

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第12期 Vol.31 No.12 **2011**

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 31 卷 第 12 期

2011 年 6 月 (半月刊)

目 次

基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价——以贵州省毕节地区为例	李 昊, 蔡运龙, 陈睿山, 等 (3255)
扩散对破碎化景观上宿主-寄生种群动态的影响	苏 敏 (3265)
湿地功能评价的尺度效应——以盐城滨海湿地为例	欧维新, 叶丽芳, 孙小祥, 等 (3270)
模拟氮沉降对杉木幼苗养分平衡的影响	樊后保, 廖迎春, 刘文飞, 等 (3277)
中国东部森林样带典型森林水源涵养功能	贺淑霞, 李叙勇, 莫 菲, 等 (3285)
山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应	郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 等 (3296)
长期施用有机无机肥对潮土微生物群落的影响	张焕军, 郁红艳, 丁维新 (3308)
云南元江干热河谷五种优势植物的内生真菌多样性	何彩梅, 魏大巧, 李海燕, 等 (3315)
塔里木河中游洪水漫溢区荒漠河岸林实生苗更新	赵振勇, 张 科, 卢 磊, 等 (3322)
基于 8hm 样地的天山云杉林蒸腾耗水从单株到林分的转换	张毓涛, 梁凤超, 常顺利, 等 (3330)
古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应	周晓兵, 张元明, 陶 冶, 等 (3340)
Pb 污染对马蔺生长、体内重金属元素积累以及叶绿体超微结构的影响	原海燕, 郭 智, 黄苏珍 (3350)
春、秋季节树干温度和液流速度对东北 3 树种树干表面 CO ₂ 释放通量的影响	王秀伟, 毛子军, 孙 涛, 等 (3358)
云南南部和中部地区公路旁紫茎泽兰土壤种子库分布格局	唐樱殷, 沈有信 (3368)
利用半球图像法提取植被冠层结构特征参数	彭焕华, 赵传燕, 冯兆东, 等 (3376)
黑河上游蝗虫与植被关系的 CCA 分析	赵成章, 周 伟, 王科明, 等 (3384)
额尔古纳河流域秋季浮游植物群落结构特征	庞 科, 姚锦仙, 王 昊, 等 (3391)
九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素	王 雨, 林 茂, 陈兴群, 等 (3399)
东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响	黄亮亮, 李建华, 邹丽敏, 等 (3415)
基于 RS/GIS 公路路域水土流失动态变化的研究——以榆靖高速公路为例	陈爱侠, 李 敏, 苏智先, 等 (3424)
流域景观结构的城市化影响与生态风险评价	胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等 (3432)
基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析	高 宾, 李小玉, 李志刚, 等 (3441)
若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响	李晋昌, 王文丽, 胡光印, 等 (3451)
施用鸡粪对土壤与小白菜中 Cu 和 Zn 累积的影响	张 妍, 罗 维, 崔晓勇, 等 (3460)
基于 GIS 的宁夏灌区农田污染源结构特征解析	曹艳春, 冯永忠, 杨引禄, 等 (3468)
底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响	刘 岩, 周勋波, 陈雨海, 等 (3478)
不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例	谭德水, 江丽华, 张 骞, 等 (3488)
丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响	刘爱荣, 陈双臣, 刘燕英, 等 (3497)
外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响	彭向永, 宋 敏 (3504)
专论与综述	
水平扫描技术及其在生态学中的应用前景	胡自民, 李晶晶, 李 伟, 等 (3512)
研究简报	
昆仑山北坡 4 种优势灌木的气体交换特征	朱军涛, 李向义, 张希明, 等 (3522)
不同比例尺 DEM 数据对森林生态类型划分精度的影响	唐立娜, 黄聚聪, 代力民 (3531)
苏南丘陵区毛竹林冠截留降雨分布格局	贾永正, 胡海波, 张家洋 (3537)
外来种湿地松凋落物对土壤微生物群落结构和功能的影响	陈法霖, 郑 华, 阳柏苏, 等 (3543)
深圳地铁碳排放量	谢鸿宇, 王习祥, 杨木壮, 等 (3551)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-06



封面图说: 自然奇观红海滩·辽宁省盘锦市——在辽河入海口生长着大片的潮间带植物碱蓬草, 举目望去, 如霞似火, 蔚为壮观, 人们习惯地称之为红海滩。粗壮的根系加快着海滩土壤的脱盐过程, 掉下的茎叶腐质后肥化了土壤, 它是大海的生态屏障。

彩图提供: 段文科先生 中国鸟网 <http://www.birdnet.cn> E-mail: dwk9911@126.com

若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响

李晋昌^{1,*}, 王文丽², 胡光印³, 魏振海³

(1. 山西大学黄土高原研究所, 太原 030006; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000;

3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

摘要: 运用 GIS 和遥感技术分析了若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年的土地利用/覆盖特征, 在此基础上, 使用生态价值系数(C)计算出该区生态系统服务价值, 并使用敏感性指数(CS)对所选的 C 值进行验证。结果表明, 该区域 1990—2005 年间, 高覆盖度草地、湿地和林地面积呈持续减少趋势, 建设用地、荒漠、中覆盖度草地和耕地面积及土地利用综合程度呈持续增加趋势; 生态系统服务价值从 603.10×10^8 元减少到 586.07×10^8 元, 共损失 17.03×10^8 元, 且损失量和损失幅度呈加速增加趋势; 该区域生态系统服务价值中, 废物处理价值最高, 水源涵养价值次之, 食物生产价值最低, 且各服务类型的价值均呈持续减小趋势; 若尔盖高原 1990 和 2005 年人均生态系统服务价值分别为 38.93 万元和 27.03 万元, 表明若尔盖高原由于人口增长和土地退化, 环境压力呈明显增大趋势。湿地和草地退化是导致该区域生态系统服务价值减少的主要原因, 尤其是湿地退化。 CS 检验说明本文所选 C 值较为合理。

