

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

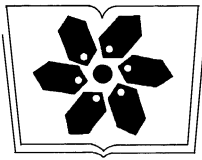
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 24 期 Vol.31 No.24 **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 24 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

柑橘黄龙病株不同部位内生细菌群落结构的多样性·····	刘 波,郑雪芳,孙大光,等 (7325)
小兴安岭红松径向生长对未来气候变化的响应·····	尹 红,王 靖,刘洪滨,等 (7343)
污水地下渗透系统脱氮效果及动力学过程·····	李海波,李英华,孙铁珩,等 (7351)
基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划·····	肖 燧,陈圣宾,张 路,等 (7357)
羌塘地区草食性野生动物的生态服务价值评估——以藏羚羊为例·····	鲁春霞,刘 铭,冯 跃,等 (7370)
湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征·····	许倍慎,周 勇,徐 理,等 (7379)
滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响·····	李宁云,袁 华,田 昆,等 (7388)
基于连接性考虑的湿地生态系统保护多预案分析——以黄淮海地区为例·····	宋晓龙,李晓文,张明祥,等 (7397)
青藏高原高寒草甸生态系统碳增汇潜力·····	韩道瑞,曹广民,郭小伟,等 (7408)
影响黄土高原地物光谱反射率的非均匀因子及反照率参数化研究·····	张 杰,张 强 (7418)
基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价·····	孙才志,杨 磊,胡冬玲 (7428)
厦门市土地利用变化下的生态敏感性·····	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (7441)
我国保护地生态旅游发展现状调查分析·····	钟林生,王 婧 (7450)
黄腹山鹧鸪稳定的配偶关系限制雄性欺骗者·····	褚福印,唐思贤,潘虎君,等 (7458)
食物蛋白含量和限食对雌性东方田鼠生理特性的影响·····	朱俊霞,王 勇,张美文,等 (7464)
具有捕食正效应的捕食-食饵系统·····	祁 君,苏志勇 (7471)
桑科中 4 种桑天牛寄主植物的挥发物成分研究·····	张 琳,WANG Baode,许志春 (7479)
栗山天牛成虫羽化与温湿度的关系·····	杨忠岐,王小艺,王 宝,等 (7486)
人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响·····	李 乐,万冬梅,刘 鹤,等 (7492)
鸭绿江口湿地鸕鹚类停歇地的生物生态研究·····	宋 伦,杨国军,李 爱,等 (7500)
锡林郭勒草原区气温的时空变化特征·····	王海梅,李政海,乌 兰,等 (7511)
UV-B 辐射胁迫对杨桐幼苗生长及光合生理的影响·····	兰春剑,江 洪,黄梅玲,等 (7516)
小麦和玉米叶片光合-蒸腾日变化耦合机理·····	赵风华,王秋凤,王建林,等 (7526)
利用稳定氢氧同位素定量区分白刺水分来源的方法比较·····	巩国丽,陈 辉,段德玉 (7533)
2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响·····	雍石泉,仝 川,庄晨辉,等 (7542)
人参皂苷与生态因子的相关性·····	谢彩香,索风梅,贾光林,等 (7551)
芑对黑麦草根系几种低分子量有机分泌物的影响·····	谢晓梅,廖 敏,杨 静 (7564)
盐碱地柠条根围土中黑曲霉的分离鉴定及解磷能力测定·····	张丽珍,樊晶晶,牛 伟,等 (7571)
不同近地表土壤水文条件下雨滴打击对黑土坡面养分流失的影响·····	安 娟,郑粉莉,李桂芳,等 (7579)
煤电生产系统的能值分析及新指标体系的构建·····	楼 波,徐 毅,林振冠 (7591)
专论与综述	
东南亚高山森林植被变化对流域产水量的影响·····	张远东,刘世荣,顾峰雪 (7601)
干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展·····	胡广录,赵文智,王 岗 (7609)
利用农业生物多样性持续控制有害生物·····	高 东,何霞红,朱书生 (7617)
研究简报	
洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征·····	刘 刚,沈守云,闫文德,等 (7625)
氯氰菊酯和溴氰菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响·····	黄 林,刘昌利,韦传宝,等 (7632)
学术信息与动态	
SCOPE-ZHONGYU 环境论坛(2011)暨环境科学与可持续发展国际会议成功举办·····	(7639)
《生态学报》3 篇文章入选 2010 年中国百篇最具影响国内学术论文 等·····	(I)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2011-12	



封面图说: 泥炭藓大多生长在多水、寒冷和贫营养的生境,同时有少数的草本、矮小灌木也生长在其中,但优势植物仍然是泥炭藓属植物。泥炭藓植物植株死后逐渐堆积形成泥炭。经过若干年的生长演变,形成了大片的泥炭藓沼泽。这种沼泽地有黑黑的泥炭,绿绿的草甸和亮晶晶的斑块状水面相间相衬,远远看去就像大地铺上了锦绣地毯一样美丽壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

黄静,崔胜辉,李方一,邱全毅,马克明. 厦门市土地利用变化下的生态敏感性. 生态学报, 2011, 31 (24): 7441-7449.

Huang J, Cui S G, Li F Y, Qiu Q Y, Ma K M. Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (24): 7441-7449.

厦门市土地利用变化下的生态敏感性

黄 静^{1,2,3,4}, 崔胜辉^{2,3,*}, 李方一^{2,3,4}, 邱全毅^{2,3,4}, 马克明¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085;

2. 中国科学院城市环境研究所 中国科学院城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021;

3. 厦门市城市代谢重点实验室, 厦门 361021; 4. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:当前,城市化与全球变化背景叠加,海岸带生态系统发生了巨大的变化,沿海城市在全球变化下的脆弱性、敏感性与适应能力等问题已经成为政府和科学界关注的重要问题。土地利用变化是导致生态系统敏感性的重要因素之一。以厦门市作为沿海城市的典型代表,对近 20 a 土地利用变化下的生态敏感性进行系统研究。分析了城市建设用地扩张、围填海等主要土地利用活动对生态敏感性的影响机制;其次建立土地利用变化下的生态敏感性指数,并分析其变化过程;最后通过 ArcGIS 图层叠加计算功能,获得生态敏感性空间分布状况。结果表明:1987—2007 年厦门市城市建设用地面积由 1987 年的 67.48 km²,增加为 2007 年的 308.21 km²,扩张了 4.57 倍,主要为蚕食农业用地和林地而来;海岸线长度由 1987 年的 290.19 km,增加为 1992 年的 343.23 km,而后减小为 2007 年的 299.93 km,围垦养殖活动使得岸线变得曲折,填海造地活动导致岸线变得平滑。厦门市土地利用强度由 1987 年的 2.44 逐年增加为 2007 年的 2.52,生态系统服务价值总体呈现减小的趋势,由 1987 年的 7.39×10⁹ 元减少到 2007 年的 7.02×10⁹ 元,土地利用强度与生态系统服务价值呈现负相关关系。土地利用变化下的生态敏感性指数由 1992 年的 1.50 增加为 1997 年的 4.94,而后减小为 2002 年的 4.12,再增加为 2007 年的 4.47。整体而言,近 20 a 来厦门市生态系统对土地利用变化的敏感性灵敏响应程度不很剧烈,生态敏感性高的区域主要位于沿海区域。

