

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

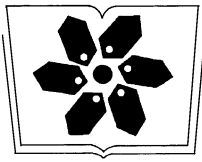
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第5期 Vol.32 No.5 **2012**

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 32 卷 第 5 期

2012 年 3 月 (半月刊)

目 次

淀山湖富营养化过程的统计学特征	程 曦, 李小平, 陈小华 (1355)
拟水狼蛛对食物中镉的吸收和排泄及生物学响应	张征田, 张光铎, 张虎成, 等 (1363)
接种后共培养时间对丛枝菌根喜树幼苗喜树碱含量的影响	于 洋, 于 涛, 王 洋, 等 (1370)
沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例	常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 等 (1378)
西藏牦牛 mtDNA D-loop 区的遗传多样性及其遗传分化	张成福, 徐利娟, 姬秋梅, 等 (1387)
红松阔叶混交林林隙土壤水分分布格局的地统计学分析	李 猛, 段文标, 陈立新, 等 (1396)
黄土丘陵区子午岭不同植物群落下土壤氮素及相关酶活性的特征	邢肖毅, 黄懿梅, 黄海波, 等 (1403)
毛竹高速生长期土壤碳氮动态及其微生物特性	王雪芹, 张奇春, 姚槐应 (1412)
长期 N 添加对典型草原几个物种叶片性状的影响	黄菊莹, 余海龙, 袁志友, 等 (1419)
接种 AMF 对菌根植物和非菌根植物竞争的影响	张宇亭, 王文华, 申 鸿, 等 (1428)
福州大叶榕隐头果内的小蜂群落结构与多样性	吴文珊, 陈友铃, 蔡美满, 等 (1436)
不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征	张永刚, 韩 梅, 韩忠明, 等 (1442)
基于日均温度的华山松径向生长敏感温度研究	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (1450)
长江三峡库区蝶类群落的等级多样性指数	马 琦, 李爱民, 邓合黎 (1458)
甜瓜幼苗叶片光合变化特性	韩瑞锋, 李建明, 胡晓辉, 等 (1471)
双季稻田种植不同冬季作物对甲烷和氧化亚氮排放的影响	唐海明, 肖小平, 帅细强, 等 (1481)
古尔班通古特沙漠西部地下水位和水质变化对植被的影响	曾晓玲, 刘 彤, 张卫宾, 等 (1490)
流溪河水库颗粒有机物及浮游动物碳、氮稳定同位素特征	宁加佳, 刘 辉, 古滨河, 等 (1502)
采用本土蔬菜种子替代水堇评价污泥有机肥腐熟度	刘颂颂, 许田芬, 吴启堂, 等 (1510)
人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响——稳定 C、N 同位素分析	李 斌, 王志坚, 金 丽, 等 (1519)
流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素	张才学, 陈慧妍, 孙省利, 等 (1527)
福寿螺的过冷却研究	赵本良, 章家恩, 罗明珠, 等 (1538)
水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响	陈 宇, 傅 强, 赖凤香, 等 (1546)
绿盲蝽越冬卵的耐寒能力	卓德干, 李照会, 门兴元, 等 (1553)
陆桥岛屿环境下社鼠种群数量的估算方法	张 旭, 鲍毅新, 刘 军, 等 (1562)
北京市居民食物消费碳足迹	吴 燕, 王效科, 逯 非 (1570)
社会经济系统磷物质流分析——以安徽省含山县为例	傅银银, 袁增伟, 武慧君, 等 (1578)
内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素——以黑河流域甘州区为例	邓晓红, 徐中民 (1587)
专论与综述	
台风对森林的影响	刘 斌, 潘 澜, 薛 立 (1596)
海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展	张成龙, 黄 晖, 黄良民, 等 (1606)
三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展	相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等 (1616)
沉积物生源要素对水体生态环境变化的指示意义	于 宇, 宋金明, 李学刚, 等 (1623)
异化 Fe(III) 还原微生物研究进展	黎慧娟, 彭静静 (1633)
问题讨论	
锡林郭勒盟生态脆弱性	徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 等 (1643)
研究简报	
哥斯达黎加外海夏季表层浮游动物种类组成及分布	刘必林, 陈新军, 贾 涛, 等 (1654)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 308 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 35 * 2012-03	

封面图说: 气候变暖下的北极冰盖——自从 1978 年人类对北极冰盖进行遥感监测以来, 北极冰正以平均每年 8.5% 的速度持续缩小, 每年 1500 亿吨的速度在融化。这使科学家相信, 冰盖缩小的根本原因是全球变暖。北极的冰盖消失, 让更大面积的深色海水暴露出来, 使海水吸收更多太阳热辐射反过来又加剧冰盖融化。由于北极冰的加速融化, 北冰洋的通航已经成为 21 世纪初全球最重要的自然地理事件和生态事件。从这张航片可以看到北极冰缘正在消融、开裂崩塌的现状。

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

DOI: 10.5846/stxb201101090034

徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 李亚飞. 锡林郭勒盟生态脆弱性. 生态学报, 2012, 32(5): 1643-1653.

Xu G C, Kang M Y, Marc Metzger, Li Y F. Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 1643-1653.

锡林郭勒盟生态脆弱性

徐广才¹, 康慕谊^{2,*}, Marc Metzger³, 李亚飞⁴

(1. 北京农学院都市农业研究所, 北京新农村研究基地, 北京 102206;

2. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京师范大学资源学院, 北京 100875;

3. 英国爱丁堡大学地球科学学院, 爱丁堡 EH8 9XP;

4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要:以锡林郭勒盟为研究区, 分析植被覆盖变化, 辨析出影响暴露敏感性的主要因素, 结合社会经济统计资料, 构筑起以暴露敏感性和适应性能力为基础的生态脆弱性评价体系, 分别借助空间主成分分析方法和主成分分析方法构建了暴露敏感性指数和适应性能力指数, 获得生态脆弱性及其空间格局。结果显示: 锡林郭勒盟暴露敏感性指数以西北部为中心, 向四周辐射状递增, 各旗县市的适应性能力指数从东北向西南递减, 二者呈负相关关系。锡林郭勒盟生态脆弱性自东北向西南递增, 东北部地区由于草地资源状况较好, 经济发展水平相对较高, 暴露敏感性较低而适应性能力较高; 西南部地区因环境相对恶劣, 经济发展落后, 暴露敏感性较高而适应性能力较低。通过叠加分析, 将研究区划分为 8 个生态脆弱性区域。

关键词: 环境变化; 暴露敏感性; 适应性能力; 生态脆弱性; 锡林郭勒

Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China

XU Guangcai¹, KANG MUYI^{2,*}, Marc Metzger³, LI Yafei⁴

1 Institute for Urban Agriculture Research, Beijing Agriculture University; Beijing Research Base for New Countryside, Beijing 102206, China

2 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology; College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 School of GeoSciences, University of Edinburgh, Edinburgh, EH8 9XP, United Kingdom

