

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd^{2+} 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd^{2+} 的生物吸附特性	李维焕,孟 凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林 慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘 超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何 超,孟泉科,花 蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪 洋,王 刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程 琳,李 锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵 丹,李 锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张 勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙 军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文 娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白 杨,黄宇驰,王 敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

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

林佳, 宋戈, 宋思铭. 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例. 生态学报, 2011, 31(20): 5918-5927.

Lin J, Song G, Song S M. Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5918-5927.

景观结构动态变化及其土地利用生态安全 ——以建三江垦区为例

林 佳¹, 宋 戈^{1,*}, 宋思铭²

(1. 东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030;

2. 北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:景观结构动态变化及其土地利用生态安全是区域生态安全和可持续利用研究的重要组成部分。以建三江垦区为研究区, 利用遥感手段提取研究区 1992 年、2000 年和 2008 年的景观类型信息, 定量分析了研究区不同尺度的景观结构变化特征。阐明了景观结构变化下的研究区土地利用生态安全形成机制。定量计算研究区不同尺度的景观稳定性, 并结合 DPSIR 模型构建研究区土地利用生态安全综合评价指标体系, 对研究区的土地利用生态安全等级进行评价和分析。结果表明: 1992—2008 年, 研究区景观结构变化剧烈, 景观基质类型由沼泽湿地转为水田, 斑块形状复杂度和景观破碎度增加, 斑块空间分布表现为“聚合—分散—聚合”的变化特征; 土地利用行为对研究区景观结构产生破坏的同时也对其恢复起调控作用, 进而形成景观结构变化下的土地利用生态安全的不同状态, 研究区景观结构稳定性可以反映其土地利用生态安全水平; 研究期内研究区景观整体稳定性呈“稳定—非稳定—稳定”的复合稳定性特征, 土地利用生态安全呈“较安全—临界安全—较安全”的等级变化特征; 1992—2000 年, 旱田景观结构最稳定, 2000—2008 年, 景观结构最稳定类型转变为建设用地, 表明该类型土地利用生态安全水平最高, 2008 年, 沼泽湿地是最不稳定的景观类型, 土地利用生态安全水平最低。

关键词:景观结构; 土地利用; 生态安全; 景观稳定性; DPSIR 模型

Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area

LIN Jia¹, SONG Ge^{1,*}, SONG Siming²

1 College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

2 Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security is an important part of regional eco-security and sustainable use. This paper selected Jiansanjiang land reclamation area as the study area, got the landscape types of 1992, 2000 and 2008 by Remote Sensing (RS), quantitatively analyzed characteristics of changes of landscape structure of different scales of the study area and elucidated the formation mechanism of land use eco-security based on the variations of landscape structure. The paper quantitatively calculated the landscape structure stability of different scales, and established the comprehensive evaluation indicator system on eco-security of land use based on the DPSIR model to evaluate and analyze the eco-security level of land use in the study area. The results showed that: from 1992 to 2008 the landscape structure of the study area changed dramatically, the landscape matrix type of the study area turned from wetlands to rice paddies, the complexity of patch shape and landscape fragmentation was increased and patch

基金项目:国家自然科学基金(41071346); 黑龙江省青年学术骨干项目(1154G45); 国家科技支撑计划项目(2008BAD96B02)

收稿日期:2011-06-20; **修订日期:**2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songgelaoshi@163.com

distribution expressed as “aggregation-scattered-aggregation”; Land-use practices not only damaged the landscape structure of the study area, but also made predominant control impact on the recovery, thus the different states of the land use eco-security were formed based on the changes of the landscape structure. The landscape stability of the study area could reflect the status of land use eco-security; the overall landscape stability of the study area demonstrated the “stable-unstable-stable” complex stability and the status of land use eco-security demonstrated the “near safety-critical safety-near safety” dynamic characteristics; from 1992 to 2000, the landscape structure of dry land was the steadiest. From 2000 to 2008, the steadiest type of transformation turned from dry land to construction land, indicating that construction land was at the highest level of land use ecological security. In 2008, the wetland was the most unstable landscape, and it was also at the lowest level of land use ecological security.

Key Words: landscape structure; land use; ecological security; landscape stability; DPSIR model

区域景观结构动态变化及其土地利用生态安全研究,是区域生态安全和可持续利用研究的重要组成部分,是保障区域景观生态平衡、合理制定区域土地利用规划和指导区域生态建设的基础^[1]。景观结构变化是景观生态学研究的核心内容之一^[2-3]。随着人类经济、社会的发展,土地利用行为对区域景观结构和功能的影响加剧,在人类活动强烈的地区,土地利用行为是区域景观结构变化的主要驱动力和干扰因素^[4-5],并由此产生一系列生态安全问题。目前,土地利用生态安全没有统一且被普遍认可的定义,本文从景观结构和土地利用相互作用的生态过程出发,认为景观结构变化下的土地利用生态安全是指在人为干扰强烈的地区,景观自身结构和功能受到土地利用行为的破坏和恢复的生态过程,以及人类土地可持续利用行为不受威胁的状态。景观生态学的兴起和发展、生态安全研究的发展和“3S”技术的广泛应用为景观结构变化与土地利用生态安全研究提供了理论和方法^[3-6],相关研究主要集中在环境变化与生态安全格局^[6-8]、土地利用生态安全评价^[9-13]、景观结构的土地利用生态过程和生态过程中的土地可持续利用研究^[14],景观结构变化与土地利用生态过程中的相互关系及其调控机制等问题,仍是整个景观生态学领域中亟待解决的重要问题之一^[15],且对不同尺度的区域景观结构、功能的变化特征及其土地利用生态过程中的整体安全性的动态研究较少,尤其从景观结构稳定性角度对景观结构变化下的土地利用生态安全进行评价分析的研究尚不多见。