关键词:土地利用变化;沿海城市;生态敏感性;生态系统服务价值;厦门市

Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes

HUANG Jing^{1,2,3,4}, CUI Shenghui^{2,3,*}, LI Fangyi^{2,3,4}, QIU Quanyi^{2,3,4}, MA Keming¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

3 Xiamen Key Laboratory of Urban Metabolism, Xiamen 361021, China

4 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The coastal zone is considered as the most dynamic natural environment, providing goods and services essential to human beings. Due to diverse natural and human pressures, many coastal cities are experiencing severe environmental problems such as climate change, sea level rise, coastal erosion, environmental pollution and so on. Land use change is the apparent and widespread consequences of urbanization and global environment changes, which has important impacts on coastal zones, such as directly altering geomorphological configurations, influencing ecosystems and ecosystem services provision, and increasing coastal city's vulnerability.

The presence of a perturbation or stress, sensitivity of the affected entity and the system's capacity to cope or respond (resilience) are major elements in the vulnerability analysis of a social-economic-natural complex ecosystem. Sensitivity in this sense is defined as the interaction within the system, between the systems or inside the complex ecosystem used to

基金项目:国家自然科学基金项目(40701059);科技部国际合作项目(2009DFB90120)

收稿日期:2010-08-17; **修订日期:**2011-10-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shcui@iue.ac.cn

characterize the response level the system according to changes in its internal or external factors. This paper presents a new approach to ecological sensitivity assessment under the vulnerability research frame, and the sustainable supply of ecosystem services is employed as a measurement of human well-being under the influence of global change threats, such as land use change.

The paper took Xiamen, a coastal city in Fujian Province, as an example to study ecological sensitivity to land use changes from the year 1987 to 2007. Firstly the ecological sensitivity mechanism of the major land use activities was analyzed, such as urban construction land expansion and reclamation. Then the Ecological Sensitivity Index (ESI) to land use change was defined as the ratio of the variation of ecosystem services value to the variation of Land Use Intensity, and the dynamic changes of ESI are calculated in detail from the year 1987 to 2007. Finally, using the layer calculation function of Geographic Information System (GIS) technology, the spatial distributions of ecological sensitivity were derivate. The results showed that construction land area increased significantly from 67.48 km² in 1987 to 308.21 km² in 2007, as much as 4.57 times. The sustained expansion of construction land came from agricultural land and forest. From the year 1987 to 2007, shoreline length of Xiamen City experienced an increase-decrease process, from 290.19 km in 1987, 343.23 km in 1992, to 299.93 km in 2007. The reclamation aimed at aquiculture causing the coastal line to zigzag and fragment, while the reclamation for transportation or construction land causing the shoreline smoother and shorter. The Land Use Intensity increased from 2.44 in 1987 to 2.52 in 2007, while the ecosystem services value showed a generally decreasing trend of 7.39×10^9 Yuan in 1987 to 7.02×10^9 Yuan in 2007. The mechanism research of the ecosystem sensitivity to land use change indicated that Land Use Intensity and the ecosystem services value showed an opposite trend and Land Use Intensity increased inversely with the decline of the ecosystem services value. The ESI increased from 1.50 in 1992 to 4.94 in 1997, then decreased to 4.12 in 2002, and finally increased slowly to 4.47 in 2007. Overall, in the past twenty years, the level of ecosystem affected by land use changes was not very severe. Most of the high ecological sensitivity areas located in the coastal area.

Key Words: land use changes; coastal city; ecological sensitivity; ecosystem service value; Xiamen City

目前全球约60%的人口以及2/3人口超过250万的大城市位于海岸带地区,沿海城市对于人类的生存和发展起着举足轻重的作用^[1]。城市化与全球变化背景叠加,使全球范围的海岸带系统发生了巨大变化,沿海城市在全球变化下的脆弱性、敏感性与适应能力等问题已经成为政府和科学界关注的重要方向^[2-3]。

传统生态敏感性评价是指在现有自然环境背景下,人类活动干扰和自然环境变化导致发生区域生态或环境问题的难易程度及其可能性大小,也就是生态环境问题出现的概率大小^[4-9]。全球变化背景下,脆弱性从暴露、敏感性和适应性(恢复力)等方面开展研究,敏感性研究转为在脆弱性框架下展开,是影响脆弱性程度的一个因素。IPCC报告中提出了气候变化下敏感性是指一个系统对气候条件变化的响应程度(比如,由于一定的温度或降水变化引起的生态系统组成、结构和功能,包括初级生产力的变化程度)^[10]。欧洲ATEAM项目拓宽了IPCC脆弱性的概念,环境变化不仅涵盖气候变化,还包括其他全球变化如社会经济因素变化、大气温室气体浓度变化、土地利用变化等,敏感性是指人类-环境系统受到环境变化的正面或负面影响的程度^[11]。综合各学科领域关于敏感性的定义与应用,本论文认为敏感性是指在系统内部、系统与系统之间、复合系统之间相互作用的关系网中,表征某个系统由于其内部或外部因素变化而产生响应的程度^[12]。

当前对于土地利用变化的研究多集中在土地利用变化过程以及驱动力分析上,专门针对沿海城市生态系统在土地利用变化下的敏感性响应研究还不多见。本文以厦门市作为研究区域,建立的敏感性研究方法能够评价生态系统对土地利用变化的响应灵敏程度,识别出受土地利用变化影响的重点区域,研究结果将成为脆弱性研究的一个部分,为厦门市土地利用规划和海岸带综合管理提供依据。