4 State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Environmental change will affect the sustainability of human-environmental systems with natural and anthropogenic driving forces, especially in the ecologically vulnerable dryland, where the loss of biological and economic productivity hinders the prospects of poverty reduction. To adapt to a complicated changing environment, human society has to respond with various adaptive management and human behavior adjustments. The environmental state variance is greatly dependent on the system vulnerability, which was defined as the balance between exposure to physical threats to human well-being and the capacity of people and communities to cope with those threats. Vulnerability research can help to identify coping strategies for dryland regions. The present study provides a vulnerability assessment for the semiarid grasslands of the Xilingol League, Northern China. The grassland cover change of Xilingol is computed using the AVHRR NDVI data for 2000, by comparing it to the NDVI background from 1981 to 2006. The driving forces of grassland cover change are investigated by correlation analysis between grassland cover change and its potential climatic, topographic and anthropogenic

基金项目: 国家(973)重点基础研究发展计划(2007CB106807); 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室团队重点项目(2009-TD-03)

收稿日期: 2011-01-09; 修订日期: 2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kangmy@bnu.edu.cn

drivers. An combined exposure-sensitivity index was calculated across the region using Spatial Principal Component Analysis (SPCA) for climate and anthropogenic indicators that had a strong correlation with the observed grassland cover change. This indicator was compared with an adaptive capacity index, constructed using principal component analysis (PCA) for relevant variables from aspects of location, economic development level, natural resource availability and administrative efficiency. As the relationships between exposure, sensitivity and adaptive capacity are not clearly understood, A vulnerability map was constructed by classifying and overlaying the spatial distributions of exposure-sensitivity and adaptive capacity. The results show that in Xilingol, the exposure-sensitivity index increases in a radial pattern with the valley in the northwest and the adaptive capacity index decreases from northeast to the southwest; the two indices are negatively correlated with each other, showing that harsher environmental conditions leading to higher exposure-sensitivity which failed in supporting the socio-economic and ecological infrastructure require a greater adaptive capacity. Combining exposure-sensitivity and adaptive capacity, the northeast part of Xilingol is identified to be least vulnerable due to a more favorable resource status and greater economic development. By contrast, the counties in the southwest, with harsh environmental conditions and a poor socio-economic infrastructure, have the greatest vulnerability and are in dire need of targeted adaptation measures to avoid a further decline in human well-being. The vulnerability of Xilingol decreases from southwest to northeast, which is opposite to the trend of annual mean precipitation, which indicates that the drier areas are more vulnerable than others. Based on the combination of exposure-sensitivity and adaptive capacity, Xilingol can be divided into eight sub-regions and the results of SPCA and PCA help in pinpointing the source of exposure-sensitivity and the advantages of adaptive capacity, which gives clues to find out a specific way for each county to reduce vulnerability by alleviating exposure-sensitivity and improving adaptive capacity. This paper demonstrated a straightforward approach to regional vulnerability assessment that can be readily applied in other dryland regions.

Key Words: environmental change; exposure-sensitivity; adaptive capacity; ecological vulnerability; Xilingol

人地系统暴露于外界环境,环境变化导致系统的敏感要素发生波动或震荡,引起系统过程调整和功能变化,人类对这些变化做出能动的响应。脆弱性即人地系统响应环境变化所表现出的一种属性,是环境变化和人类适应的交互作用面^[1]。生态脆弱性由暴露性、敏感性与适应性能力决定,暴露性是系统接触外在环境变化的特征、强度和速率;敏感性是系统感受和响应气候变化直接或间接、有利或有害影响的灵敏程度;适应性是自然或人类社会对已经或预期要发生的环境变化事件及其可能影响采取措施而趋利避害的能力和行^[2],暴露性与敏感性密不可分,故有研究构造暴露敏感性指数^[3]把二者通盘考虑。生态脆弱性评价可为生态系统管理提供广泛支持^[2-4]。

已有生态脆弱性研究多集中在国家或者大洲等较大尺度^[5-8],中小尺度的生态脆弱性定量研究虽有开展^[9-13],但从要素构成的角度研究区域生态脆弱性还不多见。本文以我国北方干旱区典型的生态脆弱区域——锡林郭勒盟为研究区,结合要素评价法,构建了基于暴露敏感性指数和适应性能力指数的生态脆弱性评价体系,提出典型边际生态系统脆弱性研究的框架,为全球变化背景下的区域生态系统管理提供理论和方法支持。

1 研究区概况

锡林郭勒盟位于内蒙古自治区中部,地理坐标 111°59′—120°00′ E, 42°32′—46°41′ N(图 1),面积 0.2×10^6 km²,海拔 900—1300 m,属中温带半干旱、干旱大陆性气候,年均气温 1—2℃,年降水量 200—350 mm,从东南向西北递减,年内降水 70%集中在 6—8 月,年降水相对变率超 20%,干燥度在 2—4 之间。草原为研究区地带性植被,依水平地带性自东向西分成草甸草原、典型草原和荒漠草原 3 个亚型。锡林郭勒盟是东部湿润区向西北干旱区的过渡地带^[14],也是响应全球变化的敏感区域。在过去半个世纪中,由于剧烈的人类活动,不合理的土地利用以及全球气候变化等多种因素导致植被退化、土地风蚀沙化、水土流失加剧、鼠虫灾害频发、生态系统功能失调,严重威胁到当地各族民众的生存与发展,危及到华北等地的生态安全^[15]。

