

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

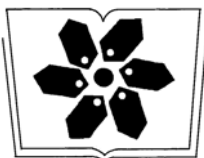
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 21 期 Vol.33 No.21 **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 21 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究..... 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等 (6747)
- 气候变化对传染病爆发流行的影响研究进展..... 李国栋,张俊华,焦耿军,等 (6762)
- 好氧甲烷氧化菌生态学研究进展 负娟莉,王艳芬,张洪勋 (6774)
- 氮沉降强度和频率对羊草叶绿素含量的影响..... 张云海,何念鹏,张光明,等 (6786)
- 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析..... 申效诚,张保石,张 锋,等 (6795)
- 风向因素对转基因抗虫棉花基因漂移效率的影响..... 朱家林,贺 娟,牛建群,等 (6803)

个体与基础生态

- 长江口及东海春季底栖硅藻、原生动物和小型底栖生物的生态特点 孟昭翠,徐奎栋 (6813)
- 长江口横沙东滩围垦潮滩内外大型底栖动物功能群研究..... 吕巍巍,马长安,余 骥,等 (6825)
- 沔阳沿岸土壤和优势植物重金属富集特征和潜在生态风险..... 杨 阳,周正朝,王欢欢,等 (6834)
- 盐分和底物对黄河三角洲区土壤有机碳分解与转化的影响..... 李 玲,仇少君,檀菲菲,等 (6844)
- 短期夜间低温胁迫对秋茄幼苗碳氮代谢及其相关酶活性的影响..... 郑春芳,刘伟成,陈少波,等 (6853)
- 32 个切花菊品种的耐低磷特性 刘 鹏,陈素梅,房伟民,等 (6863)
- 年龄和环境条件对泥蚶富集重金属镉和铜的影响..... 王召根,吴洪喜,陈肖肖,等 (6869)
- 角倍蚜虫瘿对盐肤木光合特性和总氮含量的影响..... 李 杨,杨子祥,陈晓鸣,等 (6876)
- 多噬伯克霍尔德氏菌 WS-FJ9 对草甘膦的降解特性 李冠喜,吴小芹,叶建仁 (6885)
- 金龟甲对蓖麻叶挥发物的触角电位和行为反应..... 李为争,杨 雷,申小卫,等 (6895)

种群、群落和生态系统

- 白洋淀生态系统健康评价..... 徐 菲,赵彦伟,杨志峰,等 (6904)
- 珠海鹤洲水道沿岸红树林湿地大型底栖动物群落特征 王 卉,钟 山,方展强 (6913)
- 典型森林和草地生态系统呼吸各组分间的相互关系..... 朱先进,于贵瑞,王秋凤,等 (6925)
- 抚育间伐对油松人工林下大型真菌的影响..... 陈 晓,白淑兰,刘 勇,等 (6935)
- 百山祖自然保护区植物群落 beta 多样性 谭珊珊,叶珍林,袁留斌,等 (6944)
- 土霉素对堆肥过程中酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈智学,谷 洁,高 华,等 (6957)

景观、区域和全球生态

- 兴安落叶松针叶解剖结构变化及其光合能力对气候变化的适应性 季子敬,全先奎,王传宽 (6967)
- 盐城海滨湿地景观演变关键土壤生态因子与阈值研究..... 张华兵,刘红玉,李玉凤,等 (6975)

半干旱区沙地芦苇对浅水位变化的生理生态响应 马赞花,张铜会,刘新平 (6984)

SWAT 模型融雪模块的改进 余文君,南卓铜,赵彦博,等 (6992)

科尔沁沙地湖泊消涨对气候变化的响应..... 常学礼,赵学勇,王 玮,等 (7002)

贝壳堤岛 3 种植被类型的土壤颗粒分形及水分生态特征..... 夏江宝,张淑勇,王荣荣,等 (7013)

三峡库区古夫河着生藻类叶绿素 a 的时空分布特征及其影响因素..... 吴述园,葛继稳,苗文杰,等 (7023)

资源与产业生态

煤炭开发对矿区植被扰动时空效应的图谱分析——以大同矿区为例..... 黄 翌,汪云甲,李效顺,等 (7035)

学术信息与动态

《中国当代生态学研究》新书推介 刘某承 (7044)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 百山祖保护区森林植物群落——百山祖国家级自然保护区位于浙西南闽浙交界处,由福建武夷山向东北伸展而成,主峰海拔 1856.7m,为浙江省第二高峰。其独特的地形和水文地理环境形成了中亚热带气候区中一个特殊的区域,保存着十分丰富的植物种质资源以及国家重点保护野生动植物种,尤其是 1987 年由国际物种保护委员会列为世界最濒危的 12 种植物之一的百山祖冷杉,是第四纪冰川的孑遗植物,素有“活化石”之称。随着海拔的升高,其植被为常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林、山地矮林和山地灌草丛。

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/stxb201301150096

张华兵, 刘红玉, 李玉凤, 谭清梅, 侯明行. 盐城海滨湿地景观演变关键土壤生态因子与阈值研究. 生态学报, 2013, 33(21): 6975-6983.

Zhang H B, Liu H Y, Li Y F, Tan Q M, Hou M H. The studying of key ecological factors and threshold of landscape evolution in Yancheng Coastal wetland. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(21): 6975-6983.

盐城海滨湿地景观演变关键土壤生态因子与阈值研究

张华兵^{1,2}, 刘红玉^{1,*}, 李玉凤¹, 谭清梅¹, 侯明行¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 2. 盐城师范学院城市与资源环境学院, 盐城 224051)

摘要: 文章以盐城海滨湿地典型区域为案例, 以 2011 年 4 月和 2012 年 4 月对海滨湿地土壤数据为基础, 结合 2011 年 ETM+ 遥感影像, 运用灰色关联分析、线性回归模拟和地统计学方法, 辨识海滨湿地景观演变的关键生态因子, 并确定其生态阈值。得出基本结论如下: (1) 海滨湿地土壤理化性质海陆差异明显: 从米草沼泽—碱蓬沼泽—芦苇沼泽, 土壤水分和盐度表现出递减的趋势; 土壤有机质、营养盐总体上从米草沼泽—碱蓬沼泽—芦苇沼泽, 表现出两头高中间低的特征; 湿润年份土壤水分高于干旱年份, 湿润年份土壤盐度低于干旱年份。(2) 灰色关联分析表明: 干旱年份, 水分>盐度>铵态氮>速效钾>有机质>有效磷; 湿润年份为: 盐度>水分>有效磷>铵态氮>速效钾>有机质, 因此把土壤水分和盐度确定为海滨湿地景观演变的关键生态因子。(3) 土壤水分和盐度在东西海陆方向上的变异大于南北海岸延伸方向上的变异。(4) 将景观类型图和海滨湿地土壤水分与盐度分异图叠加分析, 得出: 芦苇滩土壤水分阈值<42.332%, 盐度阈值<0.745%; 碱蓬滩土壤水分阈值为 38.836%—46.593%, 盐度阈值为 0.403%—1.314%; 米草滩土壤水分阈值>39.475%, 盐度阈值>0.403%; 光滩的土壤阈值>41.550%, 盐度阈值>0.656%。

