

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

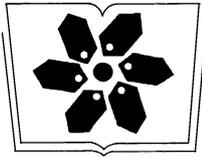
## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第14期 Vol.33 No.14 **2013**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 14 期      2013 年 7 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

石鸡属鸟类研究现状..... 宋 森,刘迺发 (4215)

### 个体与基础生态

不同降水及氮添加对浙江古田山 4 种树木幼苗光合生理生态特征与生物量的影响..... 闫 慧,吴 茜,丁 佳,等 (4226)

低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响..... 邵怡若,许建新,薛 立,等 (4237)

不同施氮处理玉米根茬在土壤中矿化分解特性..... 蔡 苗,董燕婕,李佰军,等 (4248)

不同生育期花生渗透调节物质含量和抗氧化酶活性对土壤水分的响应..... 张智猛,宋文武,丁 红,等 (4257)

天山中部天山云杉林土壤种子库年际变化..... 李华东,潘存德,王 兵,等 (4266)

不同作物两苗同穴互作育苗的生理生态效应..... 李伶俐,郭红霞,黄耿华,等 (4278)

镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响..... 周相玉,冯文强,秦鱼生,等 (4289)

CO<sub>2</sub> 浓度升高对毛竹器官矿质离子吸收、运输和分配的影响 ..... 庄明浩,陈双林,李迎春,等 (4297)

pH 值和 Fe、Cd 处理对水稻根际及根表 Fe、Cd 吸附行为的影响 ..... 刘丹青,陈 雪,杨亚洲,等 (4306)

弱光胁迫对不同耐荫型玉米果穗发育及内源激素含量的影响..... 周卫霞,李潮海,刘天学,等 (4315)

玉米花生间作对玉米光合特性及产量形成的影响..... 焦念元,宁堂原,杨萌珂,等 (4324)

不同林龄胡杨克隆繁殖根系分布特征及其构型..... 黄晶晶,井家林,曹德昌,等 (4331)

植被年际变化对蒸散发影响的模拟研究..... 陈 浩,曾晓东 (4343)

蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响..... 孙 芳,陈中正,段毕升,等 (4354)

西藏飞蝗虫粪粗提物的成分分析及其活性测定..... 王海建,李彝利,李 庆,等 (4361)

不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响..... 李 霞,徐秀秀,韩兰芝,等 (4370)

### 种群、群落和生态系统

基于 *mtCOII* 基因对山东省越冬代亚洲玉米螟不同种群的遗传结构分析 ..... 李丽莉,于 毅,国 栋,等 (4377)

太湖湿地昆虫群落结构及多样性..... 韩争伟,马 玲,曹传旺,等 (4387)

西江下游浮游植物群落周年变化模式..... 王 超,赖子尼,李新辉,等 (4398)

环境和扩散对草地群落构建的影响..... 王 丹,王孝安,郭 华,等 (4409)

黄土高原不同侵蚀类型区生物结皮中蓝藻的多样性..... 杨丽娜,赵允格,明 姣,等 (4416)

### 景观、区域和全球生态

基于景观安全格局的建设用地管制分区..... 王思易,欧名豪 (4425)

- 黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析…………… 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,等 (4436)
- 2000—2010年青海湖流域草地退化状况时空分析 …………… 骆成凤,许长军,游浩妍,等 (4450)
- 基于“源”“汇”景观指数的定西关川河流域土壤水蚀研究 …………… 李海防,卫 伟,陈 瑾,等 (4460)
- 农业景观格局与麦蚜密度对其初寄生蜂与重寄生蜂种群及寄生率的影响 …… 关晓庆,刘军和,赵紫华 (4468)
- CO<sub>2</sub>浓度和降水协同作用对短花针茅生长的影响…………… 石耀辉,周广胜,蒋延玲,等 (4478)

**资源与产业生态**

- 城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例…………… 阳文锐,李 锋,王如松,等 (4486)
- 城市居民食物磷素消费变化及其环境负荷——以厦门市为例…………… 王慧娜,赵小锋,唐立娜,等 (4495)