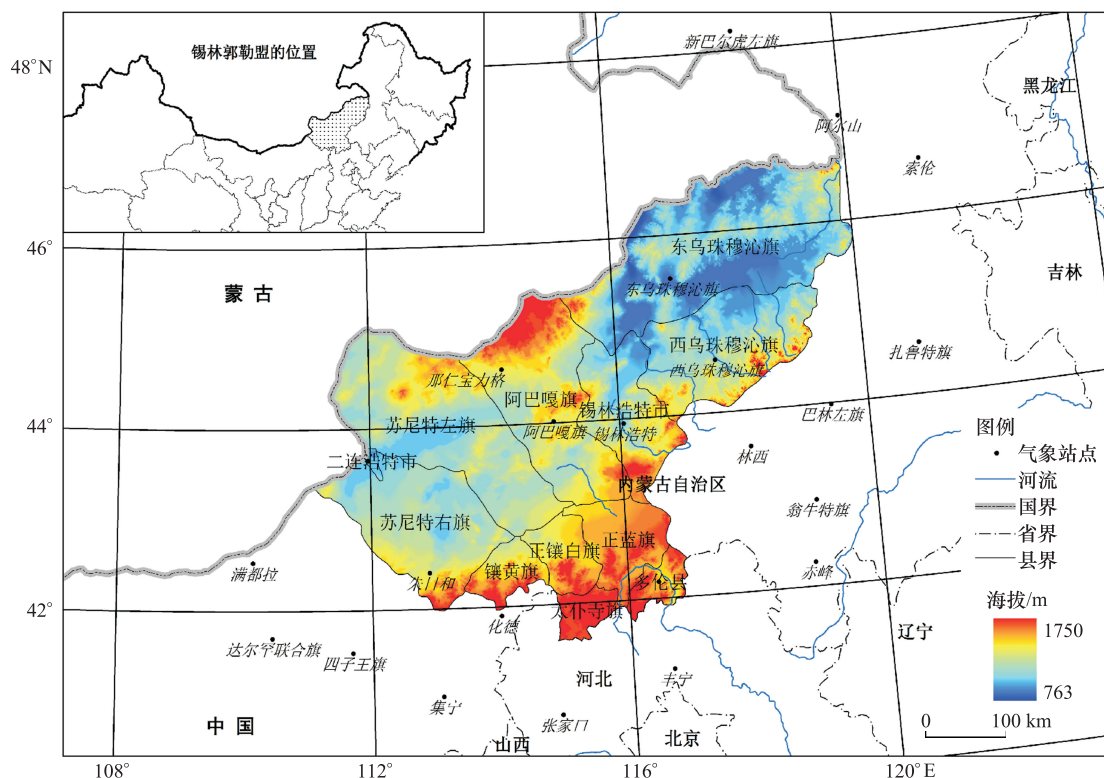


图1 锡林郭勒盟地理位置及地形示意图

Fig. 1 Sketch map of the location and topography of Xilingol League

2 数据与方法

2.1 研究思路

2.1.1 暴露敏感性与植被覆盖变化关系推定

草地是锡林郭勒盟人地系统可持续发展的关键要素^[16],响应环境变化和人类活动影响极为敏感。研究区暴露敏感性与环境变化的叠加效应导致草原植被覆盖变化,故植被覆盖变化影响因素,如气候、地形、人类活动等构成了暴露敏感性的主要因素,因此植被变化的主要影响因素可以用来构造暴露敏感性指数。

2.1.2 技术流程

利用归一化植被指数(NDVI)分析植被覆盖变化与环境因子的相关性,筛选暴露敏感性的主要决定因素,构造暴露敏感性指标。多方面选择社会经济指标,建立适应性能力评价体系。结合暴露敏感性和适应性能力评价,研究生态脆弱性格局,提出减弱生态脆弱性的切入点。技术路线见图2。

2.2 数据来源与预处理

2.2.1 植被数据

运用1981—2006年间锡林郭勒盟的GIMMS(Global Inventory Modeling and Mapping Studies)NDVI数据研究植被覆盖变化,数据时间分辨率为15 d,空间分辨率为8 km,NDVI已去除云、大气和太阳高度角等的干扰。将年内各期NDVI数据采用最大合成法获得年度NDVI值^[17]。

2.2.2 环境因子

(1) 气候指标

利用锡林郭勒盟及周边共23个气象站点(图1)2000年的逐旬观测数据获得生长季(4—9月)、非生长季(10—翌年3月)、生长年(10—翌年9月)、春季(3—5月)、夏季(6—8月)、冬季(12—翌年2月)、生长季前两个月(2—3月)等时段的气温、降水、蒸发量、风速,连同干燥度^[18]数据。利用GS+软件分析半方差函数,确

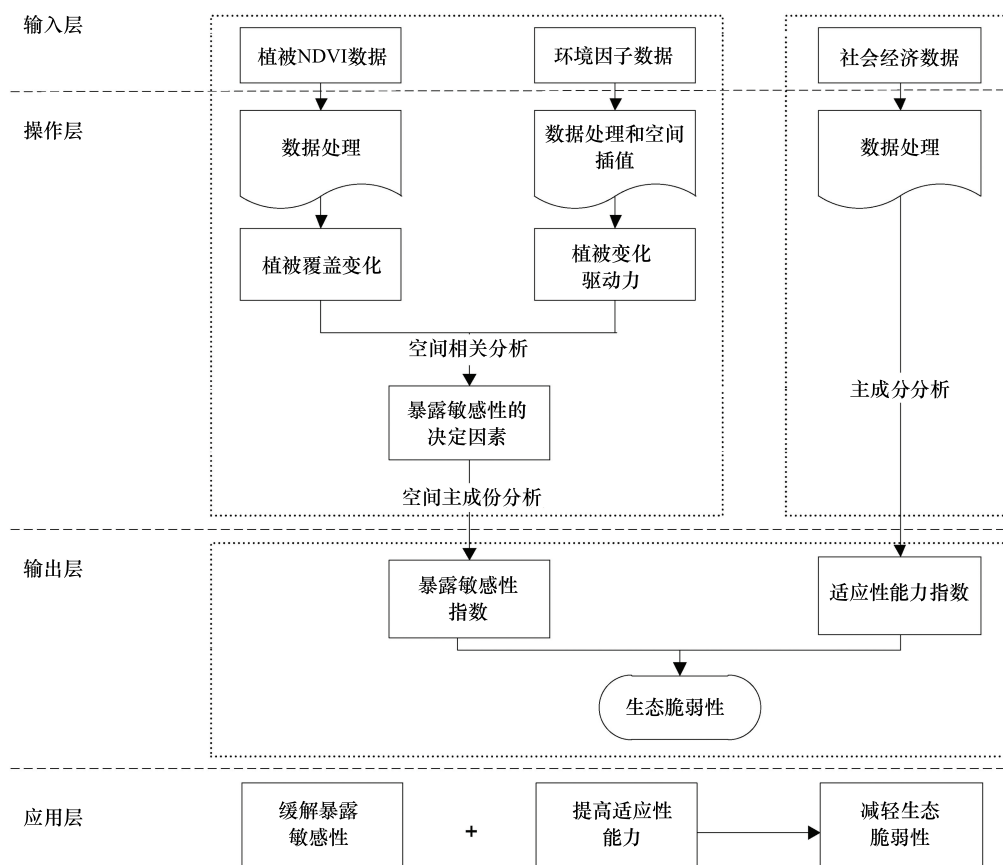


图2 研究流程图

Fig. 2 Flowchart of the vulnerability research for Xilingol League

定各指标空间变异规律,通过比较,选择误差相对较低的普通克吕格插值方法,利用 ArcGIS 软件进行插值,实现离散数据空间连续化。

(2) 地形因子

地形是决定水热条件和人类活动空间分布的重要因素。选择海拔高度、地形起伏度、坡度、坡向变换指数 (Transformation of Aspect, TRASP)^[19]、相对坡位 (Relative Slope Position, RSP) 和坡形^[20] 作为主要的地形因子,分析地形对植被覆盖变化的影响。

(3) 人类活动因子

人类活动是影响草地退化的主要人文因素^[21],利用居民点位置数据、道路和河流数据,构造了到最近居民点距离、居民点综合影响力指数、到最近河流的距离、到最近道路的距离以及放牧压力指数用以反映人类活动的影响。其中居民点综合影响力指数是到最近居民点距离和居民点规模二者的加权,放牧压力用依据气温和降水所获得的潜在 NDVI^[22] 与实际 NDVI 的差值表示。

2.2.3 社会经济数据

社会经济数据主要反映适应性能力,来源于《锡林郭勒盟统计年鉴(2001)》^①。

2.3 研究方法

2.3.1 暴露敏感性指数构建

(1) 影响因子筛选

① 锡林郭勒盟统计局. 锡林郭勒盟统计年鉴(2000). 2001.

