

崇明东滩自然保护区盐沼植被的时空动态

黄华梅,张利权*,袁琳

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室,城市生态化过程与生态恢复上海市重点实验室,上海 200062)

摘要 盐沼植被是滩涂湿地的重要组成部分,其动态变化直接影响着湿地的生态服务功能和价值。通过对 1998~2005 年间 4 景不同时相的 Landsat TM 遥感影像的解译分析,结合历史资料数据和近年来的现场调查,分析了崇明东滩鸟类自然保护区自建立以来,盐沼植被的时空演替动态过程。结果显示,随着滩涂的淤涨,东滩盐沼植被的面积从 1998 年的 2478.32 hm² 增加到 2005 年的 4687.74 hm²,而互花米草 (*Spartina alterniflora*) 自人为引入至 2005 年,其面积已增加到 1283.4 hm²,其增加速率显著高于土著种芦苇 (*Phragmites australis*) 和海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*),并且已在东滩保护区相当区域内形成单优势种群落。受 1998 年和 2001 年两次高滩围垦和互花米草入侵影响,崇明东滩的芦苇群落面积大大减少,虽随着滩涂的淤涨,芦苇群落的面积逐年有所增加,但增加的速度缓慢。互花米草有着更广的生态幅和竞争优势,是滩涂中扩散最快的植被,而淤涨型滩涂为其提供了可扩张的空生态位,如不加以控制和治理,其快速扩散将会对崇明东滩保护区的生态系统造成更大的威胁和影响。

关键词 崇明东滩,盐沼植被,遥感,互花米草,演替,时空动态

文章编号:1000-0933 (2007)10-4166-07 中图分类号:Q143,Q149,Q16,TP79 文献标识码:A

The spatio-temporal dynamics of salt marsh vegetation for Chongming Dongtan National Nature Reserve, Shanghai

HUANG Hua-Mei, ZHANG Li-Quan*, YUAN Lin

State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Shanghai Key Laboratory of Urbanization Ecological Process and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (10) 4166~4172.

Abstract: Salt marsh vegetation is one of the most important components of coastal wetlands, and its evolution and dynamics have direct influences on the ecosystem service and value of wetlands. Based on analyses and interpretation of four Landsat TM remotely sensed images, integrated with historical data and field surveys, this study investigated the spatio-temporal dynamics of salt marshes at Chongming Dongtan National Nature Reserve for the period 1998–2005. The results showed that the total area of salt marsh increased from 2478.32 hm² in 1998 to 4687.74 hm² in 2005 along with the expansion and accretion of tidal flats in the natural reserve. Results also indicated that *Spartina alterniflora* expanded at a much faster rate than the native species *Scirpus mariqueter* and *Phragmites australis*. In less than 10 years, the area of *S. alterniflora* increased from the initial introduction to 1283.4 hm² by 2005 and it had formed a large area of mono-dominant community. During this same period, the area of the *P. australis* community decreased significantly, mainly due to the influences of wetland reclamations in 1998 and 2001, and the invasion of *S. alterniflora*. *S. alterniflora* expanded very

基金项目:上海市科委重大科技攻关资助项目 (06dz12302),国家重点基础研究发展规划资助项目 (2004CB720505)

收稿日期:2007-02-23;修订日期:2007-09-19

作者简介:黄华梅 (1978~),女,湖北随州人,博士生,主要从事景观生态学和湿地生态学研究. E-mail: xiaoyuan1224@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lqzhang@sklec.ecnu.edu.cn

Foundation item: This work was financially supported by the Key Project of Shanghai Scientific and Technological Committee (No. 06dz12302) and National Key Fundamental Research and Development Program, China (No. 2004CB720505)

Received date 2007-02-23; **Accepted date** 2007-09-19

Biography: HUANG Hua-Mei, Ph. D. candidate, mainly engaged in landscape and wetland ecology. E-mail: xiaoyuan1224@163.com

quickly in the nature reserve due to its stronger competitive capacity and wider ecological niche ,and the rapid accretion of intertidal flats which provided more suitable habitat. It can be concluded that the range expansion of exotic *S. alterniflora* poses a potential threat to local ecosystems ,and measures should be taken for the management and control of this invasive species at the nature reserve.