关键词: 土地利用/覆盖变化; 生态系统服务价值; 环境压力; 若尔盖高原

Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau

LI Jinchang^{1,*}, WANG Wenli², HU Guangyin³, WEI Zhenhai³

1 Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

2 Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, China

3 Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

Abstract: Climate change and human activities in high-altitude, cold pasture areas with a fragile environment can cause land use changes that significantly affects ecosystem services and functions. Our study investigated changes in ecosystem services in response to land use change caused mainly by climate change and human activities in the Zoige Plateau, a region in the eastern fringe of the Tibetan Plateau with large areas of grassland and wetland. The objectives of our study were (1) to assign specific value coefficients for ecosystem services in the Zoige Plateau and determine whether these coefficient could be used to evaluate changes in ecosystem services in the study area; (2) to estimate changes in the ecosystem services value (ESV) resulting from land use changes caused by climate change and changing human activities; and (3) to provide information and advice to support regional sustainable development policies. We used remote sensing to evaluate land use changes, and then applied a fast method for evaluating ESV in 1990, 2000, and 2005. During the study period, the decrease in area and percentage of cover was greatest for high-cover grassland, followed by wetlands. The largest increase in area was for moderate-cover grassland, followed by low-cover grassland; the rate of increase was greatest for construction land, followed low-cover grassland. Among the nine land use categories, high-cover grasslands, woodlands, and wetlands showed a continuous decrease, but only the wetlands showed an accelerating rate of decrease. The total ESV dropped from 603.10×10^8 yuan in 1990 to 586.07×10^8 yuan in 2005, exhibiting an accelerated rate of decrease, mainly due to the degradation of wetlands and, to a lesser extent, high-cover grassland. Although the ESV of some land uses increased, these increases were too small to offset the decreases. Because wetlands had the highest value coefficient and covered a large

基金项目: 中国科学院西部之光博士项目; 国家自然科学基金重点项目(40638038)

收稿日期: 2010-06-18; **修订日期:** 2010-11-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijch@lzb.ac.cn

area, the *ESV* of wetlands was the highest of the nine land use categories, accounting for about 48% of the total value. High- and moderate-cover grassland cover the largest total areas, and thus accounted for a proportionally large proportion of total *ESV*, even though the coefficients for these two land use types were much lower than that for wetland. Woodlands also generated high *ESV* due to its high value coefficient. The combined *ESV* for wetlands, high-cover grassland, woodland, and moderate-cover grassland accounted for about 93% of the total *ESV*, indicating that these categories, and especially wetlands, high-cover grassland, and woodland, provide the most important ecosystem services in the Zoige Plateau. In general, the changes in the contribution of each ecosystem function to the total *ESV* were small. The contribution of each ecosystem function to the overall *ESV* was greatest for waste treatment, followed by water supply; this likely resulted from the high ability of wetlands, high-cover grassland, and woodland to treat wastes and supply water. All nine types of service functions decreased, and but raw materials showed an accelerating rate of decrease from 1990 to 2005. The sensitivity analysis indicated that our estimates for the study area were robust despite uncertainties in the value coefficients. Our results also suggest that future land use planning should emphasize the protection of wetlands, high-cover grassland and woodland.

Key Words: land use; ecosystem service values; environmental pressure; Zoige Plateau

生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务^[1], 对其价值进行定量评估是高效、合理配置竞争性需要的环境资源的基础^[2-3], 也是制定生态环境建设补偿政策的必要前提^[4]。近年来, 国内外对不同空间尺度的和不同类型的生态系统服务价值评估研究已取得了较大进展^[5-9]。土地利用是人与自然交叉最为密切的环节, 土地利用/覆盖的变化(Land use and land cover change, LUCC)必然影响生态系统的结构和功能, 并通过生物地球化学循环过程, 影响大气中的化学成分变化, 进而导致全球性的气候变化^[10]。因此, LUCC 对生态系统维持其服务功能起决定性作用^[11-13]。目前, 根据土地利用变化评价区域生态服务价值的变化在国内外得到广泛的开展^[14-19], 但对青藏高原地区还较少涉及。

若尔盖高原处长江和黄河源头地区、青藏高原东侧, 属于典型的生态环境脆弱区。该区草地、湿地资源的生态安全关系到我国西部、黄河和长江等流域的社会经济发展, 是我国对气候变化与人类活动影响较为敏感的地区之一^[20]。近年来, 由于不合理的人类活动及趋于暖干的气候, 该区草地和湿地退化问题日趋严重^[21-23], 沙地面积不断扩张^[20]。由于源头生态环境恶化, 从 20 世纪 90 年代到 21 世纪初, 黄河源头水量已减少 23%^[24]。因此, 选择若尔盖高原为研究区, 分析土地利用变化对该区生态系统服务价值的影响, 以为研究区土地持续利用和生态环境保护建设提供参考。

1 资料和方法

1.1 研究区概况

若尔盖高原位于青藏高原东部边缘(图 1), 在本研究中, 其行政上包括四川省若尔盖县、阿坝县、红原县和甘肃省的玛曲县, 总面积 $381 \times 10^4 \text{ km}^2$, 平均海拔 3500m, 是中国特有的高原湿地和高寒湿地生态系统的典型代表^[25]。研究区以平坦高原为主, 地势南高北低, 起伏和缓, 年均气温在 1.1—3.6℃ 之间, 年降水量在 612—770mm 之间, 属于高寒草原, 是我国一级环境敏感带的组成部分, 也是黄河上游地区的主要水源涵养区。

