

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

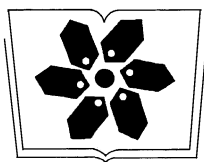
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第6期 Vol.33 No.6 **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 6 期 2013 年 3 月 (半月刊)

目 次

专论与综述

- 基于遥感技术的森林健康研究综述 高广磊, 信忠保, 丁国栋, 等 (1675)
- Agent 农业土地变化模型研究进展 余强毅, 吴文斌, 杨 鹏, 等 (1690)

个体与基础生态

- 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布 王 彬, 秦宇博, 董 婧, 等 (1701)
- 口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达 刘海映, 刘连为, 姜玉声, 等 (1713)
- 中缅树鼯头骨及下臼齿几何形态与环境的关系 朱万龙, 贾 婷, 黄春梅, 等 (1721)
- 亚热带 3 种树种凋落叶厚度对其分解速率及酶活性的影响 季晓燕, 江 洪, 洪江华, 等 (1731)
- 浙北地区常见绿化树种光合固碳特征 张 娇, 施拥军, 朱月清, 等 (1740)
- 两种高质牧草不同生育期光合生理日变化及光响应特征 郭春燕, 李晋川, 岳建英, 等 (1751)
- 基于 WOFOST 作物生长模型的冬小麦干旱影响评估技术 张建平, 赵艳霞, 王春乙, 等 (1762)
- 基于线粒体 DNA 控制区的斑翅草螽不同地理种群遗传分化研究 周志军, 尚 娜, 刘 静, 等 (1770)
- 圈养尖吻蝾螈雌体大小、窝卵数和卵大小之间的关系 胡明行, 谭群英, 杨道德 (1778)
- 应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇 郑思宁, 黄居昌, 叶光禄, 等 (1784)
- 青蒿素对外生菌根真菌化感效应 李 倩, 袁 玲, 王明霞, 等 (1791)

种群、群落和生态系统

- 海湾生态系统健康评价方法构建及在大亚湾的应用 李纯厚, 林 琳, 徐姗姗, 等 (1798)
- 上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响 孙鲁峰, 柯 昶, 徐兆礼, 等 (1811)
- 半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例 彭 羽, 高 英, 冯金朝, 等 (1822)
- 太岳山油松人工林土壤呼吸对强降雨的响应 金冠一, 赵秀海, 康峰峰, 等 (1832)
- 重庆酸雨区马尾松林凋落物特征及对干旱胁迫的响应 王轶浩, 王彦辉, 于澎湃, 等 (1842)

景观、区域和全球生态

- 城市典型水域景观的热环境效应 岳文泽, 徐丽华 (1852)
- 外来树种桉树引种的景观生态安全格局 赵筱青, 和春兰 (1860)
- 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究 施开放, 刁承泰, 孙秀峰, 等 (1872)
- 大气 CO₂ 浓度升高对稻田根际土壤甲烷氧化细菌丰度的影响 严 陈, 许 静, 钟文辉, 等 (1881)

资源与产业生态

- 基于可变模糊识别模型的海水环境质量评价 柯丽娜, 王权明, 孙新国, 等 (1889)
- 亚热带养殖海湾皱瘤海鞘生物沉积的现场研究 闫家国, 齐占会, 田梓杨, 等 (1900)
- 黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征 张丽娜, 李 军, 范 鹏, 等 (1907)

旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应..... 张丁辰,蔡典雄,代 快,等 (1916)

商洛低山丘陵区农林复合生态系统中大豆与丹参的光合生理特性..... 彭晓邦,张硕新 (1926)

外源油菜素内酯对镉胁迫下菊芋幼苗光合作用及镉富集的调控效应..... 高会玲,刘金隆,郑青松,等 (1935)

基于侧柏液流的测定对 Granier 原始公式系数进行校正 刘庆新,孟 平,张劲松,等 (1944)

研究简报

湿地自然保护区保护价值评价方法..... 孙 锐,崔国发,雷 霆,等 (1952)

干热河谷印楝和大叶相思人工林根系生物量及其分布特征..... 高成杰,唐国勇,李 昆,等 (1964)

海滨沙滩单叶蔓荆对沙埋的生理响应特征..... 周瑞莲,王 进,杨淑琴,等 (1973)

宁夏贺兰山、六盘山典型森林类型土壤主要肥力特征 姜 林,耿增超,张 雯,等 (1982)

学术争鸣

小兴安岭十种典型森林群落凋落物生物量及其动态变化..... 侯玲玲,毛子军,孙 涛,等 (1994)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 (2002)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说: 亭亭玉立的白桦树——白桦为落叶乔木,可高达 25m,胸径 50cm。其树冠呈卵圆形,树皮白色,纸状分层剥离;叶三角状、卵形或菱状卵形;花单性,雌雄同株。白桦树喜光,耐严寒,对土壤适应性强,喜酸性土,沼泽地、干燥阳坡及湿润阴坡都能生长。常与红松、落叶松、山杨、蒙古栎混生。白桦的天然更新好,生长较快,萌芽强,在人为的采伐迹地或火灾、风灾等自然损毁的迹地里,往往由白桦首先进入,为先锋树种,而形成白桦次生林。白桦分布甚广,我国大、小兴安岭及长白山均有成片纯林,在华北平原和黄土高原山区、西南山地亦为阔叶落叶林及针叶阔叶混交林中的常见树种。

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/stxb201207311084

彭羽, 高英, 冯金朝, 王德智, 姚森, 刘洋, 薛达元. 半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例. 生态学报, 2013, 33(6): 1822-1831.

Peng Y, Gao Y, Feng J Z, Wang D Z, Yao S, Liu Y, Xue D Y. Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1822-1831.

半干旱区生态恢复关键生态系统识别 ——以内蒙古自治区和林县为例

彭 羽¹, 高 英¹, 冯金朝¹, 王德智², 姚 森², 刘 洋², 薛达元^{1, 3, *}

(1. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 大自然保护协会, 北京 100600;

3. 环保部南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘要: 我国土地退化严重, 且大部分发生在干旱半干旱地区。恢复为何种生态系统类型是生态学研究的重要课题。采用生态功能区划, 根据各个生态功能区主体生态系统功能, 推导发挥此功能的生态系统类型的方法, 识别关键生态系统类型。以内蒙古自治区和林县为例, 采用文献调研、实地调查、3S 技术等方法, 在评价该县生态敏感性、生态服务功能重要性的基础上, 将该县划分为 3 个一级生态区, 11 个二级生态功能区。根据各个生态功能区的主体生态系统服务功能, 分析发挥该功能的可能生态系统类型。再根据全国自然植被区划、气候变化趋势模型以及现状植被类型, 识别各个生态功能区的关键生态系统类型。