依据参考文献^[23]的方法确定 1981—2006 年间 NDVI 基准值,获得 2000 年的植被覆盖变化,与环境因子进行空间相关分析,选取其中相关性较强的因子,纳入暴露敏感性指数评价指标体系。

(2) 指数构建

暴露敏感性指数影响因素之间难免存在共线性,采用空间主成分分析方法 (SPCA) 进行降维,该方法基于栅格数据,原理与一般主成分分析相同,通过 ArcGIS 的 GRID 模块实现。将空间主成分与对应解释量的加权和定义为暴露敏感性指数,即

$$ES = \sum_{i=1}^m a_i SP_i$$

(1)

式中,ES 表示生态敏感性指数,i 为主成分序号,SP_i 表示第 i 个主成分,a_i 表示其对应载荷。

(3) 指数分级

依据暴露敏感性指数分布图,将数值分布直方图中的显著断裂点作为暴露敏感性指数分级标准,将锡林郭勒盟划分为高暴露敏感性区,中暴露敏感性区和低暴露敏感性区。

2.3.2 适应性能力指数构建

(1) 指标体系建立

从区位条件、经济水平、资源状况和社会运行效率方面选取指标,构建适应性能力评价指标体系(表 1)。

表 1 适应性能力评价指标体系
Table 1 Index system for adaptive capacity evaluation

因子 Factors	指标 Indicators	数据来源与计算方式 Data source and calculation method
区位条件	距离最近火车站的平均距离	内蒙古交通地图量算;研究区内各点到最近火车站的直线距离,统计各旗县市范围内的平均值
	土壤类型(土壤抗蚀指数)	依据 1:4 000 000 土壤图,通过对各土壤类型的面积比重及其抗侵蚀能力指数进行加权计算获得
	降水量	各站点降水插值提取,提取各旗县市范围内的平均值
经济水平	人均 GDP GDP 总量 农牧民人均纯收入 非农产业比重 GDP 增长速度	锡林郭勒盟统计局, 2001
资源状况	草地面积/km ² 草地质量(NDVI) 草地面积比重 年末牲畜总头数 万人医护人员数目	当年 NDVI 平均值提取,统计各旗县市范围内的 NDVI 平均值 利用 1:100 000 土地利用数据,统计各区县草地面积比重 锡林郭勒盟统计局, 2001
	人口数量 基础设施建设完成情况 未利用土地比重 猪牛羊肉产量	2000 年 1:100 000 土地利用数据 锡林郭勒盟统计局, 2001
	社会运行效率 人口密度 人口自然增长率 非农人口比重 中小学在校学生人数 户均人口 牲畜死亡率	
	路网密度 万元产值能耗 城乡可支配收入比 行政管理水平	通过 1:4 000 000 公路数据计算获得,结合内蒙古自治区交通图,获得研究区主干道道路长度 锡林郭勒盟统计局, 2001 依据旗县市级别进行赋值,考虑到行政建制及社会经济发展水平,将锡林浩特市和二连浩特市赋值为 2,其余旗县赋值为 1

区位条件反映研究区在区域经济中的地位和自然环境优劣势,经济水平和资源状况反映可以用以减缓环境变化影响的物质条件,社会运行效率反映社会适应环境变化的反应能力。

(2) 指数构建

采用主成分分析方法(PCA)确定各个旗县的各主成分得分,并与对应解释量加权求和获得适应性能力指数:

$$AC_k = \sum_{i=1}^n PC_{ik} \times V_{ik} \quad (2)$$

式中, AC_k 表示 k 区域适应性能力指数, PC_{ik} 表示该区域在第 i 个主成分上的得分, V_{ik} 表示第 i 主成分的解释量。

(3) 指数分级

依据适应性能力指数大小,将 12 个旗县市划为高适应性能力区、中适应性能力区和低适应性能力区 3 类,每类 4 个。

2.3.3 生态脆弱性制图

暴露敏感性与适应性能力指数之间的数量关系并不明确,研究从空间制图的角度,对暴露敏感性和适应性能力进行叠加分析,获得研究区生态脆弱性图。

3 结果与分析

3.1 暴露敏感性分析

3.1.1 暴露敏感性指数

图 3 反映 2000 年植被 NDVI 相对 1981—2006 年基准 NDVI 变化的比例,正负分别表示植被改善与衰退。与草地退化相关性较高的指标有 19 项(表 2),含 15 个气候因子和 4 个人类活动因子,表明气候和人类活动因素是影响该地区植被覆盖变化的决定因素,且气候影响要强于人类活动。SPCA 分析结果显示,前 4 个主成分(SP_1 到 SP_4)可以解释原环境因子所含全部信息量的 91.3% (表 2)。第 1—4 个主成分分别与蒸发和风速、降水、气温、人类活动因素相关。

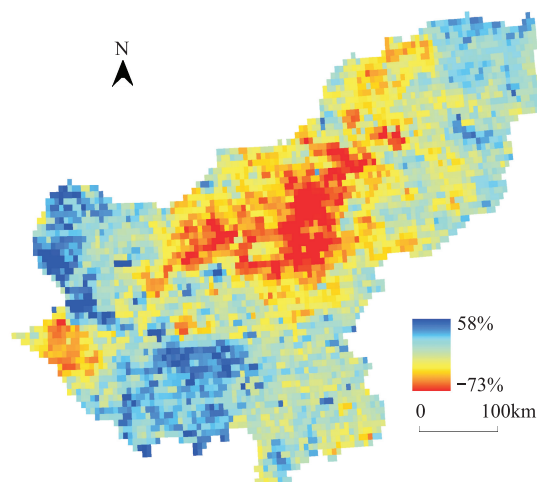


图 3 2000 年植被覆盖变化空间分布图

Fig. 3 Vegetation cover change of Xilingol in 2000

表 2 空间主成分分析的特征值和相关系数矩阵

Table 2 Eigenvalues, contribution ratios and the factor loading matrix of SPCA

主成分 Principal components	第一主成分 SP_1	第二主成分 SP_2	第三主成分 SP_3	第四主成分 SP_4
特征值	0.204	0.097	0.034	0.022
贡献率/%	52.1	24.8	8.7	5.7
累计贡献率/%	52.1	76.9	85.6	91.3
春季均温	0.726	0.131	0.601	-0.005
冬春季均温	0.791	0.319	0.373	-0.212
非生长季均温	0.814	0.386	0.096	-0.273
二三月均温	0.758	0.476	0.393	0.013
冬春季降水	0.307	0.799	-0.368	0.307
二三月蒸发量	0.971	0.158	0.035	-0.047
非生长季蒸发量	0.969	0.103	-0.116	-0.008
春季蒸发量	0.900	-0.380	-0.142	-0.034
冬季蒸发量	0.623	0.654	0.267	-0.042

