

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

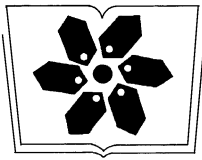
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 13 期 Vol.31 No.13 **2011**

中国生态学学会
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 31 卷 第 13 期 2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

我国东部北亚热带植物群落季相的时空变化	陈效速, 亓孝然, 阿 杉, 等 (3559)
华北低丘山地人工林蒸散的季节变化及环境影响要素	黄 辉, 孟 平, 张劲松, 等 (3569)
东北东部 14 个温带树种树干呼吸的种内种间变异	许 飞, 王传宽, 王兴昌 (3581)
RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价	王一涵, 周德民, 孙永华 (3590)
应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构	蓝文陆, 王晓辉, 黎明民 (3601)
基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究	曲 艺, 王秀磊, 栾晓峰, 等 (3609)
融雪时间对大卫马先蒿生长和繁殖特性的影响	陈文年, 吴 彦, 吴 宁, 等 (3621)
巴郎山刺叶高山栎叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 对海拔高度的响应	冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (3629)
宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征	任晶晶, 李 军, 王学春, 等 (3638)
南岭小坑藜蒴栲栎群落地上部分生物量分配规律	李 根, 周光益, 王 旭, 等 (3650)
放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响	章异平, 江 源, 刘全儒, 等 (3659)
短期增温对贡嘎山峨眉冷杉幼苗生长及其 CNP 化学计量学特征的影响	羊留冬, 杨 燕, 王根绪, 等 (3668)
锰胁迫对垂序商陆叶片形态结构及叶绿体超微结构的影响	梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 等 (3677)
土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力	胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 等 (3684)
喀斯特城市杨树人工林微量元素的生物循环	王新凯, 田大伦, 闫文德, 等 (3691)
大兴安岭林区多孔菌的区系组成与种群结构	崔宝凯, 余长军 (3700)
铜绿微囊藻和斜生栅藻非稳态营养盐限制条件下的生长竞争特性	赵晓东, 潘 江, 李金页, 等 (3710)
陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性	王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 等 (3720)
基于模式生物秀丽隐杆线虫的三丁基锡生态毒性评价	王 云, 杨亚楠, 简风雷, 等 (3728)
大庆油田石油开采对土壤线虫群落的影响	肖能文, 谢德燕, 王学霞, 等 (3736)
若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响	吴鹏飞, 杨大星 (3745)
洞庭湖湿地土壤环境及其对退田还湖方式的响应	刘 娜, 王克林, 谢永宏, 等 (3758)
渭北旱塬苹果园地产量和深层土壤水分效应模拟	张社红, 李 军, 王学春, 等 (3767)
黄土丘陵区不同土地利用下土壤释放 N_2O 潜力的影响因素	祁金花, 黄懿梅, 张 宏, 等 (3778)
东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较	宋广树, 孙忠富, 孙 蕾, 等 (3788)
硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响	朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等 (3796)
高温强光对温州蜜柑叶绿素荧光、D1 蛋白和 Deg1 蛋白酶的影响及 SA 效应	邱翠花, 计玮玮, 郭延平 (3802)
覆膜对土壤-莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响	李丽丽, 李非里, 刘秋亚, 等 (3811)
基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析	范学忠, 张利权, 袁 琳, 等 (3820)
驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性	冯 超, 白学良 (3830)
北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估	张 彪, 谢高地, 薛 康, 等 (3839)
专论与综述	
冻土甲烷循环微生物群落及其对全球变化的响应	倪永清, 史学伟, 郑晓吉, 等 (3846)
哺乳动物毛被传热性能及其影响因素	郑 雷, 张 伟, 华 彦 (3856)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07



封面图说: 滇金丝猴是我国特有的世界珍稀动物之一, 属国家一级重点保护物种。仅生活在滇藏交界处的高寒云冷杉林中, 是我国川、滇、黔三种金丝猴中唯一具有和人类一样美丽红唇的金丝猴。手中的松萝是它最喜爱的食物之一。

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

范学忠, 张利权, 袁琳, 邹维娜. 基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析. 生态学报, 2011, 31 (13): 3820-3829.

Fan X Z, Zhang L Q, Yuan L, Zou W N. An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (13): 3820-3829.

基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜 生境的时空动态分析

范学忠¹, 张利权^{1,2,*}, 袁琳¹, 邹维娜¹

(1. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062;

2. 华东师范大学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: 采用 1990—2008 年期间 6 期 Landsat TM 遥感影像的解译结果, 基于 ArcGIS 空间分带方法并构建生境有利度指数, 分析了崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态。结果表明: (1) 近 20 a 来, 主要受自然湿地的围垦、堤内土地利用方式变化和堤外互花米草 (*Spartina alterniflora*) 入侵的影响, 崇明东滩海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*) 群落 (SMC) 和养殖塘 (AP) 的数量特征变化较大, 水鸟适宜生境的数量和结构经历了由自然生境到人工生境再到自然生境占支配地位的变化; (2) 1990—2008 年期间, SMC 和 AP 生境有利度指数值的最高年份分别是 1990 年和 2003 年, 指数值的最低年份分别是 2000 年和 2008 年; (3) 20 世纪 90 年代大规模围垦以及互花米草的入侵, 致使 SMC 生境的面积锐减, 其主要分布范围从 1990 年的堤外 1000—5000 m 变为堤外 0—3000 m 处, 导致 SMC 生境状况恶化; (4) 大堤内 AP 生境是崇明东滩的重要水鸟生境类型, 受堤内土地利用方式改变的影响, 该生境 2008 年的生境有利度指数很低。崇明东滩鸟类生境的管理和保护不仅应重视自然湿地中的光滩与浅水区域, 同时更应侧重于海三棱藨草群落和堤内养殖塘的管理和保护, 其重点管理和保护范围可界定在堤外 3000 m 到堤内 2000 m 之间。崇明东滩水鸟生境的管理应实现多目标管理, 维持各类适宜生境的足够面积和合理的空间布局, 并在时间尺度上保持相对稳定, 才能有效地保护各类水鸟种群及其生物多样性。