关键词: 半干旱区; 生态功能区; 生态恢复; 关键生态系统; 和林县

Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia

PENG Yu¹, GAO Ying¹, FENG Jinzhao¹, WANG Dezhi², YAO Sen², LIU Yang², XUE Dayuan^{1, 3, *}

1 College of Life and Environmental Science, Minzu University of China, Beijing 100081, China

2 The Nature Conservancy, Beijing 100600, China

3 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China

Abstract: Land degradation is widely distributed in China, mostly in arid and semi-arid areas. Identifying which ecosystem types can be achieved through ecological restoration processes is key to ecological restoration success. This is the research focus of ecology subject. Taking the Helin County of Inner Mongolia, located in the semi-arid area of northern China, as an example, this article explores the method to identify key ecosystems through ecological functional zone planning, accompanied with an analysis of existing vegetation surveys, climate change and national vegetation regionalization. By integrating methods of document collecting, field surveys and 3S technology, based on analysis of eco-sensitivity and eco-services, Helin County is classified into three eco-regions, and 11 sub eco-regions. The eco-regions are decided by topographic features, and the role which Helin County plays in the national ecological function regionalization of China. In the national ecological function regionalization, the ecosystem services in Helin County are soil conservation (in most areas), agricultural products supply, and mountain water-source conservation (in small areas). The ecological score of how precipitation, slope degree, slope aspect, soil texture and vegetation index contribute to soil erosion sensitivity in the region is calculated and the sum of these values with different weights is regarded as the value of soil erosion ecological sensitivity.

基金项目: 中央民族大学 985 项目 (MUC98504-14, MUC98507-08); 国家民委科研项目; 高等学校学科创新引智计划 (2008-B08044)

收稿日期: 2012-07-31; **修订日期:** 2013-02-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuedayuan@hotmail.com

The contribution of drought index, soil type, drought index after 50 and 100 years, and vegetation cover to land desertification also are quantified and summed into values of land desertification ecological sensitivity. Then a value for protection importance of the ecosystem is calculated, and a value for water supply is calculated through hydrologic analysis. The sub eco-region is formed by the ecological sensitivity of soil erosion and land desertification, the protected value of ecosystem, and the function of water supply. Areas with the same ecological value and ecological problems are put into the same sub eco-region. On the basis of the main ecosystem service function of every sub eco-region, the possible ecosystem type which produces such functions can be deduced. The vegetation types of Helin County were classified according to the Vegetation Zoning of China, a vegetation zoning map considering climate, soil and water factors, and were used for the deduction of key vegetation ecosystems. Vegetation ecosystems existing in the national vegetation zoning classification should be restored. The locations of ecological restoration should be limited to areas in which the vegetation ecosystem is different to the key ecosystem. The vegetation change under climate change is also simulated. An ecosystem that is different from the key ecosystem should not be included in ecological restoration if it will be the same as a key ecosystem after 50 or 100 years. Compared with existing vegetation identified by field surveys, where ecosystems are obviously different from the key ecosystem, they should be restored. With these steps, the potential key vegetation ecosystems can be identified.

Key Words: semi-arid area; ecological function region; ecological restoration; key ecosystem; Helin County

我国土地退化面积占国土面积的 57%, 尽管部分改善, 但总体继续退化^[1-3]。土地退化集中于天然草地退化和非农建设占用, 占 66.27%^[1]。我国草地面积广阔, 约占国土面积的 1/3 以上, 其中约 50%—60% 的天然草地存在着不同程度的退化现象^[2]。草地退化主要表现为草地质量下降, 生态服务功能下降和生态承载力降低。

土地退化主要发生在我国干旱、半干旱地区^[1,4]。我国半干旱区生态系统类型多为典型草原, 也分布有森林、灌丛等生态系统。而且, 同一区域生态系统类型空间分布的差异也较大, 例如, 典型草原生态系统就包括丛生禾草草原、蒿类草原、灌丛化草原、湿生草甸草原、盐生草甸草原等十多种不同类型。且不同生态系统类型的优势种也不同。半干旱地区需要进行生态恢复, 恢复为何种生态系统类型, 是生态恢复成功与否的关键, 受到多个方面的关注。本文尝试采用生态功能区划的方法, 通过不同生态功能区主体生态系统服务功能的分析, 在县域尺度上识别区域生态恢复的关键生态系统类型。

1 研究区概况

和林县地处内蒙古自治区中部, 隶属呼和浩特市, 位于呼市南部。区域范围在东经 110°26′52″—112°18′11″, 北纬 39°58′11″—40°41′31″。南北长 80.1 km, 东西宽 72.9 km, 辖地面积 3401 km²。全县人口 18.7 万人, 蒙古族 0.76 万人, 其他少数民族 0.17 万人。全县辖四个乡、三个镇、两个经济园区。2010 年底全县 GDP 达到 130 亿元, 第一、二、三产业结构比为 11:64:25。现代农业快速发展, 形成了乳、肉、薯、沙棘和柠条四大优势特色产业。农民年人均纯收入 8100 元, 地方年财政收入 13.2 亿元。

和林县地处土默特平原向东南部晋西北黄土丘陵和蛮汉山脉过渡地带。东南部山丘密布, 沟壑纵横, 西南部丘陵起伏, 西北部系平原区。气候属于中温带半干旱大陆性季风气候, 年平均气温 5.6℃, ≥10℃ 积温 2769℃, 无霜期 118 d, 年均降水量 417.57 mm, 植物生长期 6—8 月份的降水量占全年降水量的 59.3%。该县多为黄土地貌, 沟谷纵横, 河流切割作用明显, 南部山地土层瘠薄, 该县属于生态脆弱区, 植被退化, 水土流失严重。

2 研究方法

关键生态系统类型识别主要分为三步: (1) 根据国家生态功能区划中对和林县主要功能的定位以及生态敏感性、生态服务功能等因子, 结合气候变化模型, 确定和林县生态功能分区; (2) 根据和林县生态功能区划图, 分析各生态功能区的主体生态系统服务功能, 推导发挥此功能的可能生态系统类型; (3) 与该县全国自然

植被区划图、气候变化下植被类型图进行叠加分析,通过与现状植被图的对比,识别关键生态系统类型。

生态功能区划一级、二级分区方法,以及生态敏感性、生态服务功能重要性评价采用国务院西部地区开发领导小组办公室、国家环境保护部颁布的《生态功能区划技术暂行规程》(2002)。各因素权重采取文献参考、专家咨询、内部讨论后确定。