主成分 Principal components	第一主成分 SP ₁	第二主成分 SP ₂	第三主成分 SP ₃	第四主成分 SP ₄
冬春季蒸发量	0.941	-0.284	-0.114	-0.010
到最近道路距离	-0.094	-0.460	0.413	0.680
夏季降雨量	-0.215	0.859	-0.135	0.199
到最近河流的距离	0.555	-0.625	0.270	0.326
春节降水量	0.300	0.824	-0.320	0.307
冬季风速	0.938	-0.202	-0.191	0.117
到最近居民点的距离	-0.004	-0.309	0.075	0.592
春季风速	0.852	-0.288	-0.333	0.096
放牧强度	0.500	-0.311	-0.456	-0.192
生长季风速	0.862	-0.313	-0.300	0.032

根据空间主成分分析结果,构建敏感性指数:

$$ES = 0.521SP_1 + 0.248SP_2 + 0.087SP_3 + 0.057SP_4 \quad (3)$$

3.1.2 暴露敏感性空间分布与分区

图4为暴露敏感性指数等值线图。暴露敏感性指数以西北部为中心,向四周辐射递增。按照暴露敏感性指数分布直方图的显著转折点进行分区, $ES < 1$ 为轻暴露敏感性区, $1 < ES < 1.45$ 为中暴露敏感性区, $ES > 1.45$ 为高暴露敏感性区。

3.2 适应性能力分析

3.2.1 适应性能力指数

利用PCA分析提取特征值>1的4个主成分,累计解释量达90.1%,较好地解释了绝大部分的原始信息(表3)。

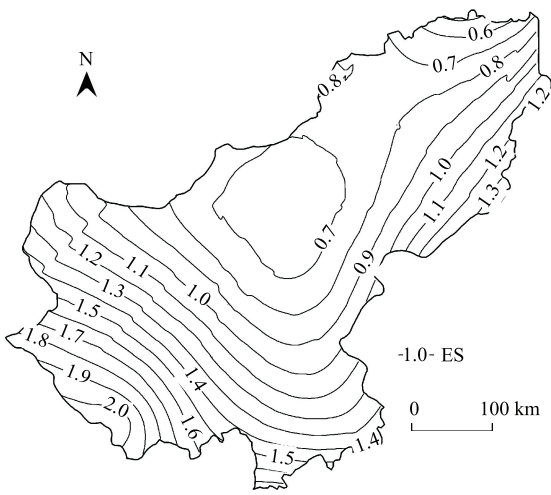


图4 暴露敏感性指数等值线图

Fig. 4 Spatial distribution of exposure-sensitivity index

表3 主成分分析结果及各主成分与原始变量相关系数矩阵

Table 3 Eigenvalues, contribution and correlation matrix of PCA

因子 Factors	指标 Indicators	第一主成分 PC ₁	第二主成分 PC ₂	第三主成分 PC ₃	第四主成分 PC ₄
PCA 分析结果	特征值	8.411	7.96	5.415	2.498
	解释量/%	31.2	29.5	20.1	9.3
	累积解释量/%	31.2	60.7	80.8	90.1
区位条件	到最近火车站的平均距离	-0.627 *	0.604 *	-0.100	0.284
	土壤抗蚀指数	-0.419	0.323	0.468	0.522
	降水量	-0.457	-0.44	0.704 **	-0.094
经济水平	人均GDP	0.559	0.806 **	-0.044	0.004
	GDP总量	0.546	0.577 *	0.586 *	-0.101
	农牧民人均纯收入	-0.024	0.891 ***	-0.218	0.333
	非农产业比重	0.946 ***	-0.043	0.064	-0.032
资源状况	GDP增长速度	0.693 *	0.547	0.250	-0.145
	草地面积	-0.400	0.793 **	-0.268	0.054
	草地质量(NDVI)	-0.575	0.020	0.702 *	0.242

续表

因子 Factors	指标 Indicators	第一主成分 PC ₁	第二主成分 PC ₂	第三主成分 PC ₃	第四主成分 PC ₄
社会运行效率	草地面积比重	-0.603 *	0.491	0.029	-0.594 *
	年末牲畜总头数	-0.509	0.799 **	-0.086	0.142
	万人医护人员数目	0.429	0.560	0.654 *	-0.163
	人口数量	0.056	-0.161	0.904 ***	0.219
	基础设施建设完成情况	0.564	0.602 *	0.496	-0.179
	土地面积沙化率	-0.394	0.050	-0.027	-0.713
	猪、牛、羊肉产量	-0.474	0.806 **	0.099	0.127
	人口密度	0.338	-0.606 *	0.439	0.526
	人口自然增长率	0.468	0.805 **	-0.154	0.029
	非农人口比重	0.711 **	0.305	-0.597 *	0.120
	中小学在校学生人数	0.352	0.036	0.906 ***	0.102
	户均人口数	-0.066	0.643 *	0.654 *	-0.149
	牲畜死亡率	0.890 ***	0.012	-0.376	0.135
	路网密度	0.862 ***	-0.299	-0.180	0.234
	万元产值能耗	0.453	-0.104	0.227	-0.719 **
	城乡可支配收入比	0.199	-0.832 ***	0.332	-0.099
	行政管理水平	0.95 ***	0.204	0.011	0.062

(*** $P<0.001$; ** $P<0.001$; * $P<0.1$)

PCA 结果显示,第1主成分主要反映技术水平和社会效率等因子;第2主成分与收入水平指标关系密切。第3主成分与人口指标密切相关。第4主成分与环境指标相关。据表3,构造适应性能力指数:

$$AC=0.3115\times PC_1+0.2948\times PC_2+0.2001\times PC_3+0.0925\times PC_4 \tag{4}$$

3.2.2 适应性能力分类

表4显示各旗县市的分量得分和适应性能力指数。依据适应性能力指数,将研究区各行政单元分为三类:AC≥0.25为高适应性能力区,0<AC<0.25为中适应性能力区,AC<0的区域为低适应性能力区域。

表4 各旗县市的适应性能力指数

Table 4 Adaptive capacity index of each of the 12 counties in Xilingol

旗县市 Counties	适应性能力 AC	第一主成分得分 PC ₁	第二主成分得分 PC ₂	第三主成分得分 PC ₃	第四主成分得分 PC ₄
东乌珠穆沁旗	0.593	1.8797	0.1005	-0.1874	0.1662
西乌珠穆沁旗	0.2756	1.2994	-0.0732	-0.7166	0.3902
阿巴嘎旗	0.1885	0.9887	-0.557	0.3565	-0.2892
苏尼特左旗	0.1304	0.7502	-0.6284	0.6138	-0.4442
锡林浩特市	0.9206	-0.0714	3.0199	0.3401	-0.1688
二连浩特市	0.2373	-0.8987	-0.3389	2.3143	1.6545
苏尼特右旗	0.0119	-0.1322	-0.0102	0.6311	-0.7623
正蓝旗	-0.4527	-0.7918	-0.1052	-0.2651	-1.3167
正白旗	-0.617	-1.2192	-0.2145	-0.4322	-0.9428
镶黄旗	-0.3858	-0.2828	-0.9616	0.0277	-0.2139
多伦县	-0.5829	-0.9287	-0.2504	-1.0076	-0.1913
太仆寺旗	-0.3191	-0.5932	0.019	-1.6747	2.1183