本文以人地作用强烈的建三江垦区为例,利用“3S”手段对研究区景观结构变化进行定量分析;阐明景观结构变化下的研究区土地利用生态安全形成机制;从生态系统稳定的角度对不同尺度的景观稳定性进行量化研究,同时结合 DPSIR 模型构建景观结构动态变化下的研究区土地利用生态安全评价指标体系,并进行等级评价和分析,从而掌握其景观结构动态变化过程中的土地利用生态安全状态,为保障研究区景观结构、功能稳定和实现该区域土地资源可持续利用提供依据。

1 研究区概况

建三江垦区是黑龙江农垦总局下属的最大国有农场群,经过 40 多年的开发建设,该地区人地作用强烈,是研究景观变化及其土地利用生态安全问题的典型地区。本文以黑龙江农垦总局建三江分局(垦区)所辖区域为研究区,不包括洪河自然保护区。建三江垦区位于黑龙江、松花江、乌苏里江三江汇流的河间地带,是我国著名的低平原沼泽区,地理坐标东经 132°31′38″—134°32′19″,北纬 46°49′47″—48°12′58″。研究区地势西南高、东北低,总趋势由西南向东北倾斜,海拔高程 60—626m。土壤主要为草甸土、白浆土和沼泽土,占耕地和宜耕荒地总面积的 80%。长期以来的垦殖、开采、放牧,天然植被遭到一定程度的破坏,2008 年,该区森林覆盖率只有 10.50%,水土流失总面积 4.69 万 km²。近年来,垦区不断注重生态建设,在一定程度上改善了生态环境。目前,已经治理的水土流失面积为 1.07km²,占水土流失总面积的 22.81%;实现国内生产总值 75.1 亿元,完成预定目标的 112%,其中第一产业增加值 54.8 亿元,第二产业增加值 7.2 亿元,第三产业增加值 13 亿元,同比增长分别为 31.1%、15.2% 和 13%。

2 数据来源与景观类型提取

2.1 数据来源

本研究以 1992 年、2000 年和 2008 年的三时相 TM、ETM 遥感影像为基础数据,以建三江垦区土地利用现状图、规划图和研究区 1:5 万地形图等图件为辅助图件数据。本研究相关社会经济数据来源于《黑龙江省垦区统计年鉴》(1992—2009 年)和黑龙江省垦区统计部门的相关统计资料。

2.2 景观类型提取

本文在 ENVI4.7 软件的支撑下对影像数据进行最佳波段组合、几何校正、镶嵌、数据融合、图像掩膜、图像增强等一系列遥感解译预处理。本文针对拟分类地物的光谱特征,采用不同的增强手段,结合软件的监督分类和非监督分类功能,逐层提取信息并制作相应的模板,将已经提取的信息从图像上掩膜掉,以消除它对其它地物类型提取的影响,最后将逐层分类的结果叠加成最后分类结果。根据影像解译过程中对研究区主要景观类型的分析以及研究的需要,本研究共分了 7 种景观类型,分别为沼泽湿地、旱地、水田、林地、草地、水域、建设用地七大类(图 1);其中,沼泽湿地包括沼泽、滩涂以及水深不足 6m 的水域,水域为水深大于 6m 的水体。分类结果经过验证,分类精度符合要求。