1 研究方法

1.1 敏感性研究框架

本文认为敏感性研究应该包括敏感性分析与敏感性评价两方面内容,如图 1 所示:敏感性分析主要分析研究主体(如自然生态系统、社会-经济系统、社会-经济-自然复合生态系统)“为什么敏感?”和“有多敏感?”;在敏感性分析基础上,敏感性评价研究主体系统受到内部或外部因素变化的影响程度,“敏感结果”包括系统特征、受影响程度及时间、空间分布等^[12]。

按照上述研究框架,首先进行厦门市生态系统对土地利用变化的敏感机制分析,明确生态系统服务价值与土地利用强度的相关性;其次,借助生态系统服务价值作为工具,建立生态敏感性指数,对 1987—2007 年厦门市土地利用变化下的生态敏感性进行评价;最后对生态敏感性进行时间、空间分布表征,识别出厦门市生态敏感性高的区域。

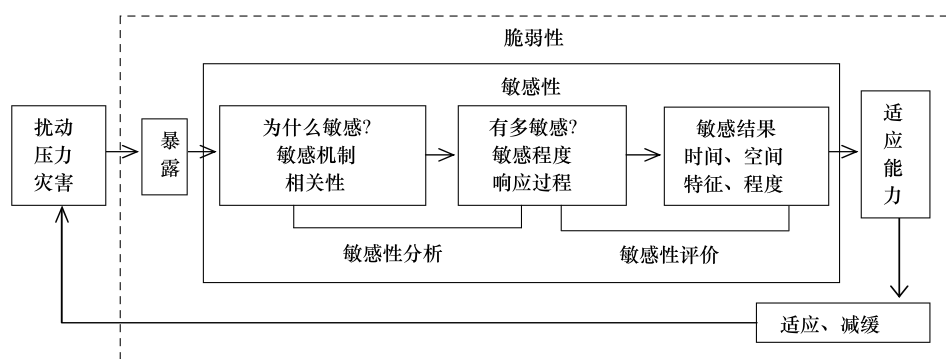


图 1 脆弱性研究框架

Fig. 1 Vulnerability research framework

1.2 研究区概况

厦门市位于东经 $117^{\circ}53'—118^{\circ}27'$, 北纬 $24^{\circ}25'—24^{\circ}55'$, 地处我国东南沿海——福建省东南部、九龙江入海处, 背靠漳州、泉州平原, 濒临台湾海峡, 面对金门诸岛, 与台湾岛和澎湖列岛隔海相望, 陆域面积约 1565 km^2 , 海域面积约 390 km^2 。

厦门是闽南“金三角”经济、文化的中心, 国际海运交通的要道, 是一个国际性港口及风景城市。现辖思明、湖里、集美、海沧、同安和翔安 6 个行政区, 共有 13 个镇、24 个街道、155 个村委会和 313 个社区居委会。2009 年户籍人口 1.77×10^6 人, 常住人口 2.52×10^6 人, GDP 总量为 1.74×10^{11} 元, 按常住人口计算, 人均 GDP 为 6.90×10^4 元。城市工业化水平较高, 三次产业比例为 1.2:47.3:51.6^[13]。

1.3 数据来源

厦门市土地利用资料来源于 1987、1992、1997、2002 和 2007 年的 Landsat-TM 影像(分辨率为 30 m), 应用遥感和 GIS 技术提取各时期的海岸带土地利用的数字化信息。另外, 收集厦门地形图、植被分布图、行政区划图等帮助图像解译。根据遥感数据和电子地图提供的植被信息, 把厦门市土地利用类型划分为农业用地、林地、淡水水域、建设用地、未利用地、滩涂和近海水域 7 类。

1.4 土地利用变化下的生态敏感性分析

目前对土地变化的生态效应产生过程与机理方面的规律总结得还较少^[14], 敏感机制研究较难进行明确的定量表征。厦门城市化进程中, 最主要的土地利用方式为建设用地扩张及围填海活动^[15], 研究土地系统和生态系统二者的耦合变化关系, 探讨土地利用强度与生态系统服务价值的相关性, 将为敏感性评价提供研究基础。

1.4.1 土地利用强度计算

土地利用方式变化的频率有强有弱、幅度可大可小, 造成的环境问题也存在差异, 在土地利用强度较高的

沿海城市,土地利用变化往往是生态系统变化的重要驱动力之一。

土地利用强度指数:

$$L = \sum_{i=1}^n (G_i \times C_i) \times 100\% \quad (1)$$

式中, L 代表研究区土地利用强度指数, G_i 代表第 i 种土地利用类型的强度等级值, C_i 代表第 i 种土地利用类型面积占研究区总面积的比例, n 代表研究区土地利用类型的数量。土地利用类型根据其自然状态被人为干扰的程度进行分级,等级越高代表受到人为干扰的程度越高,未利用地为 1 级,林地、淡水水域、滩涂、近海水域为 2 级,农业用地为 3 级,建设用地为 4 级^[16]。

1.4.2 生态系统服务价值计算

土地利用变化带来地表结构的巨大变化,影响生态系统物质循环和能量流动等生态过程,对生态系统的结构和功能造成影响,进而影响生态系统服务和人类福祉^[17-18]。土地利用变化引起区域生态系统服务变化已引起广泛关注^[19],通过生态系统服务价值评估将区域大气、土壤、水等多个生态系统的变化综合到一起,从宏观层面反映生态系统受到土地利用变化的影响。本文参考已有研究^[20],将各种土地利用类型分别归并为农田、森林、湿地 3 类自然生态系统或人工生态系统,其中,农田生态系统包括农业用地,湿地生态系统包括淡水水域、近海水域和滩涂,森林生态系统包括林地,生态系统服务价值计算如公式(2)所示。建设用地和未利用地归入人工生态系统,生态系统服务价值暂不做评价:

$$ESV = \sum_{i=1}^n (A_i \times VC_i) \quad (2)$$

式中, ESV 为生态系统服务价值; A_i 为第 i 种土地利用类型的分布面积; VC_i 为第 i 种土地利用类型单位面积的生态系统服务价值系数,根据高莉洁等的研究方法,基于谢高地等构建的中国生态系统服务价值当量表,选择厦门市单位当量的经济价值量进行计算^[21]。

1.5 土地利用变化下的生态敏感性评价

测定敏感程度可以借助某种特殊形式的计算、测量揭示各个影响因素同某项目或某系统的关联程度,衡量某项目或某系统对各因素的敏感程度,如目标变动百分比与因素变动百分比的比值^[22]。

