

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

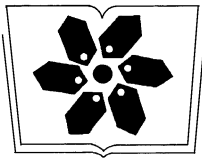
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第1期 Vol.32 No.1 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 1 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

局域种群的 Allee 效应和集合种群的同步性	刘志广, 赵 雪, 张丰盘, 等 (1)
叶片毛尖对齿肋赤藓结皮凝结水形成及蒸发的影响	陶 冶, 张元明 (7)
长江口锋面附近咸淡水混合对浮游植物生长影响的现场培养	王 奎, 陈建芳, 李宏亮, 等 (17)
河流流量对流域下垫面特性的响应	田 迪, 李叙勇, Donald E. Weller (27)
中国中东部平原亚热带湿润区湖泊营养物生态分区	柯新利, 刘 曼, 邓祥征 (38)
基于氮磷比解析太湖苕溪水体营养现状及应对策略	聂泽宇, 梁新强, 邢 波, 等 (48)
滇池外海蓝藻水华爆发反演及规律探讨	盛 虎, 郭怀成, 刘 慧, 等 (56)
采伐干扰对华北落叶松细根生物量空间异质性的影响	杨秀云, 韩有志, 张芸香, 等 (64)
松嫩草原榆树疏林对不同干扰的响应	刘 利, 王 赫, 林长存, 等 (74)
天山北坡不同海拔梯度山地草原生态系统地上净初级生产力对气候变化及放牧的响应	周德成, 罗格平, 韩其飞, 等 (81)
草原化荒漠草本植物对人工施加磷素的响应	苏洁琼, 李新荣, 冯 丽, 等 (93)
自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异	张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等 (101)
晋、陕、宁、蒙柠条锦鸡儿群落物种多样性对放牧干扰和气象因子的响应	周 伶, 上官铁梁, 郭东罡, 等 (111)
华南地区 6 种阔叶幼苗叶片形态特征的季节变化	薛 立, 张 柔, 奚如春, 等 (123)
河西走廊不同红砂天然群体种子活性相关性	苏世平, 李 毅, 种培芳 (135)
江西中南部红壤丘陵区主要造林树种碳固定估算	吴 丹, 邵全琴, 李 佳, 等 (142)
酸雨和采食模拟胁迫下克隆整合对空心莲子草生长的影响	郭 伟, 李钧敏, 胡正华 (151)
棉铃虫在 4 个辣椒品种上的寄主适合度	贾月丽, 程晓东, 蔡永萍, 等 (159)
烟草叶面积指数的高光谱估算模型	张正杨, 马新明, 贾方方, 等 (168)
不同作物田烟粉虱发生的时空动态	崔洪莹, 戈 峰 (176)
长期施肥对稻田土壤固碳功能菌群落结构和数量的影响	袁红朝, 秦红灵, 刘守龙, 等 (183)
新银合欢篱对紫色土坡地土壤有机碳固持的作用	郭 甜, 何丙辉, 蒋先军, 等 (190)
一株产漆酶土壤真菌 F-5 的分离及土壤修复潜力	茆 婷, 潘 澄, 徐婷婷, 等 (198)
木论喀斯特自然保护区土壤微生物生物量的空间格局	刘 璐, 宋同清, 彭晚霞, 等 (207)
岷江干旱河谷 25 种植物一年生植株根系功能性状及相互关系	徐 琨, 李芳兰, 苟水燕, 等 (215)
黄土高原草地植被碳密度的空间分布特征	程积民, 程 杰, 杨晓梅, 等 (226)
棉铃发育期棉花源库活性对棉铃对位叶氮浓度的响应	高相彬, 王友华, 陈兵林, 等 (238)
耕作方式对紫色水稻土有机碳和微生物生物量碳的影响	李 辉, 张军科, 江长胜, 等 (247)
外源钙对黑藻抗镉胁迫能力的影响	闵海丽, 蔡三娟, 徐勤松, 等 (256)
强筋与弱筋小麦籽粒蛋白质组分与加工品质对灌浆期弱光的响应	李文阳, 闫素辉, 王振林 (265)
专论与综述	
蛋白质组学研究揭示的植物根盐胁迫响应机制	赵 琪, 戴绍军 (274)
流域生态风险评估研究进展	许 妍, 高俊峰, 赵家虎, 等 (284)
土壤和沉积物中黑碳的环境行为及效应研究进展	汪 青 (293)
研究简报	
青藏高原紫穗槐主要形态特征变异分析	梁坤伦, 姜文清, 周志宇, 等 (311)
菊属与蒿属植物苗期抗蚜虫性鉴定	孙 娅, 管志勇, 陈素梅, 等 (319)
滨海泥质盐碱地衬膜造林技术	景 峰, 朱金兆, 张学培, 等 (326)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 332 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-01



封面图说: 白鹭展翅为梳妆, 玉树临风巧打扮——这是大白鹭繁殖期时的美丽体态。大白鹭体羽全白, 身长 94—104cm, 寿命 20 多年。是白鹭中体型最大的。繁殖期的大白鹭常常在湿地附近的大树上筑巢, 翩翩飞舞吸引异性, 其繁殖期背部披有蓑羽, 脸颊皮肤从黄色变成兰绿色, 嘴由黄色变成绿黑色。大白鹭是一个全世界都有它踪迹的广布种, 一般单独或成小群, 在湿地觅食, 以小鱼、虾、软体动物、甲壳动物、水生昆虫为主, 也食蛙、蝌蚪等。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201011021569

张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 李玉凤. 自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异. 生态学报, 2012, 32(1): 0101-0110.

Zhang H B, Liu H Y, Hao J F, Li Y F. Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(1): 0101-0110.

自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局 演变特征与空间差异

张华兵^{1,2,3}, 刘红玉^{1,2,*}, 郝敬锋^{1,2}, 李玉凤^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 2. 江苏省环境演变与生态建设重点实验室, 南京 210046;

3. 盐城师范学院城市与资源环境学院, 盐城 224002)

摘要: 将盐城国家级自然保护区核心区划分为人工管理区和自然湿地区两种模式, 根据 1987 年、1997 年、2007 年 3 个时相的景观资料, 运用 RS、GIS 技术和景观生态学方法, 分析不同驱动力下湿地景观格局的变化差异。结果表明: (1) 人工管理区, 景观斑块平均面积由 205.31 hm² 降至 55.60 hm², 景观多样性指数 1.4284 降低到 1.2928, 优势度从 0.3634 上升到 0.7766, 表明景观破碎化明显, 景观多样性呈降低趋势, 优势度则呈上升趋势。景观变化的结果导致景观带状特征变弱, 镶嵌性特征十分明显; 1987—1997 年期间, 景观格局空间演变表现为从陆地向海洋的单向演替; 而 1997—2007 年, 景观演替呈现多向性特征。(2) 自然湿地区, 景观优势度呈下降趋势, 从 0.4844 下降到 0.3164; 而景观多样性呈上升趋势, 其指数从 0.9019 上升到 1.4754。景观带状格局发育更加明显, 各景观带宽趋于均匀, 并且景观从陆地向海洋呈单向演替特征。(3) 影响海滨湿地景观格局演变的驱动因素是: 自然湿地区主要受海洋潮汐作用影响, 其主要自然过程如地貌过程和植物群落演替过程等呈连续性变化, 从而导致景观演变呈带状连续性发展; 人工管理区主要受人为管理影响, 人为管理往往使生态过程的连续性发生突变, 从而使景观演变呈多向性特征。