该县土壤类型、地貌、降水量、行政区划、DEM 数据来源于全国基础地理信息数据库,并经现场调查核准。植被现状图来源于植被遥感图解译。遥感图来源于 2004 年 7 月 LandsatTM 遥感影像,并经野外调查取样验证,野外调查样点 163 个随机分布全县,kappa 验证指数 90%。植被区划图来源于《中国植被区划》^[5]。植被气候变化模型来源于课题组气候变化小组。将获取的数据在 ArcGIS10 平台下,进行数据提取、地理配准、格式转换、精度匹配,建成数据库,对数据进行字段编辑、叠加分析、空间分析等处理。

3 生态功能区划

3.1 一级生态区分区方案

将全国生态功能区划图、地形地貌图叠加,划定一级生态区。一级区划主要考虑区内气候特征的相似性与地貌单元的完整性。在中国气候分布图上,全县都属于半干旱中温带。和林县地貌明显分为 3 种类型:平原、黄土梁峁和山地丘陵。在全国生态功能区划中,和林县大部分为阴山南部农田-草原复合生态功能区,小部分位于土默特平原灌溉农业生态功能区,东南部小部分位于山地森林-灌丛涵养水源水土保持及生物多样性保护生态功能区。由此,和林县一级生态区分为三类:西北部平原灌溉农业生态区,中部黄土丘陵农田、草原复合生态区,东南部山地森林、灌丛水源涵养水土保持生态区。

3.2 二级生态区分区方案

在一级生态区内,分析主要生态功能和生态问题,对生态功能和生态问题相同的区域进行归类,得到二级生态区:即生态功能区。此外,边界的确定还综合考虑了山脉、河流等自然特征以及行政边界的完整性,以便于对各功能分区的管理和建设。针对半干旱区实际情况,主要生态问题是土壤侵蚀敏感性和沙漠化敏感性。

3.2.1 生态敏感性分析

生态敏感性是指生态系统对各种环境变异和人类活动干扰的敏感程度,它反映生态系统遇到干扰时发生生态环境问题的难易程度和可能性大小,或者是在同样的外来干扰强度下,生态系统产生生态问题的可能性大小。

生态敏感性的计算公式为:

$$SS_j = \sum_{i=1}^5 C_i W_i$$

式中, SS_j 为 j 空间单元生态敏感性指数; C_i 为 i 因素敏感性等级值, W_i 为 i 因素的权重。生态敏感性指数越大,说明该区域对外界干扰越敏感,容易发生生态退化问题。

土壤侵蚀敏感性指数计算的因素及权重见表 1。

表 1 和林县土壤侵蚀敏感性指数评价的组成因素及分值

Table 1 Ingredient and its score for soil erosion sensitivity assessment in Helin County

组成因素 Ingredient	分级标准 Ranking standard	归一化值 C_i Normalized value	权重 W_i Weight
降水 Precipitation/mm	340—459	0—1	0.2
坡向 Slope exposure	西北、东北、正北	0—0.3	0.2
	东、东南	0.3—0.6	
	南、西南、西	0.6—1	
坡度 Slope degree/(°)	0—5, 5—10	0—0.3	0.1
	10—15	0.3—0.6	
	15—20, >20	0.6—1	
土壤类型 Soil type	潮土、沼泽土	0—0.2	0.2
	灰褐土、草甸土	0.2—0.4	

续表			
组成因素 Ingredient	分级标准 Ranking standard	归一化值 C_i Normalized value	权重 W_i Weight
NDVI(7 月)NDVI (July)	栗钙土、黄绵土、红土、盐土	0.4—0.6	0.3
	石质土、粗骨土、新积土	0.6—0.8	
	风沙土	0.8—1	
	>0.5	0—0.2	
	0.3—0.5	0.2—0.4	
	0.2—0.3	0.4—0.6	
	0—0.2	0.6—0.8	
	<0	0.8—1	

和林县土壤侵蚀敏感性空间分布图(图 1)表明,土壤侵蚀敏感性较高的地区位于县域中部的城关镇、黑老夭乡,南部的羊群沟乡。

土地沙漠化敏感性用湿润指数、土壤质地及植被覆盖等影响因素来评价。基于全球气候变化考虑,将该区域未来 50、100a 气候变化预测数值考虑在内,构建沙漠化敏感性评价的指标体系(表 2)。各因素综合计算,得到土地沙漠化敏感性分布图(图 2)。根据土地荒漠化分布图可以发现,和林县沙漠化高敏感区分布较为集中,均位于黄土台塬和黄土梁峁地区,而敏感性低的地区集中分布于黑老夭山区、浑河干流两侧及支流部分;东南部浅山丘陵区沙漠化敏感性也较低;其他地区生态敏感性中等。

3.2.2 生态系统服务功能评价

生态系统保护重要性评价。有 4 类生态系统具有重要的保护价值:优势地带性生态系统、特殊的非地带性植被、只在中国分布的特有生态系统类型、国家珍稀濒危物种栖息地。生态区的优势生态系统往往是该地区气候、地形与土壤特征的综合反映,体现了植被与动植物物种地带性分布特点。和林县符合该类要求的优势生态系统类型为温带典型草原。特定生态系统类型通常能反映地区的非地带性气候地理特征,体现非地带

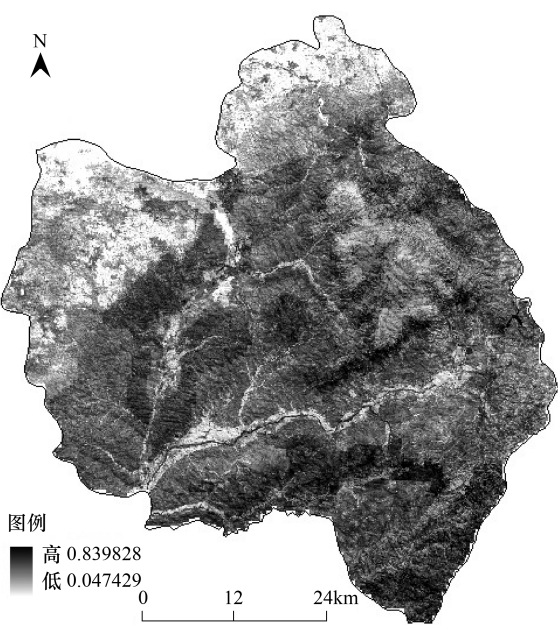


图 1 和林县土壤侵蚀敏感性空间分布图
Fig.1 Map of soil erosion sensitivity in Helin County

表 2 和林县土地沙漠化敏感性指数评价的组成因素及分值

Table 2 Ingredient and its score for land desertification sensitivity assessment in Helin County							
组成因素 Ingredient	不敏感 Non S*	轻度敏感 Light S	中度敏感 Moderate S	高度敏感 High S	极敏感 Extreme S	归一化值 NV**	权重 Weight
现状湿润指数 Present MI***	>0.65	0.5—0.65	0.20—0.50	0.05—0.20	<0.05	0—1	0.25
50a 后湿润指数 MI after 50 years	>0.65	0.5—0.65	0.20—0.50	0.05—0.20	<0.05	0—1	0.10
100a 后湿润指数 MI after 100 years	>0.65	0.5—0.65	0.20—0.50	0.05—0.20	<0.05	0—1	0.05
土壤质地 Soil texture	基岩	粘质	砾质	壤质	沙质	0—1	0.30
NDVI(1 月) NDVI (January)	>0.3	0.3—0.2	0.2—0.1	0.1—0	<0	0—1	0.30