关键词: 海滨湿地; 关键生态因子; 阈值; 盐城

The studying of key ecological factors and threshold of landscape evolution in Yancheng Coastal wetland

ZHANG Huabing^{1,2}, LIU Hongyu^{1,*}, LI Yufeng¹, TAN Qingmei¹, HOU Minghang¹

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

2 College of Urban and Resource Environment, Yancheng Teachers University, Yancheng 224051, China

Abstract: The key ecological factors influencing the evolution of coastal wetland landscape were investigated by soil sampling and analyzing, and analyses on data from ETM+ by methods of grey relative analysis, linear regression and geostatistics in the Yancheng national natural reserve as an example. The ecological thresholds were defined based on the analyses on the relationship between the spatial distribution and landscape types. (1) The physiochemical properties of soil at the coastal wetland exert distinct continental and oceanic difference, depending on their specific location and corresponding vegetation types. Soil water content and salinity shows a trend of decrease from *Spartina* marsh to salsa, and to reed. The soil water content was higher in wet season than in dry season, in contrast, the salinity exhibited lower average value in wet season than in dry season. The soil organics and nutrient content show higher values in *Spartina* marsh and reed, while lower in salsa, and generally higher in wet season than dry season, with an exception for the soil available phosphorus. (2) Through the grey relative analysis, the rank of the correlation between the wetland soil physicochemical characteristic and landscape evolution follows: in the dry season — water > salinity > ammonium nitrogen > available potassium > organics > available phosphorus; in the rainy season — water > salinity > available phosphorus > ammonium

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41071119); 江苏省高校自然科学研究重大资助项目(10KJA170029); 江苏省高校自然科学研究资助项目(13KJB170021-12KJB170006)

收稿日期: 2013-01-15; **修订日期:** 2013-04-18

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

nitrogen>available potassium>organics. Therefore the soil water content and salinity were identified as the key ecological factors that influence the evolution of coastal wetland landscape. (3) The spatial distribution of soil water content and salinity show the same trend and was classified into five grades, with the variation higher in the eastern-western direction than in the southern-northern direction. (4) Combined with analyzing distribution of soil water content and salinity and the correlated landscape types, the range of thresholds of soil water content and salinity were defined. The soil water content and salinity were less than 42.33% and 0.745% respectively for reed soil; 38.836%—46.593% of soil water content and 0.403%—1.314% for salsa soil; *Spartina* marsh soil had water content of above 39.475% and salinity above 0.403%; with the soil water content and salinity of more than 41.550% and 0.656% for optical flat soil.

Key Words: coastal wetland; key ecological factors; threshold; Yancheng

海滨湿地位于陆地生态系统和海洋生态系统的过渡地带,具有高度敏感和脆弱特征^[1]。在自然和人为的双重影响下,海滨湿地景观处于高度的动态演变中。如何辨识海滨湿地景观演变的关键影响因子及其阈值,是科学认识海滨湿地生态过程及其动态演变的重要内容,也是科学指导海滨湿地保护与合理利用的关键。

盐城海滨湿地是较为少见的典型淤泥质海滨湿地,基本保持了天然的生态系统结构和功能^[2],引起了学术界的广泛关注。宏观研究方面,广泛运用 3S 技术揭示海滨湿地景观结构与格局变化^[3-12];微观研究方面,以断面和样点调查数据为基础,揭示湿地土壤理化性质在海陆方向上的分异与对湿地生态系统演变的影响^[13-20]。但是,缺乏将宏观与微观相结合、体现生态因子空间分异与阈值的研究。地统计学是研究空间变异最有效的方法之一^[21-25]。本研究选择盐城海滨湿地典型区域为研究案例,确定海滨湿地景观演变的关键生态因子,并利用地统计学方法和 GIS 技术将生态因子空间化。在此基础上,进一步确定不同景观类型关键生态因子的阈值范围,对深刻认识海滨湿地景观演变,揭示海滨湿地生态过程,实现海滨湿地的合理开发与利用具有重要的科学价值和现实意义。

1 研究区概况

盐城海滨湿地,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,是太平洋西海岸最大淤泥质海滨湿地。本研究在盐城海滨湿地区选择典型区域为研究区,研究区范围北至中路港,南至斗龙港,面积为 1.100×10⁴ hm²。该区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,其中主导因素的是潮汐作用。在景观上表现为从陆地向海洋依次为芦苇沼泽、碱蓬沼泽、米草沼泽、光滩,为典型的自然条件控制下的海滨湿地区域^[26-27]。

2 研究方法

2.1 景观数据来源与处理

研究利用区域 1:5 万地形图和 2011 年 9 月 24 日 3 幅 ETM+影像为基本数据源。ETM+影像包括了来自同一传感器的 7 个多光谱波段(分辨率 30m)与 1 个 B8 全色波段(分辨率 15m),两种分辨率数据可以实现高精度融合^[28]。为了更准确地提取信息,还采用了野外调查时 53 个点 GPS 样点数据作为辅助数据。在 ENVI 4.7 中主成分分析、非监督分类和决策树分类方法,结合野外调查,对 ETM+影像进行解译,提高了解译精度,总体精度达到了 95%,解译结果如图 1。

2.2 生态数据来源与处理

对海滨湿地生态系统的形成起决定作用的是潮位变化及相关的海洋水文条件,并最终由土壤的性状和发育方向表现出来。因此,土壤作为盐城海滨湿地景观变化的最基本驱动要素,其变化直接影响着景观演替。另外,由于研究区植被呈现显著的带状平行格局,土壤理化性质也表现出明显的梯度特征,所以土壤采样通常取某一个断面即可,在研究区内沿中路港道路南侧,在海陆方向设置 17 个样点,每种景观类型至少 3 个样点,在景观交错带连续布设样点,并通过 GPS 定位(图 1)。采样时运用 PICO-BT(德国)水分便携式测量仪测量土壤水分(体积分数/%),测量 3 次取其平均值;另采集 0—20cm 表层土样 3 份进行混合,带回实验室。土样