Key Words : Chongming Dongtan ; salt marsh ; remote sensing ; *Spartina alterniflora* ; succession ; spatio-temporal dynamics

河口湿地与沿海滩涂湿地是单位面积上生态服务价值最高的生态系统 ,具有多种经济功能与生态功能 ,也具有重要的应用价值与科学价值^[1]。而盐沼植被是潮间带湿地重要的组成部分 ,具有造地、养殖、减污、蓄水、供饵、旅游等多种资源环境功能和生态价值。以滩涂盐沼植被为代表的生物群落 ,还具有水质净化、生物栖息地、调节气候和生物多样性等多种生态服务功能。

崇明东滩是国际重要湿地 ,位于亚太候鸟迁徙路线东线中段 ,是国际迁徙鸟类重要的栖息地 ,也是中国滨海湿地生物多样性的关键地区。1992 年被列入《中国保护湿地名录》,1998 年被上海市批准成立保护区 ,2001 年正式列入“拉姆萨国际湿地公约”2005 年被国家林业局批准为国家级鸟类自然保护区。东滩湿地的动态变化以及生态服务功能一直是国内外学者关注的焦点。多年来 ,不同学者对东滩的冲淤变化、环境变迁、功能区划、外来种互花米草对本地生态系统的影响等诸方面进行了大量的研究^[2~6] ,从战略意义上分析了东滩湿地保护以及维护其生态服务功能的重要性。而对保护区盐沼植被的时空动态过程 ,尤其是人工围垦和外来种互花米草快速扩散所产生影响的研究还较少。

遥感 (Remote Sensing , RS)技术已成为地表覆被及其组成信息的主要来源 ,结合地理信息系统 (Geographic Information System , GIS)和全球定位系统 (Global Positioning System , GPS) ,遥感技术现已广泛应用于资源与环境动态监测以及湿地植被覆盖情况分析^[7~9]。本项研究应用遥感技术 ,通过对 1998 ~ 2005 年间 4 景不同时相的 Landsat TM 遥感影像的解译分析 ,结合历史资料数据和近年来的现场调查 ,分析了崇明东滩鸟类自然保护区自建立以来 ,在人类围垦和人为引入互花米草的历史背景下盐沼植被的时空动态过程。以期东滩湿地的生物多样性保护提供决策信息 ,为自然保护区的功能区划调整提供科学依据。

1 研究区域概况

崇明东滩鸟类自然保护区位于上海崇明岛东端 ,长江入海口处 ,地理坐标在 31°25′ ~ 33°38′N ,121°50′ ~ 122°05′E 之间 ,属北亚热带海洋性气候 ,温和湿润 ,四季分明。平均日照时数 2138 h ,太阳总辐射量为 4300 ~ 4600 MJ m⁻² ,年均气温 15.3℃ ,最热月为 7 ~ 8 月份 ,月平均气温 26.8 ~ 26.9℃ ,最冷月为 1 ~ 2 月份 ,月平均气温 3.0 ~ 3.9℃。全年平均无霜期为 320 d 左右 ,年均降雨量 1022 mm ,相对湿度 82%。

崇明东滩鸟类自然保护区南起奚家港 ,北至北八滢港 ,主要由团结沙外滩、东旺沙外滩、北八滢外滩、潮间带滩涂和周围水域组成。1998 年 11 月 ,上海市人民政府批准建立保护区的总面积为 24600 hm² ,包括吴淞高程 0 m 线以上的滩涂面积 10000 hm²和 0 m 线以外宽度 3000 m 的水域 14600 hm²^[10]。目前东滩主要盐沼植被为芦苇 (*Phragmites australis*)、海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*)和互花米草 (*Spartina alterniflora*)三大植物群落。

长江携带的大量泥沙促使东滩湿地处于不断淤涨之中 ,崇明东滩属于淤涨型潮滩 ,平均每年向外淤涨 150 ~ 300 m ,目前滩涂最宽处达到 13 km。在互花米草引入东滩之前 ,其盐沼植被分布及演替的一般趋势为 :中潮滩下缘和低潮滩的盐渍藻类带 (光滩) ,高程低于 2 m ,无高等植物分布 ;中潮滩上半部分和高潮滩为海三棱藨草和藨草 (*Scirpus triqueter*)带 ,高程位于 2 ~ 2.9 m ,高潮滩上半部分为芦苇带 ,高程一般在 2.8 m 以上。此外还散生着一些白茅 (*Imperata cylindrica*)、碱蓬 (*Suaeda glauca*)、糙叶苔草 (*Carex scabrifolia*)和野灯芯草 (*Juncus setchuensis*)等斑块状群落。自 1995 年崇明东滩人工引种互花米草以来 ,互花米草逐渐在东滩定居和扩散 ,主要出现在芦苇带 ,其分布下限可达到海三棱藨草带。目前在崇明东滩 ,互花米草已与芦苇和海三棱藨

