑状互花米草草丛。在江苏海岸这一时期很短, 只有 3—4 年, 沿岸滩地原先适合互花米草盐沼生长的地貌生态位便已长满。进入第三阶段(1999 年

后)后, 互花米草盐沼年扩展速率便因为受到滩面高程的限制而减慢下来, 约为 10%, 并继续填充斑状草丛间的空隙地。必须等待外侧滩面继续淤高, 满足互花米草生态所要求的潮侵率以后, 盐沼才能继续向外扩大面积, 也就是说, 第三阶段的扩展受到滩面高程的制约。在这一阶段, 互花米草盐沼必须通过滩面的淤高才能继续向海扩展, 互花米草草丛的滞流促淤的功能使它的生长进入了一个稳定时期。

3.3 互花米草盐沼的生态位

互花米草的生长必须满足一定的潮侵率, 也就是说, 它的生态位与潮位有密切的关系。在江苏中部典型淤长型潮滩上, 进行了 3 个代表性断面的地貌测量和植被观测, 结果见图 2(图中 MHW 为平均高潮位; MHWN 为平均小潮高潮位; MTW 为平均潮位; MLWN 为平均小潮低潮位; MLW 为平均低潮位)。图 2 给出了这 3 个代表性断面上潮滩上部植被分布状况及其与各特征潮位的关系。滩面高程采用废黄河口基面, 断面方向与垦区外海堤垂直。