关键词: 水鸟; 适宜生境; 时空动态; 保护与管理; 崇明东滩

An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai

FAN Xuezhong¹, ZHANG Liqun^{1,2,*}, YUAN Lin¹, ZOU Weina¹

1 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Abstract: Chongming Dongtan, an important habitat for migratory birds in East Asia, is located on Chongming Island in the Yangtze Estuary. The Dongtan wetlands were listed in the *Chinese Protected Wetlands* in 1992, and were designated as internationally important under the Ramsar Wetlands Convention in 2001 and as a national nature reserve in 2005. By their very nature and location, the estuarine and coastal habitats are dynamic and their biodiversity conservation and management relies on up-to-date spatial information. Based on the interpretation results of six Landsat TM images of the years 1990—2008 and a method of spatial zonation on ArcGIS, this paper developed an index of habitat advantage degree (*ADIH*), in combination with the main impact factors such as habitat area, habitat spatial distribution and human disturbance intensity, and analyzed spatio-temporal dynamics of habitat suitability for waterbirds at Chongming Dongtan for the period of 1990—2008. The results showed that: (1) Over the past two decades, under the impacts of wetland reclamation, changes in the

基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划 (2010CB951204); 海洋公益性行业科研专项 (200805080)

收稿日期: 2010-12-30; **修订日期:** 2011-04-21

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

ways of land use and invasion of an exotic plant *Spartina alterniflora*, the quantitative characteristics of *Scirpus mariqueter* community (SMC) and aquaculture ponds (AP) at Chongming Dongtan changed greatly. The amount and structure of suitable habitats for waterbirds underwent changes from natural dominance to artificial dominance; (2) During the period of 2000–2008, the highest values of *ADIH* for SMC and AP occurred in the years of 1990 and 2003, while the lowest values in the years of 2000 and 2008, respectively; (3) The large-scale reclamation of wetlands during 1990s had led to the decrease in SMC area and its main distribution range changed from 1000–5000m outside dike in the year 1990 to present 0–3000m outside dike, leading to deterioration of SMC habitat during the period of 1990–2000. In spite of slight improvement in habitat status after 2000, the large-scale invasion and replacement of *Spartina alterniflora* in the range of 1000–2000m, together with intense human disturbance, the values of *ADIH* for SMC remained lower during the period of 2000–2008; (4) AP habitat inside the reclamation dike was an important habitat type for waterbirds at Chongming Dongtan. This type of habitat was in a relatively favorable status during the period of years 2003–2005, while degraded duo to the changes in the ways of land use inside the dike and the values of *ADIH* for AP in the year 2008 was low. The conservation and management of suitable habitat for waterbirds at Chongming Dongtan should focus not only on the region of mudflats and shallow waters in the natural wetlands, but also pay more attention to the region of *Scirpus mariqueter* community and aquaculture ponds. The key range for conservation and management would be between 3000m outside the dike and 2000m inside the dike. To effectively conserve waterbird populations and biodiversity at Chongming Dongtan, the waterbird habitat management should implement a multi-objective management, maintain a sufficient area and rational spatial pattern of each suitable habitat for waterbirds, and keep stable in temporal scale. This study indicated the potential of this approach for objective and effective evaluation of the species habitat suitability in a dynamic estuarine and coastal area. The implications of the results as a tool for biodiversity conservation, wetland conservation and management are discussed.

Key Words: waterbird; suitable habitat; spatio-temporal dynamics; conservation and management; Chongming Dongtan

鸟类种群特征和种群生存能力的变化,深受其生境状况及其动态的影响^[1-2]。区域土地利用方式和土地覆被的变化,改变了鸟类生境的量特征与空间分布,鸟类生境受人类干扰的压力也随之变化。生境数量、空间分布和人类干扰强度决定了不同时期的鸟类生境的状态^[3-7]。分析和研究鸟类生境动态及其影响因素,对有效保护鸟类生物多样性,维护鸟类种群数量和生存能力具有重要的理论和实践意义。

上海崇明东滩的自然湿地和人工湿地,为亚太地区迁徙鸟类提供了重要的越冬生境和中途停歇点,也是中国滨海湿地生物多样性的关键地区。1992年崇明东滩湿地被列入《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。崇明东滩湿地的动态变化以及受自然和社会因素影响的鸟类生境一直是国内外学者关注的焦点。本文采用1990—2008年间6期Landsat TM遥感影像,通过空间分带方法,结合影响鸟类生境状况的生境面积、空间分布以及人类干扰强度,构建鸟类生境状况评价模型;动态分析了崇明东滩水鸟适宜生境的量特征、空间格局、生境适宜性与变化,揭示不同时期生境状况及其变化轨迹。以期为区域生境动态分析提供新的研究方法思路,为崇明东滩湿地鸟类生境管理者提供有效管理对策和科学依据。

1 研究区概况

崇明东滩(121°46′—122°06′ E, 31°25′—31°38′ N)位于崇明岛东部,地处长江、东海和黄海交汇处(图1)。东滩外围大堤两侧的自然和人工湿地是重要的水鸟栖息地,湿地鸟类基本上是涉禽和水禽两大类,其中涉禽类以鸻形目、鹬形目和水禽类的雁形目种类为主。鸟类组成上,候鸟占95%以上,其中又以旅鸟和冬候鸟占绝对优势。1990—2001年期间,东滩自然湿地经历了大规模围垦,围垦面积达90 km²左右,鸟类的自然生境发生了很大变化^[8]。目前,随着堤内农业生态系统各种用地方式的变化和堤外互花米草的快速扩散,崇

明东滩水鸟生境又有新的变化。这些变化影响了水鸟物种丰度、种群特征和分布状况^[9-10],20 世纪 90 年代和 2000—2004 年的水鸟调查数据表明,崇明东滩记录的水鸟种类约为 110 种,而在 2007 年 11 月至 2008 年 10 月的野外调查中,仅纪录到 73 种,约占历年调查总数的 66% (2008 上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区年度资源监测报告)。

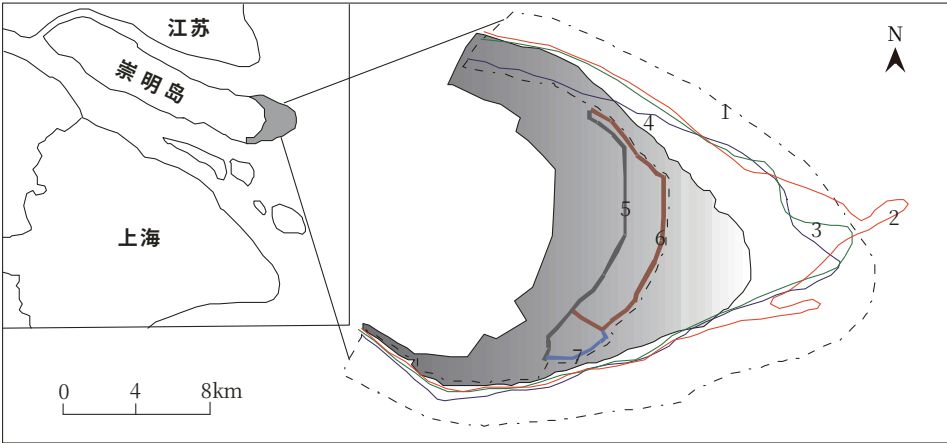


图 1 崇明东滩的位置和自然保护区范围

Fig. 1 Location of Chongming Dongtan and the national nature reserve

图中数字表示各条地理界线 1:自然保护区界线;2:0-m 等深线(2002—2008 年);3:0-m 等深线(1995—2001 年);4:0-m 等深线(1988—1994 年);5:1992 年大堤;6:1998 年大堤;7:2001 年大堤