草形成了强烈的竞争态势^[10]。

2 研究方法

2.1 数据来源

本研究采用的遥感数据包括 1998-11-08 2000-06-06 2003-08-02 2005-11-27 共 4 景较低潮位时段的 Landsat-5 TM 多光谱卫星遥感影像。历史数据涵盖东滩鸟类自然保护区建立之初的盐沼植被信息^[6],1998 年和 2001 年围垦前后的盐沼植被数据,以及东滩地区互花米草引种和扩散过程等信息。

野外调查数据主要包括 2003 ~ 2006 年期间在保护区内所设置的 3 条沿高程梯度分布的样带^[10],以及在该样带上 53 个调查样方的连续调查数据。调查数据包括滩涂高程、样方内植物种类组成、高度和盖度以及不同植物群落的光谱信息。

2.2 信息提取

遥感影像的预处理主要包括两种图像增强方式,即缨帽变换和归一化植被指数 (NDVI)^[7]。参照崇明东滩滩涂植被光谱信息^[10],并结合野外实地调查记录和历史数据资料,分别建立了水体、浅滩、光滩、人工堤坝、芦苇群落、海三棱藨草群落和互花米草群落等训练样区。由于糙叶苔草、藨草和海三棱藨草群落存在遥感影像特征的相似性,因此在本项研究中统一归并为分布最为广泛的海三棱藨草群落。采用分析类别的直方图分析和评价训练样区,对训练样区的评价修正之后确定相应的分类模板。参照对应的 NDVI 值,对经过缨帽变换后的图像执行监督分类。在计算机自动分类的基础上,结合历史资料和历年野外调查数据,对分类有误的像素进行人工重新赋值,将同物异谱、异物同谱现象进行有效的剔除更正。在多次人机交互对话后,分类精度达到了一定标准后,最终确定其植物群落类别。

2.3 验证与精度评价

精度检验是遥感植被分类的关键性指标,精度评价方法采纳了最常用的基于误差矩阵 (Error Matrix) 的方法。采用分层随机采样法,分别对所有分类影像和修正后的分类结果进行评价。2003 年以前遥感分类的验证采用了尽可能收集到的历史资料,2003 年以后遥感分类的验证采用了 2003 ~ 2006 年期间的野外调查数据。分析评价显示,初步分类精度在 70% 左右,而经过验证后的最终分类结果其精度达到了 85% 左右。

2.4 数据合成和转换

将由 TM 影像解译分类生成的各时相的图像经过栅格矢量转换,在地理信息平台 ARC/GIS 中,进行专题图的拓扑构面和空间叠置分析,获得盐沼植被时空变化的空间数据,并计算各时期盐沼植被种类面积的变化情况,从而得到 1998 年至 2005 年期间东滩保护区盐沼植被的时空动态数据。同时,将解译图像与崇明东滩鸟类自然保护区的数字底图进行空间叠置,进而绘制出各时期的植被专类图。

3 结果与分析

3.1 盐沼植被的时空动态

图 2 显示了崇明东滩鸟类自然保护区各类盐沼植物群落 1998 ~ 2005 年期间的分布格局及其动态。崇明东滩盐沼植被主要由三大植被类型组成,即海三棱藨草 (包括糙叶苔草和藨草) 群落、芦苇群落和互花米草群落。海三棱藨草群落是潮滩上的先锋群落,它的出现和生长又为互花米草和芦苇群落创造了立地条件。随着崇明东滩的不断淤涨和演替,保护区内盐沼植被总面积从 1998 年的 2478.32 hm² 增加到了 2005 年的 4687.74 hm²,其中海三棱藨草群落从 1508.8 hm² 增加到了 2952.54 hm²,芦苇群落从 969.44 hm² 减少到了 451.8 hm²,而互花米草群落则从引种增加到了 1283.4 hm² (表 1)。受 1998 年和 2001 年两次高滩围垦和互花米草入侵影响,崇明东滩的芦苇群落面积大大减少,虽随着滩涂的淤涨,芦苇群落也逐年扩散,但扩散速度缓慢。