**研究简报**

- 间套作种植提升农田生态系统服务功能…………… 苏本营,陈圣宾,李永庚,等 (4505)
- 矿区生态产业评价指标体系 …………… 王广成,王欢欢,谭玲玲 (4515)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 308 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 32 \* 2013-07



**封面图说:** 古田山常绿阔叶林景观——亚热带常绿阔叶林是我国独特的植被类型,生物多样性仅次于热带雨林。古田山地处中亚热带东部,浙、赣、皖三省交界处,由于其特殊复杂的地理环境位置,分布着典型的中亚热带常绿阔叶林,是生物繁衍栖息的理想场所,生物多样性十分突出。中国科学院在这里建立了古田山森林生物多样性与气候变化研究站,主要定位于研究和探索中国亚热带森林植物群落物种共存机制,阐释生物多样性对森林生态系统功能的影响,以及监测气候变化对于亚热带森林及其碳库和碳通量的影响。

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

DOI: 10.5846/stxb201204090494

骆成凤,许长军,游浩妍,靳生洪. 2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析. 生态学报, 2013, 33(14): 4450-4459.

Luo C F, Xu C J, You H Y, Jin S H. Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4450-4459.

## 2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析

骆成凤<sup>1,\*</sup>, 许长军<sup>2</sup>, 游浩妍<sup>1</sup>, 靳生洪<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 对地观测技术国家测绘局重点实验室, 北京 100830;

2. 青海省基础地理信息中心, 西宁 810001)

**摘要:**青海湖流域属于高寒草地生态系统,草地退化状况是反映该流域生态环境状况的有效指标。在对青海湖流域退化草地分类的基础上,利用遥感手段获得流域退化草地的空间分布和变化信息。采用 Markov 模型、退化草地动态变化度、转类指数和景观指数对青海湖流域草地退化状况时空变化进行多角度分析。研究表明 2010 年青海湖流域草地状况良好,未退化草甸与未退化草原在整个流域占绝对优势,是流域面积的 38%。2000—2010 年期间,流域草地变化不大,退化草地转类指数为 -0.0384;草地变化整体上呈极轻微退化趋势,在这 11a 期间呈现先退化、后改善的状况。流域内不同退化草地类别的空间景观格局表现比较稳定。青海湖流域的优势草地类别是未退化草甸,主要分布在流域中部,2000—2010 年期间该类别的动态变化度为 1.82%,没有发生大幅度变化,时空变化都比较稳定。中度退化草甸是退化最明显的类别,即使在流域草地呈改善状况的 2006—2010 年期间,有近 7.4 万 hm<sup>2</sup> 退化为重度退化草甸,占中度退化草甸转变为其他类别的 65%。流域中与其他类别相互转换频繁,面积变化幅度最大的类型是轻度、中度退化草甸,及重度退化草原,在流域草地退化发生改善的 2006—2010 年期间,这 3 个类别的动态变化度达到 15%—21% 之间;空间上它们主要分布在流域西北部、青海湖北部以及环青海湖区域。

**关键词:**草地退化;青海湖流域;动态变化度;景观格局;转类指数

### Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010

LUO Chengfeng<sup>1,\*</sup>, XU Changjun<sup>2</sup>, YOU Haoyan<sup>1</sup>, JIN Shenghong<sup>2</sup>

1 Key Laboratory of Mapping from Space of State Bureau of Surveying and Mapping, Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