* S: Sensitivity, ** NV: Normalized value, *** MI: Moisture index, same as followings

性植被分布与动植物的分布,为动植物提供栖息地。和林县主要的非地带性植被为针阔叶混交林生态系统。和林县无其他两类具有重要保护价值的生态系统。据此分析,和林县生态系统保护重要性评价见图 3。

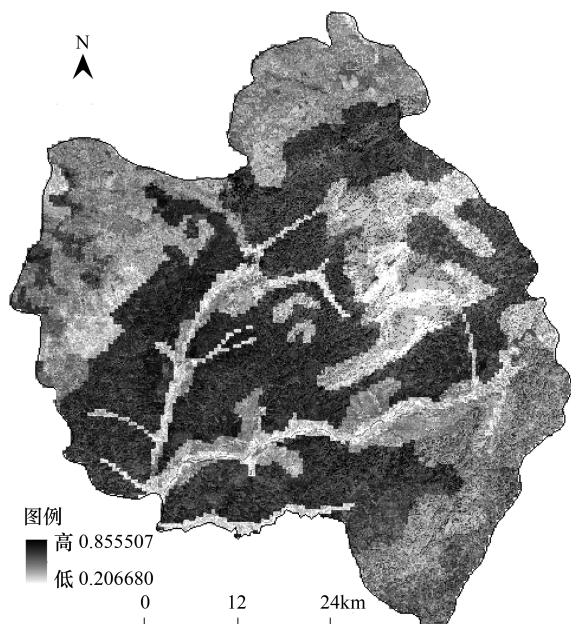


图 2 和林县考虑气候变化的土地沙漠化敏感性分布图

Fig. 2 Map of land desertification sensitivity considering climatic change in Helin County

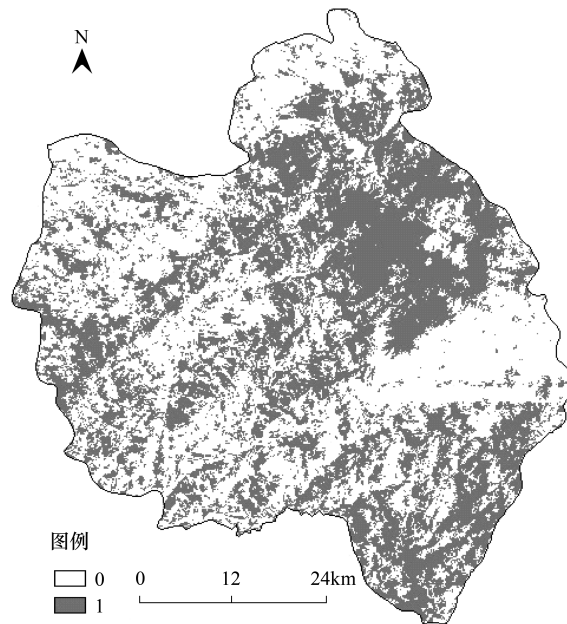


图 3 和林县生态系统保护重要性空间分布图

Fig. 3 Map of ecosystem protection importance in Helin County

水源涵养重要性评价。区域水源涵养的生态重要性在于该区域对整个评价地区水资源的贡献程度及洪水调节作用。本文采用降水汇集量来评价各个小流域对和林县水资源贡献的重要性。首先,计算河流累计汇集量,提取和林县河流网络。其次,对和林县进行流域分割。小流域是一个降水汇集单元,该单元的降水将汇集到区域内河流内,由区域的一个共同排水口流出。对流域进行分割,便于确定各个流域的降水汇集量大小。和林县小流域可以分割为 209 个区域。最后,对各个小流域按照降水汇集量进行分级,得到结果见图 4。

将和林县生态系统保护重要性评价图、和林县小流域重要性分级图进行归一化处理,便于二者累加计算生态系统服务功能。二者高值为 1,低值为 0,权重均为 0.5。图 5 中的一个图层为二者经过计算得到的和林县生态系统服务功能重要性空间分布图。

3.3.3 二级生态区分区结果

二级生态区的划分,主要基于生态敏感性和生态系统服务功能重要性的分析。将和林县土壤侵蚀敏感性空间分布图、土地沙漠化敏感性空间分布图、生态系统服务功能重要性空间分布图各分为高、中、低三类,然后 3 个图层进行叠加(图 5),便于划分二级生态区。

二级生态区边界划分原则:(1)以每个一级生态区为单位;(2)以生态评价分值高的类型作为边界;(3)生态评价分值接近、生态问题相同的小区划分为相同的二

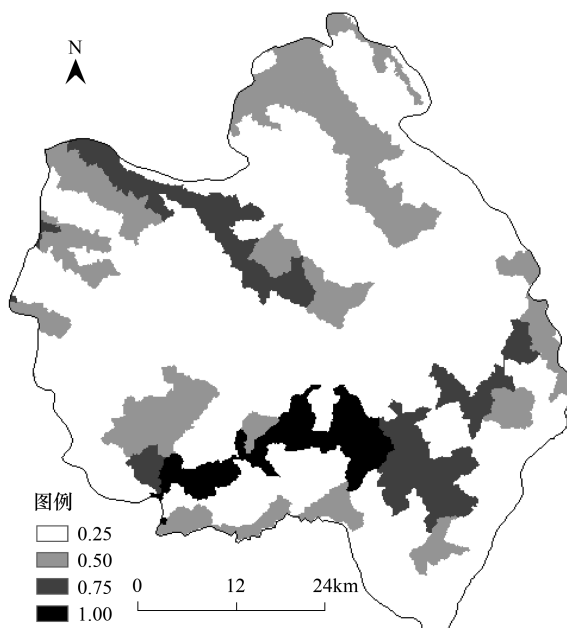


图 4 和林县水土保持重要性空间分布图

Fig. 4 Map of water and soil conservation importance in Helin County

级区;(4)综合考虑山脉、河流等自然特征以及行政边界的完整性。由此原则划分出 11 个二级生态区(图 6)。

4 待恢复关键生态系统识别

生态功能区生态系统服务功能的发挥,需要该生态功能区具有能够发挥此功能的生态系统类型。由区域气候、地形地貌等生态条件决定的,天然条件下能够存在的此类生态系统类型是该生态功能区的关键生态系统。然而,由于人为活动的干扰,现状生态系统类型不一定是该区域的关键生态系统类型。因此,需要进行生态系统识别,识别各个生态功能区发挥主体功能的关键生态系统类型。