2 研究方法

2.1 数据与信息提取

研究所用数据采用 1990、1997、2000、2003、2005、2008 年 6 幅低潮位 Landsat TM 遥感影像。基于 Erdas Imagine 8.7,利用 1:120000 海图和所选取的地面控制点,对上述影像进行几何校正和坐标转换。依据 2003—2008 年的野外实地调查记录和历史数据资料,对研究区内所有能识别出的地物类别,建立训练样区,由此生成达到精度要求的分类模板,以最大似然法实施监督分类。经分类结果精度评价后,应用 ArcGIS9.2 继续进行人机交互解译和目视校正。并利用野外实地调查数据、航空相片和历史资料,通过建立误差矩阵进行最终分类结果的精度评价^[11]。评价结果显示,经过目视校正后的最终分类精度已从初步监督分类的 70% 左右提高到 84%—91%。

崇明东滩的水鸟主要分属于雁鸭类(Anatidae)、鸬鹚类(Charadriidae)、鹭类(Ardeidae)和鸥类(Laridae)4 大类群。崇明东滩水鸟主要生境包括堤内的养殖塘和堤外的海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)群落(由于解译原因,此处包括藨草(*Scirpus triqueter*)和海三棱藨草)、光滩和浅水域,每一类群都有其偏爱的适宜生境^[12-13](表 1)。

表 1 崇明东滩的主要水鸟类群及偏爱生境

Table 1 Main groups of waterbirds and their preferred habitats at Chongming Dongtan

水鸟类群 Waterbird groups	偏爱生境 Preferred habitats ^[12-13]
雁鸭类 Anatidae	养殖塘、海三棱藨草群落
鸬鹚类 Charadriidae	海三棱藨草群落、光滩
鹭类 Ardeidae	养殖塘、海三棱藨草群落、浅水域
鸥类 Laridae	光滩与浅水域

本研究中,基于 0-m 等深线和盐沼植被带外缘界定光滩与浅水域的范围(图 1)。各年份的 0-m 等深线是从 1:120000 的海图提取,0-m 等深线是据其变化程度和范围,应用同一平均值来表征不同年份光滩与浅水域

范围的大小。

2.2 生境数量与空间格局动态分析

河口型滨海湿地在地理特征、理化特性和生物分布等方面,往往呈现成带分布特点^[14]。这些成带分布特征通常与围垦大堤相平行,并沿高程梯度更替。大堤不仅是研究区人工生态系统和自然生态系统的地理分界线,而且还是研究相关格局和生态过程的重要参考线。据此,以研究区最外围大堤(1998年和2001年)为参考线,选取1000 m为带宽来划分崇明东滩鸟类生境分布区的空间带。通过测算不同年份各类生境总面积在各带中的分配比例,识别其主要分布范围、聚集程度、海陆向主范围宽幅、离大堤距离和最远盐沼植被外缘所在带,表征和分析水鸟生境的空间格局特征以及时间动态。

在统计分析各年份水鸟生境分布图的属性数据基础上,分析各类生境和总生境的数量特征及生境结构的变化,并应用 ArcGIS 缓冲区和叠置分析方法进行生境空间格局分析。

2.3 生境适宜性动态评价

为评价各年份生境适宜性以及生境的动态变化,构建了生境有利度指数(advantage degree index of habitat, ADIH)。该指数大小取决于生境数量、空间范围和生境干扰3方面的总体状况,ADIH值越大,表明生境状况对水鸟种群越适宜。鉴于堤内外不同的人类干扰活动及其测度方式,分别由公式(1)和(2)表征自然生境和人工生境的ADIH。

$$ADIH = \frac{A}{M} \cdot \sqrt{\frac{R}{W}} \cdot \frac{N}{N_m} \quad (1)$$

$$ADIH = \frac{A}{M} \cdot \sqrt{\frac{R}{W}} \cdot \frac{Q_m}{Q} \quad (2)$$

$$Q = \sum_{j=1}^n P_j K_j \quad (3)$$

式(1)和(2)中, W 为带宽, A 为某年份某生境面积, R 为该年该生境的海陆向主范围宽幅, N 和 Q 分别为该年最远盐沼植被外缘所在带的带号和堤内农垦区的人类活动强度指数, M 、 N_m 和 Q_m 分别为研究阶段内所有年份该类生境面积的平均值、最远盐沼植被外缘所在带的最大带号和堤内农垦区人类活动强度指数的最小值。式(3)中, P_j 为某年份农垦区内第 j 类土地利用类型所占面积比例, K_j 为第 j 类土地利用类型的人类活动强度系数。结合研究区实际情况并参考相关文献^[15],分别设定 K 值为10(建设用地)、5(农田)、3(养殖塘)和1(林地和未利用地)。

3 结果与分析

3.1 水鸟适宜生境的数量特征及时间动态

近20 a来,崇明东滩水鸟适宜生境的总数量不断减少,从1990年的16557.6 hm²下降到2008年的11730.9 hm²,其中1990—1997年和2005—2008年下降幅度较大,而1997—2005年间波动较小,基本维持在14000 hm²左右(图2和图3)。3类适宜生境中,光滩与浅水域缓慢而稳定地减少,而海三棱藨草群落和养殖塘在某些阶段呈现急剧的波动。1990—1997年期间,海三棱藨草群落的面积大于4000 hm²,而在2000—2008年期间,其面积徘徊在2000 hm²左右。养殖塘于1997—2003年期间,从890 hm²增长到3694.4 hm²,扩增了3倍多;而后,其面积又从2003年的最高值回落,至2008年,其面积为745.9 hm²,减少了79.8%。

在景观或区域尺度上,各类生境的数量变化导致了生境结构的改变。1990—2005年期间,光滩与浅水域面积在总生境中所占的比例相对稳定(约65%左右);若以海三棱藨草群落和养殖塘两大类生境为考虑对象,大堤内外3000 m之间范围的生境结构变化特征表现为:由1990—1997年期间的自然生境支配型(海三棱藨草群落面积约是养殖塘的3.7倍),经过1997—2003年期间的过渡期(海三棱藨草群落和养殖塘面积在2000年各占总生境的15%),变化为2003—2005年期间的人工生境支配型(养殖塘面积约是海三棱藨草群落的1.6倍),由于2005—2008年期间养殖塘面积锐减(仅为海三棱藨草群落面积的1/3),使得生境结构在此期间又变为自然生境支配型(图2和图3)。