关键词: 海滨湿地; 自然驱动; 人工管理; 景观格局变化; 盐城自然保护区

Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities

ZHANG Huabing^{1,2,3}, LIU Hongyu^{1,2,*}, HAO Jingfeng^{1,2}, LI Yufeng^{1,2}

1 College of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China

2 Key Laboratory of Environment Change and Ecology Construction in Jiangsu Province, Nanjing 210046, China

3 College of Urban and Resource Environment, Yancheng Teachers University, Yancheng 224002, China

Abstract: Wetlands are one of most important ecological systems on earth. Their unique ecosystem function has led to them been sometimes called “the earth’s filtration system”. Coastal wetland is an important type of wetland, which is not only a rare ecosystem but is also often found in areas disturbed human activities. Landscape changes have become the most significant feature of this fragile zone. Landscape changes inevitably have effects on material circulation and energy flow within the coastal wetland ecosystems, which alter the landscape ecological processes, as well as the coastal wetland pattern and function. In this study, Yancheng coastal wetland was chosen as the study area. The Yancheng coastal wetland, located in the east of Jiangsu Province, is one of the largest mudflats in China and represents one of the most rapidly changing landscapes in the world. Changes to coastal landscapes can have natural causes or result from human activities;

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41071119); 江苏省高校自然科学研究重大项目 (10KJA170029); 江苏省哲学社会科学基金重点项目 (07EYA039)

收稿日期: 2010-11-02; 修订日期: 2011-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuhongyu@nynu.edu.cn

the pattern of change greatly differs between the two. We focused on the core area of Yancheng Nature Reserve. This area was divided into two parts based on the type of landscape change: change in the northern area being characterized as from human activities, and that in the southern area characterized as from natural causes. We used remote sensing digitized data from 1987, 1997 and 2007, and applied GIS techniques and methods of landscape ecology to analyze the temporal and spatial changes in landscape pattern caused by natural processes and human activities. In the area affected by human activities, from 1987 to 2007, the landscape pattern was characterized by greater fragmentation, higher dominance and less landscape diversity than those of the other area. The mean vegetation patch area decreased from 205.31 hm² to 55.60 hm² and the landscape diversity index from 1.4284 to 1.2928 while the landscape dominance index increased from 0.3634 to 0.7766. This landscape change resulted in degraded and heterogeneous strips of wetlands. The wetlands showed a one-direction succession from land to sea in the period between 1987 and 1997 but the landscape exhibited a multi-directional succession from 1997 to 2007. In the area that was affected only by natural processes, from 1987 to 2007, the landscape pattern was characterized by greater diversity and less dominance than those of the other area. The landscape dominance index decreased from 0.4844 to 0.3164 while the landscape diversity index increased from 0.9019 to 1.4754. Strips of wetland development were more evident and there was a one-direction succession from land to sea between 1987 and 2007. The geomorphic deposit process and the succession of plant communities adapting to environmental changes were fundamental factors driving the landscape dynamics of the area not affected by human activities. Whereas human activity, such as dyke construction, was the important driving force behind the changes in landscape pattern in the area with human activities. Through identifying the rules of landscape changes caused by different factors in the Yancheng coastal wetland, we can form a scientific basis for the sustainable exploitation of the coastal wetlands, ensuring protection of the wetland resources while simultaneously achieving social and economic sustainable development in the Yancheng coastal region.

Key Words: coastal wetland; nature reserve; human impact; landscape pattern change; Yancheng Nature Reserve

海滨湿地位于陆地生态系统和海洋生态系统的过渡地带,是脆弱的生态敏感区,也是重要的环境资源^[1]。在蓄洪防旱、调节径流、调节气候、控制水土流失、维持生物多样性等方面有着重要的生态功能和巨大的公益价值,对区域经济发展、人类生存环境、区域生态安全有着重要影响^[2]。但是,海滨湿地地处自然和人为双向作用的耦合带,在沿海地区高强度、高频率人为干扰下,其景观结构发生着巨大变化,尤其是天然湿地迅速向人工湿地或生产建设用地转化,致使天然湿地面积锐减^[3]。

盐城海滨湿地拥有盐城自然保护区、大丰麋鹿自然保护区两个国家级保护区,在人类活动日益加剧的今天,一些岸段基本保持了天然的生态结构和功能,成为我国乃至世界为数不多的典型原始海岸湿地之一^[4]。目前,对盐城海岸湿地研究已成为热点,遥感技术与实地调查相结合的方法已广泛应用于盐城国家自然保护区景观变化监测^[5],在经济快速发展和人口增加的压力下,海岸湿地景观变得破碎化,并对丹顶鹤的生境产生重要影响^[6],自然保护区生物多样性出现严重损失^[7],对海岸演变规律、景观演替及驱动力分析、景观模拟、生物多样性保护和开发利用、营养物质化学过程、海岸湿地评价等方面研究也已不断深入^[8-19]。但是,辨识自然和人为管理不同驱动机制下海滨湿地景观演变特征与趋势的研究比较缺乏。本文选择盐城保护区核心区为研究区域,从自然和人工管理不同驱动力的视角,揭示人工管理和自然条件两种模式下海滨湿地景观变化特征与规律,可为海滨湿地的开发与合理利用提供科学依据。

1 研究区特征

盐城保护区,地处江苏中部沿海,位于北纬 32°20′—34°37′,东经 119°29′—121°16′,面积为 45.33×10⁴ hm²,是我国最大的海岸带保护区。该区位于亚热带向暖温带的过渡地带,季风气候显著,受南北气流和海洋、大陆双重气候的影响,年平均气温介于 13.7—14.8℃之间,年降水量为 900—1100mm,雨量丰沛,南部多于北部。

保护区核心区北至新洋港,南至斗龙港,西至海堤,为淤涨型潮滩湿地,总面积为 $1.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。目前,保护区以中路港为界分为南北两部,这两块湿地区域特征差异十分显著(图 1)。北部,面积约 $0.54 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。由于盐城湿地保护区以保护丹顶鹤越冬生境为重点,为了给丹顶鹤等珍稀物种创造良好的人工栖息地,该保护区自 1993 年来在其核心区已建立了一些人工湿地。1994 年,盐城市政府通过了四项生态发展工程,其中包括占地 200 hm^2 的水禽湖、占地 67 hm^2 的沙蚕基地、占地 67 hm^2 的芦苇地和占地 267 hm^2 的综合动植物园^[20]。虽然实施了大面积的芦苇湿地恢复工程,但是由于经济利益的诱惑,大多数工程被迫改变了原有的方案,以发展经济为主的芦苇基地和养殖地大幅增加,称为典型的人工管理湿地区域。南部,面积约 $1.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。受人类活动干扰比较微弱,其景观格局与演变主要受气候、地形、水文、土壤、植被等自然因素影响,其中主导因素是潮汐作用^[3]。在景观上表现为从陆地向海洋依次为芦苇湿地、碱蓬湿地、米草湿地、光滩,为典型的自然湿地区。