关键生态系统识别的原则:(1)能够发挥生态功能区主体生态系统功能;(2)能够在当地自然生态条件下存在与发展;(3)以生态功能区为单位进行关键生态系统识别。关键生态系统识别的步骤:(1)根据和林县生态功能区划图,确定各生态功能区的主体生态系统服务功能;(2)推测发挥此种功能的生态系统类型;(3)根据全国植被区划、现状植被调查以及气候变化条件下植被变化,确定关键生态系统类型;(4)通过与现有植被图的对比,发现需要进行生态恢复和保护的区域。

根据《全国生态功能区划》,和林县位于三种类型生态功能区:大部分为阴山南部农田-草原复合生态功能区,小部分位于土默特平原灌溉农业生态功能区,东南部小部分位于蛮汉山山地森林-灌丛涵养水源水土保持及生物多样性保护生态功能区。据此,和林县主体生态功能可以按照一级生态区分为 3 种:农产品提供、水土保持、水源涵养水土保持及生物多样性保护。

分析和林县生态功能区划中二级生态功能区的主体功能(表 3),进一步分析发挥此项生态系统功能的生态系统类型。一般而言,生态系统发挥着多种生态服务功能,其中有主要的服务功能类型,也有次要的服务功能类型。按照生态系统服务功能理论,针对和林县自然气候条件,发挥农产品提供的主要为一年一熟粮食作物及耐旱经济作物,因其处于防风固沙区,所以建成的生态系统类型应当为具有农田防护林的农田生态系统。发挥水土保持功能的生态系统类型首先是森林生态系统,其次为灌丛生态系统,再次为草原生态系统。发挥水源涵养与生物多样性保护的关键生态系统类型为温带阔叶林、温带针叶林,部分地区为温带落叶灌丛。尚需根据不同二级生态区的自然植被类型、气候变化趋势,识别出具体类型。根据以上原则,识别出关键生态系统类型,识别结果见表 3 最后一列。

5 需要进行生态恢复区域的分析

分析现状植被生态系统类型分布图,将现状植被类型图与识别出来的关键生态系统类型进行对比,二者有差异的地方,为可能需要进行生态恢复的区域。

待生态恢复区域判定的原则为:(1)以二级生态功能区为单位进行分析;(2)现状植被类型符合识别出来的关键生态系统类型之一,即为符合要求的生态系统类型;现状生态系统类型与任一关键生态系统类型都不相同的区域作为待生态恢复区域;(3)按照气候变化趋势,不能自然恢复为关键生态系统类型的区域为待生态恢复区域;(4)土地利用现状是农田,但是如果位于生态敏感性很高的区域,则划为生态恢复区。

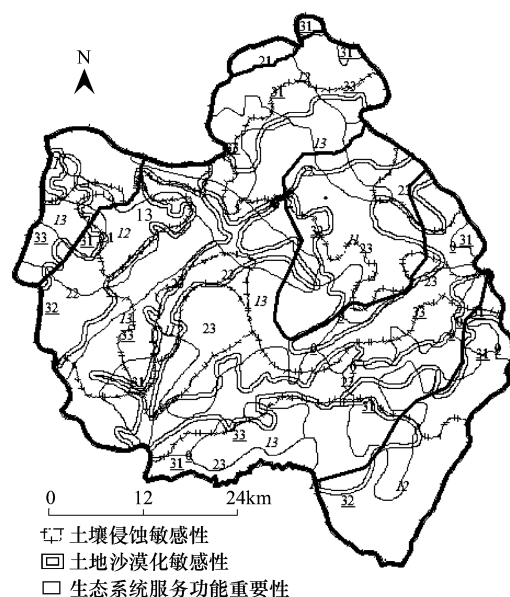


图 5 和林县侵蚀敏感性、沙漠化敏感性、生态服务功能重要性叠加示意图

Fig. 5 Map of ecological sensitivity in soil erosion, desertification and ecosystem service importance in Helin County

图中两位数字分别代表生态敏感性和生态系统服务功能重要性等级

表 3 和林县二级生态功能区主体生态功能及关键生态系统类型

Table 3 Main ecological function and key ecosystem type in sub eco-function zone in Helin County							
生态功能区 Ecological function zone	生态功能 Ecological function	生态系统类型 Ecosystem type	全国植被区划 National plant zoning	内蒙古植被 Inner Mongolia vegetation	现状植被 Present vegetation	气候变化下植被 Vegetation under climatic change	关键生态系统类型 Key ecosystem
I 西北部平原灌溉 农田生态区	农产品提供	农田生态系统	农田生态系统	农田生态系统			农田及防护林
I 1 西北部平原防风 固沙灌溉农田生态 区	农产品提供、防风 固沙	农田生态系统、防 护林	一年一熟粮食作物 及耐旱经济作物	农田及防风固沙防 护林	农田及林网	温带落叶稀树草原	农田及防风固沙防护林
I 2 北部平原灌溉 农业生态区	农产品提供	农田生态系统	一年一熟粮食作物 及耐旱经济作物	耐寒耐旱粮食及经 济作物	农田及林网	温带落叶稀树草原	农田及防风固沙防护林
II 中部黄土丘陵草 原、农田复合生态区	土壤保持、农产 品提供	草原生态系统、农田 生态系统	农田、草原复合生态 系统	暖温带禾草、蒿类 草原			复合生态系统
II 1 中部黄土台原 灌溉农业生态区	农产品提供	农田生态系统	一年一熟粮食作物 及耐旱经济作物、温 带禾草草原、禾草及 杂类草草原	农田生态系统(含柠 条、沙打旺等)及防 风固沙防护林	农田、温带丛生禾草 草原	温带草原	农田(含柠条、沙打旺等)及防风固 沙防护林
II 2 中部黄土梁峁 草原沙漠化生态敏 感区	土壤保持	草原生态系统	温带禾草及杂类草 草甸草原、温带禾草 草原、一年一熟粮食 作物及耐旱经济 作物	农田生态系统(含柠 条、沙打旺等)及防 风固沙防护林	农田、温带丛生禾草 草原、温带落叶灌木 草原	温带草原、温带落叶 稀树草原	防护林型农田及温带丛生禾草草 原、禾草及杂类草草甸草原
II 3 中部黄土梁峁 农田、草原复合生态 敏感区	土壤保持、农产 品提供	农田、草原	一年一熟粮食作物 及耐旱经济作物、温 带禾草草原、禾草及 杂类草草原	暖温带禾草、蒿类 草原	温带丛生禾草草原、 温带落叶灌木、农田	温带草原	温带禾草、杂类草草甸草原、温带 丛生禾草草原、农田
II 4 中南部黄土梁 峁农田、草原复合生 态敏感性较高区	土壤保持、农产 品提供	农田、草原	一年一熟粮食作物 及耐旱经济作物、禾 草及杂类草草甸草 原、温带禾草草原	暖温带禾草、蒿类草 原及乔灌防护林、经 济林区	温带丛生禾草草原、 温带落叶灌木、农田 阔叶林、农田	温带草原、温带稀树 草原	暖温带禾草、蒿类草原及乔灌防护 林、经济林区