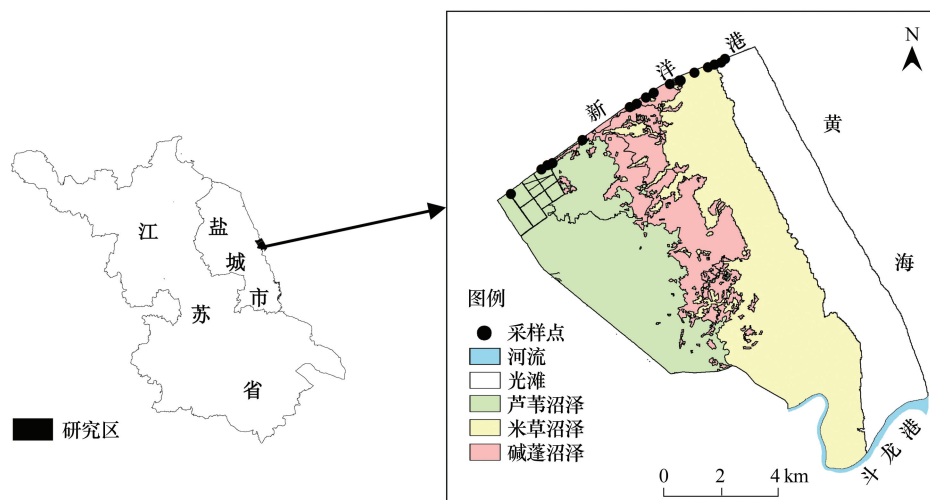


图1 研究区位置及景观类型图

Fig.1 Location and distribution of the study area

经风干、研磨后进行测定,采用电导法测量土壤盐度(质量分数%);土壤有机质采用水合热重铬酸钾氧化-比色法;铵态氮采用靛酚蓝比色法;有效磷采用碳酸氢钠-钼锑抗比色法;速效钾采用四苯硼钠比浊法。每个样品设置3个平行,取其平均值。

野外调查时间分别于2011年4月及2012年4月。研究区1—4月多年平均降水量为160.400mm,3—4月多年平均降水量为96.00mm。而2011年1—4月,研究区降水量约为80.000mm,约为多年平均值的一半;3—4月研究区降水量约为30.000mm,不到多年平均值的1/3。所以,将2011年4月监测的土壤数据作为干旱年份湿地土壤数据。2012年1—4月研究区降水量为172mm,高于多年平均值;3—4月降水量为132mm,比同时段多年平均降水量多出了36.788%。所以,将2012年4月监测的土壤数据作为湿润年份湿地土壤数据。

2.3 关键生态因子的确定

地理系统中,很多因素之间的关系是灰色的,哪些是主导因素,哪些是非主导因素;哪些因素之间关系密切,哪些不密切。灰色关联分析是解决这些问题的行之有效的方法。灰色关联分析是一个灰色动态过程,分析要素间时间序列的相对变化,综合考虑诸多因子间的关联程度,是一种动态的分析。灰色关联分析,从其思想方法上看,属于几何处理的范畴,是通过对各因素之间的关联曲线的比较而得到的。

设 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 为 n 个要素,反映各要素变化特征的数据列分别为 $x_i = \{[x_1(t)], [x_2(t)], [x_3(t)], \dots, [x_n(t)]\}$, $t = 1, 2, 3, \dots, m$; 设 $x_j(t)$ 为参考序列。则相关系数为:

$$\xi_{ij}(t) = \frac{\Delta_{\min} + k\Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(t) + k\Delta_{\max}}, \quad (t = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (1)$$

式中, $\Delta_{ij}(t) = |x_i(t) - x_j(t)|$ 为序列 x_i 与 x_j 在时刻 t 差的绝对值; $\Delta_{\max} = \max_j \max_i \Delta_{ij}(t)$ 、 $\Delta_{\min} = \min_j \min_i \Delta_{ij}(t)$ 表示各时刻子因素序列对母因素序列差的绝对值的最大、最小值。 k 为分辨系数,一般取 $k = 0.5$ 。然后计算关联度 r_{ij} 。运用 $r_{ij} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \xi_{ij}(k)$ 计算出关联度^[29]:

$$r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_{ij}(t), \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (2)$$

海滨湿地景观演变是一个较长时间尺度的过程,在缺乏长期、连续的监测数据情况下,空间替代时间的方法可以克服时间尺度的限制。以样点与海堤的距离反映景观演变的时间顺序;任一个样点上的土壤理化性质理解为某个时间上的土壤状态;任一个样点所处的景观类型为景观演变中的某一时刻的景观状态。 $x_1(t)$,

$x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_3(t)$, $x_4(t)$, $x_5(t)$, $x_6(t)$ 分别为土壤水分、盐度、有机质、铵态氮、有效磷和速效钾序列; $x_j(t)$ 为景观演变序列。经过标准差标准化处理后,计算各生态要素序列对景观演变序列的关联系数和关联度。

2.4 土壤关键生态因子空间变异分析

盐城海滨湿地土壤关键生态要素分布与海陆位置、植被类型息息相关,通过定量分析它们之间的关系。由于海滨湿地植被类型,属于类型变量,需要进行合理的赋值才能纳入定量分析中,因此,设置虚拟变量对其赋值^[30]。海滨湿地分为芦苇沼泽、碱蓬沼泽、米草沼泽和光滩等 4 个类型,因此设置 3 个虚拟变量(x_1 , x_2 , x_3),分别进行 0、1 赋值,通过 3 个虚拟变量的组合,可以将 4 种景观类型转化为定量变量。以每个点的土壤关键生态要素(y_i)为因变量,以每个点距海堤的距离(x_0)和 3 个虚拟变量做自变量,构建多元回归方程。然后,采用 1km×1km 的格网将研究区划分成 146 个斑块,同时统计每个斑块质心的植被类型和到海堤的距离(x_0)。运用回归方程计算出 146 个斑块质心的土壤关键生态要素值。

土壤关键生态要素的空间分异是利用地统计学方法实现的。在每个网格质心土壤关键生态要素值的基础上,通过计算半变异函数[公式(3)];然后进行理论半变异函数的拟合,再进行土壤关键生态要素空间分析;最后通过球状模型验证,结果表明,拟合精度符合要求。本研究中,运用 Ordinary Kriging 插值来生成土壤关键生态要素空间分布图:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(y_i) - Z(y_i + h)]^2 \quad (3)$$