本文建立土地利用变化下的生态敏感性指数,利用生态系统服务价值变化率与土地利用强度变化率的比值对生态系统在土地利用变化驱动下的敏感性响应灵敏程度进行表征:

$$I(j) = \left| \frac{\Delta ES_{(j-1,j)}}{\Delta LU_{(j-1,j)}} \right| = \left| \frac{(ES_j - ES_{j-1})/ES_{j-1} - 1}{(LU_j - LU_{j-1})/LU_{j-1} - 1} \right| \quad (3)$$

式中, $I_{(j)}$ 代表第 j 年土地利用变化的生态敏感性指数, $\Delta ES_{(j-1,j)}$ 代表第 $j-1$ 年至第 j 年生态系统服务价值变化率, $\Delta LU_{(j-1,j)}$ 代表第 $j-1$ 年至第 j 年土地利用强度变化率, ES_j 代表第 j 年生态系统服务价值, ES_{j-1} 代表第 $j-1$ 年生态系统服务价值, LU_j 代表第 j 年土地利用强度, LU_{j-1} 代表第 $j-1$ 年土地利用强度。以 $j-1$ 年作为研究基准年。

2 研究结果

2.1 厦门市土地利用变化下的生态敏感性分析

土地利用变化下的生态敏感性分析包括敏感机制和敏感程度分析,敏感机制分析土地利用变化过程及其与生态系统服务价值的相关性,敏感程度通过分析生态系统服务价值和土地利用强度的变化来表征。

2.1.1 厦门市土地利用变化过程

对于沿海城市厦门而言,土地利用变化过程不仅反映在建设用地扩张导致的各种土地利用类型转变,而且包括围填海活动导致的海岸线变化。

受城市化进程建设用地扩张的影响,1987—2007 年厦门市各类型土地利用面积变化如图 2 所示。建设用地面积由 1987 年的 67.48 km²,增加为 2007 年的 308.21 km²,2007 年面积是 1987 年的 4.57 倍。通过土地利用类型转移矩阵判断,主要为农业用地和林地转变而来,1987—2007 年,共有 232.631 km² 的农业用地面积

和 20.221 km² 的林地面积被建设用地蚕食。农业用地面积由 1987 年的 728.96 km², 减小为 2007 年的 442.69 km², 特别是 2002 年厦门市海湾型城市战略转变以来, 2002—2007 年厦门市农业用地面积减小了 216.46 km²。20 a 间, 林地面积由 1987 年的 658.10 km², 减小为 1997 年的 541.54 km², 而后增加为 2007 年的 664.42 km², 1997 年之后林地面积增加主要与实行退耕还林政策有关。

1987—2007 年厦门市海岸线变化如图 3 所示, 主要受围填海活动的影响, 海岸线长度由 1987 年的 290.19 km, 增加为 1992 年的 343.23 km, 而后下降为 2007 年的 299.93 km^[23]。1987—2002 年, 渔业围垦养殖大幅增加, 主要发生在马銮湾、同安湾等沿海区域, 围垦养殖活动导致岸线曲折, 岸线长度有所增加; 1997 年起, 城市建设加快推进, 填海造地活动迅速上升, 填海造地由岛内向岛外推进, 主要位于厦门岛西部、北部及东部的码头、机场及城市开发建设区域, 海沧东部、南部的码头及工业区建设区域, 以及同安湾、翔安西南部分区域及大嶝岛东部等地, 填海造地活动导致沿海岸线区域平滑, 岸线长度下降^[23]。

