

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 12 期 Vol.33 No.12 **2013**

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 33 卷 第 12 期 2013 年 6 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 森林低温霜冻灾害干扰研究综述 李秀芬, 朱教君, 王庆礼, 等 (3563)
- 碱蓬属植物耐盐机理研究进展 张爱琴, 庞秋颖, 阎秀峰 (3575)

个体与基础生态

- 中国东部暖温带刺槐花期空间格局的模拟与预测 徐琳, 陈效速, 杜星 (3584)
- 长白山林线树种岳桦幼树叶功能型性状随海拔梯度的变化 胡启鹏, 郭志华, 孙玲玲, 等 (3594)
- 油松天然次生林居群遗传多样性及与产地地理气候因子的关联分析 李明, 王树香, 高宝嘉 (3602)
- 施氮对木荷 3 个种源幼苗根系发育和氮磷效率的影响 张蕊, 王艺, 金国庆, 等 (3611)
- 围封对内蒙古大针茅草地土壤碳矿化及其激发效应的影响 王若梦, 董宽虎, 何念鹏, 等 (3622)
- 干热河谷主要造林树种气体交换特性的坡位效应 段爱国, 张建国, 何彩云, 等 (3630)
- 生物降解对黑碳及土壤上苯酚脱附行为的影响 黄杰勋, 莫建民, 李非里, 等 (3639)
- 3 个树种对不同程度土壤干旱的生理生化响应 吴芹, 张光灿, 裴斌, 等 (3648)
- 冬小麦节水栽培群体“穗叶比”及其与产量和水分利用的关系 张永平, 张英华, 黄琴, 等 (3657)
- 不同秧苗素质和移栽密度条件下臭氧胁迫对水稻光合作用、物质生产和产量的影响 彭斌, 李潘林, 周楠, 等 (3668)
- 根域限制下水氮供应对膜下滴灌棉花叶片光合生理特性的影响 陶先萍, 罗宏海, 张亚黎, 等 (3676)
- 光照和生长阶段对菖蒲根系泌氧的影响 王文林, 王国祥, 万寅婧, 等 (3688)
- 植物病原菌拮抗性野生艾蒿内生菌的分离、筛选和鉴定 徐亚军, 赵龙飞, 陈普, 等 (3697)
- 不同生物型棉蚜对夏寄主葫芦科作物的选择 肖云丽, 印象初, 刘同先 (3706)
- 性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响 曾宾宾, 邵明勤, 赖宏清, 等 (3712)

种群、群落和生态系统

- 基于干扰的汪清林区森林生态系统健康评价 袁菲, 张星耀, 梁军 (3722)
- 洞庭湖森林生态系统空间结构均质性评价 李建军, 刘帅, 张会儒, 等 (3732)

景观、区域和全球生态

- 川西米亚罗林区不同海拔岷江冷杉生长对气候变化的响应 徐宁, 王晓春, 张远东, 等 (3742)
- 2001—2010 年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系 穆少杰, 李建龙, 周伟, 等 (3752)
- 地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵, 等 (3765)
- 毛乌素沙地南缘植被景观格局演变与空间分布特征 周淑琴, 荆耀栋, 张青峰, 等 (3774)
- 贵州白鹇湖沉积物中孢粉记录的 5.5 kaB. P. 以来的气候变化 杜荣荣, 陈敬安, 曾艳, 等 (3783)

典型河谷型城市春季温湿场特征及其生态环境效应..... 李国栋,张俊华,王乃昂,等 (3792)

秦岭南北近地面水汽时空变化特征..... 蒋 冲,王 飞,喻小勇,等 (3805)

露天矿区景观生态风险空间分异..... 吴健生,乔 娜,彭 建,等 (3816)

基于 Holdridge 和 CCA 分析的中国生态地理分区的比较 孔 艳,江 洪,张秀英,等 (3825)

资源与产业生态

中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析 潘 丹,应瑞瑶 (3837)

舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估..... 宋 科,赵 晟,蔡慧文,等 (3846)

不同基因型玉米间混作优势带型配置..... 赵亚丽,康 杰,刘天学,等 (3855)

气候与土壤对烤后烟叶类胡萝卜素和表面提取物含量的影响..... 陈 伟,熊 晶,陈 懿,等 (3865)

城乡与社会生态

成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益 张艳丽,费世民,李智勇,等 (3878)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-06



封面图说: 长白山南坡的岳桦林——长白山岳桦林位于海拔约 1700—2000m 之间的山坡。这种阔叶林分布在针叶林带的上面,成为山地森林的上缘种类,在世界山地森林中实属罕见。岳桦能够顽强地抗御长白山潮湿、寒冷、强风等恶劣气候因素,在严酷的环境条件下形成纯林,是与其独特的生长发育机理密切相关的。岳桦的枝干颇具韧性,在迎风处,由于风吹雪压,树干成片地向背风侧倾斜,这种特性使它能不畏风雪,顽强生存。随着海拔的升高,岳桦林也逐渐矮化,这是岳桦林保护自身生存,适应大自然的结果。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201211121591

侯明行, 刘红玉, 张华兵, 王聪, 谭清梅. 地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响. 生态学报, 2013, 33(12): 3765-3773.

Hou M H, Liu H Y, Zhang H B, Wang C, Tan Q M. Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(12): 3765-3773.

地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响

侯明行, 刘红玉*, 张华兵, 王 聪, 谭清梅

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210023)

摘要:地形作为景观结构和空间格局的重要影响因子, 不仅为景观格局的形成提供基础, 其空间特征也影响着景观的演变过程。基于 2002、2011 年地形高程信息和遥感影像, 运用 GIS 技术, 并结合分布指数, 分析了盐城滨海湿地景观分布与演变对地形因子的响应特征。结果表明: ①盐城淤泥质滨海湿地总体地形变化平缓, 海拔 0—2.5m 的区域占整个研究区面积的 97% 以上。其中, 米草带主要分布于 0.9—1.5m, 碱蓬带主要分布于 1.5—2.1m, 而芦苇带则主要分布于 2.1—2.7m。②2002—2011 年 9 年间湿地景观时间变化明显, 其中, 芦苇面积增加了 3 倍, 碱蓬面积由 26.80% 骤降至 11.51%, 同期, 米草面积则增加了 50% 之多。③湿地景观空间分布特征与地形关系比较明显。其中, 米草空间分布向 0.6—1.2m 区间演变, 显示出强烈的向低海拔区间扩张的趋势; 碱蓬分布范围随地形的升高总体上呈下降趋势; 芦苇在地形较高区间上的分布指数增长迅速, 其优势分布区间向 2.1—3.0m 扩展。