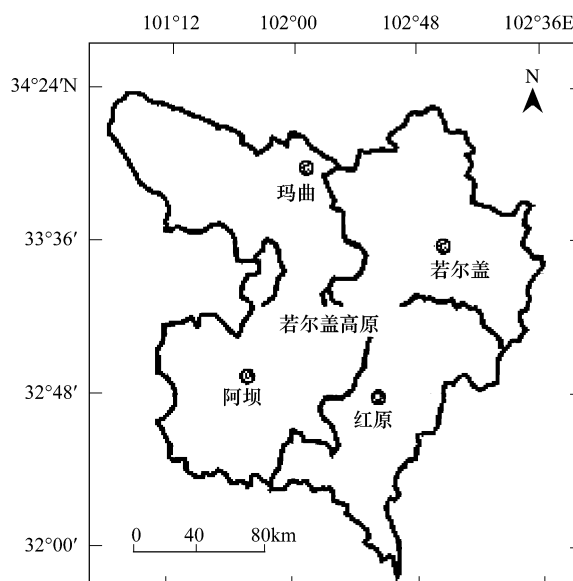


图 1 研究区示意图

Fig. 1 The location of study area

1.2 土地利用变化数据来源

研究所用资料为 12 张 1:10 万地形图,以及 1990 年、2005 年的 TM 数据和 2000 年的 ETM 数据,影像时相为 6—10 月份。对遥感影像采用标准假彩色合成,将近红外波段、红色波段和绿色波段进行合成。通过人机交互目视解译得出 2000 年土地利用类型图,再进行其他两期的动态解译,通过对 2005 年土地利用分类实地考察验证正误,确定最后解译结果。具体图像处理方法、解译标志的建立详见文献^[26]。研究区土地利用/覆盖分类系统参照中国科学院“中国资源环境数据库”土地利用遥感分类体系(表 1)。

表 1 土地利用/覆盖分类系统
Table 1 Classification system for land use/cover defined by the Chinese Academy of Sciences

一级分类 The first classification		二级分类 The second classification		一级分类 The first classification		二级分类 The second classificatio	
编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	耕地	11	水田 *	4	水域	45	滩涂 *
		12	旱地			46	滩地
2	林地	21	有林地	5	城乡、工矿、居民用地	51	城镇用地
		22	灌木林			52	农村居民点用地
		23	其他林地			53	其他建设用地 *
3	草地	31	高覆盖度草地	6	未利用土地	61	沙地
		32	中覆盖度草地			62	戈壁 *
		33	低覆盖度草地			63	盐碱地 *
4	水域	41	河渠			64	沼泽地
		42	湖泊			65	裸土地
		43	水库坑塘			66	裸岩石砾地
		44	永久性冰川积雪 *			67	其他

* 表示若尔盖高原不存在的土地类型

1.3 生态系统服务价值评价方法

由于 Costanza 等人提出的生态系统服务价值评价方法在某些数据上存在较大偏差,因此招来不少争议^[10, 27]。谢高地等人针对其不足,根据中国实际情况,制定了中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表^[28]。若尔盖高原草地面积约占区域总面积的 2/3,为反映不同覆盖度草地生态系统服务价值的差异,对其进行了二级分类。栗晓玲等^[29]采用专家打分法修正了不同覆盖度草地的价值系数,且将建设用地单位面积的价值视为与荒漠相同^[30],结果如表 2 所示。

表 2 若尔盖高原土地利用类型及其单位生态价值/(元·hm⁻²·a⁻¹)
Table 2 Modify coefficient of static services value of different land-use types in Zoige Plateau

土地类型 Land type	修正前价值 Original value	修正系数 Correction coefficient	修正后价值 Corrected value
耕地 Cropland	6114.3	1.0	6114.3
林地 Woodland	19334.0	1.0	19334.0
高覆盖度草地 high-cover grassland	6406.5	1.5	9609.8
中覆盖度草地 Moderate-cover grassland	6406.5	1.0	6406.5
低覆盖度草地 Low-cover grassland	6406.5	0.5	3203.3
湿地 Wetland	55489.0	1.0	55489.0
水体 Water body	40676.4	1.0	40676.4
建设用地 Construction land	371.4	1.0	371.4
荒漠 Unused land	371.4	1.0	371.4

建设用地对应表 1 中的城乡、工矿、居民用地;湿地包括沼泽和滩地;水体包括河渠、湖泊、水库坑塘;荒漠包括沙地、裸土地、裸岩石砾地及其它未利用地

以修正后的价值系数为基础,对若尔盖高原生态系统服务价值进行评估,计算公式为:

$$ESV = \sum A_k C_k \quad (1)$$

式中, ESV 为生态系统服务价值; A_k 为土地利用类型 k 的分布面积, C_k 为该类型土地单位面积的生态系统服务价值系数。本研究引用敏感性指数(CS)来确定区域生态系统服务价值随时间的变情况对 C_k 值的依赖程度,其计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(C_{jk} - C_{ik}) / C_{ik}} \right| \quad (2)$$

式中, CS 为生态系统价值系数的敏感性指数; ESV 、 C 、 k 的含义同前; i 、 j 分别表示初始的生态系统服务价值和生态服务价值指数调整后的价值。 CS 值的计算过程及计算结果的含义详见文献^[31]。

李小燕认为将人口与生态系统服务价值有机结合,可以更直观有效地反映环境压力情况^[32]。其具体计算公式如下:

$$v_j = \frac{ESV_j}{R_j} \quad (3)$$

$$\Delta v = v_b - v_a \quad (4)$$

式中, v_j 指某区域 j 年的人均生态系统服务价值量, ESV_j 为该地区 j 年生态系统服务价值量, R_j 为该地区 j 年的人口总数; Δv 为人均生态价值变化量, v_a 和 v_b 分别为研究时段始末的人均生态系统服务价值量。 Δv 大于零,说明该地区的人均生态系统服务价值在增加,即研究区的环境压力在逐渐降低,环境在朝着健康方向发展,若小于零则反之。

2 结果

2.1 土地利用/覆盖变化

图2为研究区2005年主要土地利用类型空间分布图,表3为研究区1990、2000和2005年主要土地类型的面积。分析表明,若尔盖高原土地类型以草地为主,达66%,其次为林地和湿地,分别约14%和13%,建设用地最少,仅占0.13%,耕地也仅占0.74%左右。1990—2005年间,若尔盖高原高覆盖度草地面积呈减速减少趋势,湿地和林地呈加速减少趋势,其中高覆盖度草地减幅最大(7%),湿地次之(4%),林地最小(2%);水体面积呈先减后增趋势,低覆盖度草地呈先增后减趋势,耕地呈减速增加趋势,中覆盖度草地、建设用地和荒漠呈加速增加趋势,其中建设用地增幅最大(20%),荒漠次之(14%),耕地最小(2%)。胡光印等^[26]和王文丽^[33]分析认为,该区土地利用/覆盖变化主要是在自然因素背景下叠加不合理人类活动造成的。