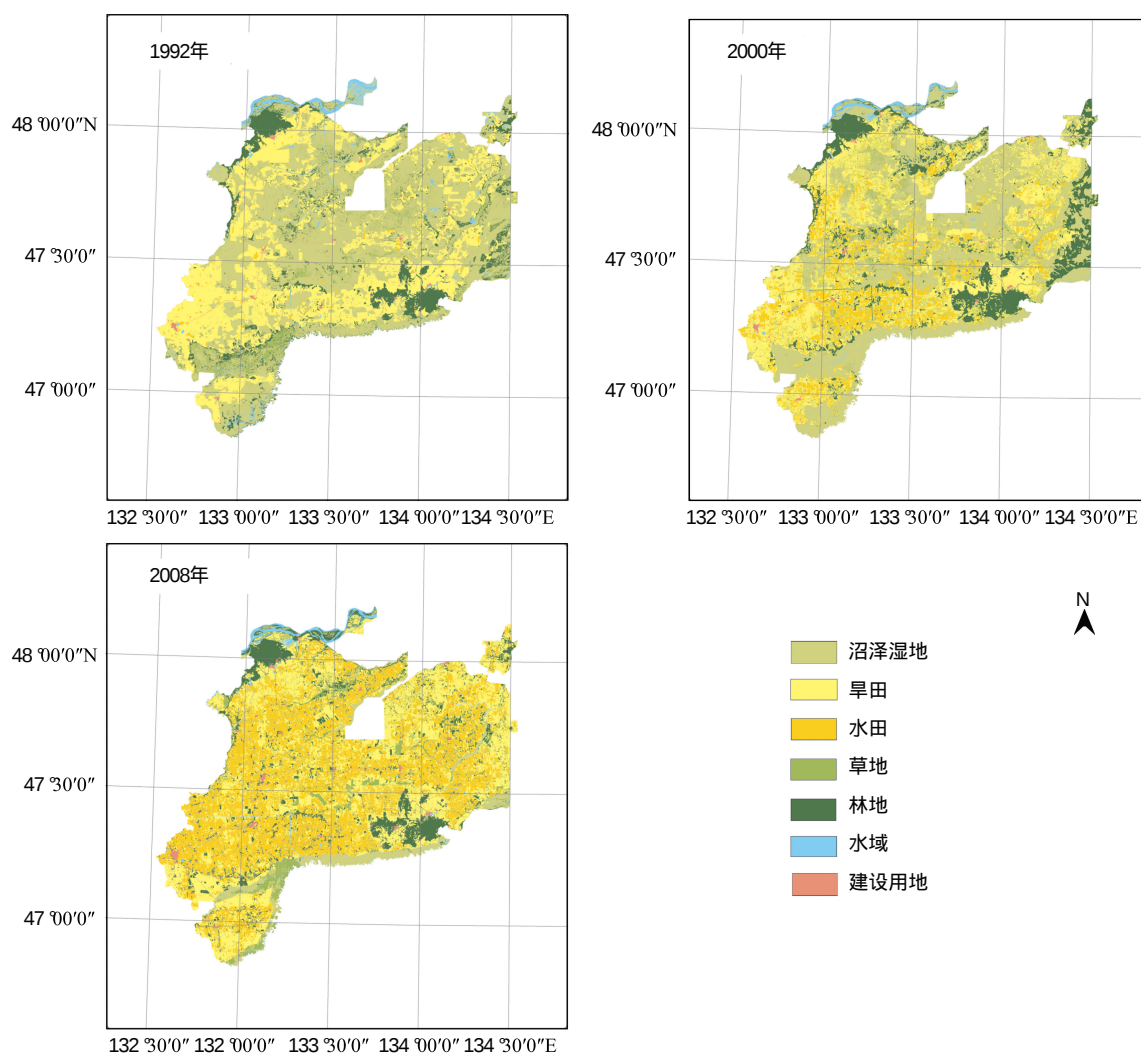


图 1 不同时期研究区景观类型及其分布

Fig. 1 Landscape types and distribution of the study area in different period

3 研究区景观结构动态变化

传统景观生态学的景观结构是指景观的组分构成及其空间分布形式,包括景观的空间特征和非空间特征,景观格局包括景观组分的空间分布和组合特征^[3-4]。本文的景观结构变化研究包括景观组成变化和景观空间格局变化。

3.1 研究区景观总体结构特征变化

目前已经有许多用来分析景观组成和景观格局的指标,本文选取斑块数量、斑块周长和景观形状指数来表现研究区景观组成特征,选取斑块密度、最大斑块指数、平均斑块分维数、Shannon 多样性指数、聚集度和聚合度^[2,5,16-17]来表现研究区各景观空间格局特征。通过 ArcGIS9.2 软件实现解译后的遥感数据的转换,并基于 Fragstats 3.3 软件的指数计算功能,分别对 1992 年、2000 年和 2008 年的各指数进行计算(表 1、表 2),具体计算功能见 Fragstats 3.3 软件说明。

表 1 不同时期研究区景观组成特征变化

Table 1 Dynamic characteristics of landscape structure in different period

指标 Index	指标说明 Introduction	年份 Year		
		1992	2000	2008
斑块数量 NP/个	景观的斑块数量,越大景观越破碎	104161	159313	65102
斑块周长 PERIM/万 m	反映景观的斑块边缘复杂程度	11394	20240	12461
景观形状指数 LSI	计算景观形状与相同面积的圆的形状偏差程度,反映景观形状起伏复杂程度	131.85	232.93	144.03

表 2 不同时期研究区景观空间格局特征变化

Table 2 Dynamic of landscape spatial pattern characteristics in different period

指标 Index	指标说明 Introduction	年份 Year		
		1992	2000	2008
斑块密度 PD/(个/100km ²)	表示每 100km ² 面积中斑块数目所占比例,可以反映景观破碎化程度	8.71	13.32	5.44
最大斑块指数 LPI/%	表示最大斑块对整个类型或者景观的程度,其值的变化可以改变干扰的强度和频率,反映人类活动的方向和强弱	33.46	8.29	5.63
平均斑块分维数 FRAC-MN	描述斑块几何形状的复杂程度,形状越简单,越有规律,越趋近于 1	1.04	1.07	1.06
Shannon 多样性指数 SHDI	其值的大小可以敏感反映景观的多样性、异质性和景观中个斑块在面积上分布的不均匀程度	1.17	1.56	1.43
聚集度 CONTAG/%	描述景观里不同斑块类型的非随机性或团聚程度	61.95	47.77	54.01
聚合度 AI/%	栅格格式数据中各属性网格的聚合程度	92.90	87.36	92.24

计算结果表明,1992—2008 年,研究区的景观整体结构变化明显;1992—2000 年,研究区景观破碎度增加,斑块形状变得复杂,景观类型分布趋向于分散;2000—2008 年,研究区景观破碎度降低,斑块形状的复杂程度略微下降,景观类型分布趋向于聚合。

3.2 研究区各景观类型结构特征变化

表现景观类型结构特征的指标数量不多,本文选取景观比例、斑块数量、斑块周长和景观形状指数来表现研究区各景观类的组成特征,选取边缘密度、斑块分维数和聚合度来表现研究区各景观类型的空间格局特征。基于 Fragstats3.3 软件的指数计算功能,分别对 1992 年、2000 年和 2008 年的各指数进行计算(表 3、图 2)。

计算结果表明,1992—2008 年,沼泽湿地的面积迅速下降,减少了 92.19%,景观形状变的复杂,且与外界物质交换的能力变差,景观的分布由聚合到分散到再聚合;水田的面积在 17a 间增长了 42 倍,虽然景观形状变得复杂,但是总体与外界物质交换的能力增加,景观的分布呈现出“聚合-分散-聚合”;旱田的面积 2000—2008 年迅速增加,涨幅为 24.09%,景观与外界的物质交换能力下降,但是景观分布的聚合度上升;林地面积

变动幅度不大,景观与外界的物质交换能力和景观分布的聚合度都呈先下降后上升的趋势,斑块形状逐渐变的复杂;草地的面积呈波动变化,景观的形状复杂程度、物质交换能力都呈先上升后下降的趋势,景观分布的聚合度水平最低,说明其分布最为分散;水域和建设用地所占面积较小,水域面积变化幅度不大,建设用地面积呈逐年上升趋势,面积扩大了1.44倍。