式中, $\gamma(h)$ 为样本距为 h 的半方差; h 为样本距; $Z(y_i)$ 为位置 y_i 处的土壤水分或盐度; $Z(y_i + h)$ 为在距离为 $y_i + h$ 处的土壤水分或盐度; $N(h)$ 为间距为 h 的样本对的总个数^[29]。

3 结果分析

3.1 不同景观类型的土壤理化性质差异

通过对海滨湿地土壤理化性质的平均值进行比较(表 1 和表 2),发现:湿润年份土壤水分高于干旱年份,土壤盐度和土壤水分相反,湿润年份土壤平均盐度要低于干旱年份,由于降水的增加,土壤淡水含量增加,引起盐度下降;另一方面,降水增加,土壤淋溶作用增强,致使土壤中的部分可溶性盐类会随着降水而溶解并往土壤下不沉淀,甚至到不透水层。总体上,从芦苇沼泽、碱蓬沼泽到米草沼泽土壤水分和盐度都呈现了从陆地向海洋递增的趋势。通过土壤有机质比较发现,土壤有机质含量呈现米草沼泽>芦苇沼泽>碱蓬沼泽>光滩的

表 1 干旱年份海滨湿地不同景观类型的土壤理化性质

Table 1 Soil physical and chemical properties of different landscape types in coastal wetland in dry year

景观类型 Landscape type	土壤理化性质平均状况					
	水分/% Beach	盐度/% Salinity	有机质/% Organic matter	氨氮/(mg/kg) NH ₄ ⁺ -N	有效磷/(mg/kg) Available P	速效钾/(mg/kg) Available K
芦苇沼泽 Reed marsh	36.786	0.433	1.103	8.731	12.690	158.216
碱蓬沼泽 Salsa marsh	40.703	0.927	0.851	7.635	9.939	164.234
米草沼泽 Spartina marsh	44.159	1.342	1.138	12.419	17.904	173.891
光滩 Beach	42.785	1.057	0.399	5.943	5.060	105.807

表 2 湿润年份海滨湿地不同景观类型的土壤理化性质

Table 2 Soil physical and chemical properties of different landscape types in coastal wetland in wet year

景观类型	土壤理化性质平均状况					
	水分/%	盐度/%	有机质/%	氨氮/(mg/kg)	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
芦苇沼泽	38.848	0.379	1.554	9.398	10.480	176.327
碱蓬沼泽	40.417	0.628	1.047	8.744	8.284	173.438
米草沼泽	46.034	0.866	1.854	17.245	15.429	190.555
光滩	48.493	0.823	0.596	1.131	6.348	146.086

特征,湿润年份土壤有机质含量明显高于干旱年份。土壤营养盐在总体上除了干旱年份土壤速效钾外都呈现了两头高、中间低的特征外,即米草沼泽>芦苇沼泽>碱蓬沼泽。土壤营养盐含量表现出从米草沼泽-芦苇沼泽-碱蓬沼泽递减的趋势;除土壤有效磷之外,海滨湿地土壤营养盐的干湿差异明显,湿润年份大于干旱年份。

3.2 影响海滨湿地景观演变的关键生态因子

运用公式(1)和(2)对各生态要素与景观演变的灰色关联度计算结果显示,如表3。干旱年份,各生态要素序列与景观演变序列关联度排序为:水分>盐度>铵态氮>速效钾>有机质>有效磷;湿润年份,各生态要素序列与景观演变序列关联度排序为:盐度>水分>有效磷>铵态氮>速效钾>有机质。综上分析表明,土壤水分和盐度的变化趋势与景观演变的趋势最为相似,故把土壤水分和盐度确定为海滨湿地景观演变的关键生态因子。这一结果与实际的景观演变序列及前人的研究结果相符合。

表3 各生态要素与景观演变的关联度

Table 3 Relative degree between ecological elements and landscape evolution

项目 Item	水分	盐度	有机质	铵态氮	有效磷	速效钾
干旱年份 Dry year	0.750	0.731	0.629	0.673	0.621	0.667
湿润年份 Wet year	0.665	0.677	0.609	0.641	0.650	0.632

3.3 海滨湿地景观演变关键生态因子阈值界定

通过公式(4)—公式(7)计算出146个斑块质心的土壤水分和盐度值,然后运用地统计学方法进行空间插值可以直观的显示土壤水分和盐度在空间上的变化趋势(图2和图3)。以较好的保持数据的统计特性,相似性大的数据分在同一级,差异性大的数据分在不同级的原则,在ARCGIS 9.3中,运用Classification功能,通过聚类分析将海滨湿地土壤水分和盐度分为5级,从I级到V级表征土壤水分和盐度逐渐增大。土壤水分和盐度的空间变异具有一致性。空间变异性均呈现东西海陆方向上的变异大于南北海岸延伸方向上的变异,空间变异的延伸方向与海岸带延伸方向一致。

$$y_{\text{干水分}} = 38.749\% + 0.403x_0 - 2.928x_1 + 1.287x_2 + 1.799x_3 \quad (4)$$

$$y_{\text{湿水分}} = 51.496\% - 0.300x_0 - 11.928x_1 - 9.094x_2 - 2.775x_3 \quad (5)$$

$$y_{\text{干盐度}} = 1.253\% - 0.020x_0 - 0.773x_1 - 0.197x_2 + 0.264x_3 \quad (6)$$

$$y_{\text{湿盐度}} = -0.156\% + 0.098x_0 + 0.301x_1 + 0.137x_2 + 0.146x_3 \quad (7)$$