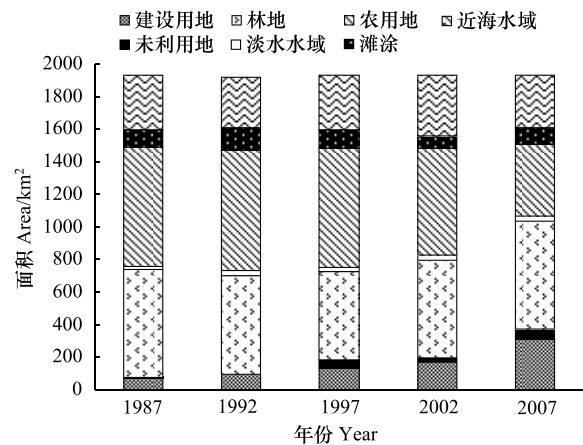


图 2 1987—2007 年厦门市各类型土地利用面积变化

Fig. 2 Land use changes of Xiamen City from Year 1987 to 2007

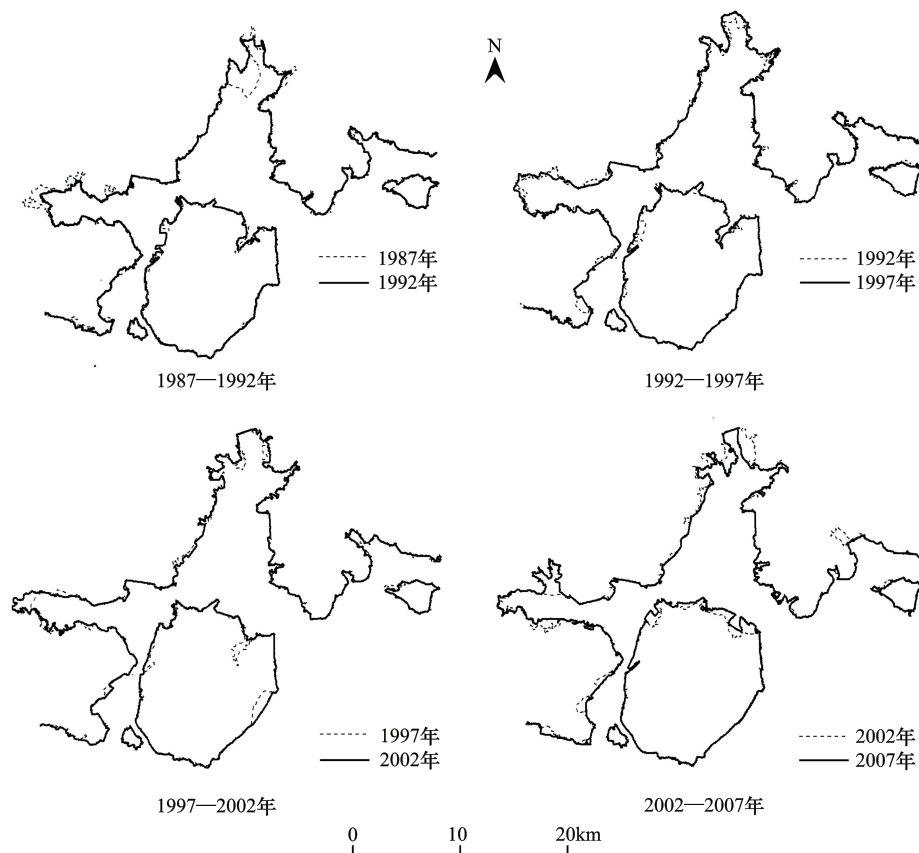


图 3 1987—2007 年厦门市海岸线变化

Fig. 3 Coastal line changes of Xiamen City from Year 1987 to 2007

2.1.2 土地利用变化与生态系统服务价值相关性研究

按照公式(1), 计算出厦门市土地利用强度, 如图 4 所示, 1987—2007 年厦门市土地利用强度不断增加,

由 1987 年的 2.44 逐年增加为 2007 年的 2.52。

按照公式(2),计算出 1987—2007 年厦门市生态系统服务价值,如图 4 所示,厦门市生态服务价值总量由 1987 年的 7.39×10^9 元,减少到 1997 年的 6.99×10^9 元,2002 年略微升高,达到 7.17×10^9 元,2007 年又下降为 7.02×10^9 元,总体呈现减小的趋势。

利用 SPSS13.0 软件对厦门市土地利用强度与生态系统服务价值进行相关性分析,计算 Pearson 相关系数。计算结果表明,厦门市土地利用强度与生态系统服务价值呈现负相关,相关性系数为 -0.834,结果通过 0.01 水平双边显著性灵敏性检验。

3.2 土地利用变化的生态敏感性评价

根据公式(3)计算出 1987—2007 年厦门市土地利用变化下的生态敏感性指数,如表 1 所示,1992 年的计算结果是以上一个年份即 1987 年作为基准年计算得出的,其他年份处理方式相同。1987—2007 年厦门市土地利用变化的生态敏感性指数呈现增加—减小—增加的变化过程,由 1992 年 1.50 增加到 1997 年的 4.94,而后减小为 2002 年的 4.12,再增加为 2007 年的 4.47。

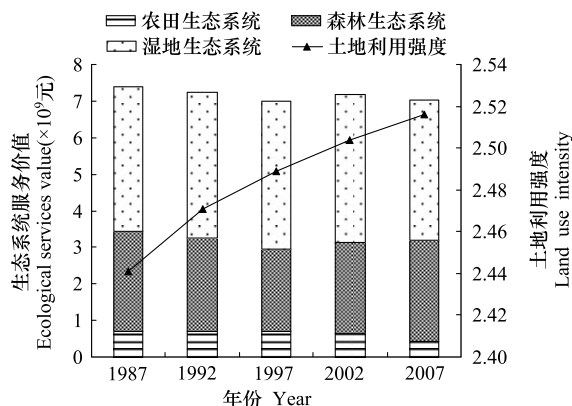


图 4 1987—2007 年厦门市生态服务价值及土地利用强度变化

Fig. 4 Changes of ecosystem services value and Land Use Intensity of Xiamen City from Year 1987 to 2007

表 1 1987—2007 年厦门市土地利用变化的生态敏感性指数

Table 1 Ecological Sensitivity Index to land use changes of Xiamen City from Year 1987 to 2007

年份 Year	1992	1997	2002	2007
敏感性指数 ESI	1.50	4.94	4.12	4.47

采用 ArcGIS 的空间处理功能,根据公式(3)对 1987—2007 年不同时段土地利用类型分布图进行叠加计算,获得 1992 年、1997 年、2002 年及 2007 年厦门市土地利用变化下的生态敏感性分布图,如图 5 所示。利用 Tabulate Area 操作功能,获得相应研究时段的土地利用类型转移矩阵。参考相关文献^[24],在综合分析生态敏感性指数特点的基础上进行等距重新分级,生态敏感性程度低区域(I 值为 1—8.47),生态敏感性程度中等区域(I 值为 8.47—15.95),生态敏感性程度高区域(I 值为 15.95—23.42)。生态敏感区域之外的面积为生态不敏感区域,主要为两种情况构成:其一,人工生态系统一般不转变为自然生态系统,形成人工生态系统后,对土地利用变化不存在生态敏感性,成为不敏感区域;其二,若研究前后两期土地利用类型不发生变化,生态系统服务价值也不发生变化,成为不敏感区域。

厦门市土地利用变化下的生态敏感性计算结果如表 2 所示。结果表明,虽然不同研究时期不同敏感类型的面积及比例各不相同,但总体而言,生态敏感性程度高的区域面积和比例均最小,生态敏感性程度中等的区域面积和比例次之,生态敏感性程度低的区域面积和比例最高。不同研究时期,不敏感区域均占据全市面积的大部分区域。

表 2 1987—2007 年厦门市土地利用变化的生态敏感性面积

Table 2 Ecological sensitivity area to land use changes of Xiamen City from Year 1987 to 2007

年份 Year	1992		1997		2002		2007	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
生态敏感性高区域	10.25	0.53	23.98	1.24	16.20	0.84	10.83	0.56
生态敏感性中等区域	25.29	1.31	102.23	5.29	94.69	4.90	106.39	5.50
生态敏感性低区域	241.16	12.48	178.44	9.23	104.19	5.39	241.47	12.49
生态不敏感区域	1656.10	85.68	1628.14	84.24	1717.70	88.87	1574.10	81.44

面积 Area; 比例 Proportion; 生态敏感性高区域 High ecological sensitivity area; 生态敏感性中等区域 Medium ecological sensitivity area; 生态敏感性低区域 Low ecological sensitivity area; 生态不敏感区域 Non-ecological sensitivity area