参照刘纪远^[34]研究结果和若尔盖高原土地利用特征,对研究区不同类型土地进行利用程度分级(表3)。若尔盖高原经济活动以牧业为主,并且1990—2005年间,该区中、低覆盖度草地的扩展主要是由于过度放牧导致高覆盖度草地退化所致^[20, 26],因此覆盖度不同的草地其利用程度指数也不相同,覆盖度越低,表明利用程度越高,指数也越大。土地利用程度综合指数计算公式如下:

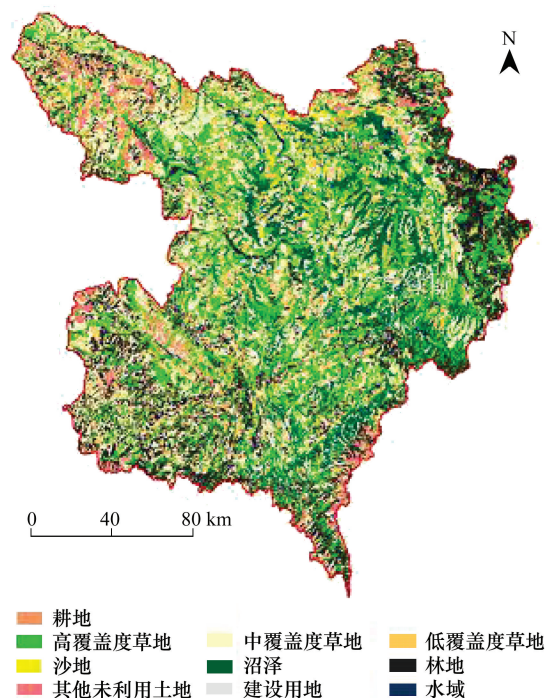


图2 若尔盖高原2005年主要土地利用/覆盖类型分布图

Fig.2 Land use / cover types of Zoige Plateau in 2005

$$D = \sum_{k=1}^9 A_k \times CC_k / HJ$$

(5)

式中, D 表示土地利用程度综合指数, 该值越大, 表明土地利用综合程度越高; A_k 为第 k 种类型土地利用程度分级指数; CC_k 为第 k 种类型土地的面积; HJ 为土地利用评价区域内土地总面积。

表 3 若尔盖高原 1990 年、2000 年、2005 年土地利用/覆盖变化特征

Table 3 Land use/cover changes of Zoige Plateau in 1990, 2000, and 2005

土地类型 Land type	1990 年		2000 年		2005 年		土地利用程 度分级指数 Grading index
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	
	Area /($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	Percentage /%	Area /($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	Percentage /%	Area /($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	Percentage /%	
耕地 Cropland	2.78	0.73	2.85	0.75	2.85	0.75	5
林地 Woodland	55.31	14.50	55.05	14.43	54.43	14.27	2
高覆盖度草地 high-cover grassland	114.88	30.11	108.39	28.41	106.72	27.97	2
中覆盖度草地 Moderate-cover grassland	86.44	22.66	88.66	23.24	90.75	23.79	3
低覆盖度草地 Low-cover grassland	51.27	13.44	56.29	14.76	56.21	14.74	4
湿地 Wetland	51.97	13.62	50.79	13.31	49.80	13.05	1
水体 Water body	5.76	1.51	5.70	1.49	5.78	1.51	1
建设用地 Construction land	0.44	0.11	0.48	0.13	0.52	0.14	5
荒漠 Unused land	12.63	3.31	13.28	3.48	14.43	3.78	1
总计 Total	381.48	100	381.48	100	38.15	100	—

经式(5)计算表明, 若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年土地利用程度综合指数分别为 2.34、2.37 和 2.38, 表明该区土地利用综合程度呈持续增加趋势。

由 GIS 软件分析发现, 研究区减少的高覆盖草地主要转向了中、低覆盖度草地, 减少的湿地主要转向了荒漠中的裸土地。增加的建设用地主要占用了各覆盖度草地和耕地, 增加的荒漠主要是由草地和湿地转化而来。由此可见, 该区土地利用变化主要表现为草地和湿地退化。

2.2 区域生态系统服务价值变化

基于式(1), 若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年区域生态系统服务价值分别为 603.10×10^8 元、 592.66×10^8 元和 586.07×10^8 元, 单位面积生态系统服务价值分别为 1.58×10^4 元/ hm^2 、 1.55×10^4 元/ hm^2 和 1.54×10^4 元/ hm^2 , 即 15a 间, 该区域生态系统服务价值共损失 17.03×10^8 元, 年均损失 1.14×10^8 元, 损失幅度为 2.82%, 后 5a 年均损失量和损失幅度分别为前 10a 的 1.26 倍和 1.28 倍。

分析表明(表 4), 1990—2005 年, 湿地对研究区生态系统服务价值的贡献最大(48%), 其次为高覆盖度草地和林地(约均为 18%), 建设用地最低, 仅为 0.003%。15a 间, 若尔盖高原各类型土地的生态价值变

表 4 若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年生态系统服务价值变化

Table 4 Change in values of ecosystem services of Zoige Plateau in 1990, 2000, and 2005

土地类型 Land type	1990 年		2000 年		2005 年		价值变化率/% Change rate
	价值		价值		价值		
	Value /($\times 10^8$ 元/a)	%	Value /($\times 10^8$ 元/a)	%	Value /($\times 10^8$ 元/a)	%	
耕地 Cropland	1.70	0.282	1.74	0.294	1.74	0.297	2.22
林地 Woodland	106.93	17.730	106.44	17.959	105.24	17.956	-1.58
高覆盖度草地 high-cover grassland	110.40	18.305	104.16	17.576	102.55	17.498	-7.11
中覆盖度草地 Moderate-cover grassland	55.38	9.182	56.80	9.584	58.14	9.920	4.98
低覆盖度草地 Low-cover grassland	16.42	2.723	18.03	3.042	18.01	3.072	9.63
湿地 Wetland	288.36	47.813	281.81	47.550	276.34	47.151	-4.17
水体 Water body	23.42	3.884	23.17	3.909	23.50	4.011	0.35
建设用地 Construction land	0.02	0.003	0.02	0.003	0.02	0.003	19.56
荒漠 Unused land	0.47	0.078	0.49	0.083	0.54	0.091	14.21
总计 Total	603.10	100	592.66	100	586.07	100	-2.82

