

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第19期 2013年10月 (半月刊)

## 目次

### 中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 .....	马凤娇,刘金铜,A. Egrinya Eneji (5963)
非人灵长类性打搅行为研究进展 .....	杨斌,王程亮,纪维红,等 (5973)
密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 .....	韩群花,郭聪,张美文 (5981)
食物链长度远因与近因研究进展综述 .....	王玉玉,徐军,雷光春 (5990)
AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 .....	罗巧玉,王晓娟,李媛媛,等 (5997)
保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 .....	薛建福,赵鑫,Shadrack Batsile Dikgwatlhe,等 (6006)
圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 .....	张明春,黄炎,李德生,等 (6014)
利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 .....	赵玉泽,王志臣,徐基良,等 (6021)
风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 .....	杨志宏,吴庆明,董海燕,等 (6028)
白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 .....	李艳红,关进科,黎大勇,等 (6035)
生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 .....	罗媛媛,刘金亮,黄杰灵,等 (6041)
基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究 .....	吴文珊,陈友铃,孙伶俐,等 (6049)
高榕榕果内 <i>Eupristina</i> 属两种榕小蜂的遗传进化关系 .....	陈友铃,孙伶俐,武蕾蕾,等 (6058)
镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 .....	王树凤,施翔,孙海菁,等 (6065)
邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响 .....	杨延杰,王晓伟,赵康,等 (6074)
极端干旱区多枝桧柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 .....	马晓东,王明慧,李卫红,等 (6081)
贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 .....	王荣荣,夏江宝,杨吉华,等 (6088)
陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 .....	谭雪红,郭小平,赵廷宁 (6097)
不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 .....	叶功富,张尚炬,张立华,等 (6107)
珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 .....	裴男才,陈步峰,邹志谨,等 (6114)
AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 .....	宋成军,曲来叶,马克明,等 (6121)
盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 .....	周家超,付婷婷,赵维维,等 (6129)
CO <sub>2</sub> 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 .....	师志冰,周勇,李夏,等 (6135)
预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 .....	孟焕,王雪宏,佟守正,等 (6142)
镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 .....	张雯,魏虹,孙晓灿,等 (6147)
马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 .....	罗应华,孙冬婧,林建勇,等 (6154)
濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例 .....	邱广龙,范航清,李宗善,等 (6163)
毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 .....	尹瑞平,吴永胜,张欣,等 (6173)
塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 .....	韩路,席琳乔,王家强,等 (6181)
短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 .....	宗宁,石培礼,蒋婧,等 (6191)
松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 .....	杨帆,王志春,王云贺,等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM <sub>2.5</sub> 浓度及水溶性离子特征 .....	肖以华,李 炯,旷远文,等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局 .....	汪振华,赵 静,王 凯,等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化 .....	陈云龙,单秀娟,周志鹏,等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态 .....	李 娜,张雪萍,张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性 .....	陈友铃,陈晓倩,吴文珊,等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估 .....	陈 尚,任大川,夏 涛,等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标 .....	郭子良,崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响 .....	易 扬,信忠保,覃云斌,等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性 .....	王红梅,王仲良,王 堃,等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性 .....	俄有浩,霍治国,马玉平,等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应 .....	盛茂银,刘 洋,熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响 .....	贺 伟,布仁仓,刘宏娟,等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性 .....	朱剑兴,王秋风,何念鹏,等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应 .....	马志敏,吕一河,孙飞翔,等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价 .....	秦鱼生,喻 华,冯文强,等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系 .....	杨胜龙,马军杰,张 禹,等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用 .....	林 峰,陈 敏,杨伟锋,等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子 .....	石洪华,王晓丽,王 媛,等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响 .....	王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性 .....	孟翔翔,狄晓艳,王孟本,等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例 .....	文 雯,周宝同,汪亚峰,等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例 .....	施晓清,李笑诺,杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析 .....	祁新华,叶士琳,程 煜,等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化 .....	倪 尧,岳文泽,张云堂,等 (6418)



**封面图说:** 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区,它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物,它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖,并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是,生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明,凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一,在水分极度匮乏的荒漠生态系统,它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

**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/stxb201303280544

贺伟, 布仁仓, 刘宏娟, 熊在平, 胡远满. 气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响. 生态学报, 2013, 33(19): 6314-6319.

He W, Bu R C, Liu H J, Xiong Z P, Hu Y M. Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6314-6319.