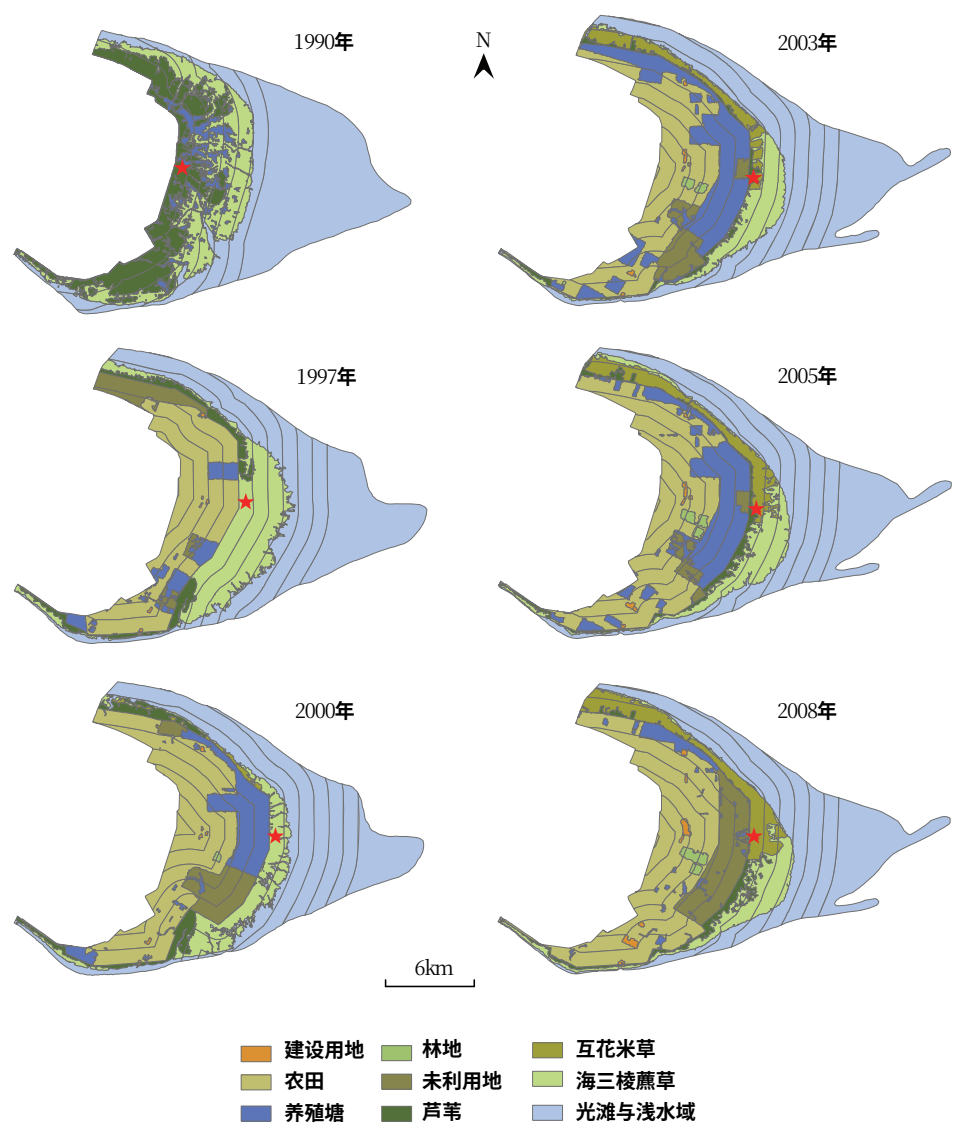


图2 崇明东滩鸟类适宜生境的 spatial 分布及空间带划分

Fig. 2 Spatial distribution of suitable habitats for waterbirds and spatial zonation at Chongming Dongtan

以研究区最外围大堤为参考线,分别依次向海和向陆进行堤外带和堤内带的划分,图中★号所示带为堤外第1带

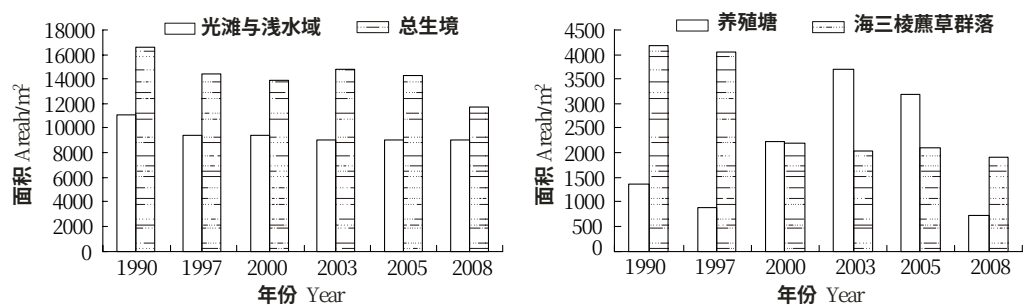


图3 崇明东滩水鸟适宜生境的定量特征及时间动态

Fig. 3 Quantitative characteristics and temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds at Chongming Dongtan

3.2 水鸟适宜生境的 spatial 格局与变化

各类生境总面积在各带中分布面积比例的统计分析结果如表2所示。如果把所占面积比例大于15%的

生境所在带视作生境主要分布区之一,由表 2 可知,海三棱藨草群落在 1990 年主要分布于堤外 1000—5000 m 间的 O_2 — O_5 带(堤外各带和堤内各带分别以 O_j 和 I_j 表示, $j=1,2,\dots,6$),而盐沼植被外缘最远可达 5500 m 处的 O_6 带(图 2)。1990 年以后多次自然湿地的围垦显著地改变了这种空间格局,致使海三棱藨草群落主要集中于堤外 0—3000 m 内的 O_1 — O_2 带和 O_1 — O_3 带(表 3)。1990—2008 年期间,海三棱藨草群落空间格局的变化主要表现为:群落的主要分布范围在幅度上由 1990 年自然状态的 4 个带缩小为 2—3 个带,并向大堤相对后退 2000—3000 m。1997 年,盐沼植被最远外缘离大堤相对较远,但尚未超过离堤 4000 m 的 O_4 带;2000 年,盐沼植被最远外缘相对大堤退至距堤 2000 m 处;2003 年后已限制围垦,盐沼植被最远外缘才有明显的向外扩展趋势(表 2 和图 2)。