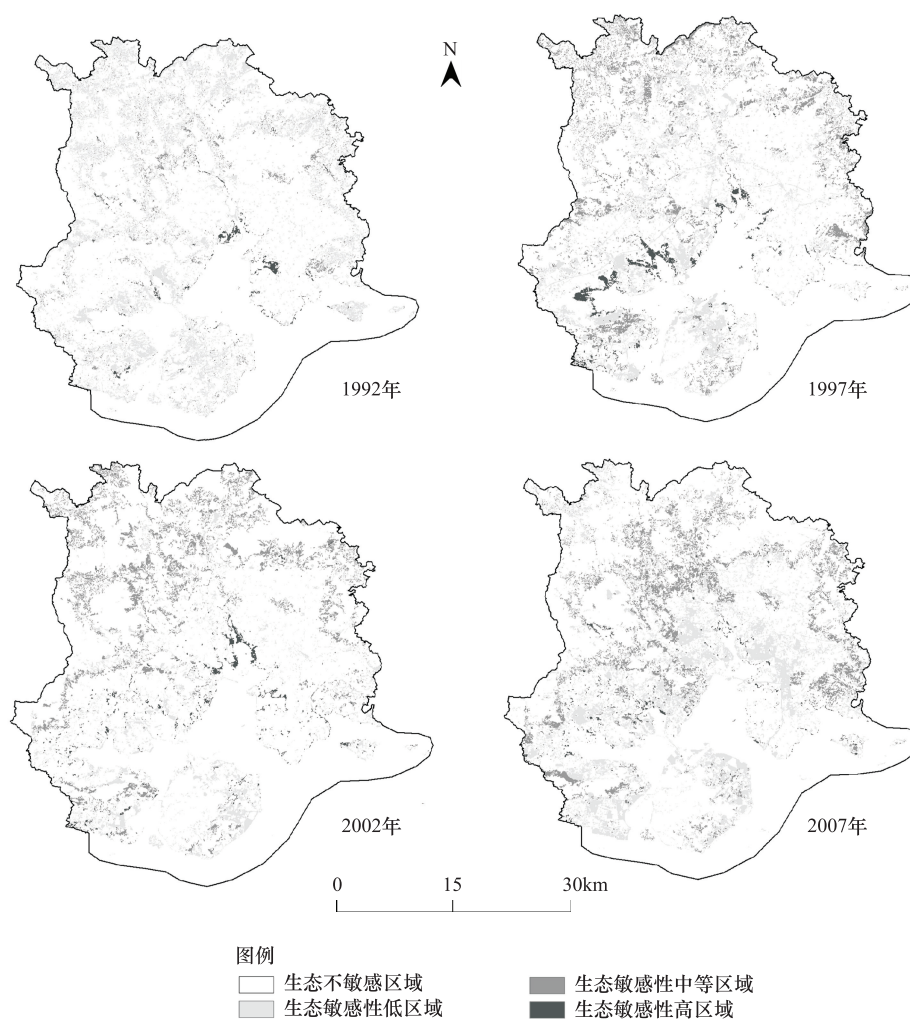


图5 1987—2007年厦门市土地利用的生态敏感性分布图

Fig.5 Distributions of ecological sensitivity area to land use changes of Xiamen City from Year 1987 to 2007

3 讨论

根据计算结果,1987—1992年厦门全市土地利用变化的生态敏感性处于较低状态,1992—2007年处于中等状态,除沿海部分区域外,生态系统对土地利用变化的敏感性响应不强,即近20 a来厦门市生态系统在土地利用变化驱动下受影响的程度不很剧烈。

土地利用变化的生态敏感性高的区域说明该区域生态系统受土地利用变化的影响最大,应引起高度重视。从空间分布来看,1992年生态敏感性高的区域主要位于同安湾湾顶、东坑湾、杏林湾和西海域海沧区的部分区域;1997年生态敏感性高的区域面积大幅增加,集中分布于马銮湾、杏林湾及同安湾沿岸大部分区域;2002年生态敏感性高的区域面积开始减小,分布于同安湾沿岸部分区域;2007年生态敏感性高的区域面积继续减小,仅零星分布于沿岸小部分地区。生态敏感性程度高的区域主要发生在海陆交界地带,1987—2002年近岸海域围垦持续进行水产养殖活动,2002年之后,厦门市开展海岸带综合管理,控制开发近岸海域围垦养殖活动,敏感性程度高的区域大幅减少。生态敏感性程度中等区域主要为农用地转变为林地的区域,生态敏感性程度低的区域主要为自然生态系统向人工生态系统转变的区域。厦门市不敏感区域的基数很大,不敏感区域的主体为近岸海域,说明目前城市化进程开发的强度和规模,对海域生态系统的整体影响还不太强烈。本文仅对土地利用下的生态敏感性进行初步研究,以绝对值表征生态系统受土地利用变化影响的重要程度,可能掩盖了生态系统服务价值、土地利用强度增减变化对生态系统正面或负面的影响^[11,25],应在今后研究中

进一步加以完善。

研究表明,在厦门城市化不断推进过程中,土地利用变化导致生态用地面积相应缩小,生态系统服务发生变化,耦合生态系统服务价值变化和土地利用强度变化,能有效评价生态系统受土地利用变化影响的敏感程度。生态系统管理应针对不同生态敏感性的发生区域、发生机制和敏感程度,制定不同的生态系统管理与保护策略。生态敏感性高的区域主要出现在沿岸地区,围垦养殖极大增加了区域生态系统服务价值,但也导致生态环境恶化、水域生物多样性减少、近海生态系统结构变化等一系列问题^[26],应加强海岸带综合管理和海域环境保护的战略和行动计划,对围填海等开发活动进行科学安排,找到经济发展与环境保护的平衡点。针对城市化进程建设用地扩张导致的生态敏感性,合理规划,制定适宜的开发强度和规模,实现经济和环境的协调发展。

4 结论

敏感性分析和评价是敏感性研究的两个方面,分别代表着理论分析与实际运用。敏感性分析揭示全球变化背景下复合生态系统中各因素之间的相互关系,增强人们对客观规律的认识和理解;敏感性评价为决策者和公众提供直观的评价与预测信息,以便做出符合客观规律和人类自身利益的决策,二者相互依存,具有同等重要的地位^[12]。本文以厦门市作为沿海城市的典型代表,对近 20 a 土地利用变化下的生态敏感性分析和评价进行系统研究。敏感性分析研究表明,1987—2007 年,受城市建设和围垦养殖活动的影响,厦门市土地利用强度由 1987 年的 2.44 逐年增加为 2007 年的 2.52,生态系统服务价值由 1987 年的 7.39×10^9 元减少到 2007 年的 7.02×10^9 元,土地利用强度与生态系统服务价值呈现负相关关系。敏感性评价表明,厦门市土地利用变化下的生态敏感性指数由 1992 年的 1.50 增加为 1997 年的 4.94,而后减小为 2002 年的 4.12,再增加为 2007 年的 4.47,生态系统受土地利用变化的影响程度不很剧烈,土地利用变化的生态敏感性高的区域主要位于沿海区域。

生态系统服务直接关系人类福祉,本文通过建立土地利用强度与生态系统服务价值的相互关系,构建生态敏感性指数,评价厦门市土地利用变化下的生态敏感性,识别生态敏感区域。本研究结果可为我国沿海城市辨识土地利用变化的影响,科学管理土地的开发和利用提供借鉴。