2 Qinghai Geomatics Center, Xining 810001, China

**Abstract:** Qinghai Lake Basin (QLB) belongs to the alpine grassland ecosystem. The grassland degradation is an effective detector to reflect the ecological environment condition in QLB. In this study, the spatial distribution and change information of the degraded grassland in QLB were firstly mapped and extracted using remote sensing techniques. Then the spatial-temporal changes of the degraded grassland between the year 2000 and 2010 were analyzed in different perspectives using Markov model, index of dynamic variation degree, landscape pattern index and grassland change index. Results show that the grassland in QLB was in good condition in 2010, and the non-degraded meadow and non-degraded grassland dominated QLB and covered about 38% of this region. The grassland has little variation during these 11 years, and the index of dynamic variation degree is -0.0384. The grassland was improved after the first degradation, but still had slight degradation in the overall trend. The spatial landscape pattern of the degraded grassland was stable in this study. The non-degraded meadow is dominantly distributed in the central region of QLB. The spatial-temporal changes of this land cover type were stable during these 11 years, and its dynamic variation degree was 1.82%. The change of moderate-degraded meadow was the most significant. During the period of 2006—2010, even the grassland in QLB was obviously improved;

**基金项目:**国家自然科学基金项目(40901228);中国测绘科学研究院基本科研业务项目(7771116)

**收稿日期:**2012-04-09; **修订日期:**2012-10-26

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chfluo@casm.ac.cn

there was almost 7.4 ten thousand hectare of heavy-degraded meadow from moderate-degraded meadow, covering 65% area of land cover types from moderate-degraded meadow. Light-degraded meadow, moderate-degraded meadow and heavy-degraded grassland were dominantly located in northwest region of QLB, north and surrounding area of Qinghai Lake. The spatial changes of these three land cover types evolved from and into other types were the most significant, and their dynamic variation degree floated between 15% and 20% from the year 2006 to 2010.

**Key Words:** grassland degradation; Qinghai Lake Basin (QLB); dynamic variation degree; landscape pattern; grassland change index

青海湖流域是一个完整的内陆盆地,位于季风湿润区和内陆干旱区的过渡地带,属于脆弱生态系统典型地区,对全球气候和环境变化的响应十分敏感<sup>[1-5]</sup>。青海湖及其整个流域的生态功能显著,草地和水域构成了流域生态系统的主体,草地生态系统不仅对青海湖流域生态环境有着举足轻重的控制及调节作用,而且对保护东部生态环境具有重要作用<sup>[6]</sup>。近几十年来,受自然环境条件变化和人为不合理的社会经济活动影响,本来就很脆弱的高寒生态环境遭到破坏,土地沙化和草原退化严重<sup>[7-9]</sup>。青海湖流域的生态环境问题引起了研究者的密切关注,这些研究充分利用遥感技术手段,对青海湖流域的土地利用/土地覆盖、景观结构、湿地、植被覆盖、草地类型、蒸发量等生态环境要素进行动态监测<sup>[2-4,10-12]</sup>,主要监测这些要素在近几十年内的变化状况和趋势。也有研究者从可持续发展着手,研究该流域生态环境与经济发展之间的关系<sup>[7,9,13]</sup>。以青海湖流域退化草地为对象进行的时空变化研究比较少。

青海湖流域的地表覆盖状况以草地为主,2010 年占整个流域面积近 75%,草地状况(包括植被盖度、植被群落、产草量、土壤理化状况、草场质量等)是衡量该流域生态环境状况的关键指标。该区域的草地退化问题已经引起了政府部门的重视,2008 年 5 月政府启动了“青海湖流域生态环境保护与综合治理项目”,旨在维护青海湖流域生态系统的稳定<sup>[14]</sup>。本研究以青海湖流域退化草地为研究对象,基于中高遥感影像解译数据,主要对 2000 年以来青海湖流域草地退化特征、不同退化草地类型相互转化规律,以及退化结构空间分异特征进行分析。以期能为青海湖流域生态环境退化问题、具体生态环境治理方案的制定,以及政府决策提供参考。