1990 年,光滩与浅水域在 O_1 — O_5 各带中的面积比例都在 6% 以下,主要分布于 O_6 带以外区域。与盐沼植被带动态趋势相同,数次围垦使光滩与浅水域向大堤相对后退,使光滩与浅水域在 O_1 — O_5 各带中的面积比例显著增加,特别是 2000 和 2003 年,在 O_1 — O_3 带中其平均面积比例分别是 1990 年的 7.2 倍和 5.8 倍(表 2 和图 2)。

大堤内的养殖塘是 1992 年自然湿地围垦后陆续在研究区建成的,其主要分布于堤内 0—2000 m 的 I_1 — I_2 带,养殖塘在 I_1 带高度集中,占养殖塘总面积的 1/2 至 2/3。1997—2005 年期间,养殖塘在 I_1 — I_2 带的空间分布格局基本相同,但在 2008 年, I_2 带内的养殖塘面积分布比例显著下降(表 2 和图 2)。

表 2 各类生境在各空间带中的分布状况

Table 2 Distribution of each habitat type in each zonation

生境类型 Habitat types	年份 Year	各带中每类生境占该类生境总面积的比例 Percentage in respective habitat area of each habitat type in each zonation/%					
		O_1/I_1 *	O_2/I_2	O_3/I_3	O_4/I_4	O_5/I_5	O_6/I_6
海三棱藨草群落 <i>Scirpus mariqueter</i> communities	1990	6.8	17.7	27.1	22.6	21.7	4.2
	1997	36.0	31.6	26.3	6.1	0	0
	2000	67.7	31.6	0.7	0	0	0
	2003	43.9	41.0	15.1	0	0	0
	2005	35.9	38.3	24.3	1.5	0	0
	2008	35.3	31.2	28.0	5.5	0	0
光滩与浅水域 Bare-mud flats and shallow-water areas	1990	1.3	3.3	3.0	4.1	5.7	11.7
	1997	7.8	13.3	7.9	13.1	13.9	11.1
	2000	12.5	23.7	17.5	10.9	9.5	8.3
	2003	9.1	19.7	15.1	12.6	10.2	9.3
	2005	8.1	17.5	12.7	12.2	10.2	9.3
	2008	7.3	17.1	12.0	11.4	10.2	9.3
养殖塘/自然塘* Aquaculture ponds /natural ponds	1990	26.0	24.9	26.9	16.6	5.5	0.2
	1997	69.2	26.8	4.0	0	0	0
	2000	57.0	31.1	11.1	0.9	0	0
	2003	53.2	33.0	12.3	1.5	0	0
	2005	50.4	33.6	13.1	2.9	0.1	0
	2008	80.8	9.1	7.0	2.7	0.4	0

* 海三棱藨草群落、光滩与浅水域分布于堤外 O_1 — O_6 带,养殖塘分布于堤内 I_1 — I_6 带;1990 年的水塘为堤外 O_1 — O_6 带的自然塘

3.3 水鸟生境适宜性动态评价

ADIH 计算的结果显示,海三棱藨草群落 1990 年的 ADIH 为 3.05,显著高于其后各年份,而 2000—2008 年期间的指数值降低为 $ADIH < 1$ (表 3)。2003 和 2008 年的养殖塘 ADIH 指数值分别为 2.44 和 0.33。总体来说,海三棱藨草群落的生境状况在 1990—2000 年期间趋于恶化,其中 2000 年的 ADIH 指数值为 0.37,2000 年后才逐渐趋于好转。与海三棱藨草群落相反,养殖塘生境条件从 90 年代中后期到 2003 年,生境状况动态趋于有利于水鸟种群,2003—2005 年期间的生境状况相对较好。然而,2005—2008 年期间,养殖塘的 ADIH 指数急剧下降,而且海三棱藨草群落的 ADIH 指数也出现回落。

表 3 水鸟适宜生境的空间格局特征及生境适宜性评价

Table 3 Spatial pattern characteristics of suitable habitats for waterbirds and assessment on habitat suitability

年份 Year	海三棱藨草群落 <i>Scirpus mariqueter</i> communities				养殖塘 Aquaculture ponds			
	主要范围 Main range	宽幅 Broad width/m	最远植被外缘所在带 Furthest location of outer vegetation edge	生境有利度指数 ADIH	主要范围 Main range	宽幅 Broad width/m	人类活动强度指数 Human activity intensity index	生境有利度指数 ADIH
1990	O ₂ —O ₅	4000	O ₆	3.05	—	—	—	—
1997	O ₁ —O ₃	3000	O ₄	1.71	I ₁ —I ₂	2000	4.19	0.54
2000	O ₁ —O ₂	2000	O ₂	0.56	I ₁ —I ₂	2000	4.01	1.40
2003	O ₁ —O ₃	3000	O ₃	0.64	I ₁ —I ₂	2000	3.85	2.44
2005	O ₁ —O ₃	3000	O ₄	0.89	I ₁ —I ₂	2000	4.17	1.93
2008	O ₁ —O ₃	3000	O ₄	0.80	I ₁	1000	4.04	0.33

3.4 水鸟适宜生境的转化率及其影响因素

2003—2008 年期间,崇明东滩停止了滩涂围垦,堤外潮间带处于自然演替状态。研究分析该时段各类自然湿地生态系统间的转化率,有助于识别堤外自然湿地生境的自然胁迫因子及胁迫强度。

2003 年和 2008 年的生境图层叠置分析结果显示,海三棱藨草群落面积的减少主要是向互花米草 (*Spartina alterniflora*) 和芦苇 (*Phragmites australis*) 群落的转出所致(表 4)。其中转化为芦苇群落的主要是在堤外 0—1000 m 内的 O₁ 带,5a 间转化率为 30.7%,但在 1000—2000 m 的 O₂ 带已明显减少。海三棱藨草群落转化为互花米草群落出现于 O₁—O₃ 带,其中 O₂ 带为主要区域(其转化率为 35.9%)。光滩与浅水域转化为海三棱藨草群落主要出现于 O₃—O₄ 带。总体比较四个分带,海三棱藨草群落在 O₁ 和 O₂ 带属于净转出区,而在 O₃ 和 O₄ 带为净转入区,但总转出量大于总转入量,使海三棱藨草群落生境 5 a 间减少了 107.1 hm²。在 O₂ 和 O₃ 带,互花米草群落对海三棱藨草群落的高替代率以及由此造成的威胁,应引起高度重视。