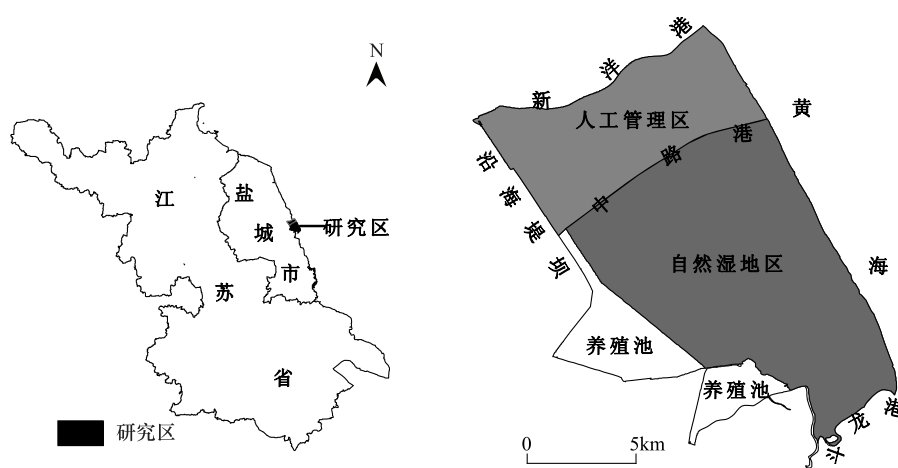


图 1 研究区位置和范围

Fig.1 Location and scope of the study area

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

数据主要来源,一是根据 1987 年江苏海岸带 1:20 万植被调查图、1:20 万土地利用调查图、1:20 万地貌调查图、1:20 万土壤调查图,建立 1987 年盐城海滨湿地景观类型图;二是运用 1997 年 5—6 月和 1998 年 2 月的 TM 影像,制作 1997 年盐城海滨湿地景观类型图;三是根据 2006 年 11 月至 2007 年 2 月日本 ALOS 遥感影像数据建立 2007 年盐城海滨湿地景观类型图。具体做法是,将 1987 年图件通过扫描仪输入计算机,以 1:5 万盐城基础图作为参考,在 ArcGis9.2 软件支持下进行配准,对景观要素进行矢量化,建立 1987 年盐城海滨湿地景观类型图。对 1997 年、2007 年的遥感影像进行合成、配准,然后采取人工目视解译结合野外调查校正,制作 1997 年和 2007 年盐城海滨湿地景观类型图(图 2 和图 3)。

2.2 景观分类

海滨湿地是介于海陆之间的复杂的自然综合体,生态系统类型多样,根据区域景观特征,结合研究需要,参照 Ramsar《湿地公约》中湿地的定义,将海滨湿地景观分为自然湿地和人工湿地两大类,其中自然湿地包括芦苇湿地、碱蓬湿地、米草湿地、光滩、河流湿地等 5 种类型;人工湿地主要为养殖池;非湿地主要为旱地(表 1)^[21]。

2.3 景观指数选择

景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标,可以定量的描述和监测景观结构特征随时间的变化^[22]。该研究中选取平均斑块面积和斑块数量,景观多样性指数和优势度指数,景观带最大带宽、最小带宽、平均带宽、最大带长等指标来描述景观

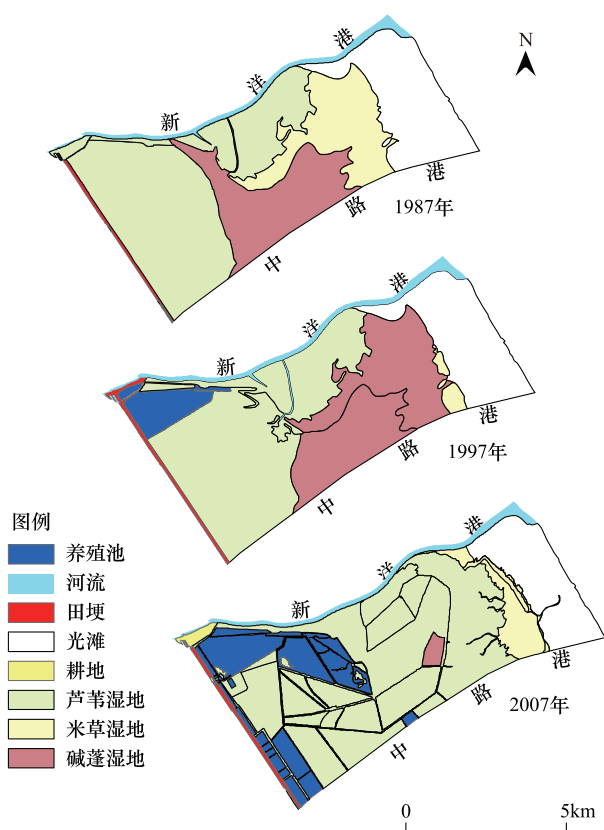


图 2 1987—2007 年人工管理区景观变化

Fig. 2 Landscape changes in the coastal wetlands by human activities from 1987 to 2007

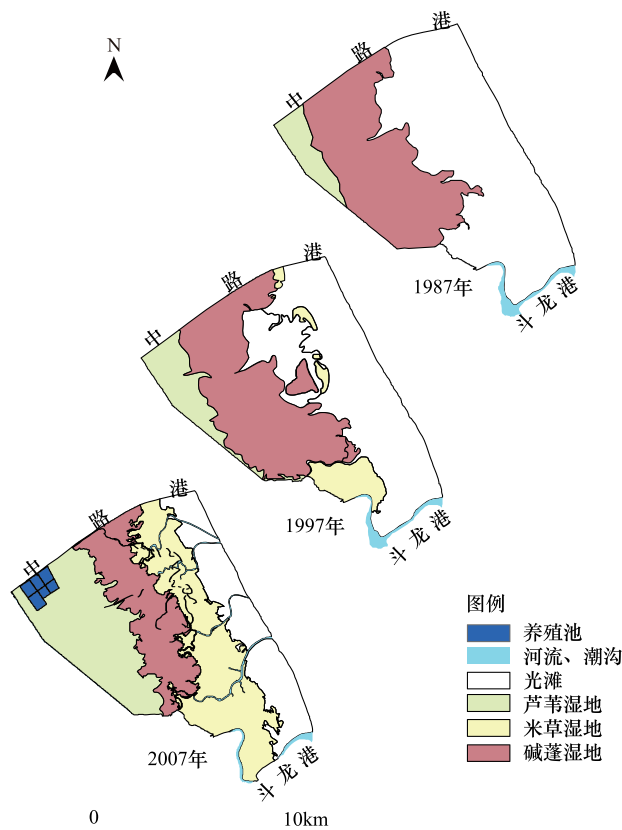


图 3 1987—2007 年自然湿地区景观变化

Fig. 3 Landscape changes in the coastal wetlands by natural processes from 1987 to 2007