表 3 不同时期研究区各景观类型组成变化特征

斑块类型 Types	景观比例 Landscape percent/%			斑块数量 Number/个			斑块周长 /万 m			景观形状指数		
	1992	2000	2008	1992	2000	2008	1992	2000	2008	1992	2000	2008
	基质	基质	4.35	28768	19400	476	5018	3524	313	153.95	135.44	34.39
沼泽湿地	0.92	14.23	基质	1563	11907	2453	141	2403	3335	33.74	145.63	120.95
水田	28.63	28.55	35.42	7353	25706	12097	1737	6326	4096	74.21	270.6	157.33
旱田	8.67	10.95	10.50	33117	4726	9409	2187	961	1874	169.86	66.42	132.15
林地	3.27	8.71	6.58	24861	93480	23005	1590	6566	1809	200.75	508.25	161.3
草地	2.37	1.36	1.99	8094	3768	10042	601	321	600	89.14	62.86	97.15
水域	0.6	0.84	1.45	405	326	7620	120	139	434	35.66	34.76	82.28
建设用地												

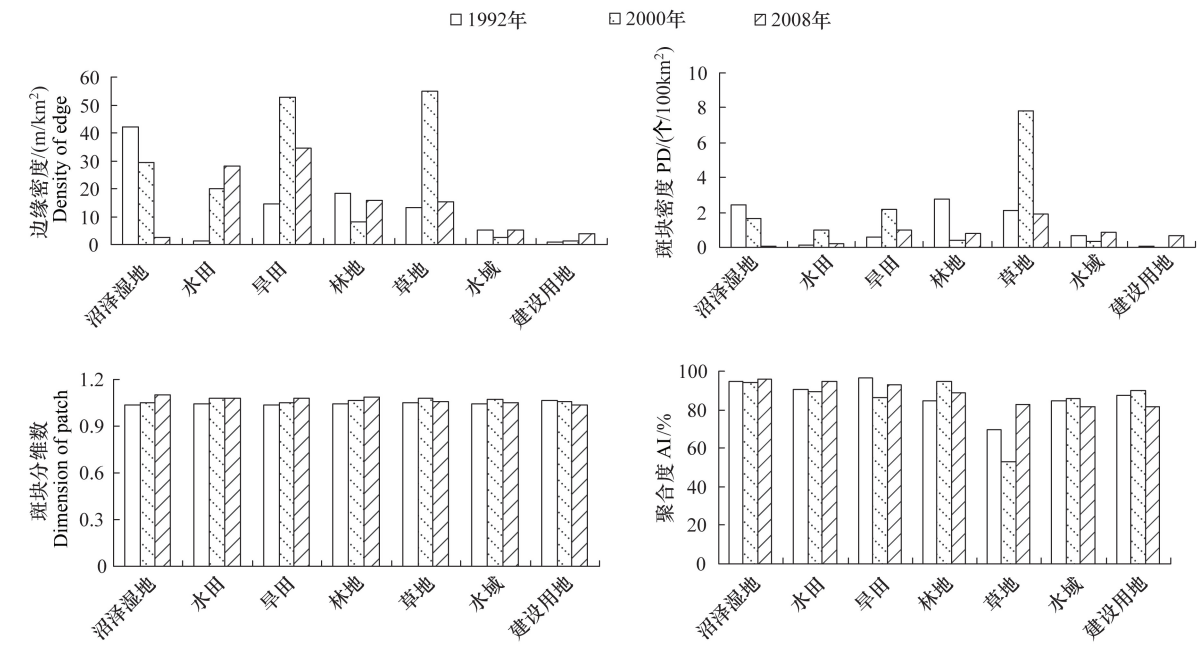


图 2 不同时期研究区各景观类型空间格局特征变化

Fig. 2 Dynamic spatial pattern characteristics of landscape type in different period

4 景观结构变化下研究区土地利用生态安全形成机制

研究区景观结构变化特点和实际情况表明,该地区自然因素和土地利用因素是研究区景观结构变化的驱动力因素,通过对研究区景观结构变化特征的研究看出,1992—2008年间研究区景观结构发生剧烈变化,并以水田、旱田面积的扩大和沼泽湿地面积的减少为主要变化特征,说明土地利用因素为该地区景观变化的主要驱动力;自然因素和土地利用因素对景观结构变化产生直接干扰,而由二者产生的自然灾害和人为环境影响对研究区的景观结构造成间接干扰;人为干扰的产生会对研究区的景观结构和功能造成破坏,景观结构进入不稳定状态,同时,其保障区域资源可持续利用能力减弱,土地利用生态安全等级下降;虽然景观结构自身对破坏具有抗性和恢复性,但周期较长,短期内恢复效果不明显,而人类在感知到变化之后,采取直接或间接的控制管理措施,使景观结构对破坏的抗性、恢复性迅速增强,景观结构和功能恢复,景观结构稳定性增强,其

保障区域资源可持续利用能力增强,土地利用生态安全等级上升;这一生态过程表明土地利用行为对研究区景观结构产生破坏的同时也对其恢复起调控作用,进而形成景观结构变化下的土地利用生态安全的不同状态,研究区景观结构稳定性与其土地利用生态安全等级呈正相关关系(图3)。