## 气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响

贺 伟<sup>1,3</sup>, 布仁仓<sup>1,\*</sup>, 刘宏娟<sup>2</sup>, 熊在平<sup>1</sup>, 胡远满<sup>1</sup>

(1. 森林与土壤生态国家重点实验室, 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016;

2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 石家庄 050021; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 东北地区是我国沼泽湿地分布最广泛的地区。为研究沼泽湿地对气候变化的响应, 选取了对沼泽湿地分布可能存在影响的 26 个环境因子, 利用最大熵(Maximum Entropy, MaxEnt)模型模拟了沼泽湿地基准气候条件下的潜在分布, 并预测了气候变化情景下 2011—2040 年、2041—2070 年和 2071—2100 年 3 个研究阶段东北沼泽湿地潜在分布。研究表明: 最大熵模型预测精度较高(平均 AUC(Area Under Curve)为(0.826±0.005))。基准气候条件下东北沼泽潜在分布区主要为大小兴安岭和三江平原地区。随着时间的推移, 东北地区沼泽湿地原有潜在分布面积明显减少, 而新增潜在分布面积较少, 总面积呈现急剧减少趋势。至 2071—2100 年, 原有沼泽湿地潜在分布面积将减少 99.80%, 新增潜在分布面积仅 2.48%, 总潜在分布面积减少 97.32%。空间分布上, 东北沼泽湿地潜在分布呈现由东向西迁移, 南北向中心收缩的趋势。研究结果可为东北地区沼泽湿地保护政策的制定提供参考。

**关键词:** 沼泽; 气候变化; 潜在分布; 最大熵模型; 东北

## Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China

HE Wei<sup>1,3</sup>, BU Rencang<sup>1,\*</sup>, LIU Hongjuan<sup>2</sup>, XIONG Zaiping<sup>1</sup>, HU Yuanman<sup>1</sup>

1 State Key Laboratory of Forest and Soil Ecology, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

2 Center of Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Mire, known as the ecosystems would be the most vulnerable to climate change, is widely distributed in the Northeastern (NE) China, and the NE China is one of the regions that would be mostly affected by the changing climates since the climate changes would mostly affect the area in higher latitudes. Therefore, studies of the spatial distributions of suitable habitats for mire in this region under future climate is obviously more important to conservation, restoration and mitigation among ecosystems, species distributions and climate changes. Based on the mire distribution data from the 1:4000000 Mire Map and 26 environmental factors in the NE China, the potential distributions of mire were predicted under the projected climate scenarios of current (1961—1990) and three future time-slices (2011—2040, 2041—2070, 2071—2100) through Maximum Entropy (MaxEnt) model as well as ArcGIS spatial analysis modules. The accuracy of predictions were accessed by the area under the curve (AUC) values of receiver operating characteristic (ROC) curve, and validation results showed that the predictions with MaxEnt model had a higher precision (mean AUC=0.826±0.005), and were credible and acceptable. The results for mire distribution showed that mire had a wide potential distribution range in the NE China, especially it mainly distributed in Great and Small Khingan Mountains and Sanjiang Plain under the current climate (based on the climate data from 1961—1990 years). However, the potential distribution area of mire decreased rapidly in NE China with changing climates since the new climate pattern would create new suitable habitat and make the

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划(2013CBA01807); 国家自然科学基金项目(41371198); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050201) 共同资助

**收稿日期:** 2013-03-28; **修订日期:** 2013-07-15

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: burc@iae.ac.cn

currently suitable habitats would turn into unsuitable habitat for mire distribution, furthermore, the losing habitat rate was most higher than creating new habitat rate in this region under the changing climate. By 2011—2040 years, the current potential distribution area of mire reduced by 90.70%, the new suitable potential distribution area increased by 12.48%, the total potential distribution area of mire decreased by 78.22%. By 2041—2070 years, the current potential distribution area of mire reduced by 99.21%, the new suitable potential distribution area increased by only 3.23%, the total potential distribution area of mire decreased by 95.98%. By 2071—2100 years, the current potential distribution area of mire reduced by 99.80%, the new suitable potential distribution area increased by only 2.48%, the total potential distribution area of mire decreased 97.32%. As for spatial distribution, main distribution area of mire would shift from east part to west part at the longitude direction and shrink from the south and north part to central part of the region at latitude direction. By 2011—2040 years, the main potential distribution area of mire would shift to the northern part of Great Khingan Mountains, Songnen Plain, and Sanjiang Plain. By 2041—2070 years, the main potential distribution area of mire shifted to Hulunbeir Plateau, Songnen Plain, and Sanjiang Plain. By 2071—2100 years, the main potential distribution area of mire shifted to Hulunbeir Plateau and Songnen Plain. These results would provide important basis for making scientific management of mire and developing the measure for restoration mire and mitigating future climatic change in NE China.