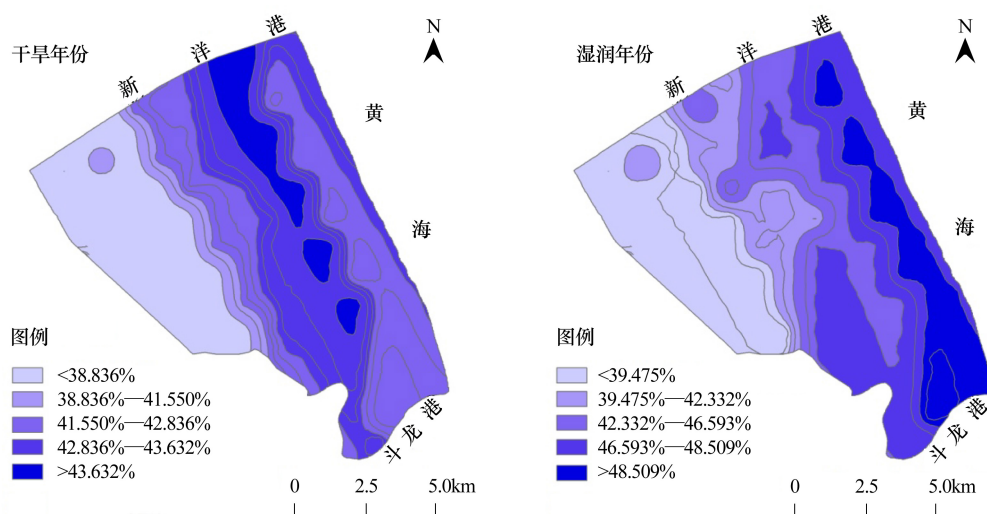


图2 干旱年份和湿润年份海滨湿地土壤水分空间分异图

Fig.2 Spatial variation of soil moisture in coastal wetland in dry and wet year

土壤水分和盐度的空间分布具有高度的一致性,土壤水分和盐度的组合呈现高盐度高水分与低盐度低水

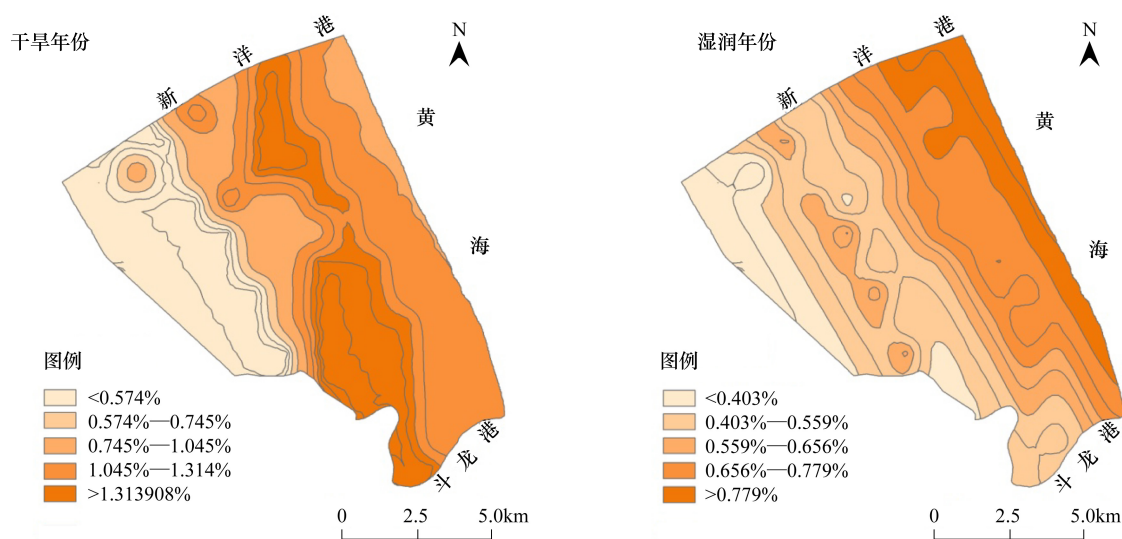


图3 干旱年份和湿润年份海滨湿地土壤盐度分布图

Fig.3 Spatial variation of soil salinity in coastal wetland in dry and wet year

分的“双高双低”组合特征。在 ArcGIS 9.3 中,将 2011 年景观类型图与土壤水分/盐度空间分布图进行叠加分析(表 4—表 7),得出:干旱年份,芦苇沼泽土壤水分和盐度值为 I—II 级(土壤水分 $<41.550\%$,土壤盐度 $<0.745\%$),其中土壤水分在 I—II 级的分布面占芦苇沼泽面积的 99.029%,土壤盐度在 I—II 级的分布范围占芦苇沼泽面积的 95.841%,在参照植被分布的基础上,界定干旱年份芦苇沼泽土壤水分阈值为 $<41.550\%$,盐度阈值为 $<0.745\%$ 。碱蓬沼泽的土壤水分和盐度值范围比较宽, I—V 级都有。其中,土壤水分在 II—IV 级(38.836%—43.632%)分布面积最广,占碱蓬沼泽面积的 91.818%,土壤盐度在 III—IV (0.745%—1.314%) 级的分布面积达到了碱蓬沼泽面积的 84.046%,所以,界定干旱年份碱蓬沼泽土壤水分阈值为 38.836%—43.632%,盐度阈值为 0.745%—1.314%。米草沼泽的土壤水分和盐度值在 I—V 级都有,主要集中在 III—V 级(土壤水分 $>41.550\%$,土壤盐度 $>0.745\%$),土壤水分在 III—V 级分布面积达到了 96.877%,土壤盐度在 III—V 级分布面积达到了 99.068%,所以,界定干旱年份米草滩土壤水分阈值为 $>41.550\%$,盐度阈值为 $>0.745\%$ 。光滩的土壤水分和盐度值在 III—V 级,其中以 III—IV 级(土壤水分 41.550%—43.632%,土壤盐度 0.745%—1.314%)为主,土壤水分在 III—IV 级分布面积达到了 99.757%,土壤盐度在 III—IV 级分布面积达到了 99.690%,所以,光滩的土壤水分阈值为 41.550%—43.632%,盐度阈值为 0.745%—1.314%。

湿润年份,芦苇沼泽土壤水分主要集中在为 I—II 级(土壤水分 $<42.332\%$),分布面积达到了 99.541%,土壤盐度主要集中在 I—III (土壤盐度 $<0.656\%$),分布面积达到了 99.980%,所以,界定湿润年份芦苇沼泽土壤水分阈值为 $<42.332\%$,盐度阈值为 $<0.656\%$ 。碱蓬沼泽的土壤水分主要集中在 II—III (土壤水分 39.475%—46.593%),分布面积达到了 89.892%,盐度主要集中在 II—IV (土壤盐度 0.403%—0.779%),分布面积达到了 98.247%,所以,界定湿润年份碱蓬沼泽土壤水分阈值为 39.475%—46.593%,盐度阈值为 0.403%—0.779%。米草沼泽的土壤水分和盐度值在 I—V 级都有,主要集中在 II—V 级(土壤水分 39.475%—48.509%,土壤盐度 0.403%—0.779%),土壤水分和盐度在 II—V 级分布面积分别达到了 98.147% 和 88.267%,所以,界定湿润年份米草沼泽土壤水分阈值为 39.475%—48.509%,盐度阈值为 0.403%—0.779%。光滩的土壤水分和盐度集中在 IV—V 级(土壤水分 $>46.593\%$,土壤盐度 $>0.656\%$),土壤水分和盐度分布面积分别达到了 99.812% 和 87.769%,所以,界定湿润年份光滩的土壤水分阈值为 $>46.593\%$,盐度阈值为 $>0.656\%$ 。进一步将干旱年份和湿润年份土壤水分和盐度的阈值进行合并,取其并集,得出不同潮滩带土壤水分与盐度组合状况,如表 8。