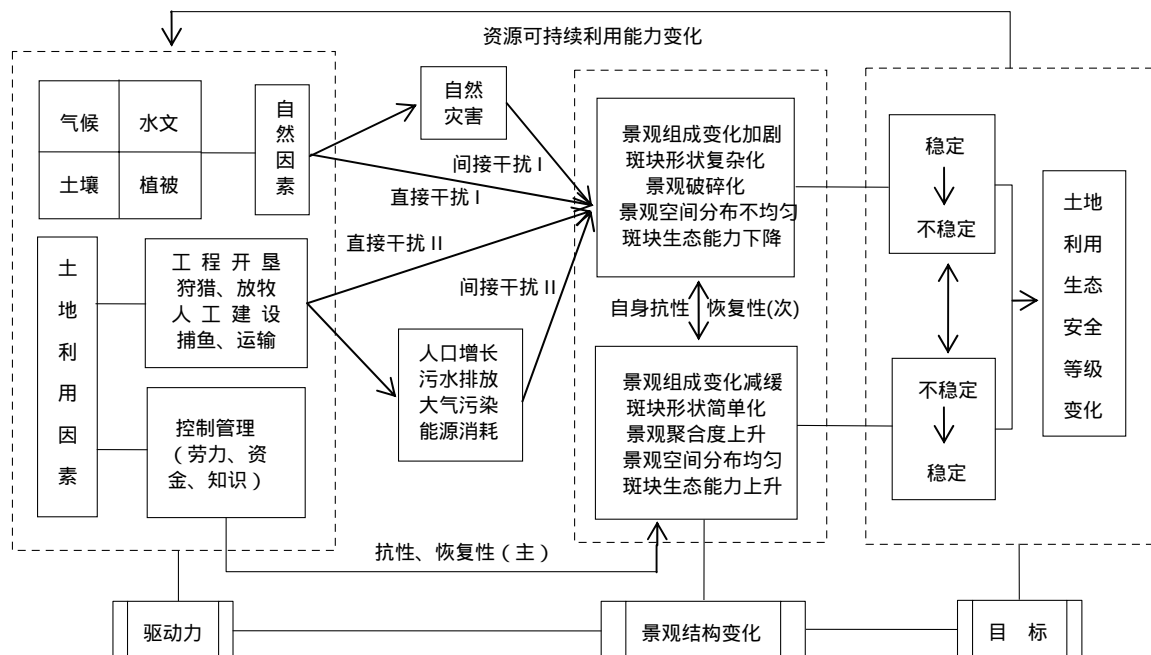


图3 研究区景观结构变化下的土地利用生态安全形成机制

Fig.3 Forming mechanism of the land use eco-security based on the dynamic characteristics of landscape structure in the study area

5 景观结构动态变化下的土地利用生态安全

5.1 研究区景观空间结构稳定性指数测算

目前并没有针对景观稳定性的明确定义,多数学者从生态系统稳定的角度对景观稳定性进行研究^[17-19]。非平衡范式和平衡范式为干扰的作用和系统的动态研究提供了理论基础,认为景观稳定性是景观面对干扰时的抗性和恢复性^[20],具有动态性、相对平衡性和时空尺度限制性。

本文以1992—2008年为时间尺度,以研究区30m分辨率影像为空间尺度,对研究区的景观稳定性进行研究。体现景观稳定性的指数有很多^[17-19,21],本文从景观多样性、镶嵌结构的复杂性和景观基质的稳定性三方面,对研究区景观整体的稳定性指数进行测算;从斑块破碎情况和斑块镶嵌结构的复杂性两方面,对研究区各景观类的稳定性指数进行测算。

①景观整体的稳定性指数测算

采用Shannon多样性指数表现景观的多样性,该指标计算方法同上,其值越大表示景观异质性水平越高;基于分形理论,采用结构稳定性指数(SI)表现镶嵌结构的复杂性,计算方法^[21]: $SI = |1.5 - D|$,式中,D为分维数,其值越高说明镶嵌结构越稳定;采用基质比例稳定性指数(SM)表现景观基质的稳定性,计算方法^[17]: $SM = 1 - (50\% - m)$,式中,m为基质的比例,其值越高表明基质稳定性越高。

②各景观类的稳定性指数测算

采用各类斑块结构稳定性指数(ESI)表现斑块镶嵌结构的复杂性,计算方法同结构稳定性指数(SI),其值越高表明该景观类镶嵌结构越稳定。

5.2 研究区土地利用生态安全综合评价

5.2.1 评价指标体系的构建

参照研究区景观结构变化下的土地利用生态安全形成机制,本文基于欧洲环境署提出的“驱动力-压力-

状态-影响-响应(DPSIR)”模型^[14],结合研究区的实际特点和景观结构稳定性指数,选取 29 个具有代表性的指标构建基于景观结构变化的研究区土地利用生态安全评价指标体系(表 4)。

表 4 基于景观结构变化的研究区土地利用生态安全评价指标体系

Table 4 Land use eco-security evaluation indicator system based on the changing of landscape structure in the study area					
目标层	准则层	指标层	指标说明	权重	正负性
建三江垦区土地利用生态安全评价	驱动力(D)	地表温度相对数均值变化率(D1)/%	以 1989 年遥感监测地表温度相对指标均值为基准的各年变化率	0.0307	-
		年均降水量相对变化率(D2)/%	以 1989 年各月降水量均值为基准值的各年变化率	0.0308	-
		NDVI 均值(D3)	地表植被覆盖状态	0.0313	+
		土地垦殖指数(D4)/%	已垦殖的土地面积占总面积比	0.0332	-
		人口增长率(D5)/%	人口较上年增长比例	0.0333	-
		农业机械总动力(D6)/万 kw	机械自动化水平	0.0336	+
	压力(P)	人口密度(P1)/(人/m ²)	单位面积人口压力	0.0308	-
		化肥实用量(P2)/t	研究区当年施用化肥数量总和	0.0341	-
		农药使用量(P3)/t	研究区当年农药使用量总和	0.0342	-
		工业废水排放量/t(P4)	工业废水对环境污染水平	0.0488	-
		农作物受灾面积(P5)/km ²	受灾害情况	0.0308	-
		单位 GDP 能耗(P6)/(度/万元)	单位 GDP 增长所需要的电量	0.0500	-
	状态(S)	景观斑块密度(S1)/(块/100km ²)	景观的破碎化程度	0.0309	-
		Shannon 多样性指数(S2)	景观多样性/异质性状态	0.0323	+
		景观斑块边缘密度(S3)/(n/km ²)	表示斑块与外界物质能量的交换的水平	0.0316	+
		结构稳定性指数(S4)	景观镶嵌结构的复杂性和稳定性	0.0307	+
		景观基质稳定性指数(S5)/%	基质的稳定状态	0.0308	+
		单位耕地面积粮食产量(S6)/(t/km ²)	耕地的粮食生产能力	0.0344	+
	影响(I)	景观分离指数(I1)/%	景观中不同类型分布的分离度	0.0307	-
		聚合度指数(I2)/%	景观中自相邻斑块的聚合程度	0.0307	+
		森林覆盖率(I3)/%	森林面积占总面积比例	0.0308	+
		湿地占总用地面积比(I4)/%	生态性土地利用情况	0.0375	+
		人均纯收入(I5)/(元/人)	农场居民收入的平均水平	0.0403	+
		第三产业占总产值比(I6)	第三产业重要性	0.0322	+
	响应(R)	工业废水排放达标率(R1)/%	工业水污染治理状况	0.0308	+
		工业固体废物综合利用量(R2)/万 t	工业固体废物治理情况	0.0340	+
		非生产性建设固定资产投资额(R3)/万元	环境建设投资水平	0.0451	+
		地均社会从业人数(R4)/(人/km ²)	单位面积上人口从业情况	0.0378	+
		农田排灌能力(R5)/(m ³ /s)	农田水利化情况	0.0379	+