**Key Words:** mire; climate change; potential distribution; maximum entropy (MaxEnt) model; Northeastern China

全球地表平均温度近 100 年来(1906—2005 年)升高了( $0.74 \pm 0.18$ ) $^{\circ}\text{C}$ , 预计到 21 世纪末仍将上升 1.1—6.4 $^{\circ}\text{C}$ <sup>[1]</sup>。气候变暖已成为不争的事实。大量研究表明, 中国地区气候变化与全球气候变化总趋势是一致的, 而东北地区是中国增温最显著的地区之一<sup>[2-4]</sup>。

沼泽是一种水陆相互作用形成的半水半陆过渡性质的生态系统或自然综合体, 也是湿地的核心部分或重要的湿地类型<sup>[5]</sup>。由于沼泽的空间分布取决于水热条件, 故沼泽湿地对气候变化较为敏感。全球变化对陆地生态系统的影响, 大尺度的研究较多的集中在森林、草地等方面<sup>[6-10]</sup>, 涉及湿地潜在分布变化方面的内容较少。沼泽对于全球变化的响应, 大多集中在微观领域(比如 C 循环等)<sup>[11-12]</sup>。

东北地区位于北半球的中高纬度, 是中国纬度最高的地区, 是世界著名的温带季风气候区, 是典型的气候脆弱区和受气候变化影响最为敏感的地区之一<sup>[13-14]</sup>。东北地区气候正趋于暖干化<sup>[15]</sup>。东北地区是中国湿地类型最多、面积最大、分布最广泛的地区之一<sup>[16]</sup>, 以沼泽和沼泽化草甸为主<sup>[17]</sup>。研究表明, 东北地区湿地正呈现大面积持续减少的趋势<sup>[16]</sup>。

近年来, 已有多种模型被用于生境潜在分布研究, 包括生态位模型(BIOCLIM、DOMAIN)、动态模拟模型(CLIMEX)、基于检验假设的分布预测模型 GARP<sup>[18]</sup> 以及最大熵(MaxEnt)<sup>[19]</sup> 模型等。研究表明, 最大熵模型的预测结果优于同类预测模型<sup>[19-21]</sup>, 在诸多研究中被证实具有最佳的预测能力和精度<sup>[21-24]</sup>。

本研究以最大熵模型(MaxEnt)模拟预测了在气候变化背景下东北地区沼泽湿地的潜在分布, 以期为评估气候变化对东北地区沼泽湿地的影响提供科学依据, 同时为东北地区沼泽湿地保护政策的制定提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 沼泽空间分布数据

中国 1:400 万沼泽分布图是中国第一幅大范围的沼泽图件, 以地图图像的形式, 形象地、系统地总结和反映了中国有关单位近 40 年来沼泽方面的研究成果表现了中国及主要典型区沼泽及沼泽化土地的类型、特性、形成及其分布规律<sup>[25]</sup>。本研究即是从中提取了东北地区沼泽湿地的空间分布数据(图 1)。将沼泽湿地的空间分布数据转换为 5 km $\times$ 5 km 空间分辨率的栅格数据。

### 1.2 环境因子

影响沼泽分布的环境因子很多, 本研究共选取与沼泽分布有关的 26 个环境因子, 探索它们与沼泽湿地的空间分布间的数量关系。环境因子包括两类: 气候因子(19 个)和地形因子(7 个)。

(1) 气候因子 气象资料采用东北地区及附近的 96 个气象站 1961—1990 年的气温和降水量数据, 采用 Kriging 插值得到东北地区年及月平均气温和降水量空间数据, 然后在此基础上, 根据相应公式计算得到各气候因子<sup>[26-27]</sup>, 本文选取了 19 个气候因子: 包括年均温、春季均温、夏季均温、秋季均温、冬季均温、平均最冷月温度、平均最热月温度、气温年较差、年生物温度、年降水、春季降水、夏季降水、秋季降水、冬季降水、5—9 月降水、吉良温暖指数、吉良寒冷指数、徐文泽湿润指数、潜在蒸散率。这 19 个气候因子均是 1961—1990 年的平均值。