表 1 海滨湿地景观分类系统

Table 1 Classification system of costal wetland landscape		
一级分类 First level classification	二级分类 Second level classification	分类说明 Category description
自然湿地 Natural wetland	芦苇湿地 Reed wetland	小潮高潮位以上, 芦苇盖度 85% 以上
	碱蓬湿地 Suaeda wetland	大潮高潮位与平均高潮位之间, 碱蓬盖度 50%—80%
	米草湿地 Spartina wetland	平均高潮位与小潮高潮位之间, 米草盖度 70%—90%
	光滩 Beach	小潮高潮位以下
	河流湿地 River	天然河流、潮沟
人工湿地 Artificial wetland	养殖池 Pond	海水、淡水水产养殖池
非湿地 Non-wetland	旱地 Cultivated field	

空间格局特征。

3 结果分析

3.1 人工管理区景观格局特征及其变化

3.1.1 景观结构基本特征及其变化

从景观斑块面积和数量看,1987—1997 年,人工管理区的景观斑块数量和斑块面积变化缓慢,景观斑块数量由 26 个增加到 30 个,平均斑块面积由 205.31hm²降低到 177.93hm²。但是,1997—2007 年,人工管理区的景观斑块数量激增,由 1997 年的 30 个增加到 2007 年的 96 个,增幅为 220%;斑块面积骤降,平均斑块面积下降到 55.60 hm²,降低了 69%。其中,芦苇湿地斑块数量增加了 47 个,斑块平均面积由 1997 年的 2289.40hm²降低到 65.24hm²;碱蓬湿地斑块的平均面积由 1490.96hm²降低到 51.72hm²。由此可见,人工管

理区,在 1987—1997 年,基本遵循自然演变规律,1997—2007 年,由于人类作用的加强,其斑块面积和数量发生巨大变化,景观分割严重。

从景观异质性特征及其变化来看,人工管理区景观多样性指数 1987—1997 年略有上升,1997—2007 年出现了下降趋势,景观优势度上升明显。景观结构总体表现为景观异质性减小,景观破碎化加剧。从图 2 可以看出,1997—2007 年,芦苇湿地大面积被人类开发利用,尤其是众多的廊道和养殖池,使景观变得破碎,景观在空间上表现出向单一景观类型集中的趋势,即芦苇湿地。

表 2 人工管理区和自然湿地区湿地景观异质性变化

Table 2 Wetland landscape heterogeneity changes by natural processes and human activities

景观指数 Landscape index	人工管理区 Wetlands by human activities			自然湿地区 Wetlands by natural processes		
	1987 年	1997 年	2007 年	1987 年	1997 年	2007 年
SHDI	1.4284	1.4291	1.2928	0.9019	1.1802	1.4754
D	0.3634	0.5286	0.7766	0.4844	0.4192	0.3164

3.1.2 景观格局演变特征及其变化

人工管理区景观空间格局 1987 年为近似平行格局,表现出一定的带状特征,由陆向海依次为芦苇湿地—碱蓬湿地—米草湿地—光滩。1997 年,这种带状特征仍在存在。而到 2007 年,整体景观空间格局向镶嵌格局转变,即大面积的芦苇湿地中镶嵌着养殖池、碱蓬湿地;芦苇湿地与光滩中镶嵌着米草湿地。对人工管理区 1987 年、1997 年和 2007 年主要景观带进行比较发现(表 3),1987—1997 年,芦苇湿地变化带宽缓慢;碱蓬湿地带宽增加 56.08%,互花米草开始发育。而 1997—2007 年,芦苇湿地的平均宽度增加了 82.08%,其分布由 1997 年的北宽南窄,到 2007 年演变为南北齐宽的空间格局;碱蓬湿地在 1997 年,宽度略逊于芦苇湿地,北窄南宽,到了 2007 年基本被芦苇湿地所代替,只剩下零星的斑块镶嵌在芦苇湿地中。互花米草开始扩张,由 1997 年的零星分布,到 2007 年形成景观带,北窄南宽,极端宽度迅速增加,但平均宽度只有 394.60m。从景观带长看,以景观最大带长为指标,1987 年,芦苇湿地>碱蓬湿地>光滩>米草湿地。1997 年,基本维持了这种格局,这与新洋港和中路港的走势、各类型湿地景观的发育程度相关以及这阶段人类活动对其影响比较薄弱,仅在北部开垦了养殖池,导致芦苇湿地景观带长下降了 23.94%。而到 2007 年,景观最大带长变为光滩>芦苇湿地>米草湿地>碱蓬湿地;景观最大带长变化最大的是米草湿地和碱蓬湿地,互花米草迅速扩张,致使米草湿地景观带长增长了 1 倍多;碱蓬湿地大面积被用来恢复芦苇湿地,最大带长缩短约为原来的 1/4。芦苇湿

表 3 1987—2007 年海滨湿地人工管理区景观空间格局变化

Table 3 Coastal wetland landscape pattern changes by human activities from 1987 to 2007

研究区 Study area	时间 Time	指标 Index	芦苇湿地/m Reed wetland	碱蓬湿地/m Suaeda wetland	米草湿地/m Spartina wetland	光滩湿地/m Beach
人工管理区 Wetlands by human activities	1987	景观最大宽度	7840.15	5013.19	5192.28	3270.28
		景观最小宽度	1245.41	135.92	399.11	1931.70
		景观平均宽度	4484.04	2455.80	1912.05	2168.41
		景观最大长度	6351.02	4546.32	3855.37	4449.61
	1997	景观最大宽度	7899.13	5784.07	683.13	3270.28
		景观最小宽度	1277.95	399.11	38.35	1919.28
		景观平均宽度	5244.87	3832.94	388.90	1998.60
		景观最大长度	4830.43	3855.37	2010.41	4449.61
	2007	景观最大宽度	8472.15	576.64	1455.22	2322.47
		景观最小宽度	1291.95	407.48	394.60	1497.41
		景观平均宽度	8241.67	528.04	814.77	1998.60
		景观最大长度	4381.67	1089.47	4150.13	4449.61