2003—2008 年,养殖塘在 I₁—I₂ 带内主要转化为未利用地(平均为 50% 以上),其次是转化为农田(平均接近 1/3),I₂ 带的转出率稍高于 I₁ 带,但 I₁ 带的绝对转化量更大,I₃ 带内约 3/4 和 1/5 的养殖塘分别转化成农田和未利用地(表 4)。由此可知,养殖塘被排水废弃后转变为未利用地并逐渐向农田转变。虽然该阶段每个带内也有农田转化为养殖塘,但其绝对转化量较小,导致养殖塘面积在 I₁—I₃ 带大量减少(图 2),其总量已由 2003 年的 3572.5 hm² 降至 2008 年的 702.9 hm²,其净损失高达 2869.6hm²(80.3%)。

4 讨论

4.1 崇明东滩水鸟适宜生境变化的影响因素

鸟类生境数量与空间格局的改变,从属于区域土地利用和土地覆被的历史变化。土地利用/覆被变化是由人类活动和自然因素所驱动,并由某些突发事件激发而引起系统的突变^[16-17]。崇明东滩堤外海三棱藨草群落数量锐减和空间格局的显著变化,主要是 3 次大规模滩涂围垦(1992、1998、2001 年)所致。1992 年的自然湿地围垦,其圈围部分主要是高潮滩上的芦苇群落,尽管海三棱藨草群落面积损失较小,但其空间分布格局发生了很大的变化,导致失去芦苇带的生境缓冲而与大堤直接相邻。1998 年的滩涂围垦,致使海三棱藨草群落损失近一半,显著改变了其生境数量和空间分布。2003—2008 年期间,虽然停止了自然湿地围垦,但因 1995 年引种的互花米草已在崇明东滩大范围扩散,大量侵占了海三棱藨草群落的生境,致使海三棱藨草群落总面积逐年下降,其分布空间也被限制在崇明东滩的东南部。而堤内养殖塘,因其本身是农业用地的一种方式,常会受经济效益、土地权属和地方政策的影响,在修建与废弃方面具有较大的随意性。因此,影响崇明东滩水鸟适宜生境的因素可主要归为三方面:滩涂围垦(突发性)、堤内土地利用方式变化(经常性)和堤外互花米草蔓延扩散(持续性)。

表 4 2003—2008 年期间各类生境间的转化
Table 4 Transition between different habitat types during 2003—2008

生境类型 Habitat type	各带 Each belt	转化为其它地类 Transited into other land types										阶段净增 Net increase during entire period/hm ²	
		芦苇 <i>Phragmites australis</i>	互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>				光滩与浅水域 Mud flats and shallow water areas (BSA)				由光滩与浅 水域转入 Being converted into from BSA		
			面积 Area /hm ²	转出率 Output rate/%	面积 Area /hm ²	转出率 Output rate/%	面积 Area /hm ²	转出率 Output rate/%	面积 Area /hm ²	转入率 Input rate /%	2003 年面积 Area in 2003/hm ²		2008 年面积 Area in 2008/hm ²
海三棱藨草 <i>Scirpus maritiqueter</i>	O ₁	271.4	30.7	145.9	16.5	36.3	4.1	244.3	36.3	884.2	673.7	-210.5	
	O ₂	67.7	8.2	296.3	35.9	11.6	1.4	146.8	24.7	825.4	595.2	-230.2	
	O ₃	0	0	43.4	14.2	4.9	1.6	279.1	52.3	305.8	533.9	228.1	
	O ₄	0	-	0	-	0	-	105.5	1	0	105.5	105.5	
生境类型 Habitat type	各带 Each belt	转化为其它地类 Transited into other land types										阶段净增 Net increase during entire period/hm ²	
		农田 Farm land				由农田转入 Transited into from farmland							
		面积 Area /hm ²	转出率 Output rate/%	面积 Area /hm ²	转出率 Output rate/%	面积 Area /hm ²	转入率 Input rate /%	2003 年面积 Area in 2003/hm ²	2008 年面积 Area in 2008/hm ²	2003 年面积 Area in 2003/hm ²	2008 年面积 Area in 2008/hm ²		
养殖塘 Aquaculture ponds	I ₁	544.8	28.2	943.4	48.9	144.5	24.7	1929.8	586.1	-1343.7			
	I ₂	401.4	33.5	748	62.5	18.2	27.6	1197.1	65.9	-1131.2			
	I ₃	324	72.7	88.2	19.8	17.5	34.4	445.6	50.9	-394.7			

4.2 水鸟生境适宜性及其动态评价

生境面积、空间分布以及人类干扰强度对鸟类种群维持正常行为和最大承载量有重要的影响,是评价生境对种群生存是否适宜的重要指标^[18-19]。本文通过空间分带方法,结合生境面积、空间分布和人类干扰强度,建立了生境状况评价模型,可为区域生境动态分析提供新的研究方法思路。在崇明东滩,堤内养殖塘和堤外自然湿地所受到的人类干扰有所不同。养殖塘生境受到的干扰主要表现为人、畜和机械产生的声音、光和振动等物理刺激,而干扰程度通常又与人类活动强度有关,所以本研究通过堤内人类活动强度年际间的比较来测度其生境干扰的变化。而对于堤外自然湿地,人类干扰主要表现为在鸟类栖息地进行放牧、收割芦苇、捕捞鱼蟹和采拾底栖动物等。这些人类活动不仅对水鸟直接产生物理性干扰,还通过与鸟类抢夺食源、破坏生境植被、甚至偷猎鸟类等活动破坏鸟类生境质量。通常海三棱藨草群落和光滩浅水区离大堤越近,人们在落潮期进入从事干扰活动的机会就越多,其干扰强度就越大。因此,盐沼植被外缘的位置不仅能指示海三棱藨草群落主要分布范围,还可间接测度人类干扰强度。

60年代后期到1990年,崇明东滩共有2次自然湿地围垦(1973年和1984年),但围垦规模较小且间隔较长,其开发强度相对较小。因此1990年自然湿地生态系统中海三棱藨草群落有相当大面积的分布,受人类干扰较少。而1992、1997和2001年的大规模湿地围垦,使海三棱藨草群落面积锐减,导致其分布范围萎缩和干扰加大,生境状况急剧恶化。2000—2008年期间,崇明东滩水鸟生境条件虽有所改善,但和1990年的“面积较大、干扰较小”以及1997年“面积较大、干扰较大”的生境状况相比,仍有较大差距。而水鸟生境中的堤内养殖塘,其生境面积在2003年最大,受人类活动影响最小。总体来说,2003—2005年期间,养殖塘生境状况相对较好,而1997—2002年和2006—2008年期间,分别是生境状况改善和较差时期。本研究构建的生境有利度指数 *ADIH* 可以较好地反映各年份各类生境适宜性的状况及其动态变化。