(2) 地形因子 利用 1:25 万中国地形图的高程点和等高线, 用 ArcGIS 软件建立数字高程模型(DEM), 然后提取坡度、坡向

等地形数据。本研究选取的地形因子为:海拔、坡度、转换坡向,地面粗糙度,地表起伏度,海拔标准差和综合地形指数。其中地形起伏度和海拔标准差设定邻域统计半径为 3 个像元。

海拔和坡度在 ArcGIS 平台计算得到。

转换坡向 (Trasp) 需要将在 ArcGIS 中计算得到的原始坡向图 (Aspect) 根据下面的公式计算得出:

$$\text{Trasp} = \frac{1 - \cos(\pi/180)(\text{Aspect} - 30)}{2}$$

式中, Trasp 的值域为 0—1, 0 表示接受的太阳能最少, 1 表示接受的太阳能最大。

地面粗糙度是指在一个特定的区域内, 地球表面积与其投影面积之比, 它是反映地表形态的一个宏观指标。

地表起伏度指地面某一确定距离的范围内最高点与最低点的高程差。

海拔标准差计算领域统计范围内海拔的标准差, 可以反映该点的粗糙程度。

综合地形指数 (CTI) 代表某个空间位置的固定湿度指数, CTI 与土壤的某些属性密切相关, 因此在模型中起到土壤湿度因子的作用。其计算公式为:

$$\text{CTI} = \ln \frac{A_s}{\tan(\beta)}$$

式中,  $A_s$  为上游集水区面积,  $\beta$  为用弧度表示的坡度。

在国家基础地理信息系统 (<http://nfgis.nsd.gov.cn/>) 下载中国地图作为分析底图 (1:400 万)。所有的栅格数据分辨率统一到 5 km。环境因子应用 ARCGIS 软件转换成 MaxEnt 软件需要的 ASCII 格式。

### 1.3 未来气候情景数据

本文采用中国气象局国家气候中心温室气体中等排放情景下 (SRES A1B) 跨学科研究全球模式驱动下区域气候模型 (MIROC-RegCM) 模式模拟数据 (<http://www.climatechange-data.cn/>)<sup>[28]</sup>。A1B 情景是各种能源平衡发展时的中等排放情景, 比较符合中国的长期规划。在 A1B 情景下, 至 2011—2040 年、2041—2070 年和 2071—2100 年东北地区年均温分别比基准年 (1961—1990 年) 升高了 2.3, 4.1 °C 和 5.7 °C; 年降水量分别比基准年 (1961—1990 年) 增加了 -27.5, 0.4 mm 和 54.8 mm。

相应的 19 个气候因子分别是 2011—2040 年、2041—2070 年和 2071—2100 年 30a 的平均值。未来气候情景数据通过 ArcGIS 软件重采样得到分辨率 5 km×5 km 的栅格数据。

### 1.4 研究方法

将东北沼泽分布数据与环境因子数据导入 MaxEnt 软件<sup>[20]</sup>, 随机选取 70% 的分布点作为训练集, 剩余的 30% 作为测试集。其他参数为软件默认参数。模型运行 10 次, 并对 10 套模拟结果取平均作为最终的模拟结果。

为研究气候变化对东北地区沼泽湿地空间分布面积的影响, 需要一个概率阈值将东北沼泽湿地空间概率分布图转化为存在/不存在的二元分布图, 本研究采用的概率阈值为 0.5, 规定 >0.5 为沼泽湿地存在点, 反之则为沼泽湿地不存在点。

## 2 结果和分析

### 2.1 模拟精度评价

应用最大熵模型模拟输出的受试者工作特征曲线 (ROC) 的曲线下面积 (AUC) 值评估模型模拟的准确性。由于 AUC 不受诊断阈值的影响, 且对物种发生率不敏感, 因此目前被公认为是最佳的评价指标<sup>[29]</sup>。AUC 值为 0.5—0.7, 预测较差; 0.7—0.9, 预测较准确, 0.9—1.0, 预测极准确<sup>[30]</sup>。ROC 曲线的绘制及 AUC 具体计算由最大熵模型直接输出。

经计算, 本研究中最大熵模型的平均 AUC 为 0.826±0.005, 表明所建模型可用于东北地区沼泽湿地的潜在分布研究。

### 2.2 东北地区沼泽湿地潜在分布

将基于最大熵模型模拟的东北地区沼泽湿地概率分布图转化为二元分布图 (图 1)。图 1 表明, 最大熵模型模拟的沼泽湿地适宜分布图与从中国沼泽图中提取的东北沼泽湿地分布范围大体吻合。模拟结果表明: 东北地区沼泽湿地潜在分布区主要为大小兴安岭和三江平原地区, 模拟结果对沼泽湿地呈现零星分布的平原地区模拟效果欠佳。