## 1 研究资料与方法

### 1.1 研究区域

青海湖流域位于青海省东北部,亦称青海湖盆地,地处北纬 36.25°—38.33°,东经 97.83°—101.33°,北起大通山,南至青海南山,西临阿木尼尼库山,东靠日月山,总面积约 2.96 万 km<sup>2</sup>,是一个四周群山环绕的封闭式内陆盆地。整个流域近似织梭形,地形西北高、东南低,海拔范围在 3194—5174m 之间<sup>[15]</sup>。流域深处内陆,属典型的高寒干旱大陆性气候,多年平均气温-14—17℃,平均年降水量为 340 mm。青海湖地区特殊的自然地理条件造就了以草原为主的植被类型,温性草原、高寒草原以及高寒草甸构成了流域主要的草地资源,是青海湖流域发展草地畜牧业的重要基础和物质保障<sup>[16]</sup>。

### 1.2 数据来源

本研究使用的遥感数据源为 2000 年、2006 年 Landsat TM,以及 2010 年 RapidEye 数据。为了提高影像解译的效率和质量,以全国第二次土地调查数据、青海湖流域地表植被分布图、1:5 万数字栅格地图(DRG)作为辅助参考。在大量野外实地调查的基础上,建立解译图谱库。解译过程中的最小解译图斑控制在 25 个像素。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 退化草地类别定义

草地退化指在不合理人为或自然因素的干扰下,草地结构和功能发生与其原有的平衡状态或进化方向相反的逆行演替。具体表现为草地生态系统的基本结构和固有功能的破坏或丧失,生物多样性下降,稳定性和抗逆能力减弱,草地系统生产力下降<sup>[16-18]</sup>。对草地退化的评估指标,国内外没有一致的体系和标准。李博

依据能量、质量、环境、草地、草地恢复能力 5 个指标,将我国北方的草地退化分为四级:轻度、中度、重度与极度<sup>[19]</sup>。这种分级标准体系被我国多数学者沿用,但在分级指标方面,还没有一个公认的量化指标范围。这也许和不同生态环境中退化草地的具体状况千差万别有关。

青海湖流域的草地类型主要包括:以芨芨草、克氏针茅、疏花针茅草为优势种的温性草原,以紫花针茅为优势种高寒草原,以高山嵩草、矮生嵩草、线叶嵩草、喜马拉雅嵩草、藏嵩草为优势种的高寒草甸<sup>[11]</sup>。本研究在草地退化的分级分类方面参照了任海、李博等<sup>[16,19]</sup>的研究成果。在分级指标方面主要采用了可直接利用遥感技术监测的原生植被覆盖度,马玉寿、孙小弟<sup>[20-21]</sup>等人的相关研究都将植被覆盖度放在优先指标范围内。这个指标虽然不能反映土壤养分、土壤含水量、生物量等指标,但能从侧面反映李博所提出的 5 个方面的状况。本研究从遥感监测草地退化的角度出发,结合青海湖流域实际情况,将青海湖流域的草地分为 10 个类别,具体类别与定义见表 1。

表 1 青海湖流域退化草地类别定义

Table 1 Definition of degraded Grassland types in QLB

类别 Type	定义 Definition
人工草地 Artificial grassland	人工种植牧草的草地,包括人工培植用于牧业的灌木地
未退化草甸 Normal meadow	以天然草本植物为主,未经改良,用于放牧或割草的草地,包括以牧为主的疏林、灌木草地,原生植被覆盖度 $\geq 90\%$ 的天然草甸草地
轻度退化草甸 Slight degraded meadow	原生植被覆盖度 $\geq 75\%$ 而 $< 90\%$ 的高寒草甸
中度退化草甸 Moderate degraded meadow	原生植被覆盖度 $\geq 60\%$ 而 $< 75\%$ 的高寒草甸
重度退化草甸 Strong degraded meadow	原生植被覆盖度 $\geq 40\%$ 而 $< 60\%$ 的高寒草甸
极度退化草甸 Extremely strong degraded meadow	原生植被覆盖度 $\leq 40\%$ 的高寒草甸
未退化草原 Normal steppe	原生植被覆盖度 $> 70\%$ 的温性和高寒草原
中度退化草原 Moderate degraded steppe	原生植被覆盖度 $> 50\%$ 而 $\leq 70\%$ 的温性和高寒草原
重度退化草原 Moderate degraded steppe	原生植被覆盖度 $> 30\%$ 而 $\leq 50\%$ 的温性和高寒草原
极度退化草原 Extremely strong degraded steppe	原生植被覆盖度 $\leq 30\%$ 的温性和高寒草原