化趋势与其面积变化趋势相同。生态系统服务价值损失量中,湿地所占比例最大,达 56%,高覆盖度草地次之,占 36%。面积增多的土地类型弥补的损失量仅占 21%,其中中覆盖度草地增多弥补了损失量的 13%,但其主要由高覆盖度草地退化而来。在 9 种土地类型中,仅湿地和林地的生态价值呈加速减小趋势,与区域生态系统服务价值变化趋势相同。

2.3 生态系统各服务类型价值的变化

谢高地等^[28]将生态服务划分为 9 个功能,依据表 1 中的修正系数,将不同类型土地的 9 个生态服务价值进行修正,基于修正后的价值和各类型土地的面积,计算得到若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年生态系统各服务类型价值变化如表 5 所示。分析可知,若尔盖高原废物处理价值比例最高,达 22%,该价值主要由湿地(62%)、高覆盖度草地(14%)和中覆盖度草地(8%)贡献;水源涵养价值次之,该价值主要由湿地(60%)、林地(14%)和高覆盖度草地(10%)贡献;食物生产价值最低,约为 2%,该价值主要由高覆盖度草地(45%)、中覆盖度草地(25%)和湿地(14%)贡献。15a 间,若尔盖高原生态系统各服务类型价值比例变化很小,但总值均呈持续减小趋势,减幅在 1%—4%之间,其中,土壤形成与保护、生物多样性和食物生产价值呈减速减少趋势,其他价值均呈加速减少趋势。从价值总额来看,废物处理损失最大(4.17×10^8 元),气候调节次之(3.92×10^8 元),其损失均主要由湿地和高覆盖度草地退化所致。

表 5 若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年生态系统各服务类型价值变化
Table 5 Change in values of different ecosystem services of Zoige Plateau in 1990, 2000, and 2005

服务项目 Service item	1990 年		2000 年		2005 年		价值变化率/% Change rate
	价值	比例	价值	比例	价值	比例	
	Value /($\times 10^8$ 元/a)	Percentage /%	Value /($\times 10^8$ 元/a)	Percentage /%	Value /($\times 10^8$ 元/a)	Percentage /%	
气体调节 Gas regulation	45.66	7.57	45.04	7.60	44.66	7.62	-2.19
气候调节 Climate regulation	114.95	19.06	112.70	19.02	111.03	18.94	-3.41
水源涵养 Water supply	117.63	19.50	115.48	19.48	114.07	19.46	-3.03
土壤形成与保护 Soil formation and retention	76.41	12.67	75.29	12.70	74.85	12.77	-2.04
废物处理 Waste treatment	132.65	22.00	130.06	21.94	128.48	21.92	-3.14
生物多样性 Biodiversity protection	56.72	9.40	55.91	9.43	55.52	9.47	-2.12
食物生产 Food	9.73	1.61	9.57	1.61	9.53	1.63	-2.06
原材料 Raw materials	14.34	2.38	14.25	2.40	14.10	2.41	-1.67
娱乐文化 Recreation and culture	35.02	5.81	34.37	5.80	33.84	5.77	-3.37
合计 Total	603.10	100	592.66	100	586.07	100	-2.82

2.4 敏感性分析

根据敏感性指数的计算方法,把各类型土地的生态价值系数分别上下调整 50%,计算出了研究区 1990 年和 2005 年的敏感性指数,结果如表 6 所示。分析表明,各种情况下的 CS 都小于 1,最低值为 0.00003,即当建设用地的生态价值系数增加 1% 时,总价值只增加 0.00003%;最高值为 0.47,即当湿地的生态价值系数增加 1% 时,总价值只增加 0.47%。这表明,相对于价值系数(C)来说,研究区生态系统服务价值是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

3 讨论

参照谢高地等提出的中国陆地生态系统服务价值核算方法,根据土地利用/覆盖变化对若尔盖高原 1990、2000、2005 年生态系统服务价值评价表明研究区土地利用变化损害了区域生态系统服务价值,且损失幅度呈增大趋势,这主要是由于 15a 间,研究区生态服务单价较高的高覆盖度草地、林地、湿地等面积减少,而服务单价较低的中低覆盖度草地、耕地、建设用地和荒漠等显著增加所致。若尔盖高原 1990 年和 2005 年人口数量分别为 15.49 万和 21.68 万,依据公式(3)和(4)计算的两个时期人均生态系统服务价值分别为 38.93 万元和 27.03 万元。即 15a 间,人均生态系统服务价值共损失 11.90 万元,年均损失 0.79 万元,减幅

达 31%，表明 1990—2005 年间，若尔盖高原由于人口增长和土地退化的双重影响，环境压力呈明显增大趋势。在研究区生态系统服务价值损失量中，湿地所占比例最大，高覆盖度草地次之。若尔盖高原减少的高覆盖度草地主要退化成了中、低覆盖度草地，减少的湿地主要退化成了裸土地。因此保持若尔盖高原生态系统高水平的服务价值，使其能够长期可持续地为人类服务，就要维护好湿地和草地的生态环境，提高各级相关部门对湿地和草地功能和价值的认识，合理限制载畜数量，优化牲畜结构，积极应对气候变化，恢复湿地和草地的面积和功能。

表 6 生态系统服务价值敏感度
Table 6 The coefficients of sensitivity of ecosystem service value