地因西南部也开垦为养殖池,致使其最大带长进一步减小,景观最大带长已不到 1987 年的 70%,光滩基本没有变化。

总体来看,人工管理区 1987—1997 年,芦苇湿地向海推进了近 800m,碱蓬湿地向海推进了 1100 多米,米草湿地向海推进了近 400m。湿地景观空间格局演变是从陆地向海洋方向递进,表现出明显的单向性。而 1997—2007 年,芦苇湿地平均向海推进了近 3500m;碱蓬湿地从不同方向向中心收缩,平均宽度只剩下 528.04m;米草湿地向东西两个方向扩张,在向陆方向由碱蓬湿地演替而来约 300 m,向海洋方向扩张约 110m。湿地景观空间格局演变的方向表现出多向性,即芦苇湿地向东扩展,碱蓬湿地向中心收缩,米草湿地向东西两个方向蔓延(图 4)。

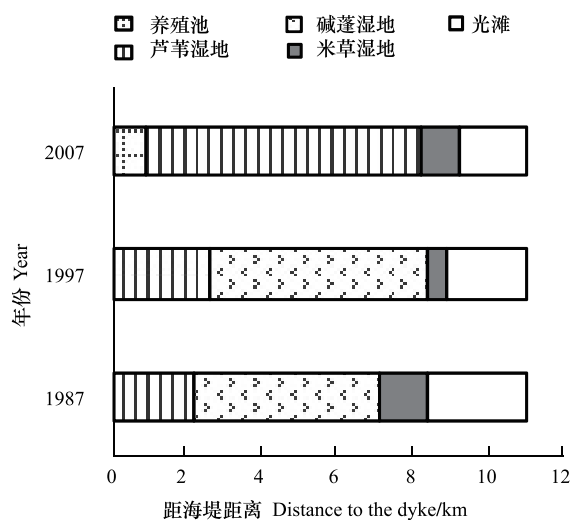


图 4 1987—2007 年人工管理区景观格局演变

Fig. 4 The spatial evolution of landscape pattern by human activities from 1987 to 2007

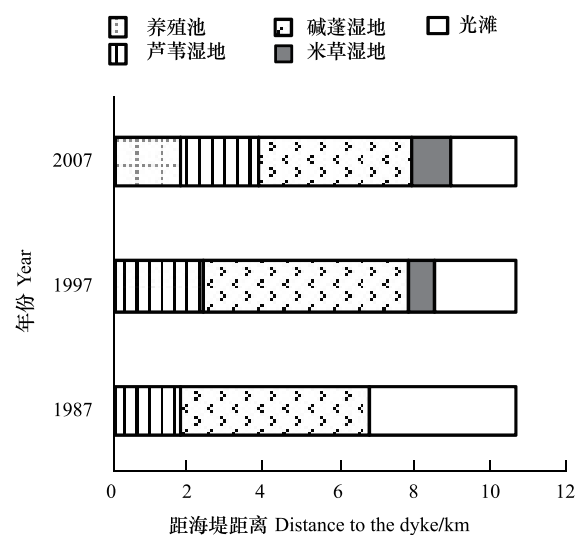


图 5 1987—2007 年自然湿地区景观格局演变

Fig. 5 The spatial evolution of landscape pattern by natural processes from 1987 to 2007

3.2 自然湿地区景观格局特征及其变化

3.2.1 景观结构基本特征及其变化

从景观斑块面积和数量看,1987—1997 年,自然湿地区的景观斑块数量由 6 个增加到 18 个,平均斑块面积由 1873.65 hm^2 下降到 619.90 hm^2 。1997—2007 年,景观斑块数量由 18 个增加到 35 个,平均斑块面积降至 315.08 hm^2 。由此可见,自然湿地区,1997—2007 年,景观变化受人为干扰较小,主要受地貌过程、水文过程、植被过程等因素的影响,景观斑块数量变化平稳,没有表现出人工管理区的激变特征。

从景观异质性特征及其变化来看,自然湿地区与人工管理区有着显著差异。1987—2007 年,自然湿地区,景观多样性指数持续上升,优势度不断下降,景观结构总体上表现为景观异质性增加。从图 3 可以看出,1997 年,自然湿地区,景观组成由以光滩、碱蓬湿地为主,分别占 57.54%、35.80%。而到 2007 年,光滩、碱蓬湿地大面积减少,所占比重分别降到 21.45%、20.19%,芦苇湿地、米草湿地的面积分别增加到 25.02%、30.66%,各景观组成比重趋于均匀。

3.2.2 景观格局演变特征及其变化

自然湿地区的景观空间格局 1987 年表现出十分明显的带状特征,由陆向海的依次为芦苇湿地—碱蓬湿地—光滩。到 1997 年,由于互花米草试栽、发育,米草湿地呈现斑块状分布,但总体格局仍表现出芦苇湿地—碱蓬湿地—米草湿地—光滩的带状特征。2007 年,从各景观带的宽度变化来看,平行格局的分布更加均匀,带状特征更加明显,由陆向海的维持了芦苇湿地—碱蓬湿地—米草湿地—光滩的格局。从景观宽度看,1987—2007 年,芦苇湿地无论从最大宽度、最小宽度、平均宽度都大幅度增长,平均宽度增加了 2 倍多;碱蓬

湿地的最大宽度、最小宽度、平均宽度都在减小,平均宽度减少了 45.84%;米草湿地扩张迅速,最大宽度、最小宽度、平均宽度都增长迅速,从 1997—2007 年平均宽度增加了 2 倍多,景观从零星的分布而形成明显的带状。从景观带长看,1987 年,自然湿地区,景观最大带长为光滩>碱蓬湿地>芦苇湿地;1997 年,光滩>碱蓬湿地>芦苇湿地>米草湿地;而到 2007 年,由于各景观带发育充分,景观带的长度完全依斗龙港与中路港的走势而定,即米草湿地>光滩>碱蓬湿地>芦苇湿地。1987—2007 年,景观最大带长,碱蓬湿地与光滩湿地基本没有变化,米草湿地迅速扩张,增加幅度最大,几乎增长了 1 倍,芦苇湿地的最大带长增加 76.21% (表 4)。总体上,自然湿地区各景观带宽度趋向均衡,表现出与自然特征高度的一致性。

总体来看,自然湿地区的景观格局演变由于人为干扰作用弱,基本遵循自然演变的特征。1987—1997 年,芦苇湿地向海推进了约 240m,碱蓬湿地向海推进了 100 多米。1997—2007 年,芦苇湿地平均向海推进了约 2340m;碱蓬湿地虽然景观宽度在减小,但是平均向海推进了 525m;米草湿地扩张迅速,平均向海推进了约 1800 多米。自然湿地区湿地景观空间格局演替方向呈单方向特征,表现为从西向东依次推进(图 5)。

表 4 1987—2007 年盐城海滨湿地自然湿地区景观空间格局变化

Table 4 Coastal wetland landscape pattern changes by natural processes from 1987 to 2007