从奚家港水闸到团结沙水闸一带的滩涂相对较窄,植被主要是芦苇群落,宽度约 100 ~ 350 m,群落局部有伴生的白茅和野灯芯草,外侧为海三棱藨草群落,宽度约 70 ~ 100m。这一带滩涂的淤涨发育相对缓慢,所以植被的变化不太明显 (图 1)。

表 1 1998 ~ 2005 年崇明东滩不同类型滩涂盐沼植被的面积

Table 1 The changes in saltmarsh vegetation during the 1998 ~ 2005 at Chongming Dongtan

年份 Year	盐沼植被面积 Saltmarsh vegetation areas (hm ²)			总面积 Total areas
	海三棱藨草群落 <i>Scirpus mariqueter</i>	芦苇群落 <i>Phragmites australis</i>	互花米草群落 <i>Spartina alterniflora</i>	
1998	1508.8	969.44	0	2478.32
2000	2321.64	1033.47	187.47	3542.58
2003	2712.45	542.45	932.01	4186.81
2005	2952.54	451.8	1283.4	4687.74

团结沙至捕鱼港以南的滩涂植被主要为芦苇群落、海三棱藨草群落、藨草群落和芦苇 + 糙叶苔草群落。2001 年围垦以前,团结沙的芦苇群落分布宽达 1000 ~ 1500 m。但 01 大堤建成之后,芦苇群落面积大大减少。随着人工种植芦苇和植被自然演替,至 2005 年,团结沙 01 大堤外已形成较大斑块状的芦苇群落。同时,该区域长期以来为水牛放牧区,受牛群放牧、啃食和踩踏影响,原芦苇带形成了大面积的芦苇 + 糙叶苔草群落(图 1)。

1998 年以前,捕鱼港以北和东旺沙一带的滩涂植被主要为芦苇和海三棱藨草。自人工引种以来,互花米草逐渐在这一带定居并以很快的速度扩散。滩涂植被的扩散和演替与滩涂淤涨存在密切的关系,互花米草在潮间带具有较土著植物芦苇更强的竞争优势和更广的生态幅。随着互花米草的快速扩散,导致该区域本地种芦苇和海三棱藨草群落面积减少。而海三棱藨草群落带的宽度逐年减小,至 2005 年其宽度仅为 20 ~ 100 m(图 1)。

3.2 外来种互花米草的扩散

崇明东滩最早发现互花米草是在 1995 年,当时呈小斑块状分布在东滩北部一带的海三棱藨草群落和光滩中。至 2000 年,互花米草零星斑块状分布已可从遥感影像上识别出来,其斑块镶嵌于芦苇或海三棱群落中,面积达 187.47 hm²,主要分布在东滩北部的东旺沙一带。2001 年 5 月,为加快促淤,在东滩捕鱼港一带的海三棱藨草群落内带人工种植了 337 hm²的互花米草,成活率在 90% 以上。2003 年 5 月,互花米草再次被人工种植在东滩的海三棱藨草群落、芦苇群落和光滩中,其中在北八滙一带种植互花米草 370 hm²,在东旺沙一带种植面积达 60 hm²,团结沙一带种植面积为 112 hm²。后来由于东滩鸟类自然保护区反对,种植在东旺沙和团结沙一带的互花米草不久后被人拔除,但是并没有拔除干净^[3]。

至 2003 年,互花米草群落已扩散至 932.1 hm²,在 3a 间,由于人工种植加上其快速的自然扩散能力,其面积增加了近 4 倍。至 2005 年,互花米草群落的面积已达到 1283.4 hm²,东滩保护区东旺沙和捕鱼港以北中高滩的大部分生境已被互花米草单优势群落所占据,其扩散速度远高于土著种芦苇,也明显高于同时期盐沼植被自然演替的速率(图 1)。