### 2.3 东北地区沼泽湿地潜在分布对气候变化的响应

对东北地区沼泽湿地分布概率大于 0.5 的地区进行统计, 与基准气候条件下的潜在分布区进行比较。

气候变化条件下分布区面积的变化是由两方面原因造成的, 一是原有分布区的消失, 二是新适宜分布区的增加 (表 1)。模拟结果表明, 随着时间的推移, 东北地区原有沼泽湿地潜在分布面积明显减少, 而新增潜在分布面积较少, 总潜在分布面积呈现急剧减少趋势。至 2071—2100 年, 原有沼泽湿地潜在分布面积将减少 99.80%, 新增潜在分布面积仅 2.48%, 总潜在分布面积减少 97.32%。

由东北地区沼泽湿地适宜分布区变化图 (图 1) 可看出东北地区沼泽湿地潜在分布区空间分布上呈现由东向西迁移, 南北向中心收缩的趋势。

表 1 未来气候条件下东北沼泽湿地潜在分布区面积变化

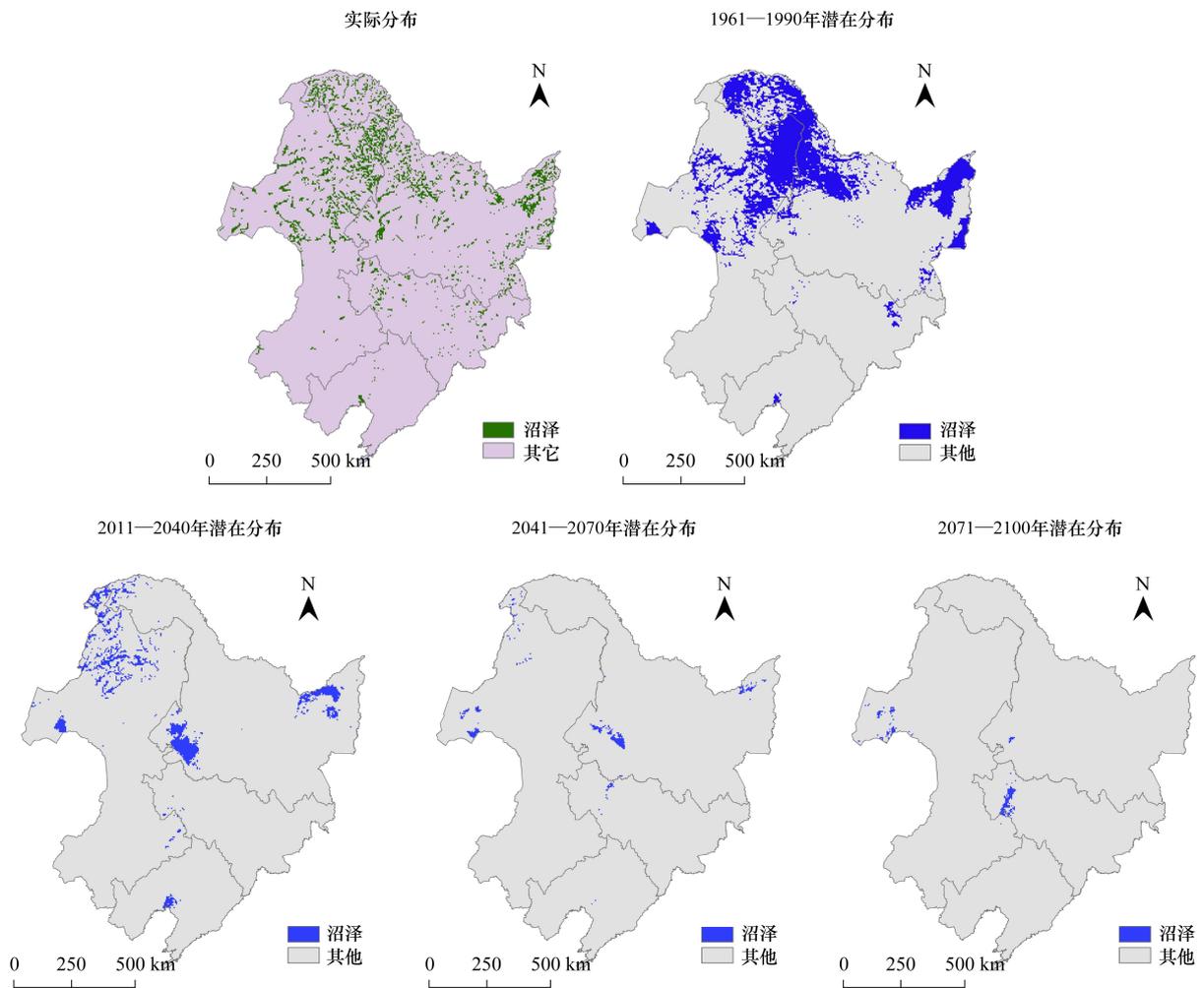


图1 东北沼泽湿地实际分布及潜在分布图

Fig.1 Realized distribution and potential distribution of mire in Northeastern China

Table 1 Potential distribution area change for mire under future climate in Northeastern China