研究区 Study area	时间 Time	指标 Index	芦苇湿地/m Reed wetland	碱蓬湿地/m Suaeda wetland	米草湿地/m Spartina wetland	光滩湿地/m Beach
自然湿地区 Wetlands by natural processes	1987	景观最大宽度	1781.09	5212.00	0	6630.75
		景观最小宽度	0	2353.28	0	2741.97
		景观平均宽度	1111.01	4236.72	0	4933.69
		景观最大长度	5475.15	9794.14	0	14414.12
	1997	景观最大宽度	2373.49	5595.67	2857.62	6630.75
		景观最小宽度	141.69	1239.37	179.21	2152.44
		景观平均宽度	1353.80	4105.65	1050.96	3853.59
		景观最大长度	8502.58	9729.32	7867.27	14089.64
	2007	景观最大宽度	4700.84	3883.73	3792.62	2259.99
		景观最小宽度	1434.84	904.10	1004.24	1371.02
		景观平均宽度	3691.81	2293.59	2402.11	1876.50
		景观最大长度	9647.75	9731.07	15148.78	14091.82

4 海滨湿地景观演变驱动力分析

4.1 自然驱动要素

盐城保护区核心区自然湿地区域由于受到严格保护,其景观演变主要受自然要素驱动。其中海岸地貌过程和植物覆被类型演变过程为主要因素。由于其连续变化,驱动景观演变过程呈现连续、方向单一特征。

(1) 海岸地貌过程

盐城海岸地貌过程(图 6)^[23]与供沙条件和海洋动力相关。盐城保护区核心区海岸为淤长型海岸,在潮汐、潮流作用下平均高潮线不断向海淤进,潮间带下部、潮下带平缓,潮沟发育。地貌过程影响着水文过程,进而影响土壤的理化性质,尤其是土壤盐度。土壤作为景观变化的一个重要动力,其变化直接影响植被的发育演替,在空间上表现为景观格局梯度变化。地貌过程、水文过程致使淤长型海岸湿地土壤过程与潮水进退一致,景观格局表现为从陆地向海洋方向的梯度变化。

(2) 植物覆被类型变化

海岸地貌过程改变了植物的生境,导致植被发生演替。海滨景观格局演变形态上就是植物与生境相互适应的产物。所以说,植物覆被类型变化是海滨湿地景观格局演变的外在表现。盐城保护区核心区,主要植物包括了芦苇、碱蓬以及外来物种互花米草。植物覆被类型变化与潮侵的频率息息相关。芦苇分布在大潮高潮位以上,潮侵频率小于 5%;碱蓬分布在大潮高潮位与平均高潮位之间,潮侵频率在 5%—30%;米草主要分布在平均高潮位和小潮高潮位之间,潮侵频率在 20%—50%^[3]。淤长型海岸,平均高潮线不断向海淤进,同一

地点潮侵频率降低,植物覆被类型按光滩—米草—碱蓬—芦苇的顺序变化。另外,互花米草为具有广生态幅外来物种,有着极强的耐淤埋、耐风浪的特征,能够在海滨潮间带大部分区域生长^[24]。所以,海滨湿地景观中米草湿地扩张最为迅速。同时,由于互花米草入侵导致了海岸湿地先锋群落由碱蓬变为米草。

4.2 人为驱动要素

在人工管理区,一方面,建设拦水堤坝,致使景观变得破碎,更重要的是改变了水文过程,导致生态过程突变,致使景观演变不连续,发生突变。拦水堤坝一方面可以阻止潮汐作用下海水入侵;另一方面可以储存淡水,致使生态过程发生改变,生态系统类型逐渐向淡水湿地方向演变。同时,拦水堤坝有效的发挥了廊道阻碍作用,阻挡米草向陆地方向扩张的速度。另外,由于经济利益的驱动,开垦了大量的养殖池和芦苇基地,导致景观演变发生突变。

5 结论与讨论

对人工管理和自然条件不同模式下海滨湿地景观格局变化进行比较研究,是正确认识海滨湿地景观过程的重要依据。文章以盐城自然保护区核心区为例,将核心区分为人工管理区和自然湿地区,探讨不同驱动模式下,海滨湿地景观格局演变特征与规律。

(1)两种模式下,湿地景观结构变化截然不同。人工管理模式下,海滨湿地景观变化呈现明显的阶段性特征。1987—1997年,景观斑块由26个增加到30个,优势度由0.3634上升到0.5286,景观多样性指数略有上升。1997—2007年,斑块数量增加到了96个,景观斑块平均面积减少了69%,景观呈现明显的景观破碎化;景观向单一类型集中,其中芦苇湿地面积比重增加到了58.66%,致使景观优势度上升到0.7766,景观多样性指数下降到1.2928。自然条件模式下,1987—2007年,海滨湿地景观斑块数量、斑块面积变化不大,主要景观类型芦苇湿地平均斑块面积增加了138.22%,米草湿地从无到有,平均斑块面积为375.67hm²,碱蓬湿地的平均斑块面积减少了42.68%;芦苇湿地、碱蓬湿地、米草湿地、光滩的比重更加均衡,景观优势度降低,景观多样性上升。

(2)两种模式下湿地景观格局演变特征分化明显。人工管理模式下,1987—1997年,海滨湿地景观空间格局维持了带状特征,呈现从陆地向海洋的单向、有序演变。1997—2007年,带状特征减弱,镶嵌特征逐渐明显,演变模式表现为多向性、无序性。其中,芦苇湿地带迅速扩张,平均宽度增加了82.08%;碱蓬湿地萎缩严重,平均宽度仅为原来的13.11%,最大长度减少了72.17%;米草湿地扩张缓慢,至2007年面积比重仅为5.02%。自然模式下,海滨湿地景观空间格局带状特征更加明显,各景观带发育充分,景观带宽差异变小,空间格局演变模式表现出与自然特征高度一致的单向性、有序性,即各景观带从陆地向海洋蔓延。

(3)人工管理模式下,盐城海滨湿地景观格局自然演变规律被打乱,呈现向人为主导类型(芦苇湿地)方向的演变特征。这是由于人工管理下,通过建设拦水堤坝等,阻止了潮汐作用下海水的扩散能力,生态过程发生改变,致使生态系统类型向淡水湿地(芦苇湿地)方向演变。同时,由于米草是外来物种,其扩张能力很强,结果碱蓬湿地受到芦苇湿地人为扩展和米草湿地自然扩张的影响而不断收缩。而自然条件下,湿地生态系统演替过程受潮汐作用规律性影响,景观格局带状特征十分明显。虽然米草湿地也不断扩张,但是依然能够维持自然演替过程。

(4)人工管理和自然条件两种不同模式下,盐城海滨湿地景观格局的变化差异会产生不同的生态环境效应,包括对水文过程、生物多样性、土壤过程以及丹顶鹤等珍稀物种栖息地的影响等。这些方面的研究有待于在后续工作中不断探索。

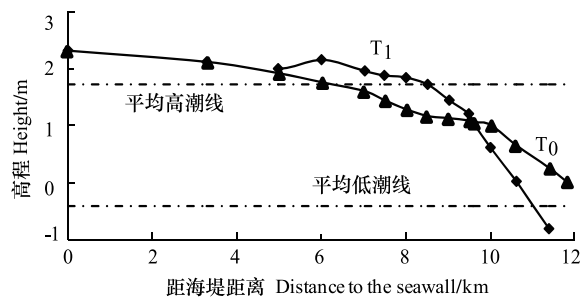


图6 淤长型海岸地貌过程^[23]