续表

生态功能区 Ecological function zone	生态功能 Ecological function	生态系统类型 Ecosystem type	全国植被区划 National plant zoning	内蒙古植被 Inner Mongolia vegetation	现状植被 Present vegetation	气候变化下植被 Vegetation climatic change	关键生态系统类型 Key ecosystem
Ⅱ 5 浑河平原农业生态区	农产品提供、河流湿地	农田、河流	一年一熟粮食作物及耐旱经济作物	暖温带禾草及蒿类草原、农田	河流、农田、温带丛生禾草草原、阔叶林	温带稀树草原、温带草原	河流、暖温带禾草及蒿类草原、农田
Ⅲ 东南部山地森林、灌丛水源涵养、土壤保持生态区	水源涵养、土壤保持	森林、灌丛、草原	森林、灌丛、草原、农田	森林、灌丛、草原			森林、灌丛、草原
Ⅲ 1 东南部山地森林保护、水源涵养生态区	水源涵养、生物多样性保护	森林	温带落叶灌丛、温带落叶阔叶林、温带丛生禾草原	针阔叶混交林土壤保持区	温带针叶林、温带阔叶林、温带丛生禾草原	温带落叶阔叶林、温带稀树草原	温带落叶阔叶林、针叶林、混交林
Ⅲ 2 东南部山地草原、灌丛土壤保持生态区	土壤保持	灌丛、草原	温带落叶灌丛、温带落叶阔叶林、温带丛生禾草原	虎榛子沙棘灌丛、温带禾草、蒿类典型草原	温带丛生禾草原、温带落叶阔叶林	温带稀树草原	虎榛子沙棘灌丛、温带禾草、蒿类草原
Ⅲ 3 东南部丘陵草原生态区	土壤保持	灌丛、草原	温带丛生禾草原、一年一熟粮食作物及耐旱经济作物	虎榛子沙棘灌丛、温带禾草、蒿类典型草原、粮食及经济作物	温带灌丛、温带丛生禾草原	温带稀树草原、温带草原	虎榛子沙棘灌丛、温带禾草、蒿类草原、农田
Ⅲ 4 南部山地森林草原土壤侵蚀敏感区	水源涵养、土壤保持	森林、灌丛、草原	一年一熟粮食作物及耐旱经济作物、温带禾草原	山杏、杨树阔叶林、油松针叶林、温带落叶灌丛	温带落叶灌丛、温带丛生禾草原、温带落叶阔叶林、农田(极少)	温带稀树草原、温带落叶阔叶林	山杏、杨树阔叶林、油松针叶林、温带落叶灌丛

按照此原则,判定待生态恢复区。待生态恢复区再减去河流、水库、人工与居民用地、公共设施用地,剩下的地区即为生态恢复区(图7)。

6 结论与讨论

和林县地处黄土高原北缘,土壤侵蚀敏感性、沙漠化敏感性较高,风沙干旱、水土流失是该县面临的主要生态问题。和林县生态恢复的目的就是恢复其生态系统服务功能。根据和林县生态系统要发挥的主体功能:土壤保持、农产品提供、水源涵养与生物多样性保护,本文分析了其不同生态功能区要生态恢复的关键生态系统类型,并与生态系统分布现状进行对比,识别需要进行生态恢复的地区。

生态恢复,并不是要恢复 50a 甚至 1000a 前的生态系统,而是要采取措施,重建生态系统结构,使生态系统发挥该区域生态条件下健康的生态系统服务功能^[6-8]。生态恢复所要恢复的植被类型,实际上是一种潜在植被类型。潜在植被作为一种与所处立地条件达到的动态平衡态,反映的是无人干扰的情况下,立地所能发育形成的一种稳定成熟的顶极或亚顶级植被类型,对本地区植被生态的恢复和重建具有重要的指导意义^[8-10]。

潜在植被类型的识别,有不同的研究方法。有学者利用气候、土壤、光照等条件,模拟干旱、半干旱区潜在植被类型,将潜在植被分为阿拉善高原、鄂尔多斯、呼伦贝尔、浑善达克、锡林郭勒等地域植被类型^[11]。但是这种模拟植被类型往往尺度较大,难以指导县域植被生态恢复。张厚华等^[12]根据不同的生物气候状况,将黄土高原分成 5 个生物气候区:暖温带湿润半湿润森林区、暖温带半湿润半干旱森林草原区、中温带半干旱典型草原区、中温带干旱半干旱荒漠草原区以及中温带干旱草原化荒漠区,计划在不同的生物气候区构建与该区大环境一致的不同的生态系统,以改变那种在黄土高原全面植树造林而成效不佳的做法。也有学者根据全国水土保持一级区,以及干燥度、人口密度等指标,将全国划分为 4 个一级生态修复区、13 个二级生态修复区^[13]。该生态恢复主要从水土保持目的出发,偏重植被生态恢复的水土保持功能。有学者指出,县域植被生态恢复建设,需要符合国家主体功能区规划对该县的定位要求^[14],将植被生态恢复与区域经济社会布局结合起来,并从引导超载人口外迁、提高农民生活水平和生态得到持久恢复等方面为生态恢复提供政策保障。