关键词:景观生态; 地形因子; 滨海湿地; 分布演替

Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng

HOU Minghang, LIU Hongyu*, ZHANG Huabing, WANG Cong, TAN Qingmei

College of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

Abstract: Wetland ecosystems are landscapes of the highest biodiversity in nature and one of the most important environmental resources for human welfares. Their important ecosystem function has led to them been sometimes called "the earth's filtration system". Yancheng coastal wetland is one of the biggest mudflats in China, and play a important role in protecting wetland biodiversity and adjusting regional climate. Owing to the irrational exploitation in recent years, Yancheng coastal wetland are experiencing significant landscape changes, which has aroused a lot of attention by experts and scholars. Terrain, which serves as an important factor of landscape structure and spatial pattern, not only provides a basis for the formation of landscape pattern, but also affect the evolution of landscape. Yancheng coastal wetland is one of the typical primitive wetlands. In the past, limited to the wetland's objective conditions, there has been no complete height measurement for Yancheng coastal wetland, which makes terrain's study become "the blank area of the wetland". As the result, Yancheng coastal wetland was chosen as the study area in this study. Based on the remote sensing images of 2002 and 2011, using GIS techniques and methods of landscape ecology and combining distribution index, we analyze the relationship between landscape types and terrain factors and reveal the response characteristics of terrain factors on the distribution and evolution of Yancheng coastal wetland landscape. The information about spatial distribution of landscape types in Yancheng was obtained through overlay analysis of the terrain factors derived from DEM and the landscape types in

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); 江苏省省属高校自然科学研究项目(12KJB170006)

收稿日期:2012-11-12; **修订日期:**2013-03-15

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

different periods based on Arcgis by using the remote sensing images. The result shows that: (1) The overall terrain of Yancheng coastal wetlands changes gently, of which altitude 0—2.5m region accounts for more than 97%. *Spartina* wetland mainly distributes in 0.9—1.5m, *Suaeda* wetland mainly distributes in 1.5—2.1m, and Reed wetland in the 2.1—2.7m. (2) During 2002—2011, the time of 9a wetland landscape changes obviously, in which the Reed wetland increases by 3 times, the *Suaeda* wetland plunges by 26.80% to 11.51%, and at the same period, the *Spartina* wetland increases by more than 50%. (3) It is found that the topographic distribution pattern of each landscape type also displays the corresponding change based on the statistical analysis on the relationships between the landscape type and the terrain index. Through the analysis, we found that the relationship between the characteristics of wetland landscape spatial distribution and the topography is more obvious. Where the space distribution of *Spartina* wetland space evolving at the range of 0.6—1.2m, shows strong expansion trend to low altitude interval. At the same time, with terrain increasing, *Suaeda* wetland distribution range shows downward trend generally. In the higher terrain, the distribution index of Reed wetland rapidly, whose advantage distribution range is extended to 2.1—3.0m. By revealing the terrain and landscape distribution relationship, we can not only provide the basic data for the sustainable exploitation and scientific management of the Yancheng coastal wetlands, but also achieve social and economic sustainable development in the Yancheng coastal wetlands.

Key Words: landscape ecology; terrain factor; coastal wetland; distribution succession

滨海湿地是指发育在海岸带附近并且受海陆交互作用的湿地,是陆地生态系统和海洋生态系统的过渡地带,广泛分布于沿海海陆交界、淡咸水交汇地带,是一个高度动态和复杂的生态系统^[1]。其在区域生态安全、人类生存环境甚至区域经济发展方面都发挥着重要作用^[2]。

盐城滨海湿地属于典型的淤泥质海岸湿地,在自然与人为影响下其景观结构不断发生变化^[3]。目前,围绕该区景观演变研究,许多学者作了大量工作,并取得了重要研究成果。如,张华兵等从景观尺度,揭示了盐城保护区核心区景观植被带具有明显带状分布特征,并不断向海淤长,其年均向海淤长速度为 105m^[3]。姚成等从生态要素调查角度,揭示了水文、盐分等土壤性状对湿地植被演变的影响^[4]。杨桂山等从潮位对湿地影响角度,揭示其变化通过影响滩面形态而使湿地植被发生演替^[5]。张忍顺等从盐沼的形成过程揭示泥沙淤积抬升高程对互花米草扩张的影响^[6]。大量研究成果分别从宏观和微观尺度上揭示江苏盐城淤泥质滨海湿地景观演变特征,以及自然和生态要素影响,但是从整体空间格局与过程角度,阐释景观格局与各影响要素之间的关系研究比较缺乏。尤其地形因子是影响淤泥质滨海湿地植被演变的决定性因子,其高程变化是在潮汐作用下泥沙沉积引起滩面地形高程不断淤高的结果,而地形淤高又直接影响潮位变化和土壤性状改变,从而进一步影响植物定居和演替^[5]。但是,针对该方面研究,大多数立足于样带和样点的调查角度,而从地形格局角度,探讨其空间分布特征与植被格局之间的关系研究尚未见报道。本文以实测地形数据为基础,利用遥感和 GIS 技术,揭示盐城滨海湿地植被分布与地形因子的响应特征,以期对盐城滨海湿地的保护与科学管理提供参考。

1 研究区特征

盐城保护区,地处江苏省中部沿海,是典型的淤泥质滨海湿地。地理位置处于 32°20′—34°37′N, 119°29′—121°16′E 之间,面积约为 45.33×10⁴hm²,是我国最大的海岸带保护区。该区地处亚热带向暖温带的过渡地带,季风气候显著,年平均气温介于 13.7—14.8℃ 之间,年降水量为 900—1100mm。地貌类型主要为海积平原。

本研究区域为保护区的核心区,其北至新洋港,南至斗龙港,西至海堤,总面积为 1.90×10⁴hm²。核心区内原始植被保存完整,植被类型丰富多样。目前,保护区以中路港为界分为南北两部分。北部主要为人工管理区,受人类活动干扰强烈,景观组分单一,主要为养殖塘、道路等人为景观。南部则主要为自然湿地区,受人