### 1.3.2 转移概率矩阵

Markov 模型是基于 Markov 过程理论形成的模拟事件发生概率的一种方法<sup>[22]</sup>,具有“无后效性”的特点,常被生态学家用于模拟植被动态和土地利用/覆被格局变化。为定量分析各退化草地类型之间相互转换关系,利用 Markov 模型对退化草地类别转变进行动态模拟。各退化草地类型之间相互转换的面积数量或比例即为转移概率矩阵,公式表达如下:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $n$  为退化草地类型数目, $P_{ij}$  为退化草地类型  $i$  变为  $j$  的转移概率。 $P_{ij}$  需要满足以下条件: $0 \leq P_{ij} \leq 1$  和

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 (i, j = 1, 2, \dots, n)。$$

### 1.3.3 动态变化度

参照土地利用动态变化度<sup>[23]</sup>的定义,这里利用动态变化度来度量退化草地类别变化的速率。动态变化度的计算公式如下式所示:

$$S = \left\{ \sum (\Delta S_i / S_i) \right\} \times (1/t) \times 1 \quad (2)$$

式中, $S_i$  为监测开始时间第  $i$  类退化草地面积总和, $\Delta S_i$  为监测开始至监测结束时段内第  $i$  类退化草地转变为其他类土地类别的面积总和, $t$  为监测开始至监测结束时间段  $S$  为在  $t$  时段退化草地的变化速率。动态变化

度越大说明在监测时间段内退化草地相对于自身的面积变化幅度越大。

#### 1.3.4 景观指数

退化草地的景观指数可以用来反映景观格局的变化。景观生态学研究采用的景观格局指数较多,由于自然景观的复杂性,许多景观指数之间高度相关。根据景观指数分类体系和指数之间的相关性<sup>[24]</sup>,本研究主要从等级类型景观和整体景观两个角度出发,选择 Shannon 多样性指数(SHDI)、破碎化指数(FI)、均匀度指数(EN)、面积周长比分维数(FD)、形状指数(MSI)等 5 个景观指数反映青海湖流域退化草地的景观格局变化。

#### 1.3.5 转类指数

参照土地利用转类指数<sup>[25]</sup>,构建退化草地转类指数来定量描述青海湖流域退化草地改善或者退化的程度。退化草地转类指数的计算公式如下:

$$L = 100\% \times f \frac{\sum_k^n [A_k \times (D_a - D_b)]}{A} \quad (3)$$

式中, $L$  表示目标区域退化草地转类指数, $k=1, \dots, n$  表示类别, $A_k$  为目标区域  $K$  类别转变为其他类别的面积, $D_a$  为类别  $K$  转类前级别, $D_b$  为转类后级别, $A$  为目标区域总面积。

## 2 流域退化草地变化特征

### 2.1 2010 年退化草地现状

青海湖流域 2010 年地表覆盖状况以草地为主,占整个区域面积近 75%;耕地、灌木林地较少,共占流域总面积 2%;裸露地占流域面积 8.27%,主要分布在流域西北部及环湖流域西部。青海湖流域 2010 年退化草地空间分布状况如图 1 所示。其中草甸为 177.28 万  $\text{hm}^2$ ,占整个区域面积近 60%,草原面积为 42.05 万  $\text{hm}^2$  (图 2)。青海湖水域面积占整个流域面积的 14.73%,分布在流域东南部。该流域草地状况良好,未退化草甸与未退化草原占整个区域面积 38%。分布在中部、东部及环湖流域西南部的未退化草甸在整个流域占绝对优势,未退化草原主要分布在青海湖的西北侧。退化草甸主要分布在流域的西北部,其中重度退化草甸占流域总面积 10.46%,轻度退化草甸占流域总面积 7.2%,中度退化草原占流域总面积 5.34%,极度退化草甸占流域总面积 3.87%。重度退化草原占流域总面积 2.99%,主要分布于环湖流域东北部。