3.3 生态脆弱性空间分析

将暴露敏感性指数分级与适应性能力分类进行叠加,生成暴露敏感性与适应性能力的空间组合,获得生态脆弱性分区图,将研究区划分为8个生态脆弱性类型区(图5)。

4 讨论

4.1 评价指标体系建设

植被覆盖变化驱动力辨识是研究脆弱性的基础。驱动力分析受数据可获取性制约,尤其是人类活动因子存在空间量化的困难^[24],部分指标仍显粗糙,利用实地观测和调研数据提高研究的准确性是未来研究的一个重要方向^[25]。适应性能力指标的选取横跨经济、社会、生态诸多方面,部分指标难以量化,如政策因素、管理因素等,本研究采用了赋值等方法进行处理,这在未来研究中还需改善。

4.2 暴露敏感性与适应性能力之间的关系

各旗县市暴露敏感性与适应性能力指数指数整体呈现负相关趋势($n=12, R^2=0.2954$,图6),这归因于自然生态与环境、人类活动、资源状况等的差异,较为恶劣环境下的暴露敏感性较强,所具有的资源与环境条件无法为其适应性能力的发展提供足够的支撑。

4.3 生态脆弱性评价方法

生态脆弱性是多尺度环境和社会过程的动态结果^[26],作为一种新的生态评价框架,评价体系尚待完善^[27]。本研究静态地分析了区域尺度的生态脆弱性,将指标评价法和要素评价法综合用于评价过程,所采用的主成分分析法,为量化暴露敏感性和适应性能力提供了一个较为客观的方法^[11, 13, 28],进一步的研究需要立足于区域的开放性,深入讨论跨尺度生态脆弱性研究,研究未来环境变化情境下的生态脆弱性^[29]。

4.4 降低生态脆弱性切入点

降低生态脆弱性依赖于降低暴露敏感性、增强适应性能力及二者的综合作用。以SPCA和PCA各主分量的得分为减缓生态脆弱性的切入点(表5), $\uparrow\uparrow\uparrow$ 表示亟需关注,对应SP分值最大4个旗县市和PC最小的4个旗县市划为一类; $\uparrow$ 表示需要关注,对应SP与PC分值中等的4个旗县市; $\bullet$ 表示保持稳定,对应SP分值最小4个旗县市和PC最大的4个旗县市。如二连浩特市亟需从生产的角度减弱干旱的限制以降低暴露敏感性,发展农村经济,降低城乡居民收入差距等措施提高适应性能力,从而降低生态脆弱性。

5 结论

蒸发、降水、气温和人类活动是控制锡林郭勒盟暴露敏感性格局的关键因素。锡林郭勒盟暴露敏感性指数以西北部为中心,向四周呈辐射状递增的趋势,最低值出现在东乌珠穆沁旗最北部,并和南部的阿巴嘎旗略呈马鞍形分布,暴露敏感性指数的最高值出现在苏尼特右旗的东南部。技术水平、社会效率和经济发展水平是影响锡林郭勒盟人地系统适应性能力的主要因素。研究区北部西乌珠穆沁旗、东乌珠穆沁旗、锡林浩特市

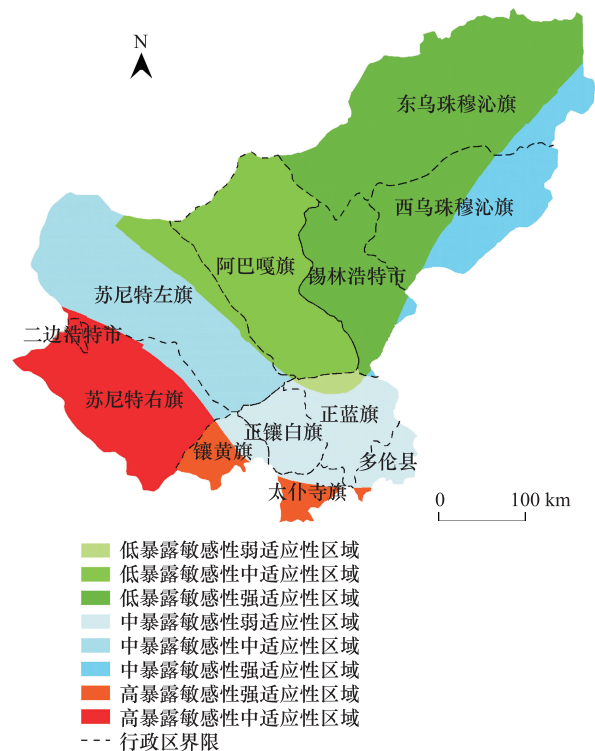


图5 锡林郭勒盟生态脆弱性分区

Fig. 5 Vulnerability Zoning of Xilingol League

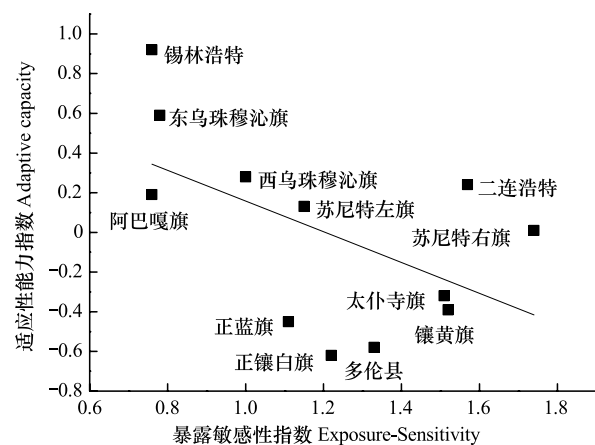


图6 暴露敏感性指数和适应性能力指数的关系

Fig. 6 The correlation between exposure-sensitivity and adaptive capacity

的适应性能力指数最高,西部阿巴嘎旗、二连浩特、苏尼特左旗和苏尼特右旗适应性能力指数中等,南部的太仆寺旗、多伦县、镶黄旗、正镶白旗和正蓝旗适应性能力指数最低。

表 5 减缓生态脆弱性的切入点

Table 5 Entry points for vulnerability reduction according to the indicator values at the SPCA and PCA components

因子 Factors	生态意义 Ecological meaning	东乌珠 穆沁旗	西乌珠 穆沁旗	阿巴 嘎旗	苏尼特 左旗	锡林浩 特市	二连浩 特市	苏尼特 右旗	正蓝旗	正镶 白旗	镶黄旗	多伦县	太仆 寺旗
暴露敏感性指数		0.78	1	0.76	1.15	0.76	1.57	1.74	1.11	1.22	1.52	1.33	1.51
SP ₁	蒸发与风速	●	●	●	↑↑↑	●	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑	↑↑↑	↑	↑
SP ₂	春夏季降水	↑	↑	●	●	●	●	↑	↑↑↑	↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑
SP ₃	春季均温	↑	↑↑↑	↑	↑	●	↑↑↑	↑	●	●	●	↑↑↑	↑↑↑
SP ₄	人类活动影响	↑	●	↑	↑↑↑	●	●	●	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
适应性能力指数		0.59	0.28	0.19	0.13	0.92	0.24	0.01	-0.45	-0.62	-0.39	-0.58	-0.32
PC ₁	经济水平和社会运行效率	●	●	●	●	↑	↑	↑	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑↑↑	↑↑↑
PC ₂	农村经济和收入差距	●	↑	↑↑↑	↑↑↑	●	↑↑↑	●	↑	↑	↑↑↑	↑	●
PC ₃	人力资本	↑	↑↑↑	●	●	↑	●	●	↑	↑↑↑	↑	↑↑↑	↑↑↑
PC ₄	环境压力	●	●	↑	↑↑↑	↑	●	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑	●