4.3 崇明东滩水鸟生境管理面临的问题与对策

识别影响鸟类种群数量和生存能力的生境类型及其生境状况动态的主要因素是实施鸟类生境有效保护和管理对策的重要依据。本研究结果显示,崇明东滩主要水鸟生境类型中,光滩与浅水域受人类影响较小,其生境状况较稳定,而1990—2008年期间的海三棱藨草群落和养殖塘的生境数量和空间格局变化较大。特别是2008年,这两类生境的生境有利度指数很低,其生境状况不利于雁鸭类、鸬鹚类和鹭类水鸟的有效保护。因此,崇明东滩鸟类生境的管理和保护不仅应重视自然湿地中的光滩与浅水区域,同时更应侧重于海三棱藨草群落和堤内养殖塘的管理和保护,其重点管理和保护范围可界定在堤外3000 m到堤内2000 m之间。崇明东滩鸟类自然保护区的管理者需调整管理理念和方向,应同等重视鸟类的人工生境与自然生境。大堤内养殖塘是崇明东滩的重要水鸟生境类型,养殖塘生境中越冬水鸟数量往往高于自然湿地生境^[12,20]。东滩鸟类生境保护与管理者应针对土地权属、土地开发与保护权限等问题,寻求有效机制与利益相关者进行沟通、协调与合作,通过生态补偿和生态旅游等互惠途径,尽快恢复大堤内 I_1 — I_2 带的养殖塘生境。

崇明东滩海大堤外1000—2000 m O_2 带的海三棱藨草群落是水鸟的重要生境,目前受到外来物种互花米草大规模入侵的威胁。此外,大堤外2000—3000 m范围内许多盐沼植被扩展前沿,互花米草在光滩的直接定居对海三棱藨草群落的威胁也日益加大^[9,21]。因此亟需采取措施控制堤外互花米草的扩散。崇明东滩水鸟生境的管理应实现多目标管理的目的^[22-23],维持各类适宜生境的足够面积和合理的空间布局,并在时间尺度上保持相对稳定,才能有效地保护各类水鸟种群及其生物多样性。

References:

- [1] Keymer J E, Marquet P A, Velasco-Hernandez J X, Levin S A. Extinction thresholds and metapopulation persistence in dynamic landscapes. *The American Naturalist*, 2000, 156(5): 478-494.
- [2] Chettri N, Deb D C, Sharma E, Jackson R. The relationship between bird communities and habitat: a study along a trekking corridor in the Sikkim Himalaya. *Mountain Research and Development*, 2005, 25(3): 235-243.
- [3] Burger J, Jeitner C, Clark K, Niles L J. The effect of human activities on migrant shorebirds: successful adaptive management. *Environmental Conservation*, 2004, 31: 283-288.

- [4] Cardoni D A, Favero M, Isacch J P. Recreational activities affecting the habitat use by birds in Pampa's wetlands, Argentina: Implications for waterbird conservation. *Biological Conservation*, 2008, 141(3): 797-806.
- [5] Zhu L J, Liu H Y. Landscape connectivity of red-crowned crane habitat during its breeding season in Naoli River basin. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2008, 24(2): 12-16.
- [6] Donazar J A, Blanco G, Hiraldo F, Soto-Largo E, Oria J. Effects of forestry and other land-use practices on the conservation of cinereous vultures. *Ecological Applications*, 2002, 12(5): 1445-1456.
- [7] St-Laurent M H, Dussault C, Ferron J, Gagnon R. Dissecting habitat loss and fragmentation effects following logging in boreal forest: conservation perspectives from landscape simulations. *Biological Conservation*, 2009, 142(10): 2240-2249.
- [8] Xu H F, Zhao Y L. The Report of Scientific Survey of the Chongming Dongtan Migratory Bird Nature Reserve of Shanghai. Beijing: China Forestry Publishing House, 2005.
- [9] Xu L, Li B, Yuan X, Xu H F. The characteristics of the avian community in Chongming Dongtan spring 2003. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(6): 120-126.
- [10] Ma Z J, Wang Y, Gan X J, Li B, Cai Y T, Chen J K. Waterbird population changes in the wetlands at chongming dongtan in the Yangtze River Estuary, China. *Environmental Management*, 2009, 43(6): 1187-1200.
- [11] Yan Y Z, Wan Y Q. Classification and precision evaluation about fuzzy diagnosis in hyperspectral images. *Geo-information Science*, 2005, 7(4): 20-24.
- [12] Zhao P, Yuan X, Tang S X, Wang T H. Species and habitat preference of waterbirds at the eastern end of Chongming Island (Shanghai) in winter. *Zoological Research*, 2003, 24(5): 387-391.
- [13] Tian B, Zhou Y X, Zhang L Q, Yuan L. Analyzing the habitat suitability for migratory birds at the Chongming Dongtan Nature Reserve in Shanghai, China. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2008, 80(2): 296-302.
- [14] Wang R Z, Zhang L Q. Effect of managed waterlogging to control *Spartina alterniflora* on macrobenthic communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2639-2645.
- [15] Zhou R. Study on Simulation and Predication of Landscape Dynamics of a Typical Town in the South of Jiangsu Province, China. Shenyang: Graduate School, Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [16] Cai Y L. A study on land use/cover change: the need for a new integrated approach. *Geographical Research*, 2001, 20(6): 645-651.
- [17] Boren J C, Engle D M, Palmer M W, Masters R E, Criner T. Land use change effects on breeding bird community composition. *Journal of Range Management*, 1999, 52(5): 420-430.
- [18] Donner D M, Probst J R, Ribic C A. Influence of habitat amount, arrangement, and use on population trend estimates of male Kirtland's warblers. *Landscape Ecology*, 2008, 23(4): 467-480.
- [19] Li Y H, Hu Z B, Leng W F, Chang Y, Hu Y M. Habitat pattern change of *Martes zibellina* and the impact of timber harvest in Huzhong Area in Greater Hing'an Mountains, Northeast China. *Biodiversity Science*, 2007, 15(3): 232-240.
- [20] Zhao J X, Liu H, Zhang L Q. Spatial patterns for the distribution of winter waterbirds in the aquaculture ponds of Chongming Dongtan, Shanghai. *Zoological Research*, 2008, 29(2): 212-218.
- [21] Xiao D R, Zhang L Q, Zhu Z C. The range expansion patterns of *Spartina alterniflora* on salt marshes in the Yangtze Estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2010, 88(1): 99-104.
- [22] Borja A, Bricker S B, Dauer D M, Demetriades N T, Ferreira J G, Forbes A T, Hutchings P, Jia X P, Kenchington R, Marque J C, Zhu C B. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*, 2008, 56(9): 1519-1537.
- [23] Euliss N H, Smith L M, Wilcox D A, Brwaine B A. Linking ecosystem processes with wetland management goals: charting a course for a sustainable future. *Wetlands*, 2008, 28(3): 553-562.