致谢:颜昌宙、石龙宇老师对本文写作给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, Melillo J M. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 1997, 277(5325): 494-499.
- [2] Klein J T R, Nicholls R J. Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 1999, 28(2): 182-187.
- [3] IPCC. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change/Organization for Economic Cooperation and Development, 2001.
- [4] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1): 9-12.
- [5] Wang X K, Ouyang Z Y, Xiao H, Miao H, Fu B J. Distribution and division of sensitivity to water-caused soil loss in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 14-19.
- [6] Xu G C, Kang M Y, Zhao C J, Zhao W W, Qin Y H. Appraisal of eco-sensitivity on Fukang city. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2007, 43(1): 88-92.
- [7] Yang Z F, Xu Q, He M C, Mao X Q, Yu J S. Analysis of city ecosensitivity. *China Environmental Science*, 2002, 22(4): 360-364.
- [8] Yan L, Xu X G, Xie Z L, Li H L. Integrated assessment on ecological sensitivity for Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3117-3125.
- [9] Yu S, Wang Y, Li J, Wang X R. Appraisal of eco-sensitivity on small-sized industrial city in northern China: set the Shahe city as an example. *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 2008, 47(4): 501-508.
- [10] Watson R T, Zinyoera M C, Moss R H. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. IPCC Working Group II. 1996.
- [11] Schröter D, Acosta-Michlik L, Arnell A W, Araújo M B, Badeck F, Bakker M, Bondeau A, Bugmann H, Carter T, de la Vega-Leinert A C, Erhard M, Espinoira G Z, Ewert F, Friedlingstein P, Fritsch U, Glendinning M, Gracia C A, Hickler T, House J, Hulme M, Klein R J T, Krukenberg B, Lavorel S, Leemans R, Lindner M, Liski J, Metzger M J, Meyer J, Mitchell T, Mohren F, Morales P, Moreno J M, Reginster I, Reidsma P, Rounsevell M, Plumiers J, Prentice I C, Pussinen A, Sanchez A, Sabate S, Sitch S, Smith B, Smith J, Smith P, Sykes M Y, Thonicke K, Thuiller W, Tuck G, van der Werf G, Vayreda J, Wattenbach M, Wilson D W, Woodward F I, Zaehle S, Zierl B, Zudin S, Cramer W. Potsdam institute for climate impact research (PIK). ATEAM Final Report. Potsdam, 2004. [2010-09-02]. <http://www.pik-potsdam.de/>

ateam/.

- [12] Cui S H, Li F Y, Huang J, Yu Y X. Review of sensitivity research on the context of global change. *Advances in Earth Science*, 2009, 24(9): 1033-1041.
- [13] Editorial Board of Yearbook of Xiamen Special Economic Zone. *Yearbook of Xiamen Special Economic Zone 2010*. Beijing: China Statistics Press, 2010.
- [14] Shi L Y, Lu X, Cui S H. Research progress on ecological effects of land change. *China Land Science*, 2008, 22(4): 73-79.
- [15] Hua L Z, Cui S H, Huang Y F, Yin K, Xiong Y Z. Analyses of peri-urban land space dynamics in the rapid urbanizing process; a case study of Xiamen. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3509-3517.
- [16] Zhuang D F, Liu J Y. Study on the mode of regional differentiation of land use degree in China. *Journal of Natural Resource*, 1997, 12(2): 105-111.
- [17] Turner B L II, Skole D L, Sanderson G, Fischer L, Fresco L, Leemans R. Land-use and land-cover change science/research plan. IGBP Report No 35, IHDP Report No 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [18] Wang J L, Huang X J, Lu R C, Xiao S S, Zheng Z Q. Assessment on the vulnerability of ecosystem services to land use change — a case study of carbon stock of Taihu Lake District in Jiangsu Province. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(4): 556-563.
- [19] Kumar P. Payment for ecosystem services: emerging lessons. *Ecological Economy*, 2008, (4): 2-14.
- [20] Shi L Y, Cui S H, Yin K, Liu J. The impact of land use/cover change on ecosystem service in Xiamen. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(6): 708-714.
- [21] Gao L J, Shi L Y, Cui S H, Lin T, Yin K. Response of ecosystem services to land use change in Xiamen Island. *Ecological Science*, 2009, 28(6): 551-556.
- [22] Ma Y J, Huang X J, Xu M M, Zhong T Y, Du W X. Sensitivity analysis of ecosystem service value to coastal tideland development in Jiangsu Province. *China Land Science*, 2006, 20(4): 28-34.
- [23] Huang J, Cui S H, Qiu Q Y, Shi L Y, Ma K M. Estimates of exposure of a coastal city to spatial use changes — a case study in Xiamen. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2010, 17(4): 292-298.
- [24] Qiu P H, Xu S J, Xie G Z, Tang B A, Bi H, Yu L S. Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1257-1264.
- [25] Metzger M J, Leemans R, Schröter D. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7(4): 253-267.
- [26] Luo L, Shu T F, Wen Y M. Effects of aquaculture on coastal ecological environment. *Fisheries Science*, 2002, 21(3): 28-30.

参考文献:

- [4] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. *生态学报*, 2000, 20(1): 9-12.
- [5] 王效科, 欧阳志云, 肖寒, 苗鸿, 傅伯杰. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究. *生态学报*, 2001, 21(1): 14-19.
- [6] 徐广才, 康慕谊, 赵从举, 赵文武, 秦艳红. 阜康市生态敏感性评价研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2007, 43(1): 88-92.
- [7] 杨志峰, 徐俏, 何孟常, 毛显强, 鱼京善. 城市生态敏感性分析. *中国环境科学*, 2002, 22(4): 360-364.
- [8] 颜磊, 许学工, 谢正磊, 李海龙. 北京市域生态敏感性综合评价. *生态学报*, 2009, 29(6): 3117-3125.
- [9] 禹莎, 王原, 李敬, 王祥荣. 北方小型工业城市生态敏感性评价研究——以沙河市大沙河古河道地区为例. *复旦学报(自然科学版)*, 2008, 47(4): 501-508.
- [12] 崔胜辉, 李方一, 黄静, 于裕贤. 全球变化背景下的敏感性研究综述. *地球科学进展*, 2009, 24(9): 1033-1041.
- [13] 厦门经济特区年鉴编委. 2010 厦门经济特区年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [14] 石龙宇, 卢新, 崔胜辉. 土地变化的生态效应研究进展. *中国土地科学*, 2008, 22(4): 73-79.
- [15] 花利忠, 崔胜辉, 黄云凤, 尹锴, 熊永柱. 海湾型城市半城市化地区空间扩展演化——以厦门市为例. *生态学报*, 2009, 29(7): 3509-3517.
- [16] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 105-111.
- [18] 王佳丽, 黄贤金, 陆汝成, 肖思思, 郑泽庆. 区域生态系统服务对土地利用变化的脆弱性评估——以江苏省环太湖地区碳储量为例. *自然资源学报*, 2010, 25(4): 556-563.
- [20] 石龙宇, 崔胜辉, 尹锴, 刘江. 厦门市土地利用/覆被变化对生态系统服务的影响. *地理学报*, 2010, 65(6): 708-714.
- [21] 高莉洁, 石龙宇, 崔胜辉, 吝涛, 尹锴. 厦门岛生态系统服务对土地利用变化的响应研究. *生态科学*, 2009, 28(6): 551-556.
- [22] 马育军, 黄贤金, 许妙苗, 钟太洋, 杜文星. 江苏省沿海滩涂开发的生态系统服务价值响应研究. *中国土地科学*, 2006, 20(4): 28-34.
- [24] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 唐本安, 毕华, 余龙师. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析. *生态学报*, 2007, 27(4): 1257-1264.
- [26] 罗琳, 舒廷飞, 温琰茂. 水产养殖对近海生态环境的影响. *水产科学*, 2002, 21(3): 28-30.