本文在前人研究的基础上,采用生态功能区划的

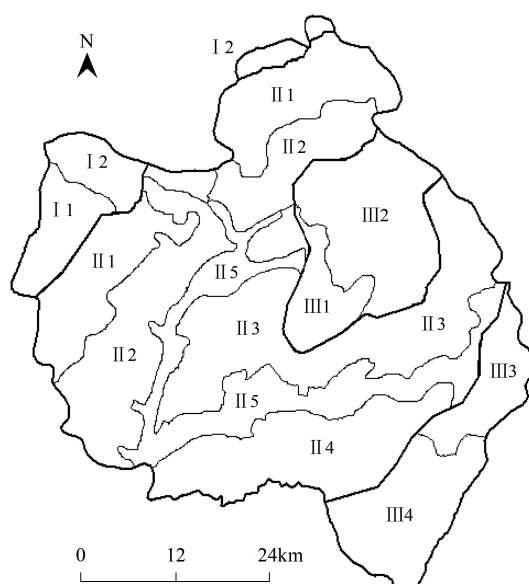


图6 和林县生态功能区划图

Fig. 6 Map of ecological function zoning of Helin County

二级生态分区系统如下: I 西北部平原灌溉农业生态区; I 1 西北部平原防风固沙灌溉农业生态区; I 2 北部平原灌溉农业生态区; II 中部黄土丘陵草原、农田复合生态区; II 1 中部黄土台塬灌溉农业生态区; II 2 中部黄土梁峁草原沙漠化生态敏感区; II 3 中部黄土梁峁农田、草原复合生态敏感区; II 4 中南部黄土梁峁农田、草原复合生态敏感性较高区; II 5 浑河平原农业生态区; III 东南部山地森林、灌丛水源涵养、土壤保持生态区; III 1 东南部山地森林保护、水源涵养生态区; III 2 东南部山地草原、灌丛土壤保持生态区; III 3 东南部山地丘陵草原生态区; III 4 南部山地森林草原土壤侵蚀敏感区

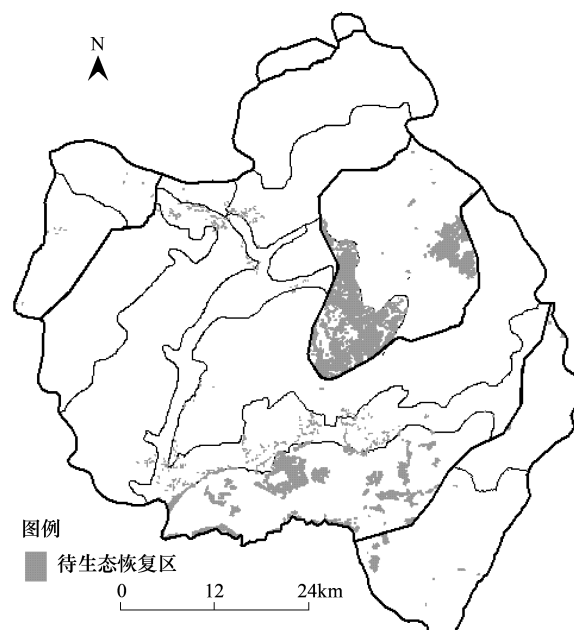


图7 和林县发挥主体生态系统服务功能需要进行生态恢复的区域

Fig. 7 The key restored zone for serving main ecosystem service function in Helin County

方法,根据各个生态功能区的主体生态系统服务功能、主要生态问题和植被现状,结合全国植被区划,确定需要恢复的关键生态系统类型。生态功能区分区的过程也考虑了生境特征、生态过程、生态系统服务功能等多种诊断指标,符合生态恢复诊断的多指标原则^[15]。根据本文提出的技术路线和关键生态系统识别方法,识别出关键生态系统类型,和林县待生态恢复区主要位于城关镇和黑老夭乡结合部,舍必崖乡和羊群沟乡结合部。

致谢:大自然保护协会(TNC)马剑、王龙柱博士等对气候变化数据处理提供帮助,中国科学院生态环境研究中心陈利顶研究员对研究技术路线给予指导,和林县政府对数据调研提供支持,内蒙古师范大学生命科学与技术学院哈斯巴根教授、贺俊英副教授、中央民族大学生命与环境科学学院石莎副教授及部分研究生参与野外植被调研,特此致谢。

References:

- [1] Zhang K F, Li X W, Zhang D X, Peng J F, Chen J, Yu Z R. Spatial-temporal dynamic change of land resource degradation in China. *Environmental Science*, 2006, 27(6): 1244-1251.
- [2] Guo R, Wang X K, Lu F, Duan X N, Ouyang Z Y. Soil carbon sequestration and its potential by grassland ecosystems in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 862-867.
- [3] Su Z Z, Lu Q, Wu B, Jin H L, Dong G R. Potential impact of climate change and human activities on desertification in China. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(3): 329-335.
- [4] Zhao H L, Zhou R L, Su Y Z, Zhang J Y, Yi X Y. Processes and mechanisms of soil desertification in semiarid areas, northern China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(3): 1-5, 80-80.
- [5] Chinese Vegetation Regionalization Working Committee. *Vegetation Regionalization of China*. Beijing: Science Press, 1960.
- [6] Zhang X S. An intellectual enquiring about ecological restoration and recovery, their scientific implication and approach. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(1): 112-118.
- [7] Rodrigues R R, Gandolfi S, Nave A G, Aronson J, Barreto T E, Vidal C Y, Brancalion P H S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, 2011, 261(10): 1605-1613.
- [8] Bullock J M, Aronson J, Newton A C, Pywell R F, Rey-Benayas M J. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*, 2011, 26(10): 541-549.
- [9] Prach K, Walker R L. Four opportunities for studies of ecological succession. *Trends in Ecology and Evolution*, 2011, 26(3): 119-123.
- [10] Liu Z E, Ge J P. Principles and measures for restoring and regenerating the ecology in the agro-pastoral ecotones in north China. *Arid Zone Research*, 2004, 21(3): 209-303.
- [11] Li F, Zhao J, Zhao C Y, Zhang X Q. Succession of potential vegetation in arid and semi-arid area of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(3): 689-697.
- [12] Zhang H H, Huang Z B. Bio-climatic division and restoration of the degraded ecosystem on the Loess Plateau. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2001, 15(1): 64-71.
- [13] Cai J Q, Zhang C Y, Chen F Y. Study on eco-remediation zoning for soil and water conservation in China. *China Water Resources*, 2004, (4): 46-48.
- [14] Xu Y, Liu Y H, Tang Q. National major function oriented zoning and ecological environment restoration of the Loess Plateau. *Research of Soil and Water Conservation*, 2009, 16(6): 1-5.
- [15] Du X J, Gao X M, Ma K P. Diagnosis of the degree of degradation of an ecosystem: the basis and precondition of ecological restoration. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 700-708.