土地类型 Land type	敏感指数(<i>CS</i>)		土地类型 Land type	敏感指数(<i>CS</i>)	
	Coefficient of sensitivity (<i>CS</i>)			Coefficient of sensitivity (<i>CS</i>)	
	1990 年	2005 年		1990 年	2005 年
耕地 Cropland	0.00282	0.00297	湿地 Wetland	0.47813	0.47151
林地 Woodland	0.17730	0.17956	水体 Water body	0.03884	0.04011
高覆盖度草地 high-cover grassland	0.18305	0.17498	建设用地 Construction land	0.00003	0.00003
中覆盖度草地 Moderate-cover grassland	0.09182	0.09920	荒漠 Unused land	0.00078	0.00091
低覆盖度草地 Low-cover grassland	0.02723	0.03072			

与谢高地等^[28]的结果相比，若尔盖高原单位面积的生态系统服务价值约为青藏高原平均值(3661.9 元/hm²)的 4.26 倍，表明若尔盖高原是青藏高原生态系统服务价值的高值区，这主要是由于荒漠占青藏高原面积的 38%，但只占若尔盖高原的 3%。基于市场价值法，张晓云等^[35]估算的若尔盖高原的生态系统服务价值仅为本文同期计算值的 1/3，但变化趋势相同^[36]；彭建等^[37]和 Li 等^[16]基于不同方法估算的深圳市生态系统服务价值相差 42 倍。该分析表明，由于不同计算方法使用的价值系数不同，其结果差异也较大，因此区域生态系统服务价值的静态评价结果在较大程度上失去了参考意义^[30]，但其动态趋势应仍是可信的。

若尔盖高原草地面积约占区域总面积的 2/3，若不考虑草地覆盖度的差别，基于谢高地等^[28]提出的中国草地单位面积生态服务价值(6406.5 元·hm⁻²·a⁻¹)直接计算，若尔盖高原 2005 年草地生态系统服务价值为 162.49×10⁸元/a，比本文计算值低 16.21×10⁸元/a，虽然差别较小，但忽略了不同覆盖度草地之间的转化对区域生态系统服务价值的影响。目前大部分研究基于单位生态价值核算区域生态系统服务价值时均采用的是土地利用遥感分类体系中的一级分类，未考虑二级分类中不同草地和不同林地之间单位生态价值的差别，这将造成核算结果与实际不符，尤其是在以草地或林地覆盖为主的区域，这应在以后研究中引起重视。

4 结论

(1) 若尔盖高原土地类型以草地为主，其中又以高覆盖度草地为主，林地和湿地次之，耕地和建设用地最少。1990—2005 年间，若尔盖高原高覆盖度草地、湿地和林地面积呈持续减少趋势，建设用地、荒漠、中覆盖度草地和耕地面积及土地利用综合程度呈持续增加趋势。

(2) 若尔盖高原 1990 年、2000 年和 2005 年区域生态系统服务价值分别为 603.10×10⁸元、592.66×10⁸元和 586.07×10⁸元，表明该区域生态系统服务价值呈加速减小趋势，该损失主要是由湿地和草地退化导致，尤其是湿地退化。

(3) 若尔盖高原单位面积的生态系统服务价值约为青藏高原平均值的 4.26 倍，表明若尔盖高原是青藏高原生态系统服务价值的高值区。由于若尔盖高原生态地位特殊且具有不可替代性，因此维护其生态系统服务价值的可持续利用对整个黄河流域的生态安全意义重大。

(4) 若尔盖高原生态系统服务价值中，废物处理价值最高，水源涵养价值次之，食物生产价值最低；15a 间，若尔盖高原生态系统各服务类型价值比例变化很小，但总值均呈持续减小趋势，废物处理价值损失最大，气候调节次之，其损失均主要由湿地和高覆盖度草地退化所致，尤其是湿地退化。

(5) 若尔盖高原 1990 和 2005 年人均生态系统服务价值分别为 38.93 万元和 27.03 万元，表明由于人口

增长和土地退化的双重影响,研究区环境压力呈明显增大趋势。

References:

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [2] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press, 1997.
- [3] Wilson M A, Carpenter S R. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States: 1971 — 1997. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 772-783.
- [4] Liu J H, Gao J X. Measurement and dynamic change of ecosystem services value in the farming-pastoral ecotone of northern China. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(2): 145-153
- [5] Portela R, Rademacher I. A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. *Ecological Modelling*, 2001, 143(1/2): 115-146.
- [6] Hannon B. Ecological pricing and economic efficiency. *Ecological Economics*, 2001, 36(1): 19-30.
- [7] Pimental D, Wilson C, McCullum C, Huang R, Dwen P, Flack J, Tran Q, Saltman T, Cliff B. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience*, 1997, 47(11): 747-757.
- [8] Ewel K. Water quality improvement: evaluation of an ecosystem services//Daily G, ed. *Nature's Services*. Washington DC: Island Press, 1997: 329-344.
- [9] Grifo F, Rosenthal J. *Biodiversity and Human Health*. Washington DC: Island Press, 1997: 131-163.
- [10] Wang Z M, Zhang S Q, Zhang B. Effects of land use change on values of ecosystem services of Sanjiang Plain, China. *China Environmental Science*, 2004, 24(1): 125-128.
- [11] Turner B L II, Skole D L, Sanderson S, Fischer G, Fresco L, Leemans R. Land-use and land cover change: science/research plan//IGBP Report No 35/IHDP Report No 7. Stockholm: IMBP, 1995.
- [12] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N E, Fischer G, Krug T, Leemans R, Moran E F, Rindfuss R R, Sato Y, Skole D, Turner B L, Vogel C. Land use and land cover change (LUCC): implementation strategy//IGBP Report No 48/IHDP Report No 10. Stockholm: IGBP, 1999.
- [13] Xu L, Liu S B, Liu Y G, Wu J Y, Aibibu N, Song H X, Chen B B. Effects of land use change on ecosystem services value in red soil hilly region of central Hunan Province—a case study in Changsha City. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2009, 29(8): 1788-1792.
- [14] Li J, Ren Z Y. Changes in ecosystem service values on the Loess Plateau in Northern Shaanxi Province, China. *Agricultural Sciences in China*, 2008, 7(5): 606-614.
- [15] Huang X, Chen Y N, Ma J X, Chen Y P. Study on change in value of ecosystem service function of Tarim River. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(2): 67-75.
- [16] Li T H, Li W K, Qian Z H. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen. *Ecological Economics*, 2008, 69(7): 1427-1435.
- [17] Yoshida A, Chanhda H, Ye Y M, Liang Y R. Ecosystem service values and land use change in the opium poppy cultivation region in Northern Part of Lao PDR. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(2): 56-61.
- [18] Sutton P C, Costanza R. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 509-527.
- [19] Jenkins W A, Murray B C, Kramer R A, Faulkner S P. Valuing ecosystem services from wetlands restoration in the Mississippi Alluvial Valley. *Ecological Economics*, 2010, 69(5): 1051-1061.
- [20] Wang W L, Dong Z B, Hu G Y, Wei Z H. Analyses on change trend of sandy land in Zoige Plateau in last 30 years. *Journal of Desert Research*, 2008, 28(4): 617-621.
- [21] Guo J, Li G P. Climate change in Zoige Plateau Marsh Wetland and its impact on wetland degradation. *Plateau Meteorology*, 2007, 26(2): 422-428.
- [22] Sheng H Y, Wang Y J. Grassland desertification and controlling measures in the Ruogai Plateau. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2007, 27(1): 126-131, 158-158.
- [23] Xiang S, Guo R Q, Wu N, Sun S C. Current status and future prospects of Zoige Marsh in Eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Engineering*, 2009, 35(4): 553-562.
- [24] Yong G W, Shi C C, Qiu P F. Monitoring on desertification trends of the grassland and shrinking of the wetland in Ruogai Plateau in north-west Sichuan by means of remote-sensing. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(6): 758-762.
- [25] Liu H Y, Bai Y F. Changing process and mechanism of wetland resources in Ruogai Plateau, China. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 810-818.
- [26] Hu G Y, Dong Z B, Wang W L, Wei Z H. Change of land use/cover in Maqu County from 1975 to 2005. *Journal of Desert Research*, 2009, 29