Fig. 6 Geomorphic process in deposition coast

References:

- [1] Zhang X L, Li P Y, Li P, Xu X Y. Present conditions and prospects of study on coastal wetlands in China. *Advances in Marine Science*, 2005, 23 (1): 87-95.
- [2] Liu H Y, Li Y F, Cao X, Hao J F, Hu J N, Zheng N. The current problems and perspectives of landscape research of wetland in China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(11): 1394-1401.
- [3] GEF Wetlands Project Office in Jiangsu Province. The Ecological Value Assessment and Policy and Law, Land Use Analysis in Yancheng Costal Wetland. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 2008: 25-25, 77-77.
- [4] Liu Q S, Li Y F, Zhu X D. Characteristics of coastal wetland ecosystems and their healthy design: a case study from Yancheng Natural Reserve, Jiangsu Province, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 2003, 25(3): 143-148.
- [5] Liu C Y, Jiang H X, Hou Y Q, Zhang S Q, Su L Y, Li X F, Pan X, Wen Z F. Habitat changes for breeding waterbirds in Yancheng National Nature Reserve, China: a remote sensing study. *Wetlands*, 2010, 30(5): 879-888.
- [6] Ke C Q, Zhang D, Wang F Q, Chen S X, C, Schnullius C, Boerner W M, Wang H. Analyzing Coastal Wetland Change in The Yancheng National Nature Reserve, China. *Regional Environmental Change*, 2011, 11(1): 161-173.
- [7] Zhu H G, Qin P, Wang H. Functional group classification and target species selection for Yancheng Nature Reserve, China. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13(7): 1335-1353.
- [8] Ma X J, Lu Z H, Lin T. Ecological risk assessment of Yancheng Coastal Wetland. *Marine Environmental Sciences*, 2010, 29(4): 599-601.
- [9] Xu C, Sheng S, Zhou W, Cui L J, Liu M S. Characterizing Wetland Change at Landscape Scale in Jiangsu Province, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, [2010-10-16]. <http://www.springerlink.com>.
- [10] Ke C Q, Zhang D, Wang F Q, Chen S X, Schnullius C, Boerner W M, Wang H. Analyzing coastal wetland change in the Yancheng National Nature Reserve, China. *Regional Environmental Change*, [2010-07-04]. <http://www.springerlink.com>.
- [11] Zhang D Z, Ding G, Zhang H B, Tang B P. Isolation and characterization of 10 microsatellite makers in *Helice Tientsinensis*. *Conservation Genetics Resources*, 2009, 1(1): 321-323.
- [12] Gao J H, Yang G S, Ou W X. Analyzing and quantitatively evaluating the organic matter source at different ecologic zones of tidal salt marsh, North Jiangsu Province, China. *Frontier of Environmental Science and Engineering in China*, 2008, 2(1): 81-88.
- [13] Zhou D M, Gong H L, Wang Y Y, Khan S, Zhao K Y. Driving Forces for The Marsh Wetland Degradation in The Honghe National Nature Reserve in Sanjiang Plain, Northeast China. *Environmental Modeling and Assessment*, 2009, 14(1): 101-111.
- [14] Gao J H, Ou W X, Yang G S. Overview on geochemistry process of nitrogen and phosphor in tidal flat wetland. *Wetland Science*, 2004, 2(3): 220-227.
- [15] Ding J J, Wang L, Ji Y H, Ding Y H, Li R J. Landscape pattern change of Yancheng coastal wetland in Jiangsu. *Wetland Science*, 2009, 7(3): 202-207.
- [16] Liu C Y, Zhang S Q, Jiang H X, Wang H. Spatiotemporal dynamics and landscape pattern of alien species spartina alterniflora in Yancheng coastal wetlands of Jiangsu Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(4): 901-908.
- [17] Zhang H Q, Tang X X, Liu R, Zhou J X, Ling C X. Study on prediction models of wetland types in Yancheng. *Geographical Research*, 2009, 28(6): 1713-1720.
- [18] Yao C, Wan S W, Sun D L, Qin P. Ecological mechanisms of vegetation succession of coastal wetland in Yancheng Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2203-2210.
- [19] Chen C J. Change trend of erosion and deposition on the mudflat from the guanhe to the Changjiang River Estuary. *Marine Sciences*, 1990, (3): 11-16.
- [20] Xue D Y. Draft master plan for the management of the Yancheng coastal marshes, Jiangsu Province, China. *Wetland Biodiversity Conservation and Sustainable Use in China*(CPR/98/G32/A/1G/99), 2001
- [21] Yang G S. Coastal Environmental Change and Its Regional Responses in China. Beijing: Higher Education Press, 2005: 140-141.
- [22] Wu J G. Landscape Ecology. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007: 106-106, 117-117.
- [23] Chen C J. Change trend of erosion and deposition on the mudflat from the Guanhe to the Changjiang River estuary. *Marine Sciences*, 1990, (3): 11-16.
- [24] Yuan H W, Li S Z, Zheng H Z, Fang Z Y. Evaluation of the influences of foreign spartina alterniflora on ecosystem of Chinese coastal wetland and its countermeasures. *Marine Science Bulletin*, 2009, 28(6): 122-128.

参考文献:

- [1] 张晓龙,李培英,李萍,徐兴永. 中国滨海湿地研究现状与展望. 海洋科学进展,2005,23(1):87-95.
- [2] 刘红玉,李玉凤,曹晓,郝敬锋,胡俊纳,郑囡. 我国湿地景观研究现状、存在的问题与发展方向. 地理学报,2009,64(11):1394-1401.
- [3] 江苏省 GEF 湿地项目办公室. 盐城滨海湿地生态价值评估及政策法律、土地利用分析. 南京:南京师范大学出版社,2008:25-30,77-77.
- [4] 刘青松,李杨帆,朱晓东. 江苏盐城自然保护区滨海湿地生态系统的特征与健康设计. 海洋学报,2003,25(3):143-148.
- [8] 马喜君,陆兆华,林涛. 盐城海滨湿地生态风险评价. 海洋环境科学,2010,29(4):599-601.
- [14] 高建华,欧维新,杨桂山. 潮滩湿地 N、P 生物地球化学过程研究. 湿地科学,2004,2(3):220-227.
- [15] 丁晶晶,王磊,季永华,丁玉华,李荣锦. 江苏省盐城海岸带湿地景观格局变化研究. 湿地科学,2009,7(3):202-207.
- [16] 刘春悦,张树清,江红星,王会. 江苏盐城滨海湿地外来种互花米草的时空动态及景观格局. 应用生态学报,2009,20(4):901-908.
- [17] 张怀清,唐晓旭,刘锐,周金星,凌成星. 盐城湿地类型演化预测分析. 地理研究,2009,28(6):1713-1720.
- [18] 姚成,万树文,孙东林,钦佩. 盐城自然保护区海滨湿地植被演替的生态机制. 生态学报,2009,29(5):2203-2210.
- [19] 陈才俊. 灌河口至长江口海岸淤蚀趋势. 海洋科学,1990,(3):11-16.
- [20] 薛达元. 对中国江苏省盐城国家级自然保护区核心区内人工湿地恢复工程的评估与建议,中国湿地生物多样性保护与可持续利用项目 (CPR/98/G32/A/1G/99),2001.
- [21] 杨桂山. 中国海岸环境变化及其区域响应. 北京:高等教育出版社,2005:140-141.
- [22] 邬建国. 景观生态学(第二版). 北京:高等教育出版社,2007:106-106,117-117.
- [23] 陈才俊. 灌河口至长江口海岸淤蚀趋势. 海洋科学,1990,(3):11-16.
- [24] 袁红伟,李守中,郑怀舟,方舟易. 外种互花米草对中国海滨湿地生态系统的影响评价及对策. 海洋通报,2009,28(6):122-128.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.1 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Allee effects of local populations and the synchrony of metapopulation	LIU Zhiguang, ZHAO Xue, ZHANG Fengpan, et al (1)
Effects of leaf hair points on dew deposition and rainfall evaporation rates in moss crusts dominated by <i>Syntrichia caninervis</i> , Gurbantunggut Desert, northwestern China	TAO Ye, ZHANG Yuanming (7)
The influence of freshwater-saline water mixing on phytoplankton growth in Changjiang Estuary	WANG Kui, CHEN Jianfang, LI Hongliang, et al (17)
The responses of hydrological indicators to watershed characteristics	TIAN Di, LI Xuyong, Donald E. Weller (27)
Lake nutrient ecosystems in the east-central moist subtropical plain of China	KE Xinli, LIU Man, DENG Xiangzheng (38)
The current water trophic status in Tiaoxi River of Taihu Lake watershed and corresponding coping strategy based on N/P ratio analysis	NIE Zeyu, LIANG Xinqiang, XING Bo, et al (48)
Reversion and analysis on cyanobacteria bloom in Waihai of Lake Dianchi	SHENG Hu, GUO Huaicheng, LIU Hui, et al (56)
Effects of cutting disturbance on spatial heterogeneity of fine root biomass of <i>Larix principis-rupprechtii</i>	YANG Xiuyun, HAN Youzhi, ZHANG Yunxiang, et al (64)
Responses of elm (<i>Ulmus pumila</i>) woodland to different disturbances in northeastern China	LIU Li, WANG He, LIN Changcun, et al (74)
Impacts of grazing and climate change on the aboveground net primary productivity of mountainous grassland ecosystems along altitudinal gradients over the Northern Tianshan Mountains, China	ZHOU Decheng, LUO Geping, HAN Qifei, et al (81)
Response of herbaceous vegetation to phosphorus fertilizer in steppe desert	SU Jieqiong, LI Xinrong, FENG Li, et al (93)
Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities	ZHANG Huabing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (101)
Response of species diversity in <i>Caragana Korshinskii</i> communities to climate factors and grazing disturbance in Shanxi, Shaanxi, Ningxia and Inner Mongolia	ZHOU Ling, SHANGGUAN Tieliang, GUO Donggang, et al (111)
Seasonal change of leaf morphological traits of six broadleaf seedlings in South China	XUE Li, ZHANG Rou, XI Ruchun, GUO Shuhong, et al (123)
Correlation analysis on <i>Reaumuria soongorica</i> seed traits of different natural populations in Gansu Corridor	SU Shiping, LI Yi, CHONG Peifang (135)
Carbon fixation estimation for the main plantation forest species in the red soil hilly region of southern-central Jiangxi Province, China	WU Dan, SHAO Quanqin, LI Jia, et al (142)
Effects of clonal integration on growth of <i>Alternanthera philoxeroides</i> under simulated acid rain and herbivory	GUO Wei, LI Junmin, HU Zhenghua (151)
Difference of the fitness of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) fed with different pepper varieties	JIA Yueli, CHENG Xiaodong, CAI Yongping, et al (159)
Hyperspectral estimating models of tobacco leaf area index	ZHANG Zhengyang, MA Xinming, JIA Fangfang, et al (168)
Temporal and spatial distribution of <i>Bemisia tabaci</i> on different host plants	CUI Hongying, GE Feng (176)
Abundance and composition of CO ₂ fixating bacteria in relation to long-term fertilization of paddy soils	YUAN Hongzhao, QIN Hongling, LIU Shoulong, et al (183)
Effect of <i>Leucaena leucocephala</i> on soil organic carbon conservation on slope in the purple soil area	GUO Tian, HE Binghui, JIANG Xianjun, et al (190)
Isolation and the remediation potential of a Laccase-producing Soil Fungus F-5	MAO Ting, PAN Cheng, XU Tingting, et al (198)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass in Mulun National Nature Reserve in Karst area	LIU Lu, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (207)
Root functional traits and trade-offs in one-year-old plants of 25 species from the arid valley of Minjiang River	XU Kun, LI Fanglan, GOU Shuiyan, et al (215)
Spatial distribution of carbon density in grassland vegetation of the Loess Plateau of China	CHENG Jimin, CHENG Jie, YANG Xiaomei, et al (226)
Effect of nitrogen concentration in the subtending leaves of cotton bolls on the strength of source and sink during boll development	GAO Xiangbin, WANG Youhua, CHEN Binglin, et al (238)
Long-term tillage effects on soil organic carbon and microbial biomass carbon in a purple paddy soil	LI Hui, ZHANG Junke, JIANG Changsheng, et al (247)
Effects of exogenous calcium on resistance of <i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle to cadmium stress	MIN Haili, CAI Sanjuan, XU Qinsong, et al (256)
Comparison of grain protein components and processing quality in responses to dim light during grain filling between strong and weak gluten wheat cultivars	LI Wenyang, YAN Suhui, WANG Zhenlin (265)
Review and Monograph	
Salt-responsive mechanisms in the plant root revealed by proteomic analyses	ZHAO Qi, DAI Shaojun (274)
The research progress and prospect of watershed ecological risk assessment	XU Yan, GAO Junfeng, ZHAO Jiahu, et al (284)
A review of the environmental behavior and effects of black carbon in soils and sediments	WANG Qing (293)
Scientific Note	
Variation in main morphological characteristics of <i>Amorpha fruticosa</i> plants in the Qinghai-Tibet Plateau	LIANG Kunlun, JIANG Wenqing, ZHOU Zhiyu, et al (311)
Identification of aphid resistance in eleven species from <i>Dendranthema</i> and <i>Artemisia</i> at seedling stage	SUN Ya, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei, et al (319)
Research of padded film for afforestation in coastal argillaceous saline-alkali land	JING Feng, ZHU Jinzhao, ZHANG Xuepei, et al (326)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 1 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 1 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元