表 4 干旱年份不同景观类型土壤水分值分布特征

Table 4 Distribution characteristics of soil moisture value in different landscape types in dry year

项目 Item	I	II	III	IV	V	阈值 Threshold value/%
芦苇沼泽 Reed marsh/hm ²	2664.789	270.217	26.989	1.787	0.000	<41.550
面积比 Area ratio/%	89.912	9.117	0.911	0.060	0.000	
碱蓬沼泽 Salsola marsh/hm ²	114.486	283.130	888.352	333.669	19.643	38.836—43.632
面积比/%	6.984	17.272	54.192	20.355	1.198	
米草沼泽 Spartina marsh/hm ²	10.835	110.688	672.274	2239.053	858.452	>41.550
面积比/%	0.278	2.844	17.276	57.540	22.061	
光滩 Beach/hm ²	0.000	0.000	1839.646	827.172	6.494	41.550—43.632
面积比/%	0.000	0.000	68.815	30.942	0.243	

表 5 干旱年份不同景观类型土壤盐度值分布特征

Table 5 Distribution characteristics of soil salinity value in different landscape types in dry year

项目	I	II	III	IV	V	阈值/%
芦苇沼泽/hm ²	2588.299	252.215	109.183	13.653	0.433	<0.745
面积比/%	87.331	8.510	3.684	0.461	0.015	
碱蓬沼泽/hm ²	112.356	86.419	916.645	461.104	62.756	0.745—1.314
面积比/%	6.854	5.272	55.918	28.128	3.828	
米草沼泽/hm ²	7.646	28.626	179.552	1295.582	2379.896	>0.745
面积比/%	0.196	0.736	4.614	33.294	61.159	
光滩/hm ²	0.000	0.000	488.616	2176.404	8.292	0.745—1.314
面积比/%	0.000	0.000	18.278	81.412	00.310	

表 6 湿润年份不同景观类型土壤水分值分布特征

Table 6 Distribution characteristics of soil moisture value in different landscape types in wet year

项目	I	II	III	IV	V	阈值/%
芦苇沼泽/hm ²	2640.634	309.534	13.461	0.120	0.033	<42.332
面积比/%	89.097	10.444	0.454	0.004	0.001	
碱蓬沼泽/hm ²	146.202	1010.287	463.300	19.491	0.000	39.475—46.593
面积比/%	8.919	61.630	28.262	1.189	0.000	
米草沼泽/hm ²	19.004	198.025	1605.691	2015.474	53.109	39.475—48.509
面积比/%	0.488	5.089	41.264	51.794	1.365	
光滩/hm ²	0.000	0.000	5.035	1156.541	1511.736	>46.593
面积比/%	0.000	0.000	0.188	43.262	56.549	

表 7 湿润年份不同景观类型土壤盐度值分布特征

Table 7 Distribution characteristics of soil salinity value in different landscape types in wet year

项目	I	II	III	IV	V	阈值/%
芦苇沼泽/hm ²	1248.819	1257.754	456.605	0.604	0.000	<0.656
面积比/%	42.136	42.437	15.406	0.020	0.000	
碱蓬沼泽/hm ²	25.607	1068.366	391.269	150.902	3.137	0.403—0.779
面积比/%	1.562	65.173	23.868	9.205	0.191	
米草沼泽/hm ²	178.660	1191.116	800.401	1443.219	277.910	0.403—0.779
面积比/%	4.591	30.610	20.569	37.088	7.142	
光滩/hm ²	0.000	145.985	180.987	1116.266	1230.074	>0.656
面积比/%	0.000	5.461	6.770	41.756	46.013	

表 8 不同景观类型土壤水分和盐度阈值组合

Table 8 Threshold value combinations of moisture and salinity in different landscape types

项目 Item	水分阈值 Threshold value of moisture/%	盐度阈值 Threshold value of salinity/%
芦苇沼泽 Reed marsh	<42.332	<0.745
碱蓬沼泽 Salsola marsh	38.836—46.593	0.403—1.314
米草沼泽 Spartina	>39.475	>0.403
光滩 Beach	>41.550	>0.656

4 结论

海滨湿地在海陆两相作用下,生态过程独特而复杂,决定了海滨湿地景观格局的形成。本文选择盐城海滨湿地典型区域为研究案例,运用灰色关联分析、地统计学和 GIS 技术,对海滨湿地景观演变关键土壤要素空间化进行了研究,主要结论如下:

(1) 海滨湿地土壤理化性质空间差异明显。其中,土壤水分和盐度表现出从米草沼泽—碱蓬沼泽—芦苇沼泽递减的趋势;土壤有机质、营养盐表现出从米草沼泽—芦苇沼泽—碱蓬沼泽递减的趋势;与海陆位置及相应的植被类型息息相关。

(2) 确定了土壤水分和盐度是海滨湿地景观演变的关键影响因子,其空间分异特征显著。总体上呈现出东西海陆方向上的变异大于南北海岸延伸方向上的变异,空间变异的延伸方向与海岸带延伸方向一致,进一步说明了土壤水分和盐度是控制湿地景观演变的关键因子。

(3) 确定了海滨湿地不同景观类型土壤水分和盐度的阈值。其中,芦苇沼泽土壤水分阈值<42.332%,盐度阈值<0.745%;碱蓬土壤水分阈值为 38.836%—46.593%,盐度阈值为 0.403%—1.314%;米草土壤水分阈值>39.475%,盐度阈值>0.403%;光滩的土壤水分范围为>41.550%,盐度范围为>0.656%。这些数据说明,如果湿地植被水盐阈值组合发生变化,区域景观将发生演变。

(4) 海滨湿地景观演变是在过程与格局的相互作用下进行的。在认识海滨湿地土壤关键要素空间分异及阈值的基础上,进一步明确海滨湿地景观生态过程时空变化规律,揭示海滨湿地景观演变的影响机制,是保护海滨湿地生态系统的重要前提。