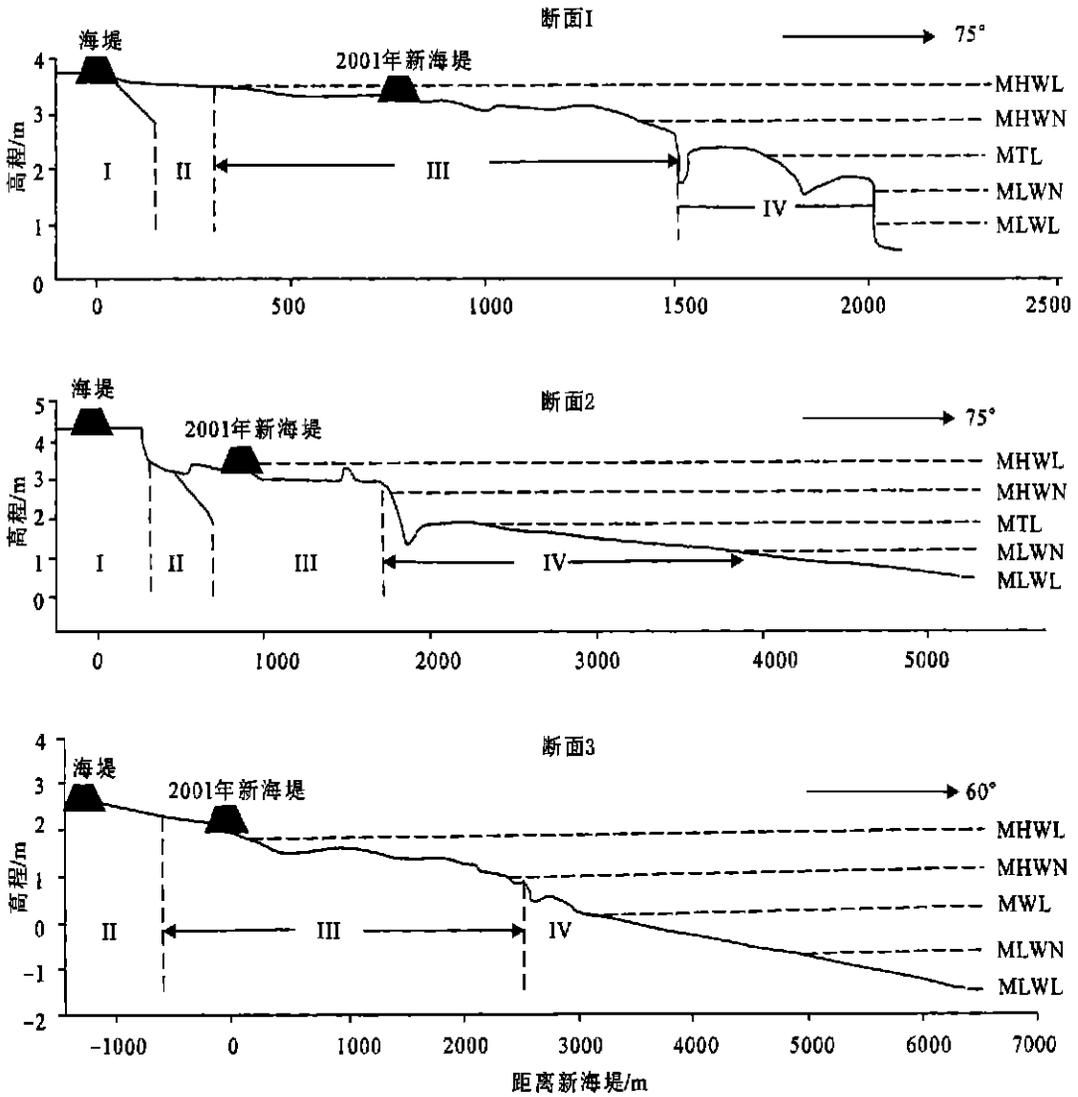


图2 互花米草盐沼生态区(I 茅草滩 II 盐蒿滩 III 互花米草滩 IV 光滩)

Fig. 2 The ecotope of the *Spartina alterniflora* salt-marsh on 3 cross-sections in Jiangsu coast

(I. *Imperata cylindrica* Var. *sinensis* and *Aeluropus litoralis* Var. *sinensis* flat; II. *Suaeda salsa* flat;

III *Spartina*; IV. Naked beach flat)

(1) 互花米草带高程低于茅草滩带与盐蒿滩带(图2), 盐蒿、茅草滩下界与互花米草上界, 相隔一段数十米宽的裸滩。在笆斗垦区外的多年观察表明, 互花米草在向陆侧扩散过程中没有进入盐蒿带或茅草滩, 亦即向陆侧的扩散在盐蒿带外侧就已经停止。这意味着这三种草的生态位并不重合。

(2) 在互花米草草带的外缘, 往往形成较大潮沟。此类潮沟大致与岸平行。海侧滩面高程大致与平均潮位相当或稍高。陆侧陡坎沟沿高程要比海侧滩面高程高 0.4—1.0m, 从而限制了互花米草的蔓延。

(3) 互花米草草带位于潮间上带, 其上限高程与平均高潮位相当, 或稍高于平均高潮位; 其下限比平均潮位高, 但又低于小潮平均高潮位。但其差值与草滩外侧潮沟两侧的高差有关, 一般也可达到 0.4—1.0m。潮沟海侧滩面高程大致与平均潮位相当, 故看起来互花米草草带外缘与平均潮位线相吻合, 容易产生互花米草带下限可以分布到平均潮位的错觉。在潮沟有 50—100m 宽的互花米草草斑分布。

(4) 可见互花米草的生态位的上限在平均高潮位附近, 而下限在平均高潮高潮位以下至平均潮

是潮上带继续淤高的结果。在江苏平原淤泥质海岸,互花米草一旦扎根,便能繁衍。实际上,在栽种后的最初4—5年内,互花米草扩展是相当慢的。但从TM卫星影像可以感知的规模,可以分为3期,初期年扩展率为30%,盛期可达43%。随着与互花米草生态位相重合的潮滩基本长满后,年扩展率下降至10%,预计还将继续下降,直至与潮滩的淤增长速度相适应。

入海河流闸下段可延缓互花米草的顺岸扩散,但不能隔断草种的随浪流扩散。条子泥西北部互花米草草斑带的形成表明,互花米草盐沼可以跨过大型潮沟扩展。虽然条子泥滩涂土壤含泥量和有机质均少,且浪大流急,生境条件比较恶劣,但互花米草却可成丛扩展,即使按上述沿岸滩涂上扩展速度的一半来估计,互花米草将在十几年内遍布条子泥西部的潮间带上部。互花米草能够自然地越过沿海大型水道及潮沟顺岸传播,正是江苏沿海能够顺岸形成长达数百公里互花米草盐沼的原因之一。

5 讨论

人工盐沼植被的引进及滩涂围垦改变了潮滩沉积动力环境与盐沼的生态环境。按有关文献(江苏省农业资源开发局,2003)结合卫片估计,在过去的50多年中,江苏沿海已失去了白茅—大穗结缕草草甸516km²,盐蒿群落草甸605km²,芦苇群落323km²,共1444km²。江苏垦区海堤堤线在20世纪50—60年代多选在大潮平均高潮位以上,主要是在白茅—大穗结缕草草甸上进行围垦,部分涉及到盐蒿群落,堤外仍保留着大面积的原生植被系列。这样原生盐沼仍可以逐渐恢复。70年代后围垦外堤高程逐渐降低,堤外盐沼越来越少,围垦对原生盐沼及生态系统造成了极大的冲击。