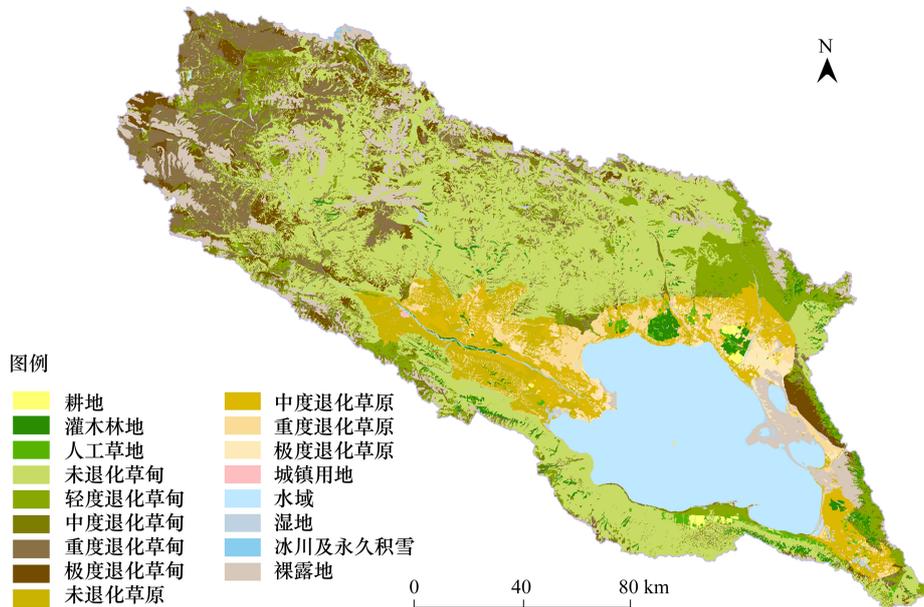


图 1 青海湖流域 2010 年退化草地分布图

Fig. 1 Area Histogram of Degraded Grassland in QLB in 2010

### 2.2 退化草地数量变化

2000—2010 年退化草地面积变化见表 2, 青海湖流域的人工草地面积变化显著, 面积增加近 0.8 万  $\text{hm}^2$ , 变化率达到 131.69%。中度退化草甸面积减少 13.03 万  $\text{hm}^2$ , 变化率为 -50.76%; 与此同时重度、极度退化草甸面积增加 11.87 万  $\text{hm}^2$ , 极度退化草甸面积增加了一半。草原类别中变化最大的是重度退化草原, 减少了 3.95 万  $\text{hm}^2$ , 变化率为 -30.83%。从面积数量变化角度看, 整个流域的草甸退化程度由轻中度同时向改善和退化两个方向发展; 整个流域草原向改善方向发展。

青海湖流域退化草地面积变化在 2000—2006 年、2006—2010 年两个时间段内差异明显。在 2000—2006 年时间段内, 未退化草甸面积减少 6.92 万  $\text{hm}^2$ , 轻度退化草甸面积增加 5.18 万  $\text{hm}^2$ , 重度、极度退化草甸面积增加 30.47 万  $\text{hm}^2$ , 草甸退化趋势明显, 轻度退化面积大于重度、极度退化面积。在 2006—2010 年时间段内, 未退化草甸面积增加 14.56 万  $\text{hm}^2$ , 轻度、中度退化草甸面积减少 19.79 万  $\text{hm}^2$ , 重度、极度退化草甸面积增加 8.39 万  $\text{hm}^2$ , 草甸退化趋势同时向改善和退化趋势发展, 向重度、极度草甸退化面积大于前一个时间段。在 2000—2006 年时间段内, 人工草地面积增加很小, 未退化草原和中度退化草原面积减少 2.76 万  $\text{hm}^2$ , 重度、极度退化草原面积增加 2.00 万  $\text{hm}^2$ , 流域草原明显呈现退化趋势。在 2006—2010 年时间段内, 人工草地面积增加近 0.8 万  $\text{hm}^2$ , 未退化草原增加 1.41 万  $\text{hm}^2$ , 中度退化草原面积增加 0.88 万  $\text{hm}^2$ , 重度、极度退化草原面积减少 5.57 万  $\text{hm}^2$ , 流域草原明显呈现改善趋势。