4 讨论和结论

崇明东滩属于淤涨型潮滩,长江携带的大量泥沙促使东滩处于不断淤涨之中。滩涂的高程关联着水淹程度、风浪大小、土壤条件和地形冲淤程度,这些因子直接影响着各种潮滩湿地植被的生存条件,滩涂植物群落和生长状况在空间分布上存在明显的梯度分布和动态演替规律,具有由光滩—海三棱藨草或藨草群落—芦苇(或互花米草)群落高程梯度分布的普遍特征^[7]。这些特征在崇明东滩尤为明显,海三棱藨草群落是潮滩上的先锋群落,它的出现和生长又为互花米草和芦苇群落创造了立地条件。外来种互花米草具有比土著种芦苇更广的生态幅和更强的竞争优势,是滩涂中扩散最快的植被,其扩散速度远高于土著种芦苇。而淤涨型的崇明东滩为其快速扩散提供了可扩张的空生态位。可以预见,虽随着崇明东滩的不断淤涨,互花米草的快速扩散还将持续。

入侵种的一个普遍特征是其具有定居、滞缓期和快速扩散这 3 个关键过程^[11]。互花米草在长江口新洲沙洲九段沙上的扩散过程经历了这些典型阶段,在经历了 3 ~ 5 a 的定居和滞缓期后,九段沙的互花米草已进

接彩图 1

入快速扩散期^[12]。在崇明东滩,互花米草的扩散过程也经历了这些典型阶段。所不同的是,在东滩人工引种互花米草的高程比九段沙高,其生境更适宜互花米草的定居,因此互花米草在东滩的定居和滞缓期所经历的时间更短。此外,大面积的人工引种避免了在入侵初期可能的 Allee 效应,大大缩短了入侵的时滞^[13]。在崇明东滩,互花米草引种 2~3 a 后就进入了快速扩散期。崇明东滩快速发育的滩涂为互花米草种群快速增长提供了适宜生境,如不加以控制和治理,将会对本地生态系统造成更大的威胁和影响。

生物入侵是影响湿地生态系统健康和稳定的重要因素^[3,14,15],外来物种入侵常常直接或间接地降低被入侵地的生物多样性,改变当地生态系统的结构和功能,并最终导致生态系统的退化与生态系统服务功能的丧失^[16,17]。崇明东滩国家级鸟类自然保护区是国际迁徙鸟类必需的栖息地,其主要保护对象为候鸟及其滩涂湿地栖息地。外来物种互花米草在东滩的快速扩散已改变了自然保护区内湿地植物群落结构,通过快速扩散和竞争排斥,互花米草侵占了土著种芦苇和海三棱藨草的生长空间,成为东滩的优势植被,从而改变东滩植物群落的结构。互花米草入侵引起保护区内植物群落种类、高度、密度和地上生物量的变化,改变了底栖无脊椎动物群落结构,进而影响东滩鸟类自然保护区候鸟的生物多样性和承载能力^[3,18,19],影响了自然保护区的生态服务功能和价值。因此,在《国家环保总局关于发布河北柳江盆地地质遗迹等 17 处新建国家级自然保护区面积、范围及功能分区等有关事项的通知》(环函[2005]314 号)中已明确指出:“上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区内互花米草有逐渐扩散的趋势,地方政府、主管部门和保护区管理部门在今后管理中应采取切实有效措施,控制外来物种蔓延”。目前,我们在基于崇明东滩盐沼植被时空动态和互花米草种群快速扩散机理研究^[3,18]的基础上,正进行互花米草野外控制实验研究,研究制定不同的控制预案,从而为保护区控制和治理互花米草入侵提供管理和决策依据。

References :

[1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253—260.

[2] Gao Y, Zhao B. The effect of reclamation on mud flat development in Chongming Island, Shanghai. *Chinese Agriculture Science Bulletin*, 2006, 22(8): 475—479.

[3] Chen Z Y, Li B, Chen J K. Ecological consequences and management of *Spartina* spp. invasions in coastal ecosystems. *Biodiversity Science*, 2004, 12(2): 280—289.

[4] Li H P, Zhang L Q, Wang D H. Distribution of an exotic plant *Spartina alterniflora* in Shanghai. *Biodiversity Science*, 2006, 14(2): 114—120.

[5] Yao L P, Xu L H, Li X H. The spatial pattern dynamic changes using remote sensed in Chongming Dongtan. *Resources Survey and Environment*, 2005, 26(1): 65—70.