互花米草目前已广泛分布于我国沿海,草带宽度也达数百米至1km以上,已经显示出其对原有的滩涂尤其是盐沼的生态系统及沉积动力学特征的冲击作用,如贝类的迁移与沙蚕的富集,冲刷陡坎和潮沟的变化等(陈宏友,1998,1990;陈才俊,1988)。由于平原淤泥质海岸与港湾淤泥质海岸在动力、地貌、植被分布等方面的差异,本文的研究成果对于港湾淤泥质海岸有无代表性尚需研究。

互花米草不仅对于我国,甚至对于亚洲的潮滩都是一个新的外来物种。我国引进它,是出于

围海造地、海岸防护的需要,显然这个目的已经达到了,沿岸互花米草草带宽度达200m以上,它的消浪作用非常明显,消能可以达到90%以上,若宽达500m以上,则消能可达99%。在海岸海堤防护,尤其是防止台风浪对岸堤的侵蚀起了很大的作用,这已在水利界及围垦界基本取得共识。促淤造地作用也很明显(断面3),仅江苏省而言,从1980年开始至2000年互花米草盐沼已围垦了48.2km²。在淤泥质平原海岸,由于互花米草生长在比原生盐沼植被要低的潮滩区,因此互花米草也有美化滩涂的作用。如今,人工互花米草盐沼已经在全国沿海的大部分省市形成。由于互花米草繁育与扩散迅速,加之人们对它不恰当的移植,在一些海岸滩涂对原生生态系统,尤其是与某些类型的滩涂开发产生了矛盾,已经引起不同领域的河口海岸学家及海洋开发人士的争论。今后应深入对互花米草盐沼的生态环境效益进行系统的研究,并必须把互花米草的种植及盐沼的修复纳入海岸带保护与开发规划中。

参 考 文 献

- 万树文, 钦佩, 朱洪光等, 2000. 盐城自然保护区两种人工湿地模式评价. 生态学报, 20(5): 759—765 [Wan S W, Qin P, Zhu H *et al*, 2002. The judge of the two mode of manpower marsh of natural protect area in Yancheng. Acta Ecological, 20(5): 759—765]
- 江苏省农业资源开发局, 2003. 江苏沿海垦区. 北京: 海洋出版社, 196—203 [Jiangsu Office of Agricultural Resources Development, 1999. Coastal Polders of Jiangsu. Beijing: Ocean Press, 196—203]
- 仲崇信, 卓荣宗, 周鸿彬, 1985. 大米草(*Spartina anglica*)的引种栽培实验及其效果. 南京大学学报(米草研究的进展——22年来的研究成果论文集), 40(2): 44—82 [Zhong C X, Zhou R Z, Zhou H B *et al*, 1985. Study on the experiments of plantings of *Spartina anglica* and its effects of Saline Soil amelioration in China. Journal of Nanjing University (Research Advances in *Spartina*—Achievements of Past 22 Years), 40(2): 44—82]
- 陈宏友, 1990. 苏北潮间带米草资源及其利用. 自然资源, 18(6): 56—59 [Chen H Y, 1990. *Spartina* grass resources and utilization in North Jiangsu intertidal zone. Natural Resources, 18(6): 56—59]
- 陈宏友, 1998. 盐城滩涂珍禽自然保护区环境演变研究. 河海大学学报(海洋与湖沼专集), 26(8): 79—85 [Chen H Y, 1998. A study of environmental changes of Yancheng fowl sanctuary. Acta of Hehai university. Special

- Edition of Oceanography and Limnology, 26(8): 79—85]
- 陈才俊, 1988. 大米草对江苏省淤泥质海滩环境的影响. 海洋与海岸带开发, 5(1): 7—10 [Chen C J, 1988. Environment effects of *Spartina anglica* to Jiangsu muddy flats. Exploration of Ocean and coastal zone, 5(1): 7—10]
- 卓荣宗, 徐国万, 1985. 互花米草引种试验简报. 南京大学学报(米草研究的进展——22 年来的研究成果论文集), 352—354 [Zhou R E, Xu G W, 1985. A note trial planting st. Experiments. Journal of Nanjing University (Research Advances in Spartina-Achievements of Past 22 Years), 352—354]
- 徐国万, 卓荣宗, 1985. 我国引种互花米草的初步研究(1). 南京大学学报(米草研究的进展——22 年来的研究成果论文集), 212—225 [Xu G W, Zhou R Z, 1985. Preliminary studies of introduced *Spartina alterniflora* Loisel in China (1). Journal of Nanjing University (Research Advances in Spartina-Achievements of Past 22 Years), 212—225]
- 徐国万, 卓荣宗, 1985. 互花米草群落对东台边滩促淤效果的研究. 南京大学学报, 228—231 [Xu G W, Zhou R E, Chung C H, 1993. A study of effects of accelerating Dongtai coastal tideland sedimentation by *Spartina alterniflora* plantation. Journal of Nanjing University (Research Advances in Spartina-Achievements of Past 22 Years), 228—231]
- Qin P, Xie M, 1998. Estimation of the ecological benefits of two *Spartina alterniflora* plantation in North Jiangsu, China. Geological Engineering, 11: 147—156
- Zhou R Z, Xu G W, Li X G, 1988. Introduction, Acclimation, and Uses of *Spartina alterniflora* Loisel Along the Chinese Coastline, Proceedings of International Symposium on the Coastal Zone. Beijing: China Ocean Press, 136—141