参考文献:

- [1] 张克锋,李宪文,张定祥,彭晋福,陈健,宇振荣. 中国土地资源退化时空变化分析. *环境科学*, 2006, 27(6): 1244-1251.
- [2] 郭然,王效科,逯非,段晓男,欧阳志云. 中国草地土壤生态系统固碳现状和潜力. *生态学报*, 2008, 28(2): 862-867.
- [3] 苏志珠,卢琦,吴波,靳鹤龄,董光荣. 气候变化和人类活动对我国荒漠化的可能影响. *中国沙漠*, 2006, 26(3): 329-335.
- [4] 赵哈林,周瑞莲,苏永中,张继义,移小勇. 我国北方半干旱地区土壤的沙漠化演变过程与机制. *水土保持学报*, 2007, 21(3): 1-5, 80-80.
- [5] 中国科学院植被区划工作委员会. *中国植物区划*. 北京: 科学出版社, 1960.
- [6] 张新时. 关于生态重建和生态恢复的思辨及其科学涵义与发展途径. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 112-118.
- [10] 刘振恩,葛剑平. 北方农牧交错带生态恢复与重建的原则及对策. *干旱区研究*, 2004, 21(3): 209-303.
- [11] 李飞,赵军,赵传燕,张小强. 中国干旱半干旱区潜在植被演替. *生态学报*, 2011, 31(3): 689-697.
- [12] 张厚华,黄占斌. 黄土高原生物气候分区与该区生态系统的恢复. *干旱区资源与环境*, 2001, 15(1): 64-71.
- [13] 蔡建勤,张长印,陈法杨. 全国水土保持生态修复分区研究. *中国水利*, 2004, (4): 46-48.
- [14] 徐勇,刘艳华,汤青. 国家主体功能区划与黄土高原生态恢复. *水土保持研究*, 2009, 16(6): 1-5.
- [15] 杜晓军,高贤明,马克平. 生态系统退化程度诊断: 生态恢复的基础与前提. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 700-708.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 6 March, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Review and Monograph

- Forest health studies based on remote sensing: a review GAO Guanglei, XIN Zhongbao, DING Guodong, et al (1675)
- Progress of agent-based agricultural land change modeling: a review YU Qiangyi, WU Wenbin, YANG Peng, et al (1690)

Autecology & Fundamentals

- Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea WANG Bin, QIN Yubo, DONG Jing, et al (1701)
- Full length cDNA cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria* LIU Haiying, LIU Lianwei, JIANG Yusheng, et al (1713)
- Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi ZHU Wanlong, JIA Ting, HUANG Chunmei, et al (1721)
- Effects of litter thickness on leaf litter decomposition and enzyme activity of three trees in the subtropical forests JI Xiaoyan, JIANG Hong, HONG Jianghua, et al (1731)
- The photosynthetic carbon fixation characteristics of common tree species in northern Zhejiang ZHANG Jiao, SHI Yongjun, ZHU Yueqing, et al (1740)
- Diurnal changes in the photosynthetic characteristics of two high yield and high quality grasses during different stages of growth and their response to changes in light intensity GUO Chunyan, LI Jinchuan, YUE Jianying, et al (1751)
- Evaluation technology on drought disaster to yields of winter wheat based on WOFOST crop growth model ZHANG Jianping, ZHAO Yanxia, WANG Chunyi, et al (1762)
- Genetic diversity of *Conocephalus maculatus* of different geographic populations based on mitochondrial DNA control region analysis ZHOU Zhijun, SHANG Na, LIU Jing, et al (1770)
- Relationships among female body size, clutch size, and egg size in captive *Deinagkistrodon acutus* HU Minghang, TAN Qunying, YANG Daode (1778)
- The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male ZHENG Sining, HUANG Juchang, YE Guanglu, et al (1784)
- Allelopathic effects of artemisinin on ectomycorrhizal fungi LI Qian, YUAN Ling, WANG Mingxia, et al (1791)

Population, Community and Ecosystem

- Establishment of integrated methodology for bay ecosystem health assessment and its application in Daya Bay LI Chunhou, LIN Lin, XU Shannan, et al (1798)
- The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters SUN Lufeng, KE Chang, XU Zhaoli, et al (1811)
- Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia PENG Yu, GAO Ying, FENG Jinzhao, et al (1822)
- The great rainfall effect on soil respiration of *Pinus tabulaeformis* plantation in Taiyue Mountain JIN Guanyi, ZHAO Xiuhai, KANG Fengfeng, et al (1832)
- The litter-fall characteristics and their response to drought stress in the Masson pins forests damaged by acid rain at Chongqing, China WANG Yihao, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1842)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Thermal environment effect of urban water landscape YUE Wenzhe, XU Lihua (1852)
- Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus* ZHAO Xiaoqing, HE Chunlan (1860)
- Ecological balance between supply and demand in Chongqing City based on cultivated land ecological footprint method SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1872)
- Effect of elevated CO₂ on methanotrophs in the rhizosphere of rice plant YAN Chen, XU Jing, ZHONG Wenhui, et al (1881)

Resource and Industrial Ecology

- The seawater environment quality evaluation research base on variable fuzzy pattern recognition model KE Lina, WANG Quanming, SUN Xinguo, et al (1889)
- An *in situ* study on biodeposition of ascidian (*Styela plicata*) in a subtropical aquaculture bay, southern China YAN Jiaguo, QI Zhanhui, TIAN Ziyang, et al (1900)
- Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau ZHANG Lina, LI Jun, FAN Peng, et al (1907)
- Soil respiration and its responses to soil moisture and temperature under different tillage systems in dryland maize fields ZHANG Dingchen, CAI Dianxiong, DAI Kuai, et al (1916)
- Photosynthetic characteristics of soybean and salvia in an agroforestry system in the Hilly Region, Shangluo, China PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (1926)
- Regulation of exogenous brassinosteroid on growth and photosynthesis of *Helianthus tuberosus* seedlings and cadmium biological enrichment under cadmium stress GAO Huiling, LIU Jinlong, ZHENG Qingsong, et al (1935)
- Calibration coefficients of Granier original formula based on sap flow of *Platycladus orientalis* LIU Qingxin, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (1944)

Research Notes

- An evaluation index system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP SUN Rui, CUI Guofa, LEI Ting, et al (1952)
- Root biomass and its distribution of *Azadirachta indica* and *Acacia auriculiformis* plantations in the Dry-hot Valley GAO Chengjie, TANG Guoyong, LI Kun, et al (1964)
- Physiological response of *Vitex trifolia* to sand burial in the sand coast ... ZHOU Ruilian, WANG Jin, YANG Shuqin, et al (1973)
- Soil fertility under different forest types in the Helan and Liupan Mountain ranges of Ningxia Province JIANG Lin, GENG Zengchao, ZHANG Wen, et al (1982)

Opinions

- Dynamic of litterfall in ten typical community types of Xiaoxing'an Mountain, China HOU Lingling, MAO Zijun, SUN Tao, et al (1994)

《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,探索自然奥秘,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

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 6 期 (2013 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 6 (March, 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