类活动干扰较弱,基本保持了原始湿地景观。为反映自然条件下湿地景观演变特征与地形之间的关系,消除人为影响,选择南部自然湿地区为本文的研究区域。研究区位置与范围如图 1 所示。

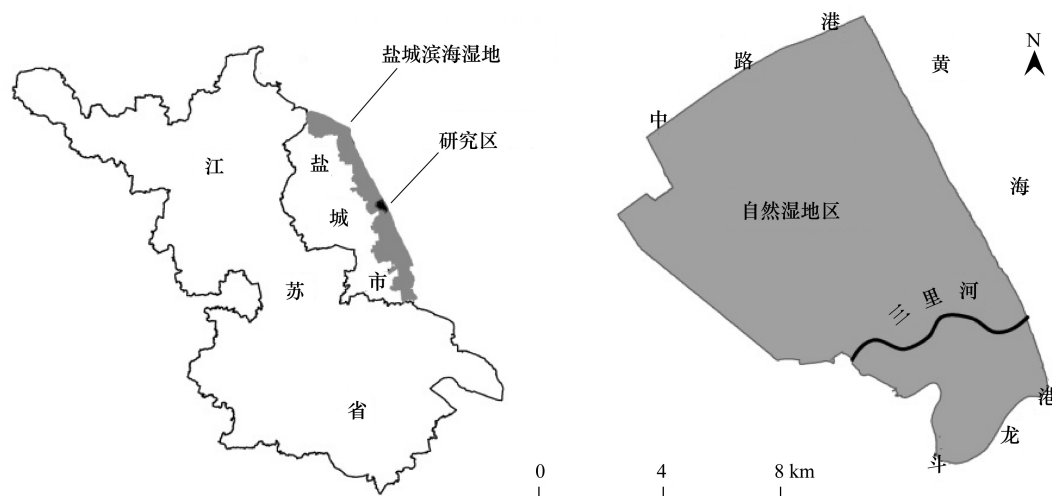


图 1 研究区位置和范围

Fig. 1 Location and scope of the study area

2 研究方法

2.1 数据来源

研究数据来源于 2002 年 5 月初到 6 月底所进行的野外地形测绘资料:1:10000 核心区等高线、1:10000 核心区高程点;2011 年 9 月中路港野外高程实测数据(采用 1985 年国家高程基准面(大地水准面))。2002、2011 年 Landsat ETM+遥感影像(多光谱 30m, 全色 15m);利用监督分类方法制作 2002、2011 年核心区景观类型图^[7](经过野外调查检验,遥感影像解译判读精度均在 90% 以上)。以上数据统一采用高斯-克吕格投影的 3 度分带西安 1980 坐标系。

2.2 景观分类

盐城滨海湿地作为典型的原生湿地之一,自然植被保存完整,植被类型丰富多样。根据区域景观特征,考虑到影像的可分辨能力及研究需要^[8],参照 Ramsar《湿地公约》中湿地的定义^[9],将研究区湿地景观分为光滩、米草、碱蓬、芦苇湿地 4 种类型。分类结果见表 1。

表 1 滨海湿地景观分类系统

Table 1 Classification system of costal wetland landscape

景观类型 Landscape types	分类说明 Category description
光滩 Beach	小潮高潮位以下
米草湿地 Spartina wetland	平均高潮位与小潮高潮位之间
碱蓬湿地 Suaeda wetland	大潮高潮位与平均高潮位之间
芦苇湿地 Reed wetland	小潮高潮位以上

2.3 分布指数

为了便于说明不同景观类型在地形因子上的分布特征,本文在结果统计时引入了分布指数^[10-13]的概念,旨在消除高程分段与景观类型面积差异对结果造成的影响。分布指数计算公式如下:

$$P = (S_{ie}/S_i) / (S_e/S)$$

式中, P 为分布指数, S_{ie} 为 e 地形区间下第 i 种景观组分的面积, S_i 为整个研究区内第 i 种景观组分的总面积, S_e 表示整个区域内第 e 种地形区间特定等级下的总面积, S 为整个区域的面积。 P 值越大,说明某种景观

类型出现的频率越高。

2.4 DEM 的处理

将 2002 年研究区域 1:10000 等高线和高程点数据在 Arcgis 软件中内插建立不规则三角网 (TIN)。然后将 TIN 数据经栅格化,得到正方形格网 DEM。结合本研究区整体地形平坦,高程差异较小等特征,为方便对地形开展进一步的研究,本文采用的栅格大小为 5m。

高程分级是地理信息系统对 DEM 数据进行分级的一种地形分析方法,其基本原则是分级的间隔数据相等^[14]。分级时应既能体现研究区地形特征,又能反应自然规律为依据^[15-16]。研究区高程最高为 4.5m,最低为-0.1m。当把 0.1m 作为分级间隔时,发现与景观分类图进行叠加后,将会造成分类图上产生较多的图斑,使统计的面积过于破碎;当把 0.5m 作为分级间隔时,则又会产生分级区域过大,无法客观的表达地形与景观分布的关系;相反,以 0.3m 作为分级间隔时,不仅能完整的展现地形特征,而且各景观类型在地形上的分布规律也具有较好的区分度。因此,本文选择 0.3m 作为研究区的高程间隔。研究区 2002 年 DEM 及 2002、2011 年景观分类图见图 2。

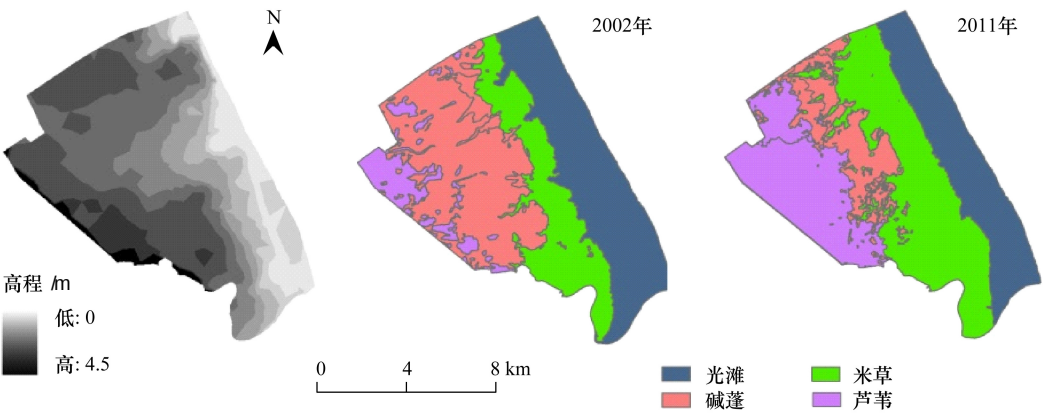


图 2 研究区 DEM 及景观分类图
Fig. 2 The DEM and landscape classification map of the study area