[6] Sun Z H, Zhao R Q. Dynamic changes of Migratory Bird Natural Reserve in Chongming Eastern Beach. *Shanghai Environmental Science*, 1996, 15(10): 41—44.

[7] Huang H M, Zhang L Q, Gao Z G. A study on vegetation resource at intertidal zone in Shanghai based on RS analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(10): 2686—2693.

[8] Salovaara K J, Thessler S, Malik R N, et al. Classification of Amazonian primary rain forest vegetation using Landsat ETM plus satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 97(1): 39—51.

[9] Schmidt K S, Skidmore A K. Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85: 92—108.

[10] Gao Z G, Zhang L Q. Identification of the spectral characteristics of natural saltmarsh vegetation using indirect Ordination: a case study from Chongming Island, Shanghai, China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2006, 30(2): 252—260.

[11] Sakai A K, Allendorf F W, Holt J S, et al. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001, 32: 305—332.

[12] Huang H M, Zhang L Q. A study of the population dynamics of *Spartina alterniflora* at Jiuduansha shoals, Shanghai, China. *Ecological Engineering*, 2007, 29: 164—172.

[13] Wang Q , An S Q , Ma Z J , *et al.* Invasion *Spartina alterniflora* : biology , ecology and management. *Acta Phytotaxonomica* ,2006 ,44 (5) :559 — 588.

[14] Levin L A , Neira C , Grosholz E D. Invasive cordgrass modifies wetland trophic function. *Ecology* ,2006 ,87 (2) :419 — 432.

[15] Shi Y , Zhou Q. The ecological problem of wetlands in China and protection strategies. *Chinese Agriculture Science Bulletin* ,2006 ,22 (6) :337 — 340.

[16] Sala O , Chapin F , Armesto J , *et al.* Biodiversity-global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* ,2000 ,287 :1770 — 1774.

[17] Peng J , Wang Y L. An ecological perspective on shoaly land in China. *Geographical Research* ,2000 ,19 (3) :249 — 256.

[18] Chen Z Y , Li B , Zhong Y , *et al.* Local competitive effects of introduced *Spartina alterniflora* on *Scirpus mariqueter* at Dongtan of Chongming Island , the Yangtze River estuary and their potential ecological consequences. *Hydrobiologia* ,2004 ,528 :99 — 106.

[19] Gan X , Zhang K , Ma Z , *et al.* The effect of invasions of the grass *Spartina alterniflora* on wintering birds on Chongming Island , Dongtan Reserve , China. *Journal of Ornithology* ,2006 ,147 (5) :169 — 169.

参考文献：

[2] 高宇 , 赵斌. 人类围垦活动对上海崇明东滩滩涂发育的影响. *中国农学通报* ,2006 ,22 (8) :475 ~ 479.

[3] 陈中义 , 李博 , 陈家宽. 米草属植物入侵的生态后果及管理对策. *生物多样性* ,2004 ,12 (2) :280 ~ 289.

[4] 李贺鹏 , 张利权 , 王东辉. 上海地区外来种互花米草的分布现状. *生物多样性* ,2006 ,14 (2) :114 ~ 120.

[5] 姚丽萍 , 徐丽华 , 李先华. 基于 RS 的崇明东滩空间动态变化研究. *资源调查与环境* ,2005 ,26 (1) :65 ~ 70.

[6] 孙振华 , 赵仁泉. 崇明东滩候鸟自然保护区的动态变化. *上海环境科学* ,1996 ,15 (10) :41 ~ 44.

[7] 黄华梅 , 张利权 , 高占国. 上海滩涂植被资源遥感分析研究. *生态学报* ,2005 ,25 (10) :2686 ~ 2693.

[10] 高占国 , 张利权. 应用间接排序识别湿地植被的光谱特征 :以崇明东滩为例. *植物生态学报* ,2006 ,30 (2) :252 ~ 260.

[13] 王卿 , 安树青 , 马志军 . 等. 入侵植物互花米草生物学、生态学及管理. *植物分类学报* ,2006 ,44 (5) :559 ~ 588.

[15] 石园 , 周青. 中国湿地的生态问题及保护对策. *中国农学通报* ,2006 ,22 (6) :337 ~ 340.