时段 Time	消失面积 Lost area/%	新增面积 New area/%	总面积变化 Total area change/%
2011—2040	90.70	12.48	78.22
2041—2070	99.21	3.23	95.98
2071—2100	99.80	2.48	97.32

### 3 结论与讨论

研究表明,最大熵模型可以利用现有的东北地区沼泽湿地分布数据,进行东北沼泽湿地潜在分布的预测(平均 AUC 值为 $0.826\pm 0.005$ )。主要原因可能是该模型算法明确,而且其规则化程序可以阻止在小样本的情况下发生过度拟合<sup>[19-20]</sup>。但是,模型用有限的发生数据预测得到的潜在分布区,通常代表了与分布区相似的环境条件,而不能作为沼泽湿地的实际分布界限。

本文采用的基于生态位理论的模型,其建模本质是生境分布区与环境因子之间建立统计关系,并假设生境与环境之间是一种静态平衡关系,这种相关关系模型(而非因果关系的)并不一定能保证模型在外推到新的空间时,这种相关性不变,因此模型外推可能具有极大的不确定性。

随着时间的推移,东北地区沼泽湿地分布面积会急剧减少,这与前人的研究结果相同<sup>[31]</sup>。在沼泽湿地面积急剧减少的同时,伴随着少量新增,但沼泽湿地分布受很多因素制约,在气候因素和地形因素适宜的情况产生新沼泽湿地的可能性仍然是很低的<sup>[32]</sup>。除自然因素外,人类活动对生境分布模拟的影响不可忽略<sup>[33]</sup>,如能在模拟过程中综合更多对沼泽湿地分布存在影响