3 结果与分析

3.1 研究区地形基本特征

2002 年地形数据和 DEM 特征分析表明,江苏盐城淤泥质滨海湿地总体地形平坦,地势起伏不大。区内海拔最高 4.5m,最低-0.1m,地形变化极为平缓,大体呈现出由陆向海逐步降低的趋势。如表 2 所示:研究区总面积为 107.84km²,其中,海拔 0—2.5m 的区域就占整个核心区面积的 97% 以上,尤以 1.5—2.5m 所占区域最广,达到 55%。而海拔 2.5m 以上的区域,所占面积较小且主要分布在研究区的西部临近大堤和养殖塘的部位。因此,地形与自然景观分布关系的研究将成为本文的重点。

表 2 各高程区间所占面积及比例
Table 2 Area and proportion of different elevation levels

高程/m Elevation	面积/km ² Area	比例/% Proportion	高程/m Elevation	面积/km ² Area	比例/% Proportion
0.0—0.3	10.27	9.52	1.5—1.8	24.47	22.69
0.3—0.6	7.91	7.33	1.8—2.1	28.50	26.43
0.6—0.9	7.34	6.81	2.1—2.4	5.59	5.18
0.9—1.2	9.69	8.99	2.4—2.7	0.63	0.58
1.2—1.5	11.64	10.79	2.7—4.5	1.80	1.67

3.2 高程因子影响下的景观类型分布特征分析

以 2002 年景观类型图和同年高程分级数据为基础,借助 Arcgis 空间叠加功能进行分析,得到研究区不同高程级别内各景观类型面积分布比例,如表 3 所示。

表 3 不同高程级别内各景观类型分布面积及比例

Table 3 Area and proportion of landscape types in different sub-zone of elevation

景观类型 Landscape types		高程分级 Elevation levels/m									
		0.0—0.3	0.3—0.6	0.6—0.9	0.9—1.2	1.2—1.5	1.5—1.8	1.8—2.1	2.1—2.4	2.4—2.7	2.7—4.5
光滩	面积/km ²	14.94	7.95	6.59	4.20	1.83					
	比例/%	42.07	21.37	18.56	11.83	6.17					
米草	面积/km ²			4.96	9.24	6.57	2.80				
	比例/%			21.06	39.20	27.87	11.87				
碱蓬	面积/km ²					5.81	16.62	13.45	3.76		
	比例/%					14.66	41.93	33.93	9.48		
芦苇	面积/km ²							1.30	4.48	1.73	1.61
	比例/%							14.25	49.12	18.97	17.66

从表 3 可知:整体上,研究区各高程段内均有植被分布,但绝大多数植被都集中分布于高程 0.9—2.7m 之间。其中,碱蓬和米草是该时段分布最广泛的植被类型,分别占总面积的 36.76% 和 21.85%。碱蓬作为湿地的先锋物种,受竞争能力的限制,其分布范围局限于 1.5—2.1m 之间,占到碱蓬总面积的 75.86%;米草是研究区的外来物种,虽然具有强大的扩张能力,但其扩张趋势更多的是向低海拔的光滩上蔓延,88.13% 的米草分布在海拔 1.5m 以下,其分布频率最高海拔范围出现在 0.9—1.5m 之间,达到米草面积的 67% 以上,而在海拔 1.5m 以上区域分布面积甚少;在经济驱动以及人为干扰作用的影响下^[17],芦苇的高程分布较为分散,1.8—4.5m 间均有分布,但在生态位的制约下,芦苇仍然较集中分布于高海拔区段,其中 2.1—2.7m 是其优势分布区间,分布面积达 6.21km²,占芦苇总面积的 68.09%。处于三大主要植被带间的交错带,其海拔分布趋势与交错带中主体植被的优势分布区间具有高度的一致性。米草-碱蓬交错带主要分布于研究区的东北部,分布区间为 1.2—1.8m。由于米草强大的扩张能力,使其在交错带中占据绝对比例,相应的其优势分布范围也影响着交错带的分布区间,1.2—1.5m 的区间集中了米草-碱蓬交错带面积的 48% 以上,这与米草分布范围具有较强的相似性。碱蓬-芦苇交错带则主要分布于研究区的西南部,分布区间为 1.8—2.4m。其中,海拔 2.1—2.4m 的区域集中分布了交错带面积的 52.78%,在优势分布区间上,同样呈现出与主体植被芦苇的强烈吻合度。光滩在自然条件的限制下,主要集中分布于低海拔区段的临海区域,分布比例在 10% 以上的最高临界海拔为 1.2m,而分布频率最高值则出现在 0—0.6m。0.9m 以上区域仅占总面积的 17% 左右。

3.3 高程因子对景观动态变化的影响分析

3.3.1 景观动态变化分析

以 2002、2011 年两期景观类型图为基础,运用 Arcgis 叠加分析功能,计算过去 9 年间盐城滨海湿地景观类型变化情况。研究区不同时期景观类型面积及其所占比例见表 4,9 年间不同景观类型向海和向陆方向扩张/收缩趋势如表 5 所示。

结合表 4、表 5 以及图 2 的分析结果表明,从 2002 至 2011 年的 9a 年间研究区景观面积发生了显著变化。在整体上主要表现为碱蓬、光滩面积持续减少,而米草、芦苇面积大幅度增加的趋势^[18]。2002 年研究区光滩面积为 35.51km²,占研究区总面积的 32.93%,至 2011 年下降为 25.72 km²,仅占总面积的 23.85%,下降了 9 个百分点;在此期间,米草面积呈大幅度增长趋势^[19],期间内共计增加 12.77 km²,平均每年增加 1.42km²,到 2011 年已增长为原来的 1 倍。同时米草向海扩张最大宽度为 1385m,而向陆扩张最大宽度仅为 733m。这主要是由于米草的促淤作用,不断形成新的滩涂,泥沙的淤积使水分、盐度等营养元素发生新的组合,不断形成新的适宜米草的生存环境所致;碱蓬的面积变化显著,从 2002 年的 36.76% 骤降至 2011 年 15.07%,共计减