5.2.2 指标权重的确定

本文选择客观赋权法中的熵值法^[22]确定指标权重(表 4),该方法在避免了主观因素带来的偏差的同时,也揭示了各指标对研究区土地利用生态安全的重要程度。

5.2.3 综合评价模型的建立

为消除不同指标间的影响,本文对指标进行标准化处理,计算模型为:

$$U(x_i) = \begin{cases} (x_i - b_i)/(a_i - b_i) \\ U(x_i) \text{ 具有正效应时}(=1,2,3,\cdots,n) \\ (b_i - x_i)/(b_i - a_i) \\ U(x_i) \text{ 具有负效应时}(=1,2,3,\cdots,n) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $U(x_{ij})$ 指第 i 年第 j 个指标的标准化值, x_{ij} 指第 i 年第 j 个指标的具体值, a_j 指第 j 个指标的最大值, b_j 指第 j 个指标的最小值。

并根据多目标综合评价法模型,求得研究区土地利用生态安全综合评价值。评价模型为:

$$ESI = \sum_{j=1}^p W_j \times U(x_{ij}) \quad (2)$$

式中, ESI 为研究区土地利用生态安全综合评价值, W_j 为第 j 个指标的权重, $U(x_{ij})$ 指第 i 年第 j 个指标的标准化值。

5.2.4 研究区土地利用生态安全评价标准

根据模型计算的生态安全综合评价值处于 0—1 之间,越趋近于 1 土地利用生态安全水平越高,越趋近于 0 土地利用生态安全水平越低。由于目前尚未形成统一的评价标准,本文参照相关研究^[13-14,20,27],针对本研究区设计 5 级评价标准(表 5)。

表 5 评价等级及其标准化值

Table 5 Evaluation grades and the standardization value

土地利用生态安全综合评价值	[0—0.30]	(0.30—0.45]	(0.45—0.6]	(0.6—0.7]	(0.7—1]
评价等级	I	II	III	IV	V
土地利用生态安全状态	不安全	临界安全	较安全	安全	理想安全

5.3 结果分析

通过对景观整体稳定性指数的计算得出,1992—2000 年,景观的多样性由 1.1713 上升为 1.5561,而后略微下降到 2008 年的 1.4255;1992—2000 年,景观的结构稳定性和基质稳定性下降,分别由 0.46 和 105.54,下降到 0.43 和 85.36,2000—2008 年,景观的结构稳定性略微上升到 0.44,基质稳定性大幅度上升到 102.85。说明 1992—2000 年间景观受到人为干扰后破碎度增加,镶嵌结构呈现不稳定状态,此时期研究区的基质虽然保持为沼泽湿地,但是该景观面积大幅度下降,除旱田外的其他景观面积变化明显,景观整体处于不稳定状态;2000—2008 年间景观继续受到人为干扰,此时期研究区的基质类型由沼泽湿地转变为水田,水田和旱田面积总和占景观面积的 75.23%,经过人为管理,以水田和旱田为主要构成的耕地表现为较强的稳定性,其他各类景观分布的聚合度也上升,景观类型间的物质交换能力增强,景观多样性变化较弱,景观整体趋向于稳定状态。

同景观整体稳定性的变化趋势相同,土地利用生态安全综合值也具有阶段性变化特征。1992—2000 年,土地利用生态安全综合值由 0.4806 下降到 0.4456,即由较安全等级转为临界安全等级,说明人类的土地利用行为先对研究区景观结构构成破坏,景观结构呈不稳定状态,对土地可持续利用构成威胁;2000—2008 年,土地生态安全综合值由 0.4456 上升到 0.5294,即由临界安全等级转为较安全等级,说明人类的土地利用行为对研究区景观结构起到了恢复和保障作用,使景观结构表现出对干扰有较强的抗性和恢复性,呈现稳定状态,从而对土地可持续利用起保障作用。

根据各景观类的稳定性指数的计算结果(表 6)得出,1992—2000 年,旱田的结构稳定性水平最高,说明旱田景观系统对人为干扰的抗性和恢复性最强,土地利用生态安全水平最高,其次是沼泽湿地,而建设用地和草地分别在 1992 年和 2000 年的稳定性指数水平最低,表现为最不稳定状态,土地利用生态安全水平最低;2000—2008 年,景观稳定性水平最高的景观类型由旱田转为建设用地,说明在土地利用过程中,人类控制能力较强的景观类型对干扰的抗性和恢复性最强,景观稳定性提升的最快,对土地可持续利用的保障能力较强,土地利用生态安全水平最高,而沼泽湿地在 2008 年的稳定性指数水平最低,呈现最不稳定状态,土地利用生态安全水平最低。

6 结论与讨论

6.1 结论

在区域尺度内利用遥感技术对景观信息进行提取,是研究区域景观动态变化的有效手段。通过研究表明,在人为干扰强烈的地区,景观结构的组成和景观的空间格局特征都有显著的动态变化;研究期内研究区旱田和水田面积迅速增加,沼泽湿地面积迅速减少,研究区景观基质由沼泽湿地变为水田,林地面积变化不大,

草地分布最分散,建设用地和水域占总面积较小;研究区的景观斑块数量、斑块复杂程度、景观破碎度和景观多样性均呈先上升后下降的趋势,同时,景观均匀度和景观聚合性均呈先下降后上升的趋势。