的因素,预测结果将更为准确。

#### References:

- [ 1 ] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [ 2 ] Chen L X, Zhou X J, Li W L, Luo Y F, Zhu W Q. Characteristics of the climate change and its formation mechanism in China in last 80 years. *Acta Meteorologica Sinica*, 2004, 62(5): 634-646.
- [ 3 ] Zuo H C, Liu S H, Hu Y Q. Variations trend of yearly mean air temperature and precipitation in China in the Last 50 Years. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(2): 238-244.
- [ 4 ] He W, Bu R C, Xiong Z P, Hu Y M. Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(2): 519-531.
- [ 5 ] Huang X C. The nature of mire ecosystem. *Scientia Geographica Sinica*, 1989, 9(2): 97-104.
- [ 6 ] Zhang L, Liu S R, Sun P S, Wang T L. Comparative evaluation of multiple models of the effects of climate change on the potential distribution of *Pinus massoniana*. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2011, 35(11): 1091-1105.
- [ 7 ] Wu J G. Potential effects of climate change in future on the distributions of 7 desert plants in China. *Arid Land Geography*, 2011, 34(1): 70-85.
- [ 8 ] Murray J V, Stokes K E, Klinken R D V. Predicting the potential distribution of a riparian invasive plant: the effects of changing climate, flood regimes and land-use patterns. *Global Change Biology*, 2012, 18(5): 1738-1753.
- [ 9 ] Golicher D J, Cayuela L, Newton A C. Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican Forests. *Biotropica*, 2012, 44(3): 284-293.
- [ 10 ] Cheaib A, Badeau V, Boe J, Chuine I, Delire C, Dufrene E, Francois C, Gritti E S, Legay M, Page C, Thuiller W, Viovy N, Leadley P. Climate change impacts on tree ranges: model intercomparison facilitates understanding and quantification of uncertainty. *Ecology Letters*, 2012, 15(6): 533-544.
- [ 11 ] Li K R, Chen Y F. The progress in methodologies to study impacts of global climate change in China. *Geographical Research*, 1999, 18(2): 214-219.
- [ 12 ] Fu G B, Li K R. Progress in the study on the relationship between global warming and wetland ecological system. *Geographical Research*, 2001, 20(1): 120-128.
- [ 13 ] Jiang X Y, Liu S H, Ma M M, Zhang J, Song J. A wavelet analysis of the precipitation time series in Northeast China during the last 100 years. *Geographical Research*, 2009, 28(2): 354-362.
- [ 14 ] Wu Z F, Jin Y H, Liu J P, Shang L N, Zhao D S. Response of vegetation distribution to global climate change in northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5): 564-570.
- [ 15 ] Sun F H, Yang S Y, Chen P S. Climatic warming-drying trend in Northeastern China during the last 44 years and its effects. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(7): 751-755.
- [ 16 ] Niu Z G, Zhang H Y, Wang X W, Yao W B, Zhou D M, Zhao K Y, Zhao H, Li N N, Huang H B, Li C C, Yang J, Liu C X, Liu S, Wang L, Li Z, Yang Z Z, Qiao F, Zheng Y M, Chen Y L, Sheng Y W, Gao X H, Zhu W H, Wang W Q, Wang H, Weng Y L, Zhuang D F, Liu J Y, Luo Z C, Cheng X, Guo Z Q, Gong P. Mapping wetland changes in China between 1978 and 2008. *Chinese Science Bulletin*, 2012, 57(16): 1400-1411.
- [ 17 ] Liu X T, Lu X G. Strategy of restoration and rational utilization for wetlands in the Northeast Mountains, China. *Wetland Science*, 2004, 2(4): 241-247.
- [ 18 ] Stockwell D, Peters D. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 1999, 13(2): 143-158.
- [ 19 ] Phillips S J, Dudik M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 2008, 31(2): 161-175.
- [ 20 ] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [ 21 ] Zhu G, Bu W, Gao Y, Liu G. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS ONE*, 2012, 7(2): e31246.
- [ 22 ] Zhou J, Li Q Y, Xiao L, Jiang J X, Yi Z L. Potential distribution of *Miscanthus sinensis* and *M. floridulus* in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2012, 36(6): 504-510.
- [ 23 ] Rupperecht F, Oldeland J, Finckh M. Modelling potential distribution of the threatened tree species *Juniperus oxycedrus*: how to evaluate the predictions of different modelling approaches. *Journal of Vegetation Science*, 2011, 22(4): 647-659.
- [ 24 ] He Q J, Zhou G S. Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(12): 3931-3939.
- [ 25 ] Wang H Q. The compilation and drawing of 1:4000000 mire map of China. *Wetland Science*, 2004, 2(1): 15-20.

- [26] Xu W D. Kira's temperature indices and their application in the study of vegetation. *Chinese Journal of Ecology*, 1985, (3): 85-89.
- [27] Yu G R, He H L, Liu X A. Atlas for Spatialized Information of Terrestrial Ecosystem in China-Volume of Climatological Elements. Beijing: China Meteorological Press, 2004.
- [28] Shi Y. A High Resolution Climate Change Simulation of the 21<sup>st</sup> Century Over East Asia by RegCM3. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [29] Fielding A H, Bell J F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 1997, 24(1): 38-49.
- [30] Swets J A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 1988, 240(4857): 1285-1293.
- [31] Liu H J. The Responses of the Potential Distribution of Mire to Climate Change in Northeastern China. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2007.
- [32] Essl F, Dullinger S, Moser D, Rabitsch W, Kleinbauer I. Vulnerability of mires under climate change: implications for nature conservation and climate change adaptation. *Biodiversity and Conservation*, 2011, 21(3): 655-669.
- [33] Wang J, Ni J. Review of modelling the distribution of plant species. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(6): 1040-1053.