少 23.39km²,降幅之大居各类景观之首,9 年间碱蓬向海方向上的收缩宽度最大为 3408m,向陆方向上的收缩宽度也达 1063m,至 2011 年碱蓬的分布已仅局限于较窄的宽度范围内;2002—2011 年,芦苇面积也发生了重大变化,由最初的 9.12km² 迅速增加到 26.68 km²,共计增加 17.56km²,平均每年净增加 1.95 km²,至 2011 年已上升为研究区内分布面积最广的景观类型。期间芦苇景观向海方向扩张的最大宽度为 4298m,直接扩张面积达 12.30km²,而这部分的扩张主要是不断侵占碱蓬的生长区域所致。向陆方向的扩张最大宽度也达到了 2221m。

表 4 2002 年和 2011 年研究区景观类型变化统计表
Table 4 Statistical table of landscape changes in 2002 and 2011

景观类型 Landscape types	2002 年		2011 年		变化总量/km ² Total variations	年变化量/km ² Annual variation	年变化率/% Annual rate	变化趋势 Change trend
	面积/km ² Area	比例/% Proportion	面积/km ² Area	比例/% Proportion				
光滩	35.51	32.93	25.72	23.85	9.79	1.09	1.01	↓
米草	23.57	21.86	39.19	36.34	12.77	1.42	1.61	↑
碱蓬	39.64	36.76	16.25	15.07	23.39	2.60	2.44	↓
芦苇	9.12	8.46	26.68	24.74	17.56	1.95	1.81	↑

表 5 2002 年与 2011 年相比较-景观类型向海和向陆方向扩张/收缩趋势表

Table 5 Compared with expansion / contraction trends of landscape types to seaward and to landward direction in 2002 and 2011

景观类型 Landscape types	指标 Index	扩张/收缩方向 Expansion/contraction direction	
		向海(低海拔区间) Seaward/m	向陆(高海拔区间) Landward/m
米草	最大宽度	+1385	+733
	最小宽度	+285	+164
	平均宽度	+661	+359
碱蓬	最大宽度	-3408	-1063
	最小宽度	-1753	-215
	平均宽度	-2103	-486
芦苇	最大宽度	+4298	+2221
	最小宽度	+1943	+246
	平均宽度	+2457	+1351

“+”表示景观扩张“-”表示景观收缩

3.3.2 景观类型在地形位上的分布

由分布指数可以看出,由于受湿地地形客观条件的限制,各景观类型在分布指数上的格局仅表现为高中、中低二段式的空间分布结构^[20]。低段区域(区间:1—4)是光滩、米草的优势分布区间,中段区域(区间:5—8)是米草、碱蓬的优势分布区间,高段区域(区间:8—10)则只分布着单一景观类型-芦苇。碱蓬随区间的升高总体上呈下降趋势,且其高程分布区间十分狭窄(4—8),在优势分布区间上,由 2002 年的区间 6 下降至 2011 年区间 5,且在分布指数上上升较快,而在其他区间上相对于 2002 年 2011 年各区段分布指数都呈下降趋势。这样的格局主要是受东西两个方向上米草和芦苇的挤占所致,使其分布更加收缩在狭窄的区间内。芦苇分布随区间的上升呈增高趋势,2002 年芦苇的优势分布区间为 8—9,2011 年则扩展到 8—10。同时 2011 年芦苇在较高区间上的分布指数增长迅速,高出 2002 年达 4 个百分点。这说明随着时间的推移,芦苇虽向低海拔区间的碱蓬扩张,但在其最适宜的高海拔区间内的分布指数非但没有消弱反而得到加强,这种变化得益于人类对经济效益的追求而大面积在高海拔区段开发芦苇田的缘故。从整体上来看,米草和光滩的分布规律较为一致,都具有明显的向低海拔区间转移的趋势,并且在低海拔区间上的分布指数也不断升高。其中,米草的优势分布区间由 4—5 下降为 3—4,并在区间 4 内的分布指数明显上升,显示出强烈的向低海拔区间扩张的趋势;光滩随区间的上升分布指数呈快速下降的趋势,优势分布区间 9a 内未出现明显变化,但在低海拔区

段的分布指数变化速率加快,在区间 1 内,2002 年光滩所占面积比例为 42.07%,而至 2011 年已增长到总面积的 50.34%。在米草的促淤功能^[21]下,泥沙的淤积使光滩范围不断向海洋延伸,加之米草的扩张作用,使光滩的分布指数不断向低区间收缩。