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 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.
- [3] Li J L, Zhang R S, Wang Y H, Zeng S P. Research on landscape pattern and construction of landscape ecology of muddy coastal wetlands in Jiangsu province. *Geography and Geo-Information Science*, 2003, 19(5): 86-90.
- [4] Shen Y M. Landscape Ecological Character of Jiangsu Mud Flat and its Succession. *Journal of Nanjing Xiaozhuang College*, 2005, 21(5): 98-102.
- [5] Li Y F, Zhu X D, Zou X Q, Gao J H. Study on landscape ecosystem of coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu province. *Marine Science Bulletin*, 2005, 24(4): 46-51.
- [6] Liu C Y, Zhang S Q, Jiang H X, Wang H, Sun Y. Spatio-temporal dynamics of coastal wetland landscape patterns in Yancheng, Jiangsu Province. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2009, (3): 78-83.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Ding J J, Wang L, Xing W, Ji Y H, Liang Z H. Analysis on the landscape pattern changes and drive of Yancheng coastal wetland in Jiangsu based on RS and GIS technology. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology*, 2009, 36(6): 18-21.
- [10] Zhao Y L, Yu W X, Nie H F. An analysis of dynamic change and landscape spatial pattern of the wetlands in Yancheng of Jiangsu province based on remote sensing technology. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2010, (S1): 185-190.
- [11] Yan W W, Gu D Q, Wu S Y, Ming J. Study on landscape changes at various segments of Yancheng coastal wetlands. *Coastal Engineering*, 2011, 30(1): 68-78.
- [12] Zuo P, Li Y, Zhao S H, Zhou X, Teng H F, Chen H. Landscape changes of Jiangsu Yancheng coastal wetlands and their driving forces since 1976.

- Acta Oceanologica Sinica, 2012, 34(1): 101-108.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Liu G M, Yang J S, Jiang Y. Salinity characters of soils and groundwater in typical coastal area in Jiangsu Province. Soils, 2005, 37(2): 163-168.
- [16] Sen Y M, Zeng H, Wang H, Liu Y M, Chen Z Y. Characteristics of halophyte and associated soil along aggradational muddy coasts in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(1): 1-6.
- [17] Mao Z G, Wang G X, Liu J E, Ren L J. Influence of salt marsh vegetation on spatial distribution of soil carbon and nitrogen in Yancheng coastal wetland. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(2): 293-297.
- [18] Ren L J, Wang G X, Qiu L, Mao Z G, Liu J E. Morphology and biomass distribution of spartina alterniflora growing in Different tidal flat Habitats in Jiangsu. Journal of Ecology and Rural Environment, 2010, 26(3): 220-226.
- [19] Zhong C Q, Wang J X, Xing W, Zhang W K. Effects of vegetation and hydrological conditions on the profile characteristics of TN, TP and OM in coastal salt marshes in northern Jiangsu Province. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(3): 186-190.
- [20] Liu J E, Zhou H X, Qin P, Zhou J. Effects of *Spartina alterniflora* salt marshes on organic carbon acquisition in intertidal zones of Jiangsu province, China. Ecological Engineering, 2007, 30(3): 240-249.
- [21] Trangmar B B, Yost R S, Uehara G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy, 1985, 38(2): 45-94.
- [22] Qiu Y, Fu B J, Wang J, Chen L D. Spatial variability of soil moisture content and its relation to environmental indices in a semi-arid gully catchment of the Loess Plateau, China. Journal of Arid Environments, 2001, 49(4): 723-750.
- [23] Goovaerts P. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma, 1999, 89(1/2): 1-45.
- [24] Yost R S, Uehara G, Fox R L. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. I. Semi-variograms. Soil Science Society America Journal, 1982, 46(10): 1028-1037.
- [25] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. Advances in Soil Science, 1985, 3(1): 1-70.
- [26] 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): 101-110.
- [27] Zhang H B, Liu H Y, Hao J F. Temporal-Spatial variation of erosional coastal wetland landscape in north Jiangsu and its driving forces. Journal of Ecology and Rural Environment, 2011, 27(4): 46-50.
- [28] Shen M X, He R Y, Cong J H. Study on ETM+ remote sensing image fusion and classification in the extraction of vegetation information. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8): 109-112.
- [29] Xu J H. Mathematical Methods in Contemporary Geography. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [30] Yang Y L, Shi X Z, Yu D S, Wang H J, Xu M, Wang G. Spatial heterogeneity of soil nutrients and their affecting factors at regional scale. Scientia Geographica Sinica, 2008, 28(6): 788-792.

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.
- [3] 李加林, 张忍顺, 王艳红, 曾昭鹏. 江苏淤泥质海岸湿地景观格局与景观生态建设. 地理与地理信息科学, 2003, 19(5): 86-90.
- [4] 沈永明. 江苏沿海淤泥质滩涂景观生态特征及其演替. 南京晓庄学院学报, 2005, 21(5): 98-102.
- [5] 李杨帆, 朱晓东, 邹欣庆, 高建华. 江苏盐城海岸湿地景观生态系统研究. 海洋通报, 2005, 24(4): 46-51.
- [6] 刘春悦, 张树清, 江红星, 王会, 孙妍. 江苏盐城滨海湿地景观格局时空动态研究. 国土资源遥感, 2009, (3): 78-83.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 丁晶晶, 王磊, 邢伟, 季永华, 梁珍海. 基于 RS 和 GIS 的盐城海岸带湿地景观格局变化及其驱动力研究. 江苏林业科技, 2009, 36(6): 18-21.
- [10] 赵玉灵, 郁万鑫, 聂洪峰. 江苏盐城湿地遥感动态监测及景观变化分析. 国土资源遥感, 2010, (S1): 185-190.
- [11] 闫文文, 谷东起, 吴桑云, 明洁. 盐城滨海湿地景观变化分段研究. 海岸工程, 2011, 30(1): 68-78.
- [12] 左平, 李云, 赵书河, 周鑫, 滕厚锋, 陈浩. 1976 年以来江苏盐城滨海湿地景观变化及驱动力分析. 海洋学报, 2012, 34(1): 101-108.
- [13] 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.
- [14] 刘广明, 杨劲松, 姜艳. 江苏典型滩涂区地下水及土壤的盐分特征研究. 土壤, 2005, 37(2): 163-168.
- [15] 沈永明, 曾华, 王辉, 刘咏梅, 陈子玉. 江苏典型淤长岸段潮滩盐生植被及其土壤肥力特征. 生态学报, 2005, 25(1): 1-6.
- [16] 毛志刚, 王国祥, 刘金娥, 任丽娟. 盐城海滨湿地盐沼植被对土壤碳氮分布特征的影响. 应用生态学报, 2009, 20(2): 293-297.
- [17] 任丽娟, 王国祥, 仇乐, 毛志刚, 刘金娥. 江苏潮滩湿地不同生境互花米草形态与生物量分配特征. 生态与农村环境学报, 2010, 26(3): 220-226.
- [18] 仲崇庆, 王进欣, 邢伟, 张维康. 不同植被和水文条件下苏北盐沼土壤 TN、TP 和 OM 剖面特征. 北京林业大学学报, 2010, 32(3): 186-190.
- [19] 张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 李玉凤. 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): 101-110.
- [20] 张华兵, 刘红玉, 郝敬锋. 苏北侵蚀型海岸湿地景观时空演变特征及驱动机制. 生态与农村环境学报, 2011, 27(4): 46-50.
- [21] 沈明霞, 何瑞银, 丛静华. 植被信息提取过程中 ETM+ 遥感影像融合和分类试验. 农业机械学报, 2007, 38(8): 109-112.
- [22] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [23] 杨艳丽, 史学正, 于东升, 王洪杰, 徐茂, 王果. 区域尺度土壤养分空间变异及其影响因素研究. 地理科学, 2008, 28(6): 788-792.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.21 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Gross ecosystem product: theory framework and case study OUYANG Zhiyun, ZHU Chunquan, YANG Guangbin, et al (6747)
- Advances in impacts of climate change on infectious diseases outbreak LI Guodong, ZHANG Junhua, JIAO Gengjun, et al (6762)
- Ecology of aerobic methane oxidizing bacteria (methanotrophs) YUN Juanli, WANG Yanfen, ZHANG Hongxun (6774)
- Nitrogen deposition and *Leymus chinensis* leaf chlorophyll content in Inner Mongolian grassland
..... ZHANG Yunhai, HE Nianpeng, ZHANG Guangming, et al (6786)
- Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders
..... SHEN Xiaocheng, ZHANG Baoshi, ZHANG Feng, et al (6795)
- The influence of wind direction on pollen-mediated gene flow in transgenic insect-resistant cotton
..... ZHU Jialin, HE Juan, NIU Jianqun, et al (6803)