#### 参考文献:

- [2] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 罗云峰, 朱文琴. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制. *气象学报*, 2004, 62(5): 634-646.
- [3] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析. *高原气象*, 2004, 23(2): 238-244.
- [4] 贺伟, 布仁仓, 熊在平, 胡远满. 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势. *生态学报*, 2013, 33(2): 519-531.
- [5] 黄锡畴. 沼泽生态系统的性质. *地理科学*, 1989, 9(2): 97-104.
- [6] 张雷, 刘世荣, 孙鹏森, 王同立. 气候变化对马尾松潜在分布影响预估的多模型比较. *植物生态学报*, 2011, 35(11): 1091-1105.
- [7] 吴建国. 未来气候变化对 7 种荒漠植物分布的潜在影响. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 70-85.
- [11] 李克让, 陈育峰. 中国全球气候变化影响研究方法的进展. *地理研究*, 1999, 18(2): 214-219.
- [12] 傅国斌, 李克让. 全球变暖与湿地生态系统的研究进展. *地理研究*, 2001, 20(1): 120-128.
- [13] 姜晓艳, 刘树华, 马明敏, 张菁, 宋军. 中国东北地区近百年降水时间序列变化规律的小波分析. *地理研究*, 2009, 28(2): 354-362.
- [14] 吴正方, 靳英华, 刘吉平, 商丽娜, 赵东升. 东北地区植被分布全球气候变化区域响应. *地理科学*, 2003, 23(5): 564-570.
- [15] 孙风华, 杨素英, 陈鹏狮. 东北地区近 44 年的气候暖干化趋势分析及可能影响. *生态学杂志*, 2005, 24(7): 751-755.
- [16] 牛振国, 张海英, 王显威, 姚文博, 周德民, 赵魁义, 赵惠, 李娜娜, 黄华兵, 李丛丛, 杨军, 柳彩霞, 刘爽, 王琳, 李展, 杨镇钟, 乔飞, 郑姚闯, 陈炎磊, 盛永伟, 高小红, 朱卫红, 王文卿, 王红, 翁永玲, 庄大方, 刘纪远, 罗志才, 程晓, 郭子琪, 宫鹏. 1978—2008 年中国湿地类型变化. *科学通报*, 2012, 57(16): 1400-1411.
- [17] 刘兴士, 吕宪国. 东北山区湿地的保育与合理利用对策. *湿地科学*, 2004, 2(4): 241-247.
- [22] 周婧, 李巧云, 肖亮, 蒋建雄, 易自力. 芒和五节芒在中国的潜在分布. *植物生态学报*, 2012, 36(6): 504-510.
- [24] 何奇瑾, 周广胜. 我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性. *生态学报*, 2012, 32(12): 3931-3939.
- [25] 王化群. 中国 1:400 万沼泽图的编制研究. *湿地科学*, 2004, 2(1): 15-20.
- [26] 徐文铎. 吉良的热量指数及其在中国植被中的应用. *生态学杂志*, 1985, 3: 85-89.
- [27] 于贵瑞, 何洪林, 刘新安. 中国陆地生态系统空间化信息研究图集: 气候要素分卷. 北京: 气象出版社, 2004.
- [28] 石英. RegCM3 对 21 世纪中国区域气候变化的高分辨率数值模拟. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 2010.
- [31] 刘宏娟. 东北沼泽湿地的潜在分布对气候变化的响应. 北京: 中国科学院大学, 2007.
- [33] 王娟, 倪健. 植物种分布的模拟研究进展. *植物生态学报*, 2006, 30(6): 1040-1053.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.19 Oct. ,2013 ( Semimonthly )

## CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives .....	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates .....	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review .....	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length .....	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi .....	..... LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen .....	..... XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve .....	..... ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant ( <i>Syrnaticus reevesii</i> ) using infrared camera .....	..... ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration .....	..... YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve .....	..... LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China .....	..... LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jieliang, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i> .....	..... WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i> .....	..... CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress .....	..... WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings .....	..... YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area .....	..... MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells .....	..... WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants .....	..... TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages .....	..... YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta .....	..... PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings .....	..... SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity .....	..... ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO <sub>2</sub> .....	..... SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i> .....	..... MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i> .....	..... ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation .....	..... LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi .....	..... QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China .....	..... YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River .....	..... HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau .....	..... ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain ..... YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM<sub>2.5</sub> and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season ..... XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure ..... WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea ..... CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests ..... LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou ..... CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services ..... CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system ..... GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed ..... YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China ..... WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China ..... E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst ..... SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China ..... HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ..... ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River ..... MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk ..... QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean ..... YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 ..... LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago ..... SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China ..... WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers ..... MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region ..... WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network ..... SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones ..... QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai ..... NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

# 《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 陈利顶 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 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 33 No. 19 (October, 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

主 编 王如松  
主 管 中国科学技术协会  
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

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂  
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

订 购 全国各地邮局  
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号  
许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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