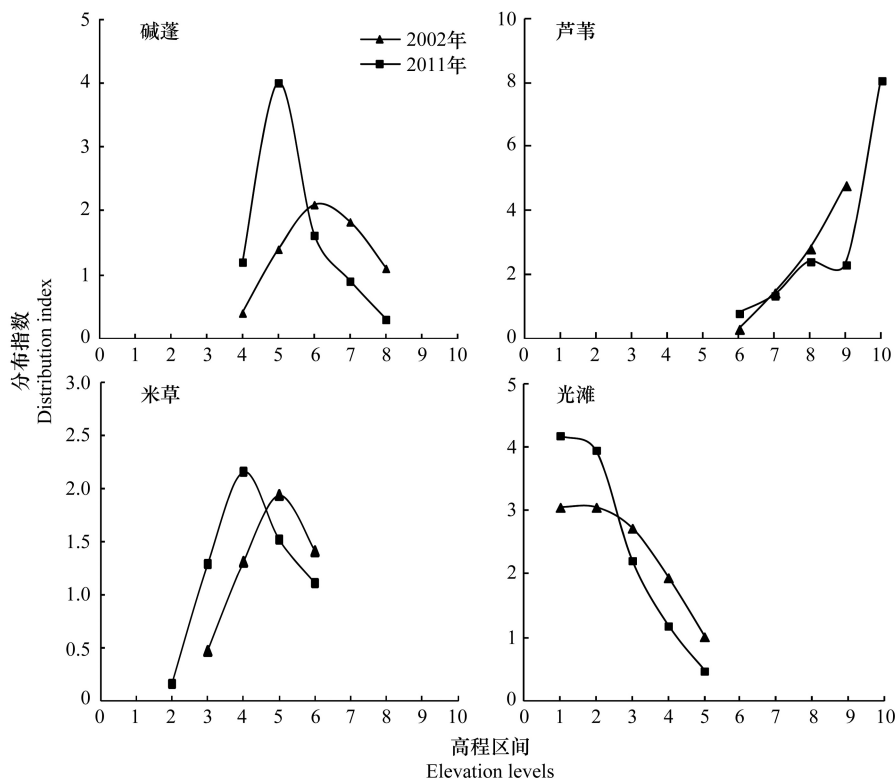


图 3 不同年份各景观类型分布指数图

Fig. 3 Distribution index of landscape types in different years

1:0.0—0.3m; 2:0.3—0.6m; 3:0.6—0.9m; 4:0.9—1.2m; 5:1.2—1.5m; 6:1.5—1.8m; 7:1.8—2.1m; 8:2.1—2.4m; 9:2.4—2.7m; 10: 2.7—4.5m

3.3.3 高程变化对景观动态的影响分析

结合两期高程实测数据,沿中路港剖面自陆向海方向依次选取经过芦苇滩、碱蓬滩和米草滩的 80 个点制成中路港两期植被高程变化图和统计表,如图 4 所示。

从图 4 可知,滨海湿地由于泥沙淤积处于不断淤涨状态,2002—2011 年区域高程呈增加趋势。从整体上来看,芦苇滩和碱蓬滩抬升幅度较小,年均增高速率分布为 0.7cm/a 和 1.9cm/a。东部米草滩则发生了较为明显的变化,其年均增高速率为 5.1cm/a。这主要是由于受潮位不同作用的结果。高潮位的芦苇滩由于处于年潮淹没带,潮侵频率少而使沉积作用减弱;另外由于芦苇滩远离海洋,一定程度上保证了芦苇的淡水生存环境,致使其不断向海方向扩张。作为湿地先锋物种的碱蓬群落,由于其生态位无法达到潮侵频率超过 20% 的潮滩,只有月潮淹没带影响,泥沙沉积作用强于芦苇滩,致使其地表高程有一定程度的增高,但是由于其物种竞争能力低而不断被芦苇和米草侵占。相比之下,米草群落由于位于日潮淹没带的低潮位,加上其根系发达,植株密度大^[22],拦截泥沙能力强,致使地表高程迅速增加,从而导致米草能够快速定居和向两侧扩张。因此,通过对比两期的高程断面发现:大量的泥沙淤积增加了滩面高程,促进了盐沼植被的生长,而这些盐沼植被的

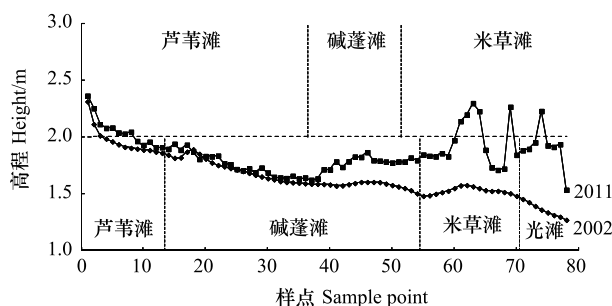


图 4 中路港剖面植被高程变化图

Fig. 4 Elevation changes of Zhonglugang profile

生长与扩展又为高程抬升创造了条件。这一结论与以往的研究具有一致性^[23]。

4 结论

景观分布随地形梯度的变化在一定程度上反映了所处的地形条件,同时也可以揭示地形因子对景观演变的影响程度^[24]。本文运用 GIS 技术并结合分布指数,分析了 2002 年和 2011 年盐城滨海湿地植被分布与演变对地形因子的响应特征。可以发现:

(1)盐城淤泥质滨海湿地,总体地形变化平缓,大体呈现出由陆向海逐步降低的趋势。海拔 0—2.5 m 的区域占整个核心区面积的 97% 以上,并且囊括了研究区内绝大部分的米草、碱蓬、芦苇等自然景观。

(2)研究区位于保护区内,原始植被保存完整,植被类型丰富多样。米草、碱蓬、芦苇等自然景观自陆向海呈带状分布。从地形分布特征来看,米草带主要分布于 0.9—1.5 m,碱蓬带主要分布于 1.5—2.1 m,而芦苇带则主要分布于 2.1—2.7 m。处于三大主要植被带间的交错带,其海拔分布趋势与交错带中主体植被的优势分布区间具有高度的一致性。

(3)从植被演替来看,研究区景观演替呈现出:光滩-米草;碱蓬-米草和碱蓬-芦苇的演变格局^[25]。整体上表现为碱蓬、光滩面积持续减少,而米草、芦苇面积大幅度增加的趋势。9a 芦苇面积增加了 3 倍,碱蓬面积变化剧烈,由 2002 年的 36.76% 骤降至 2011 年 15.07%,同期,米草面积则增加了 50% 之多。

(4)植被带对地形变化的响应上,主要表现为米草滩地表快速淤高,致使其优势分布区间显示出强烈的向低海拔扩张的趋势;同时,正是向海一侧的地形不断淤高,导致碱蓬和芦苇滩受海水潮侵影响越来越弱,其结果使得适合淡水环境的芦苇带不断扩大,碱蓬不断萎缩。向海一侧地形的快速增高是引导区域植被带景观演变的重要原因。