CONTENTS

The community structure of endophytic bacteria in different parts of huanglongbing-affected citrus plants	LIU Bo, ZHENG Xuefang, SUN Daguang, et al (7325)
A research on the response of the radial growth of <i>Pinus koraiensis</i> to future climate change in the XiaoXing'AnLing	YIN Hong, WANG Jing, LIU Hongbin, et al (7343)
Efficiency and kinetic process of nitrogen removal in a subsurface wastewater infiltration system (SWIS)	LI Haibo, LI Yinghua, SUN Tieheng, et al (7351)
Designing nature reserve systems based on ecosystem services in Hainan Island	XIAO Yi, CHEN Shengbin, ZHANG Lu, et al (7357)
Assessing ecological services value of herbivorous wild animals in Changtang grassland: a case study of Tibetan antelope	LU Chunxia, LIU Ming, FENG Yue, et al (7370)
Spatial characteristics analysis of ecological system service value in QianJiang City of Hubei Province	XU Beishen, ZHOU Yong, XU Li, et al (7379)
Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan	LI Ningyun, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (7388)
Multi-scenarios analysis for wetlands ecosystem conservation based on connectivity: a case study on HuangHuaiHai Region, China	SONG Xiaolong, LI Xiaowen, ZHANG Mingxiang, et al (7397)
The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau	HAN Daorui, CAO Guangmin, GUO Xiaowei, et al (7408)
The relations of spectrum reflectance with inhomogeneous factors and albedo parameterization	ZHANG Jie, ZHANG Qiang (7418)
Groundwater ecological sensitivity assessment in the lower Liaohe River Plain based on GIS technique	SUN Caizhi, YANG Lei, HU Dongling (7428)
Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (7441)
Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China	ZHONG Linsheng, WANG Jing (7450)
Handicapping male-cheaters by stable mate relationship in yellow-bellied prinia, <i>Prinia flaviiventris</i>	CHU Fuyin, TANG Sixian, PAN Hujun, et al (7458)
Effects of dietary protein content and food restriction on the physiological characteristics of female <i>Microtus fortis</i>	ZHU Junxia, WANG Yong, ZHANG Meiwen, et al (7464)
Predator-prey system with positive effect for prey	QI Jun, SU Zhiyong (7471)
Volatile constituents of four moraceous host plants of <i>Apriona germari</i>	ZHANG Lin, WANG Baode, XU Zhichun (7479)
Relationship between adult emergence of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) and temperature and relative humidity	YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, WANG Bao, et al (7486)
Nest site selection and reproductive success of <i>Parus varius</i> in man-made nest boxes	LI Le, WAN Dongmei, LIU He, et al (7492)
A study on bio-ecology of the stopover site of waders within China's Yalu River estuary wetlands	SONG Lun, YANG Guojun, LI Ai, et al (7500)
The spatial-temporal change variations of temperature in Xilinguole steppe zone	WANG Haimei, LI Zhenghai, WU Lan, et al (7511)
The growth and photosynthetic responses of <i>Cleyera japonica</i> Thunb. seedlings to UV-B radiation stress	LAN Chunjian, JIANG Hong, HUANG Meiling, et al (7516)
Photosynthesis-transpiration coupling mechanism of wheat and maize during daily variation	ZHAO Fenghua, WANG Qiufeng, WANG Jianlin, et al (7526)
Comparison of the methods using stable hydrogen and oxygen isotope to distinguish the water source of <i>Nitratia Tangutorum</i>	GONG Guoli, CHEN Hui, DUAN Deyu (7533)
Effects of cold weather on seedlings of three mangrove species planted in the Min River estuary during the 2010 winter	YONG Shiquan, TONG Chuan, ZHUANG Chenhui, et al (7542)
Correlation between ecological factors and ginsenosides	XIE Caixiang, SUO Fengmei, JIA Guanglin, et al (7551)
Effects of pyrene on low molecule weight organic compounds in the root exudates of ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	XIE Xiaomei, LIAO Min, YANG Jing (7564)
Isolation of phosphate solubilizing fungus (<i>Aspergillus niger</i>) from <i>Caragana</i> rhizosphere and its potential for phosphate solubilization	ZHANG Lizhen, FAN Jingjing, NIU Wei, et al (7571)
Effect of raindrop impact on nutrient losses under different near -surface soil hydraulic conditions on black soil slope	AN Juan, ZHENG Fenli, LI Guifang, et al (7579)
Emergy analysis of coal-fired power generation system and construction of new emergy indices	LOU Bo, XU Yi, LIN Zhenguan (7591)
Review and Monograph	
The impact of forest vegetation change on water yield in the subalpine region of southwestern China	ZHANG Yuandong, LIU Shirong, et al (7601)
Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area	HU Guanglu, ZHAO Wenzhi, WANG Gang (7609)
Sustainable management on pests by agro-biodiversity	GAO Dong, HE Xiahong, ZHU Shusheng (7617)
Scientific Note	
Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems	LIU Gang, SHEN Shouyun, YAN Wende, et al (7625)
Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of <i>Brachionus calyciflorus</i>	HUANG Lin, LIU Changli, WEI Chuanbao, et al (7632)

《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 31 卷 第 24 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 24 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csppg.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