Autecology & Fundamentals

- Ecological characteristics of benthic diatoms, protozoa and meiobenthos in the sediments of the Changjiang Estuary and East China
Sea in spring MENG Zhaoxui, XU Kuidong (6813)
- Macrobenthic functional groups at the reclamation and natural tidal flats of Hengsha East Shoal, the Estuary of Changjiang River
..... LV Weiwei, MA Chang'an, YU Ji, et al (6825)
- Enrichment and ecological risk of heavy metal in soils and dominant plants in the riparian of the Fenghe River
..... YANG Yang, ZHOU Zhengchao, WANG Huanhuan, et al (6834)
- Effects of salinity and exogenous substrates on the decomposition and transformation of soil organic carbon in the Yellow River
Delta LI Ling, QIU Shaojun, TAN Feifei, et al (6844)
- Effects of short-term dark chilling on leaves carbon and nitrogen metabolism and involved activities of enzymes in mangrove *Kandelia
obovata* seedling ZHENG Chunfang, LIU Weicheng, CHEN Shaobo, et al (6853)
- Preliminary evaluation on tolerance to phosphorous deficiency of 32 cultivars of cut chrysanthemum
..... LIU Peng, CHEN Sumei, FANG Weimin, et al (6863)
- Effects of age and environmental conditions on accumulation of heavy-metals Cd and Cu in *Tegillarca granosa*
..... WANG Zhaogen, WU Hongxi, CHEN Xiaoxiao, et al (6869)
- Effects of Chinese gallnut on photosynthetic characteristics and total nitrogen content of *Rhus chinensis*
..... LI Yang, YANG Zixiang, CHEN Xiaoming, et al (6876)
- The characterization of glyphosate degradation by *Burkholderia multivorans* WS-FJ9 LI Guanxi, WU Xiaoqin, YE Jianren (6885)
- Electroantennographic and behavioural responses of scarab beetles to *Ricinus communis* leaf volatiles
..... LI Weizheng, YANG Lei, SHEN Xiaowei, et al (6895)

Population, Community and Ecosystem

- Ecosystem health assessment in Baiyangdian Lake XU Fei, ZHAO Yanwei, YANG Zhifeng, et al (6904)
- Characteristics of macrobenthic communities in mangrove wetlands along the waterways of North Hezhou, Zhuhai, South China
..... WANG Hui, ZHONG Shan, FANG Zhanqiang (6913)
- The interaction between components of ecosystem respiration in typical forest and grassland ecosystems
..... ZHU Xianjin, YU Guirui, WANG Qiufeng, et al (6925)
- Effects of thinning on macro fungi and their relationship with litter decomposition in *Pinus tabulaeformis* plantations
..... CHEN Xiao, BAI Shulan, LIU Yong, et al (6935)

- Beta diversity of plant communities in Baishanzu Nature Reserve TAN Shanshan, YE Zhenlin, YUAN Liubin, et al (6944)
- Effect of Oxytetracycline (OTC) on the activities of enzyme and microbial community metabolic profiles in composting
..... CHEN Zhixue, GU Jie, GAO Hua, et al (6957)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Variations in leaf anatomy of *Larix gmelinii* reflect adaptation of its photosynthetic capacity to climate changes
..... JI Zijong, QUAN Xiankui, WANG Chuankuan (6967)
- The studying of key ecological factors and threshold of landscape evolution in Yancheng Coastal wetland
..... ZHANG Huabing, LIU Hongyu, LI Yufeng, et al (6975)
- Eco-physiological response of *Phragmites communis* to water table changes in the Horqin Sand Land
..... MA Yunhua, ZHANG Tonghui, LIU Xinping (6984)
- Improvement of snowmelt implementation in the SWAT hydrologic model ... YU Wenjun, NAN Zhuotong, ZHAO Yanbo, et al (6992)
- Responses of lake fluctuation to climate change in Horqin Sandy Land
..... CHANG Xueli, ZHAO Xueyong, WANG Wei, et al (7002)
- Water ecology and fractal characteristics of soil particle size distribution of three typical vegetations in Shell Island
..... XIA Jiangbao, ZHANG Shuyong, WANG Rongrong, et al (7013)
- Spatio-temporal distribution of epilithic algal chlorophyll a in relation to the physico-chemical factors of Gufu River in Three Gorges Reservoir WU Shuyuan, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (7023)

Resource and Industrial Ecology

- Graphic analysis of spatio-temporal effect for vegetation disturbance caused by coal mining: a case of Datong Coal Mine Area
..... HUANG Yi, WANG Yunjia, LI Xiaoshun, et al (7035)

《生态学报》2014 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,280 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 余新晓

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 21 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 21 (November, 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