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] 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.
- [4] 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.
- [5] Yang G S, Shi Y F, Zhang C. The ecological response of typical mudflat to sea level change in Jiangsu coastal plain. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(3): 325-332.
- [6] Zhang R S, Shen Y M, Lu L Y, Yan S G, Wang Y H, Li J L, Zhang Z L. Formation of *Spartina alterniflora* salt marsh on Jiangsu coast, China. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(4): 358-366.
- [7] Liu Y X, Zhang R S, Li M C, Liu Y X, Zhang R S, Li M C. Study of the remote sensing extraction method of ground object information on the Jiangsu tidal flat. *Advances in Marine Science*, 2004, 22(2): 210-214.
- [8] Zhao L, Wu L L, Mo J F. Characteristics analysis of the relationship between the land use pattern and the terrain in Guangxi North-west based on DEM. *Geospatial Information*, 2011, 9(1): 103-105.
- [9] Sun X B, Liu H Y. Effects of land use change on wetland landscape connectivity and optimization assessment of connectivity — A case study of wetlands in the coastal zone of Yancheng, Jiangsu. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(6): 892-903.
- [10] Yu H, Zheng H, Jiang Z Y. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 21(1): 64-69.
- [11] Si J L, Qi W, Qu Y B, Li L. Distribution characteristics of land use pattern on terrain gradient in Jiaodong mountainous areas at county level. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(3): 679-685.
- [12] Mao J X, Li Z G, Yan X P, Zhou S H. Research on the spatio-temporal changes of land use in relation to topography factors in Shenzhen City. *Geography and Geo-Information Science*, 2008, 24(2): 71-76.
- [13] Sun L, Chen H W, Pan J W. Analysis of the land use spatiotemporal variation based on DEM-Beijing Yanqing county as an example. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(6): 762-766.
- [14] Cui W G, Wen Q, Liu Y Y. Analyzing spatial pattern of land use in Liling City based on DEM. *Resources Science*, 2008, 30(2): 228-234.
- [15] Feng C Y, Yu Y, Gao J X, Han Y W. Influences of topographic on distribution and change of land use and cover in Mentougou district, Beijing.

Journal of Mountain Science, 2007, 25(3): 274-279.

- [16] Li J L, Hou B, Wei S F. A study of land use/cover change in mountain area of Guangdong based on the DEM data. Bulletin of Surveying and Mapping, 2007, (6): 53-57.
- [17] Hao J F, Liu H Y, Li Y F, Hu H B, An J. Spatio-temporal variation and driving forces of the coastal wetland resources based on the transition matrix in Jiangsu Province. Journal of Natural Resources, 2010, 25(11): 1918-1929.
- [18] 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): 1714-1721.
- [19] Liu C Y, Zhang S Q, Jiang H X, Wang H. Spatiotemporal dynamics and landscape pattern of alien species in Yancheng coastal wetlands of Jiangsu Province, China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4): 901-908.
- [20] Feng Z X, Luo X, Gao S. Remote sensing analysis on the environment dynamics of the core area of the Yancheng natural reserve, Jiangsu Province, China. Marine Science Bulletin, 2007, 26(6): 68-74.
- [21] Gong W F, Du C, Fan W Y. Study on landscape spatial pattern topography distribution and its ecological effects based on GIS-A case study in Maoershan region in Heilongjiang Province. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2009, 39(5): 899-906.
- [22] Li J L, Yang X P, Tong Y Q, Zhang D F, Shen Y M, Zhang R S. Influences of *Spartina alterniflora* invasion on ecosystem services of coastal wetland and its countermeasures. Marine Science Bulletin, 2005, 24(5): 33-38.
- [23] Liu Y X, Chen J, Zhang R S, Shen Y M. Analysis of remote sensing images for vegetation succession on tidal salt marsh in Jiangsu. Rural Eco-Environment, 2001, 17(3): 39-41.
- [24] Chen L D, Yang S, Feng X M. Land use change characteristics along the terrain gradient and the spatial expanding analysis: A case study of Haidian District and Yanqing County, Beijing. Geographical Research, 2008, 27(6): 1225-1234.
- [25] Zhai K, Liu M S, Xu C, Xu H Q. Land use/cover change in Yancheng coastal wetland. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(60): 1081-1086.

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,郑因. 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] 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.
- [4] 姚成,万树文,孙东林,钦佩. 盐城自然保护区滨海湿地植被演替的生态机制. 生态学报, 2009, 29(5): 2203-2210.
- [5] 杨桂山,施雅风,张深. 江苏滨海潮滩湿地对潮位变化的生态响应. 地理学报, 2002, 57(3): 325-332.
- [6] 张忍顺,沈永明,陆丽云,燕守广,王燕红,李加林,张正龙. 江苏沿海互花米草 (*Spartina alterniflora*) 盐沼的形成过程. 海洋与湖沼, 2005, 36(4): 358-366.
- [7] 刘永学,张忍顺,李满春. 江苏淤泥质潮滩地物信息遥感提取方法研究. 海洋科学进展, 2004, 22(2): 210-214.
- [8] 赵玲,吴良林,莫建飞. 基于 DEM 的桂西北土地利用与地形关系特征分析. 地理空间信息, 2011, 9(1): 103-105.
- [9] 孙贤斌,刘红玉. 土地利用变化对湿地景观连通性的影响及连通性优化效应——以江苏盐城海滨湿地为例. 自然资源学报, 2010, 25(6): 892-903.
- [10] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究. 地理科学, 2001, 21(1): 64-69.
- [11] 斯钧浪,齐伟,曲衍波,李乐. 胶东山区县域土地利用在地形梯度上的分布特征. 应用生态学报, 2009, 20(3): 679-685.
- [12] 毛蒋兴,李志刚,闫小培,周素红. 深圳土地利用时空变化与地形因子的关系研究. 地理与地理信息科学, 2008, 24(2): 71-76.
- [13] 孙丽,陈焕伟,潘家文. 运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化——以北京延庆县为例. 山地学报, 2004, 22(6): 762-766.
- [14] 崔卫国,文倩,刘艳艳. 基于 DEM 的醴陵市土地利用空间格局分析. 资源科学, 2008, 30(2): 228-234.
- [15] 冯朝阳,于勇,高吉喜,韩永伟. 地形因子对京西门头沟区土地利用/覆盖变化的影响. 山地学报, 2007, 25(3): 274-279.
- [16] 黎景良,后斌,危双峰. 基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析. 测绘通报, 2007, (6): 53-57.
- [17] 郝敬锋,刘红玉,李玉凤,胡和兵,安静. 基于转移矩阵模型的江苏海滨湿地资源时空演变特征及驱动机制分析. 自然资源学报, 2010, 25(11): 1918-1929.
- [18] 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): 1714-1721.
- [19] 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.
- [20] 冯志轩,罗贤,高抒. 江苏盐城自然保护区核心区环境动态的遥感分析. 海洋通报, 2007, 26(6): 68-74.
- [21] 龚文峰,杜景,范文义. 基于 GIS 的景观空间格局地形分布及生态效应的研究——以黑龙江省尚志市帽儿山地区为例. 吉林大学学报: 地球科学版, 2009, 39(5): 899-906.
- [22] 李加林,杨晓平,童亿勤,张殿发,沈永明,张忍顺. 互花米草入侵对潮滩生态系统服务功能的影响及其管理. 海洋通报, 2005, 24(5): 33-38.
- [23] 刘永学,陈君,张忍顺,沈永明. 江苏海岸盐沼植被演替的遥感图像分析. 农村生态环境, 2001, 17(3): 39-41.
- [24] 陈利顶,杨爽,冯晓明. 土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展——以北京市海淀区和延庆县为例. 地理研究, 2008, 27(6): 1225-1234.
- [25] 翟可,刘茂松,徐驰,徐惠强. 盐城滨海湿地的土地利用/覆盖变化. 生态学杂志, 2009, 28(60): 1081-1086.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 12 Jun. ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research on the disturbance of frost damage to forests LI Xiufen, ZHU Jiaojun, WANG Qingli, et al (3563)
- Advances in salt-tolerance mechanisms of *Suaeda* plants ZHANG Aiqin, PANG Qiuying, YAN Xiufeng (3575)