(3): 457-462.

- [27] Toman M. Why not to calculate the value of the World's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 1998, 25: 57-60.
- [28] Xie G D, Lu C X, Leng Y F, Zheng D, Li S C. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196.
- [29] Su X L, Kang S Z, Tong L. A dynamic evaluation method and its application for the ecosystem service value of an inland river basin: a case study on the Shiyanghe River Basin in Hexi Corridor of Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 2011-2019.
- [30] Cai B C, Lu G F, Song L J, Huang H P, Han S F, Chen K L. Variation of ecosystem services' value of Kunshan based on the land use change. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 3005-3010.
- [31] Wang Z M, Zhang B, Zhang S Q. Study on the effects of land use change on ecosystem service values of Jilin Province. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(1): 55-61.
- [32] Li X Y. Analysis on service value of regional ecosystems and environmental pressure — a case study in Weinan City. *Arid Zone Research*, 2008, 25(5): 729-734.
- [33] Wang W L. Status and Dynamic Monitor of Land Types Based on Remote Sensing Technology in Zoige Plateau]. Lanzhou: Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, 2008.
- [34] Liu J Y. Micro-scale Survey and Dynamic Study of Resources and Environment of China by Remote Sensing. Beijing: Chinese Science and Technology Publishing House, 1996: 171-188.
- [35] Zhang X Y, Lu X G, Shen S P, Gu H J. Service value evaluation of main ecosystems of Ruorgai Plateau Marshes. *Wetland Science*, 2008, 6(4): 466-472.
- [36] Zhang X Y, Lu X G, Shen S P. Dynamic changes of Ruorgai Plateau wetland ecosystem service value. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(5): 1147-1152.
- [37] Peng J, Wang Y L, Chen Y F, Li W F, Jiang Y Y. Economic value of urban ecosystem services: A case study in Shenzhen. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2005, 41(4): 594-604.

参考文献:

- [4] 刘军会, 高吉喜. 北方农牧交错带生态系统服务价值测算及变化. *山地学报*, 2008, 26(2): 145-153.
- [10] 王宗明, 张树清, 张柏. 土地利用变化对三江平原生态系统服务价值的影响. *中国环境科学*, 2004, 24(1): 125-128.
- [13] 徐立, 刘少博, 刘云国, 吴际友, 努扎艾提·艾比布, 宋华晓, 陈贝贝. 湘中红壤丘陵区土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以长沙市为例. *环境科学学报*, 2009, 29(8): 1788-1792.
- [20] 王文丽, 董治宝, 胡光印, 魏振海. 若尔盖高原近 30 年沙地变化趋势分析. *中国沙漠*, 2008, 28(4): 617-621.
- [21] 郭洁, 李国平. 若尔盖气候变化及其对湿地退化的影响. *高原气象*, 2007, 26(2): 422-428.
- [22] 盛海洋, 王玉珏. 若尔盖高原沙漠化成因及其治理对策. *水土保持通报*, 2007, 27(1): 126-131, 158-158.
- [24] 雍国伟, 石承苍, 邱鹏飞. 川西北高原若尔盖草地沙化及湿地萎缩动态遥感监测. *山地学报*, 2003, 21(6): 758-762.
- [25] 刘红玉, 白云芳. 若尔盖高原湿地资源变化过程与机制分析. *自然资源学报*, 2006, 21(5): 810-818.
- [26] 胡光印, 董治宝, 王文丽, 魏振海. 近 30a 玛曲县土地利用/覆盖变化监测. *中国沙漠*, 2009, 29(3): 457-462.
- [28] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [29] 栗晓玲, 康绍忠, 佟玲. 内陆河流域生态系统服务价值的动态估算方法与应用——以甘肃河西走廊石羊河流域为例. *生态学报*, 2006, 26(6): 2011-2019.
- [30] 蔡邦成, 陆根法, 宋莉娟, 黄和平, 韩尚富, 陈克亮. 土地利用变化对昆山生态系统服务价值的影响. *生态学报*, 2006, 26(9): 3005-3010.
- [31] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究. *自然资源学报*, 2004, 19(1): 55-61.
- [32] 李小燕. 区域生态系统服务价值量与环境压力分析——以渭南市为例. *干旱区研究*, 2008, 25(5): 729-734.
- [33] 王文丽. 基于遥感技术的若尔盖高原土地类型现状及动态变化监测. 兰州: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 2008.
- [34] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 171-188.
- [35] 张晓云, 吕宪国, 沈松平, 顾海军. 若尔盖高原湿地区主要生态系统服务价值评价. *湿地科学*, 2008, 6(4): 466-472.
- [36] 张晓云, 吕宪国, 沈松平. 若尔盖高原湿地生态系统服务价值动态. *应用生态学报*, 2009, 20(5): 1147-1152.
- [37] 彭建, 王仰麟, 陈燕飞, 李卫锋, 蒋依依. 城市生态系统服务功能价值评估初探——以深圳市为例. *北京大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(4): 594-604.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 12 June, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture	LI Hao, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, et al (3255)
The effect of dispersal on the population dynamics of a host-parasite system in fragmented landscape	SU Min (3265)
The effect of spatial scales on wetland functions evaluation: a case study for coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu Province	OU Weixin, YE Lifang, SUN Xiaoxiang, et al (3270)
Effects of simulated nitrogen deposition on nutrient balance of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) seedlings	FAN Houbao, LIAO Yingchun, LIU Wenfei, et al (3277)
The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China	HE Shuxia, LI Xuyong, MO Fei, et al (3285)
The ecological responses of <i>Pinus tabulaeformis</i> forests in Taiyue Mountains of Shanxi to artificial Harvesting	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (3296)
The influence of the long-term application of organic manure and mineral fertilizer on microbial community in calcareous fluvo-aquic soil	ZHANG Huanjun, YU Hongyan, DING Weixin (3308)
Endophytic fungal diversity of five dominant plant species in the dry-hot valley of Yuanjiang, Yunnan Province, China	HE Caimei, WEI Daqiao, LI Haiyan, et al (3315)
Seedling recruitment in desert riparian forest following river flooding in the middle reaches of the Tarim River	ZHAO Zhenyong, ZHANG Ke, LU Lei, et al (3322)
Scaling up for transpiration of <i>Pinaceae schrenkiana</i> stands based on 8hm permanent plots in Tianshan Mountains	ZHANG Yutao, LIANG Fengchao, CHANG Shunli, et al (3330)
Responses of soil enzyme activities and microbial biomass N to simulated N deposition in Gurbantunggut Desert	ZHOU Xiaobing, ZHANG Yuanming, TAO Ye, et al (3340)
Effects of Pb on growth, heavy metals accumulation and chloroplast ultrastructure of <i>Iris lactea</i> var. <i>Chinensis</i>	YUAN Haiyan, GUO Zhi, HUANG Suzhen (3350)
Effects of temperature and sap flow velocity on CO ₂ efflux from stems of three tree species in spring and autumn in Northeast China	WANG Xiuwei, MAO Zijun, SUN Tao, et al (3358)
The soil seed bank of <i>Eupatorium adenophorum</i> along roadsides in the south and middle area of Yunnan, China	TANG Yingyin, SHEN Youxin (3368)
Extracting the canopy structure parameters using hemispherical photography method	PENG Huanhua, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (3376)
The CCA analysis between grasshopper and plant community in upper reaches of Heihe River	ZHAO Chengzhang, ZHOU Wei, WANG Keming, et al (3384)
Community structure characteristics of phytoplankton in argun River Drainage Area in autumn	PANG Ke, YAO Jinxian, WANG Hao, et al (3391)
Spatial and temporal variation of phytoplankton and impacting factors in Jiulongjiang Estuary of Xiamen, China	WANG Yu, LIN Mao, CHEN Xingqun, et al (3399)
Effect of bank type on fish biodiversity in the middle-lower reaches of East Tiaoqi River, China	HUANG Liangliang, LI Jianhua, ZOU Limin, et al (3415)
Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway	CHEN Aixia, LI Min, SU Zhixian, et al (3424)
The urbanization effects on watershed landscape structure and their ecological risk assessment	HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (3432)
Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern	GAO Bin, LI Xiaoyu, LI Zhigang, et al (3441)
Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau	LI Jinchang, WANG Wenli, HU Guangyin, et al (3451)
Effect of chicken manure application on Cu and Zn accumulation in soil and <i>Brassica sinensis</i> L.	ZHANG Yan, LUO Wei, CUI Xiaoyong, et al (3460)
GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China	CAO Yanchun, FENG Yongzhong, YANG Yinlu, et al (3468)
Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean	LIU Yan, ZHOU Xunbo, CHEN Yuhai, et al (3478)
<i>In situ</i> study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin	TAN Deshui, JIANG Lihua, ZHANG Qian, et al (3488)
Effects of AM fungi on leaf photosynthetic physiological parameters and antioxidant enzyme activities under low temperature	LIU Airong, CHEN Shuangchen, LIU Yanying, et al (3497)
Effects of exogenous cysteine on growth, copper accumulation and antioxidative systems in wheat seedlings under Cu stress	PENG Xiangyong, SONG Min (3504)
Review and Monograph	
The horizon scanning technology and its application prospect in Ecology	HU Zimin, LI Jingjing, LI Wei, et al (3512)
Scientific Note	
The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (3522)
Effect of DEM data at different scales on the accuracy of forest Ecological Classification system	TANG Lina, HUANG Jucong, DAI Limin (3531)
Canopy interception of rainfall by Bamboo plantations growing in the Hill Areas of Southern Jiangsu Province	JIA Yongzheng, HU Haibo, ZHANG Jiayang (3537)
Effects of exotic species slash pine (<i>Pinus elliottii</i>) litter on the structure and function of the soil microbial community	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3543)
The carbon emission analysis of Shenzhen Metro	XIE Hongyu, WANG Xixiang, YANG Muzhuang, et al (3551)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 12 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 12 2011

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 70.00 元