FORMATION OF *SPARTINA ALTERNIFLORA* SALT MARSH ON JIANGSU COAST, CHINA

ZHANG Ren-Shun, SHEN Yong-Ming^{*}, LU Li-Yun, YAN Shou-Guang,

WANG Yan-Hong, LI Jia-Lin, ZHANG Zheng-Long

(Institute of Ocean & Coastal wetland Science Research, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097)

^{*}(Department of Geography, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing, 210017)

Abstract *Spartina alterniflora* was introduced from North Carolina, Georgia, and Florida in 1979 to China. Although the climate is much colder than its native habitat, the sediment and geomorphology of Jiangsu plain-mud-flat are fit for its growth. The total area of 137km² of *S. alterniflora* salt marsh since the first planting in 1982 and 410km standard coastal line, which is 43% of total coast in Jiangsu, have been protected by *S. alterniflora* that has become the main species on Jiangsu tidal flat. Because the species is unique in its ecological system, so it formed a single-species vegetation on barren flat that once covered with other original vegetation species then washed away by coastal water agencies, which would greatly impact the coastal environment. So, this study was done to understand the formation of *S. alterniflora* salt marsh on coast of Jiangsu, China.

To trace *S. alterniflora*'s growth history, TM satellite images were analyzed. Specifically, maps of seven phases, 1985, 1988, 1993, 1995, 1997, 1999 and 2001, were used. For accurately reading and distinguishing Jiangsu coastal vegetation types, boundaries, areas, and ecological conditions, were studied in geomorphology, sedimentology, plant community, etc, in tidelands of Badou, Wangzhu and Dongchuan polders in Dongtai and Dafeng counties between September 2000 and January 2001. In order to provide reliable ground information for analyzing satellite images, measurements of elevations of three transects together with topography and vegetation distribution were performed.

The results show that, *S. alterniflora* from USA has been good to their new environment in Jiangsu coast. In over 20 years, total area of 137km² of *S. alterniflora* has formed on bare flats lower than native marsh in elevation. It functions as a new measure of reclamation in Jiangsu salt marsh to broaden the wetland vegetations. *S. alterniflora* zone along Jiangsu coast occurs on higher part of upper intertidal zone, whereas the most seaward clumps may ap-

proach mean tidal water. Its elevation is lower than that of native wetland marsh, and its coverage does not overlap with original salt marsh vegetation. Once this newcomer succeeds in rooting, it propagates very well.

In the first several years (1987—1993) after transplanting, because of relatively large interval among vegetable plains, *S. alterniflora* was brought up and expanded to open flat until scattered grass tract joined together and become recognizable on TM images.

Based upon recognizable scale of TM satellite images, *S. alterniflora* expanding process on barren mudflat can be divided into 3 phases. The first phase (1993—1996), it expands slowly. In terms of sediment area accretion and seedlings growth, the annual expansion rate reached 30% by 1993. The second phase is between 1996 and 1999, the coverage increased rapidly at annual expansion rate of 43%. And the third phase is after 1999, in which the rate rapidly reduced to only 10%. It is estimated that it will further decrease to accommodate the rate of mudflat development after 2001.

In the areas downstream the river mouth tidesgates, spreading of *S. alterniflora* along the shore was slowed down. However, the seeds can still find their way of dispersing. Uncoalesced grass patches of *S. alterniflora* crept across large tidal creeks. The tidal flats soil with low contents of clay, organic matter but high wave energy can also develop and expand by the clump joining. If a half spreading rate were taken, this grass would still be able to spread all over the upper part of upper tide zone in Tiaozini area in about ten years. The species would play an important role in future in wetland preservation in China.

Key words *Spartina alterniflora*, Salt marsh, Jiangsu coast, Muddy coast