↑↑↑亟需关注,↑需要关注,●保持稳定

锡林郭勒盟适应性与敏感性指数整体呈现负相关趋势。暴露敏感性指数较高的区域,适应性能力较低,暴露敏感型指数较低的区域,适应性能力较高,这是因为相对较为恶劣的区位,资源,自然环境条件和过度的人类活动决定了社会经济发展水平低下,无法为适应性能力的发展和策略的选择提供足够的支撑。

锡林郭勒盟生态脆弱性研究构造暴露敏感性指数和适应性能力指数,建立边际地区生态脆弱性评价框架,可以为生态系统管理提供有效的依据,为其他类似研究提供有益的借鉴。

致谢: 土地利用数据由国家自然科学基金委中国西部环境与生态科学数据中心提供,气候数据由国家气象局气候中心提供,地形数据由北京师范大学 973 项目组提供,荷兰瓦赫宁根大学 Sophie Rickebusch 博士润色英文摘要,特此致谢。

References:

- [1] UNEP. Global Environment Outlook 3 (GEO-3). London: Earthscan Publications Ltd., 2002.
- [2] IPCC. The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. London: Cambridge University Press, 2001.
- [3] Ford J D, Smit B, Wandel J, MacDonald J. Vulnerability to climate change in Igloodik, Nunavut: what we can learn from the past and present. Polar Record, 2006, 42(221): 127-138.
- [4] Tran L T, Knight C G, O'Neill R V, Smith E R, Riitters K H, Wickham J D. Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the Mid-Atlantic Region. Environmental Management, 2002, 29(6): 845-859.
- [5] Adger W N, Brooks N, Bentham G, Agnew M, Eriksen S. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Technical Report 7, Tyndall Centre for Climate Change Research[D]. Norwich: University of East Anglia, 2004.
- [6] Brooks N, Adger W N, Kelly P M. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. Global Environmental Change Part A, 2005, 15(2): 151-163.
- [7] Schröter D, Cramer W, Leemans R, Prentice I C, Araújo M B, Arnell N W, Bondeau A, Bugmann H, Carter T R, Gracia C A, de La Vega-Leinert A C, Erhard M, Ewert F, Glendining M, House J I, Kankaanpää S, Klein R J T, Lavorel S, Lindner M, Metzger M J, Meyer J, Mitchell T D, Reginster I, Rounsevell M, Sabaté S, Sitch S, Smith B, Smith J, Smith P, Sykes M T, Thonicke K, Thuiller W, Tuck G, Zaehle S, Zierl B. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. Science, 2005, 310(5752): 1333-1337.
- [8] Metzger M, Schröter D, Leemans R, Cramer W. A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. Regional Environmental Change, 2008, 8(3): 91-107.
- [9] Kaly U, Briguglio L, McLeod H, Schmall S, Pratt C, Pal R. Environmental Vulnerability Index (EVI) to Summarise National Environmental Vulnerability Profiles. SOPAC Technical Report 275, South Pacific Applied Geoscience Commission[D]: Suva: South Pacific Applied Geoscience

- Commission, 1999.
- [10] Atkins J P, Mazzi S, Easter C D. A Commonwealth Vulnerability Index for Developing Countries: the Position of Small States. London: Commonwealth Secretariat, 2000.
- [11] Li A N, Wang A S, Liang S L, Zhou W C. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS — A case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecological Modelling*, 2006, 192(1/2): 175-187.
- [12] Eriksen S H, Kelly P M. Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2007, 12(4): 495-524.
- [13] Wang X D, Zhong X H, Liu S Z, Liu J G, Wang Z Y, Li M H. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments*, 2008, 72(10): 1929-1939.
- [14] Liu A J, Han J G. The study of method about monitoring grazing intensity in Xilingol rangeland using RS data. *Chinese Journal of Grassland*, 2007, 29(2): 70-74.
- [15] Li Q F, Hu C Y, Wang M J. Analysis on the causes of eco-environmental deterioration in Xilinguole typical grassland region and countermeasures. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2003, 34(2): 166-172.
- [16] Zhao H Y. Impacts of climate change on forage potential climate productivity in typical grassland. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(3): 281-284.
- [17] Wang Z X, Liu C, Alfredo H. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation index research. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(5): 979-987.
- [18] Zhang B K, Duan Y, Cao L. Climatic regionalization of China (Draft) //Committee of Physical Regionalization of Chinese Academy of Sciences. *Synthetic Physical Regionalization of China*. Beijing: Science Press, 1956.
- [19] Roberts D W, Cooper S V. Concepts and techniques of vegetation mapping, //Land Classifications Based on Vegetation: Applications for Resource Management. USDA Forest Service General Technical Report INT-257. Ogden: US Forest Service Intermountain Research Station, 1989: 90-96.
- [20] Parker A J. The topographic relative moisture index: An approach to soil-moisture assessment in mountain terrain. *Physical Geography*, 1982, 3(2): 160-168.
- [21] Zhang Y L, Liu L S, Bai W Q, Shen Z X, Yan J Z, Ding M J, Li S C, Zheng D. Grassland degradation in the source region of the Yellow River. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(1): 3-14.
- [22] Sun J G, Ai T H, Zhao C Y, Yan H W. Assessing vegetation degradation in Loess Plateau by using potential vegetation index. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS, Barcelona*, 2007: 1794-1797.
- [23] Mao F, Zhang Y H, Hou Y Y, Tang S H, Lu Z G, Zhang J H. Dynamic assessment of grassland degradation in Naqu of northern Tibet. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(2): 278-284.
- [24] Bollig M, Schulte A. Environmental change and pastoral perceptions: degradation and indigenous knowledge in two African pastoral communities. *Human Ecology*, 1999, 27(3): 493-514.
- [25] Kawamura K, Akiyama T, Yokota H, Tsutsumi M, Yasuda T, Watanabe O, Wang S P. Quantifying grazing intensities using geographic information systems and satellite remote sensing in the Xilingol steppe region, Inner Mongolia, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, 107(1): 83-93.
- [26] O'Brien K, Leichenko R, Kelkar U, Venema H, Aandahl G, Tompkins H, Javed A, Bhadwal S, Barg S, Nygaard L, West J. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change Part A*, 2004, 14(4): 303-313.
- [27] Adger W N, Vincent K. Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geosciences*, 2005, 337(4): 399-410.
- [28] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(7): 2301-2306.
- [29] Hein L, Metzger M, Leemans R. The local impacts of climate change in the Ferlo, Western Sahel. *Climatic Change*, 2009, 93(3/4): 465-483.