参考文献:

- [5] 朱丽娟, 刘红玉. 挠力河流域丹顶鹤繁殖期生境景观连接度分析. *生态与农村环境学报*, 2008, 24(2): 12-16.
- [8] 徐宏发, 赵云龙. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [9] 徐玲, 李波, 袁晓, 徐宏发. 崇明东滩春季鸟类群落特征. *动物学杂志*, 2006, 41(6): 120-126.
- [11] 闫永忠, 万余庆. 高光谱图像模糊识别分类及其精度评价. *地球信息科学*, 2005, 7(4): 20-24.
- [12] 赵平, 袁晓, 唐思贤, 王天厚. 崇明东滩冬季水鸟的种类和生境偏好. *动物学研究*, 2003, 24(5): 387-391.
- [14] 王睿照, 张利权. 水位调控措施治理互花米草对大型底栖动物群落的影响. *生态学报*, 2009, 29(5): 2639-2645.
- [15] 周锐. 苏南典型村镇景观格局演变和模拟预测研究. 沈阳: 中国科学院研究生院, 2010.
- [16] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径. *地理研究*, 2001, 20(6): 645-651.
- [19] 李月辉, 胡志斌, 冷文芳, 常禹, 胡远满. 大兴安岭呼中区紫貂生境格局变化及采伐的影响. *生物多样性*, 2007, 15(3): 232-240.
- [20] 赵锦霞, 刘昊, 张利权. 崇明东滩越冬鸟类在养殖塘的空间分布. *动物学研究*, 2008, 29(2): 212-218.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 13 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatiotemporal variation of plant community aspections in the north-subtropical zone of eastern China	CHEN Xiaoqiu, QI Xiaoran, A Shan, et al (3559)
Seasonal variations and environmental control impacts of evapotranspiration in a hilly plantation in the mountain areas of North China	HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3569)
Intra- and inter-specific variations in stem respiration for 14 temperate tree species in northeastern China	XU Fei, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (3581)
Assessment of the ecological health of wetlands in Honghe supported by RS and GIS techniques	WANG Yihan, ZHOU Demin, SUN Yonghua (3590)
Phytoplankton community structure in Qinzhou Bay during flood season by analysis of HPLC photosynthetic pigment signatures	LAN Wenlu, WANG Xiaohui, LI Mingmin (3601)
Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province	QU Yi, WANG Xiulei, LUAN Xiaofeng, et al (3609)
Effects of snowmelt timing on individual growth and reproduction of <i>Pedicularis davidii</i> var. <i>pentodon</i> on the eastern Tibetan Plateau	CHEN Wennian, WU Yan, WU Ning, et al (3621)
Response of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of <i>Quercus spinosa</i> to altitudinal gradients	FENG QiuHong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (3629)
Soil water and nutrient characteristics of alfalfa grasslands at semi-arid and semi-arid prone to drought areas in southern Ningxia	REN Jingjing, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3638)
Aboveground biomass of natural <i>Castanopsis fissa</i> community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China	LI Gen, ZHOU Guangyi, WANG Xu, et al (3650)
Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain	ZHANG Yiping, JIANG Yuan, LIU Quanru, et al (3659)
Short-term effects of warming on growth and stoichiometrical characteristics of <i>Abies fabii</i> (Mast.) Craib seedling in Gongga mountain	YANG Liudong, YANG Yan, WANG Genxu, et al (3668)
Manganese stress on morphological structures of leaf and ultrastructures of chloroplast of a manganese hyperaccumulator, <i>Phytolacca americana</i>	LIANG Wenbin, XUE Shengguo, SHEN Jihong, et al (3677)
Allelopathic potential of volatile oil from <i>Chenopodium ambrosioides</i> L. on root tip cells of <i>Vicia faba</i>	HU WanJun, MA Danwei, WANG Yanan, et al (3684)
Contents and cycling of microelements in Karst urban poplar plantations	WANG Xinkai, TIAN Dalun, YAN Wende, et al (3691)
Fungal flora and population structure of polypores in the Great Xingan Mountains	CUI Baokai, YU Changjun (3700)
Growth competition characteristics of <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz and <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kutz under non-steady-state nutrient limitation	ZHAO Xiaodong, PAN Jiang, LI Jinye, et al (3710)
The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton	WANG Junjuan, WANG Delong, FAN Weili, et al (3720)
Assessment of tributyltin ecotoxicity using a model animal nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	WANG Yun, YANG Yanan, JIAN Fenglei, et al (3728)
Effect of oil exploitation on soil nematode communities in Daqing Oilfield	XIAO Nengwen, XIE Deyan, WANG Xuexia, et al (3736)
Effect of habitat degradation on soil meso- and microfaunal communities in the Zoigê Alpine Meadow, Qinghai-Tibetan Plateau	WU Pengfei, YANG Daxing (3745)
Characteristics of the soil environment of Dongting Lake wetlands and its response to the converting farmland to lake project	LIU Na, WANG Kelin, XIE Yonghong, et al (3758)
Modeling the changes of yield and deep soil water in apple orchards in Weibei rainfed highland	ZHANG Shehong, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3767)
Potential soil N_2O emissions and its controlling factors under different land use patterns on hilly-gully loess plateau	QI Jinhua, HUANG Yimei, ZHANG Hong, et al (3778)
Comparison between physiological properties and cold tolerance under low temperature treatment during different growing stages of rice in northeast central region of China	SONG Guangshu, SUN Zhongfu, SUN Lei, et al (3788)
Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage	ZHU Yinghua, TU Naimei, XIAO Hanqian, et al (3796)
Effects of high temperature and strong light on chlorophyll fluorescence, the D1 protein, and Deg1 protease in Satsuma mandarin, and the protective role of salicylic acid	QIU Cuihua, JI Weiwei, GUO Yanping (3802)
Effect of plastic film mulching on the distribution and translocation of nitrogen in soil-lettuce system	LI Lili, LI Feili, LIU Qiuya, et al (3811)
An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai	FAN Xuezhong, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (3820)
The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats	FENG Chao, BAI Xueliang (3830)
Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing	ZHANG Biao, XIE Gaodi, XUE Kang, et al (3839)
Review and Monograph	
Advances in methane-cycling microbial communities of permafrost and their response to global change	NI Yongqing, SHI Xuwei, ZHENG Xiaoji, et al (3846)
Heat transfer property of mammal pelage and its influencing factors	ZHENG Lei, ZHANG Wei, HUA Yan (3856)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 13 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 13 2011

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