Autecology & Fundamentals

- Simulation and prediction of spatial patterns of *Robinia pseudoacacia* flowering dates in eastern China's warm temperate zone
..... XU Lin, CHEN Xiaoqiu, DU Xing (3584)
- Response of leaf functional traits of *Betula ermanii* saplings to the altitudinal Variation
..... HU Qipeng, GUO Zhihua, SUN Lingling, et al (3594)
- Analysis of genetic diversity of chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) natural secondary forest populations and correlation with theirs
habitat ecological factors LI Ming, WANG Shuxiang, GAO Baojia (3602)
- Nitrogen addition affects root growth, phosphorus and nitrogen efficiency of three provenances of *Schima superba* in barren soil
..... ZHANG Rui, WANG Yi, JIN Guoqing, et al (3611)
- Effect of enclosure on soil C mineralization and priming effect in *Stipa grandis* grassland of Inner Mongolia
..... WANG Ruomeng, DONG Kuanhu, HE Nianpeng, et al (3622)
- Effects of slope position on gas exchange characteristics of main tree species for vegetation restoration in dry-hot valley of Jingsha
River DUAN Aiguo, ZHANG Jianguo, HE Caiyun, et al (3630)
- Impacts of biodegradation on desorption of phenol adsorbed on black carbon and soil
..... HUANG Jiexun, MO Jianmin, LI Feili, et al (3639)
- Physiological and biochemical responses to different soil drought stress in three tree species
..... WU Qin, ZHANG Guangcan, PEI Bin, et al (3648)
- The ear-leaf ratio of population is related to yield and water use efficiency in the water-saving cultivation system of winter wheat
..... ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, HUANG Qin, et al (3657)
- Effects of ozone stress on photosynthesis, dry matter production and yield of rice under different seedling quality and plant density ...
..... PENG Bin, LI Panlin, ZHOU Nan, et al (3668)
- Effects of water and nitrogen under root restriction on photosynthetic characters of cotton plants grown with under-mulch drip
irrigation TAO Xianping, LUO Honghai, ZHANG Yali, et al (3676)
- The influence of light and growth stage on oxygen diffusion capacity of *Acorus calamus* roots
..... WANG Wenlin, WANG Guoxiang, WAN Yinjing, et al (3688)
- Isolation, screening and characterization of phytopathogen antagonistic endophytes from wild *Artemisia argyi*
..... XU Yajun, ZHAO Longfei, CHEN Pu, et al (3697)
- Performance of the two host-biotypes of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on different cucurbitaceous host plants
..... XIAO Yunli, YIN Xiangchu, LIU Tongxian (3706)
- The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser
..... ZENG Binbin, SHAO Mingqin, LAI Hongqing, et al (3712)

Population, Community and Ecosystem

- Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the disturbance in Wangqing forestry
..... YUAN Fei, ZHANG Xingyao, LIANG Jun (3722)
- Heterogeneity evaluation of forest ecological system spatial structure in Dongting Lake
..... LI Jianjun, LIU Shuai, ZHANG Huiru, et al (3732)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Climate-growth relationships of *Abies faxoniana* from different elevations at Miyaluo, western Sichuan, China
..... XU Ning, WANG Xiaochun, ZHANG Yuandong, et al (3742)

- Spatial-temporal distribution of net primary productivity and its relationship with climate factors in Inner Mongolia from 2001 to 2010 MU Shaojie, LI Jianlong, ZHOU Wei, et al (3752)
- Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng
..... HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing, et al (3765)
- Vegetation landscape pattern change and characteristics of spatial distribution in south edge of Mu Us Sandy Land
..... ZHOU Shuqin, JING Yaodong, ZHANG Qingfeng, et al (3774)
- Climate change recorded mainly by pollen from baixian lake during the last 5.5kaB. P.
..... DU Rongrong, CHEN Jing'an, ZENG Yan, et al (3783)
- Characteristics of temperature field, humidity field and their eco-environmental effects in spring in the typical valley-city
..... LI Guodong, ZHANG Junhua, WANG Naiang, et al (3792)
- Spatial and temporal variation of surface water vapor over northern and southern regions of Qinling Mountains
..... JIANG Chong, WANG Fei, YU Xiaoyong, et al (3805)
- Spatial variation of landscape eco-risk in open mine area WU Jiansheng, QIAO Na, PENG Jian, et al (3816)
- The comparison of ecological geographica regionlization in China based on Holdridge and CCA analysis
..... KONG Yan, JIANG Hong, ZHANG Xiuying, et al (3825)
- Resource and Industrial Ecology**
- Agricultural eco-efficiency evaluation in China based on SBM model PAN Dan, YING Ruiyao (3837)
- The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan
..... SONG Ke, ZHAO Sheng, CAI Huiwen, et al (3846)
- Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes
..... ZHAO Yali, KANG Jie, LIU Tianxue, et al (3855)
- Effects of climate and soil on the carotenoid and cuticular extract content of cured tobacco leaves
..... CHEN Wei, XIONG Jing, CHEN Yi, et al (3865)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Carbon sequestration and oxygen release as well as cooling and humidification efficiency of the main greening tree species of
Sha River, Chengdu ZHANG Yanli, FEI Shimin, LI Zhiyong, et al (3878)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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

本期责任副主编 吴文良

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 33 卷 第 12 期 (2013 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 12 (June, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元