参考文献:

- [14] 刘爱军, 韩建国. 利用遥感技术监测锡林郭勒天然草原利用强度方法初探. *中国草地学报*, 2007, 29(2): 70-74.
- [15] 李青丰, 胡春元, 王明玖. 锡林郭勒草原生态环境恶化原因诊断及治理对策. *内蒙古大学学报: 自然科学版*, 2003, 34(2): 166-172.
- [16] 赵慧颖. 气候变化对典型草原区牧草气候生产潜力的影响. *中国农业气象*, 2007, 28(3): 281-284.
- [17] 王正兴, 刘闯, Alfredo H. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI. *生态学报*, 2003, 23(5): 979-987.
- [18] 张宝堃, 段月薇, 曹琳. 中国气候区划草案 //中国科学院中华地理志编辑部. *中国自然区划草案*. 北京: 科学出版社, 1956.
- [21] 张懿铨, 刘林山, 摆万奇, 沈振西, 阎建忠, 丁明军, 李双成, 郑度. 黄河源地区草地退化空间特征. *地理学报*, 2006, 61(1): 3-14.
- [23] 毛飞, 张艳红, 侯英雨, 唐世浩, 卢志光, 张佳华. 藏北那曲地区草地退化动态评价. *应用生态学报*, 2008, 19(2): 278-284.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 5 March, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

Statistical characteristics of eutrophication process in Dianshan Lake	CHENG Xi, LI Xiaoping, CHEN Xiaohua (1355)
Cadmium assimilation and elimination and biological response in <i>Pirata subpiraticus</i> (Araneae: Lycosidae) fed on Cadmium diets	ZHANG Zhengtian, ZHANG Guangduo, ZHANG Hucheng, et al (1363)
Effect of co-cultivation time on camptothecin content in <i>Camptotheca acuminata</i> seedlings after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi	YU Yang, YU Tao, WANG Yang, et al (1370)
Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert area	CHANG Zhaocheng, WANG Yaolin, HAN Fugui, et al (1378)
Genetic diversity and evolution relationship on mtDNA D-loop in Tibetan yaks	ZHANG Chengfu, XU Lijuan, JI Qiumei, et al (1387)
Geostatistical analysis on spatiotemporal distribution pattern of soil water content of forest gap in <i>Pinus koraiensis</i> dominated broadleaved mixed forest	LI Meng, DUAN Wenbiao, CHEN Lixin, et al (1396)
Soil nitrogen and enzymes involved in nitrogen metabolism under different vegetation in Ziwuling mountain in the Loess Plateau, China	XING Xiaoyi, HUANG Yimei, HUANG Haibo, et al (1403)
Soil carbon, nitrogen and microbiological characteristics during bamboo high-speed growth	WANG Xueqin, ZHANG Qichun, YAO Huaiying (1412)
Effects of long-term increased soil N on leaf traits of several species in typical Inner Mongolian grassland	HUANG Juying, YU Hailong, YUAN Zhiyou, et al (1419)
Influence of arbuscular mycorrhizal associations on the interspecific competition between mycorrhizal and non-mycorrhizal plants	ZHANG Yuting, WANG Wenhua, SHEN Hong, et al (1428)
Structure and biodiversity of fig wasp community inside syconia of <i>Ficus virens</i> Ait. var. <i>sublanceolata</i> (Miq.) Corner in Fuzhou	WU Wenshan, CHEN Youling, CAI Meiman, et al (1436)
Growth and photosynthetic characteristics of <i>Epimedium koreanum</i> Nakai in different habitats	ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, et al (1442)
The critical temperature to Huashan Pine (<i>Pinus armandi</i>) radial growth based on the daily mean temperature	FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (1450)
The analysis of grade diversity indices of butterfly community in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River	MA Qi, LI Aimin, DENG Heli (1458)
Research on dynamic characteristics of photosynthesis in muskmelon seedling leaves	HAN Ruifeng, LI Jianming, HU Xiaohui, et al (1471)
Effects of different winter covering crops cultivation on methane (CH ₄) and nitrous oxide (N ₂ O) emission fluxes from double-cropping paddy field	TANG Haiming, XIAO Xiaoping, SHUAI Xiqiang, et al (1481)
Variations in groundwater levels and quality and their effects on vegetation in the western Grubantonggut Desert	ZENG Xiaoling, LIU Tong, ZHANG Weibin, et al (1490)
Carbon and nitrogen stable isotope characteristics of particulate organic matter and zooplankton in Liuxihe Reservoir	NING Jiajia, LIU Hui, GU Binhe, et al (1502)
Selection of vegetable seeds native in China instead of the cress seed for evaluating the maturity of biosolids	LIU Songsong, XU Tianfen, WU Qitang, et al (1510)
Effects of anthropogenic nutrient input on organisms from different trophic levels in Hanfeng Lake: evidence from stable carbon and nitrogen isotope analysis	LI Bin, WANG Zhijian, JIN Li, et al (1519)
Temporal and spatial distribution of phytoplankton in Liusha Bay	ZHANG Caixue, CHEN Huiyan, SUN Xingli, et al (1527)
Study on the supercooling of golden apple snail (<i>Pomacea canaliculata</i>)	ZHAO Benliang, ZHANG Jia'en, LUO Mingzhu, et al (1538)
The effects of rice growth stages on the ovarian development and take-off of <i>Nilaparvata lugens</i> and <i>Sogatella furcifera</i>	CHEN Yu, FU Qiang, LAI Fengxiang, et al (1546)
Cold tolerance of the overwintering egg of <i>Apolygus lucorum</i> Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae)	ZHUO Degan, LI Zhaoxue, MEN Xingyuan, et al (1553)
A suggestion on the estimation method of population sizes of <i>Niviventer confucianus</i> in Land-bridge island	ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (1562)
The carbon footprint of food consumption in Beijing	WU Yan, WANG Xiaoke, LU Fei (1570)
Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hanshan County in Anhui Province	FU Yinyin, YUAN Zengwei, WU Huijun, et al (1578)
A laboratory study of auctions for water rights transactions in inland river basin: a case study of irrigation areas of Heihe river basin	DENG Xiaohong, XU Zhongmin (1587)
Review and Monograph	
A review of the effect of typhoon on forests	LIU Bin, PAN Lan, XUE Li (1596)
Research progress on the effects of ocean acidification on coral reef ecosystems	ZHANG Chenglong, HUANG Hui, HUANG Liangmin, et al (1606)
Interspecific competition among three invasive <i>Liriomyza</i> species	XIANG Juncheng, LEI Zhongren, WANG Haihong, et al (1616)
Indicative significance of biogenic elements to eco-environmental changes in waters	YU Yu, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (1623)
Recent advances in studies on dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms	LI Huijuan, PENG Jingjing (1633)
Discussion	
Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China	XU Guangcai, KANG Muye, Marc Metzger, et al (1643)
Scientific Note	
Spatial distribution and species composition of zooplanktons in the eastern tropical Pacific Ocean off Costa Rica	LIU Bilin, CHEN Xinjun, JIA Tao, et al (1654)

《生态学报》2012 年征订启事

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

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

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

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

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

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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 5 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 5 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元