表 6 各景观类稳定性指数计算结果(升序)

Table 6 Calculation results of landscape stability index (sort ascending)

类型 Types	1992 年	类型 Types	2000 年	类型 Types	2008 年
建设用地	0.4355	草地	0.4224	沼泽湿地	0.4035
草地	0.4534	水田	0.4229	林地	0.4115
林地	0.4537	水域	0.4285	水田	0.4180
水域	0.4572	林地	0.4344	旱田	0.4194
水田	0.4577	建设用地	0.4445	草地	0.4459
沼泽湿地	0.4625	沼泽湿地	0.4476	水域	0.4486
旱田	0.4640	旱田	0.4531	建设用地	0.4645

通过对景观结构动态变化下的研究区土地利用生态安全形成机制的研究得出,土地利用因素是研究区景观结构变化的主要驱动力,土地利用行为对研究区景观结构产生破坏的同时也对其恢复起调控作用,进而形成景观结构稳定性的变化,及其土地利用生态安全的不同状态,在这一过程中,研究区景观结构稳定性与其土地利用生态安全水平呈正相关关系。

对研究区 1992—2008 年的景观结构变化和景观结构整体稳定性的分析,表明研究区景观具有复合稳定性。人类对土地资源开发的时期是景观结构变化最强烈的时期,此时的景观表现为非稳定状态,当人为利用资源类型成为景观的基质后,人类行为重心由对土地资源的开发转为利用和管理,此时景观结构稳定性增加。与景观结构整体稳定性变化趋势相同,基于景观结构变化的研究区土地利用生态安全呈“较安全-临界安全-较安全”的等级变化特征。

通过对各景观类稳定性的研究,进一步揭示了人为利用对景观类型造成的影响;对各景观类镶嵌结构的稳定性的排序,反映了各景观类型的土地利用生态安全高低的状态。研究表明,1992—2000 年,旱田景观结构最稳定,2000—2008 年,景观结构最稳定类型转变为建设用地,表明该类型土地利用生态安全水平最高,因此,加强对土地资源的管理,提高对合理利用土地行为的控制力,是保护区域土地资源生态安全的有效途径;2008 年,沼泽湿地是最不稳定的景观类型,其土地利用生态安全水平最低,在制定土地利用规划时,应重点对该景观类型进行保护和管理。

6.2 讨论

基于“3S”技术的区域景观结构动态变化研究,能充分掌握区域景观结构动态变化的特点,是景观生态学研究的核心问题之一,也是现代景观生态学的研究趋势。对研究区景观结构变化视角下的土地利用生态安全形成机制进行研究,有利于系统把握研究区景观结构变化与土地利用生态过程中的相互关系及其土地利用生态安全调控机制等问题,但由于景观生态系统和土地利用系统的复杂性和综合性,本文仅针对研究区特点,将影响景观结构变化的驱动力因素归纳为自然因素和土地利用因素,具有区域相对可行性。景观结构变化下的土地利用生态安全研究的实质是土地利用行为对景观结构和功能的保障资源可持续利用能力造成影响的程度,从景观结构稳定性角度对土地利用生态安全现状进行研究具有系统性和动态性,为区域土地利用生态过程中整体安全性的动态研究提供了新的思路。

分别针对景观整体和各景观类的景观结构稳定性的研究,在一定程度上体现了不同尺度间景观稳定性的变化,但由于景观稳定性与景观尺度的不可分离性,景观尺度推绎的复杂性和困难性,本研究对于不同尺度间景观稳定性的关系和转换方法未做量化分析,而基于不同尺度景观稳定性的土地利用生态安全评价研究还有待于进一步深化。然而,通过对不同尺度的景观结构变化下的土地利用生态安全的评价和分析,能很好的体现出研究区的土地利用生态安全特点,对区域景观结构的调整和区域景观生态安全格局的构建和优化具有指导意义,为保障区域资源可持续利用提供依据。

致谢:感谢国土资源局驻黑龙江农垦总局郑应高和国土资源局驻建三江分局魏秋,在数据收集方面给予的支持,感谢东北农业大学资源与环境学院张慧在遥感和地理信息系统等技术方面的给予帮助。

References:

- [1] Zhang B P, Yao Y H, Zhu Y H, Xu J. Scientific basis and working frame for regional ecological security research. *Progress in Geography*, 2005, 24(6): 1-7.
- [2] Chu C J, An C H. Analysis on the landscape pattern of land use and its stability in Pingdingshan City. *Research of Soil and Water Conservation*, 2011, 18(1): 224-227, 235-235.
- [3] Fu B J, Chen L D, Ma K M, Wang Y L. *Principle and Application of Landscape Ecology*. Beijing: Science Press, 2003: 42-70.
- [4] Xiao D N, Li X Z, Gao J, Chang Y, Zhang N, Li T S. *Landscape Ecology*. Beijing: Science Press, 2010: 86-99.
- [5] Wu C F, Song G. *Land Use Study*. Beijing: Science Press, 2009: 310-319.
- [6] Xie H L. Review and the outlook of land use ecological security pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6305-6311.
- [7] Liu Y, Meng J J, Zhu L K. Progress in the research on regional ecological security pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(24): 6980-6989.
- [8] Liu J P, Lü X G, Yang Q, Wang H X. Wetland landscape ecological security patterns analysis and plan in Northeast of Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1083-1090.
- [9] Wang G, Wang L, Wu W. Recognition on regional ecological security definition and assessment system. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1627-1635.
- [10] Xie H L. GIS-based land-use eco-security evaluation in typical agro-pastoral zone. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(1): 135-139.
- [11] Zhou F, Guo L J, Chen S Y, Wu X B. Evaluation on ecological security of land resource and its limiting factors in Zhanjiang City. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010, 17(5): 202-206, 211-211.
- [12] Qiu W, Zhao Q L, Li S, Zhang J Q. Ecological security evaluation of Heilongjiang Province with Pressure-State-Response Model. *Environmental Science*, 2008, 29(4): 1148-1152.
- [13] Zhang J Q, Yin K P, Tani H, Wang X F, Tong Z J, Liu X P. Ecological security assessment of Baishan City in Jilin Province based on DPSIR. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(1): 189-195.
- [14] Fu B J, Lu Y H. The progress and perspectives of landscape ecology in China. *Progress in Physical Geography*, 2006, 30(2): 232-244.
- [15] Wu J G, Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 355-365.
- [16] Wan L, Chen Y Q, Tan J, Zhang J X. RS/GIS-Based assessment and analysis of ecological security dynamics in the suburbs of Beijing. *Progress in Geography*, 2009, 28(2): 238-244.
- [17] Gong Z N, Zhang Y R, Gong H L, Zhao W J. Evolution of wetland landscape pattern and its driving factors in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(1): 77-86.
- [18] Wang X L, Liu X L. Analysis on the stability of eastern Qilian Mountainous landscape based on RS. *Remote Sensing Technology and Application*, 2009, 24(5): 665-669.
- [19] Xiao H S, Fu C F, Zhang G. Evaluation on the forest landscape stability of Liuxi River National Forest Park. *Journal of Central South University of Forestry and Technology (Natural Science)*, 2007, 27(1): 88-92.
- [20] Zhang H, Zhang W H, Li W Z, Zhou X C. Studies on influences of landscape stability by water carrying capacity in Huangjia Town of Qinghai. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(6): 191-193.
- [21] Yang G A, Gan G H. Landscape pattern change research of land use in Beijing based on fractal theory. *Systems Engineering-Theory and Practice*, 2004, 24(10): 131-137.
- [22] Jiang X P. Study on evaluation of index system of ecological environment security in Henan Province. *Ecological Economy*, 2010, (7): 153-157.

参考文献:

- [1] 张百平,姚永慧,朱运海,许娟. 区域生态安全研究的科学基础与初步框架. *地理科学进展*, 2005, 24(6): 1-7.
- [2] 楚纯洁,安春华. 平顶山市土地利用景观格局及其稳定性分析. *水土保持研究*, 2011, 18(1): 224-227, 235-235.
- [3] 傅伯杰,陈利顶,马克明,王仰麟. *景观生态学原理及应用*. 北京: 科学出版社, 2003: 42-70, 192-211.
- [4] 肖笃宁,李秀珍,高峻,常禹,张娜,李团胜. *景观生态学*. 北京: 科学出版社, 2010: 86-99.
- [5] 吴次方,宋戈. *土地利用学*. 北京: 科学出版社, 2009: 310-319.
- [6] 谢花林. 土地利用生态安全格局研究进展. *生态学报*, 2008, 28(12): 6305-6311.
- [7] 刘洋,蒙古军,朱利凯. 区域生态安全格局研究进展. *生态学报*, 2010, 30(24): 6980-6989.
- [8] 刘吉平,吕宪国,杨青,王海霞. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计. *生态学报*, 2009, 29(3): 1083-1090.
- [9] 王耕,王利,吴伟. 区域生态安全概念及评价体系的再认识. *生态学报*, 2007, 27(4): 1627-1635.
- [10] 谢花林. 基于 GIS 的典型农牧交错区土地利用生态安全评价. *生态学杂志*, 2008, 27(1): 135-139.
- [11] 周飞,郭良珍,陈士银,吴雪彪. 湛江市土地资源生态安全评价与限制因素. *水土保持研究*, 2010, 17(5): 202-206, 211-211.
- [12] 邱微,赵庆良,李崧,张建祺. 基于“压力-状态-响应”模型的黑龙江省生态安全评价研究. *环境科学*, 2008, 29(4): 1148-1152.
- [13] 张继权,伊坤朋, Tani H, 王秀峰, 佟志军, 刘兴朋. 基于 DPSIR 的吉林省白山市生态安全评价. *应用生态学报*, 2011, 22(1): 189-195.
- [16] 万利,陈佑启,谭靖,张洁瑕. 北京郊区生态安全动态评价与分析. *地理科学进展*, 2009, 28(2): 238-244.
- [17] 宫兆宁,张翼然,宫辉力,赵文吉. 北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析. *地理学报*, 2011, 66(1): 77-86.
- [18] 王旭丽,刘学录. 基于 RS 的祁连山东段山地景观稳定性分析. *遥感技术与应用*, 2009, 24(5): 665-669.
- [19] 肖化顺,付春风,张贵. 流溪河国家森林公园森林景观稳定性评价. *中南林业科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 27(1): 88-92.
- [20] 张昊,张伟华,李文忠,周心澄. 环境水容量对黄家寨镇景观稳定性影响的研究. *水土保持研究*, 2005, 12(6): 191-193.
- [21] 杨国安,甘国辉. 基于分形理论的北京市土地利用空间格局变化研究. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(10): 131-137.
- [22] 蒋小平. 河南省生态环境安全指标体系测评的研究. *生态经济*, 2010, (7): 153-157.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port	WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer	FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (<i>Rhinopithecus bieti</i>) using landscape genetics	XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain	LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area ...	LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern	LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province	ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau	LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts	LAN Wenlu (5970)
Response of radial growth Chinese pine (<i>Pinus tabulaeformis</i>) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province	PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China	GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute	WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant <i>Thuja sutchuenensis</i>	LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
Effects of shading on growth and quality of triennial <i>Clematis manshurica</i> Rupr.	HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
Allelopathic effect of extracts from <i>Artemisia sacrorum</i> leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain	WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China	WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of <i>Stipa</i> L. in alpine grassland in northern Tibet in China	CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
Water consumption and annual variation of transpiration in mature <i>Acacia mangium</i> Plantation	ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> , to different light environments in the field	DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land: determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu: a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks: the case of Huaibei City	CHANG Hsiaofoei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent: a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model: a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

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 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 20 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@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