[17] 彭建 , 王仰麟. 我国沿海滩涂景观生态初步研究. *地理研究* ,2000 ,19 (3) :249 ~ 256.

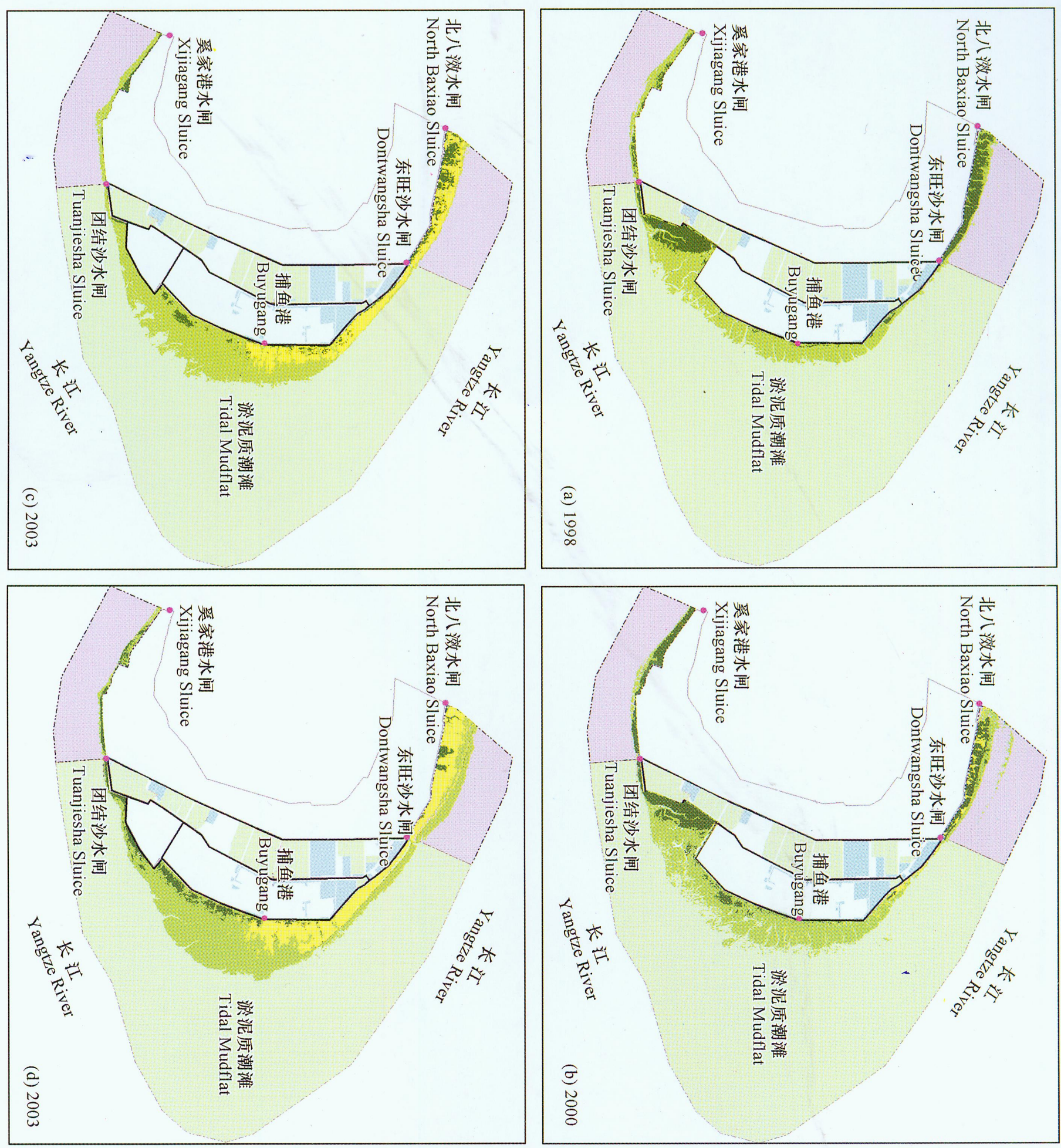


图 1 崇明东滩盐沼植被的时空动态
Fig. 1 The spatio-temporal dynamics of salt marshes vegetation at Chongming Dongtan