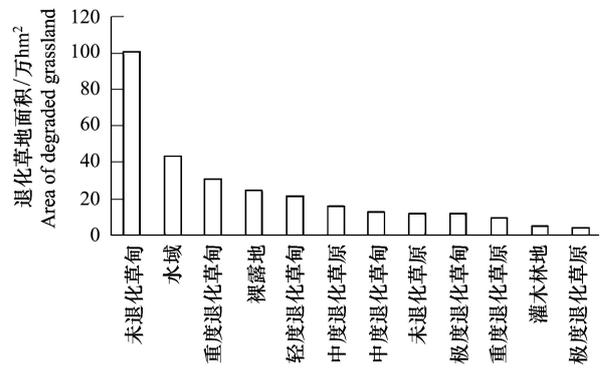


图 2 青海湖流域 2010 年退化草地面积柱状图

Fig. 2 Area Histogram of Degraded Grassland in QLB in 2010

表 2 青海湖流域 2000—2010 年退化草地面积变化统计表/ $\text{hm}^2$

Table 2 Area Change of Different Degraded Grassland Types in QLB during 2000—2010

类别 Type	2000—2010	变化率 Change rate/%	2000—2006	2006—2010
未退化草甸	76446.7	8.21	-69180.0	145626.7
人工草地	9253.3	131.69	660.0	8593.3
轻度退化草甸	-32380.0	-13.16	51753.3	-84133.3
中度退化草甸	-130333.3	-50.76	-16546.7	-113786.7
重度退化草甸	79860.0	34.66	20366.7	59493.3
极度退化草甸	38806.7	51.11	14380.0	24426.7
未退化草原	-3526.7	-2.92	-17640.0	14113.3
中度退化草原	-1233.3	-0.77	-10006.7	8773.3
重度退化草原	-39506.7	-30.83	13760.0	-53266.7
极度退化草原	3786.7	10.54	6266.7	-2480.0

### 2.3 退化草地类型转化

2000—2010 年青海湖流域地表覆盖类型之间的转化以退化草地类别之间的转化为主, 其次是裸露地与草地之间的转换, 相对而言, 水域、耕地、灌木林地之间的转换面积非常小。退化草地类型变化与空间分布如图 3 所示。从图上可以看出, 流域在这 11a 中草地退化程度发生变化的区域主要集中在 3 个地方: 青海湖北部偏东未退化草甸转变为轻度退化草甸, 流域西北部中度退化草甸转为重度退化草甸, 流域中部偏西轻度退化草甸转变为未退化草甸。流域中部的零散变化主要表现为退化程度得到改善。在 2000—2006 年时间段内, 流域退化草地变化主要表现为退化程度加剧, 只有少数零散地区表现为退化程度改善。草地退化区域主要分布在青海湖北部及偏东地区, 由未退化草甸转变为轻度退化草甸; 流域中部以西地区轻度、中度退化草甸转变为重度退化草甸, 草地退化情况严重。在 2006—2010 年时间段内, 流域退化草地变化主要表现为退化程

度改善,只有西北部分地区表现为退化程度加剧。其中青海湖北部由轻度退化草甸转变为未退化草甸,呈改善状况;流域中部以西地区由轻度、中度退化草甸转变为未退化草甸,改善趋势明显;流域东北部有少部分地区由中度到重度、重度到极度退化草地转变。

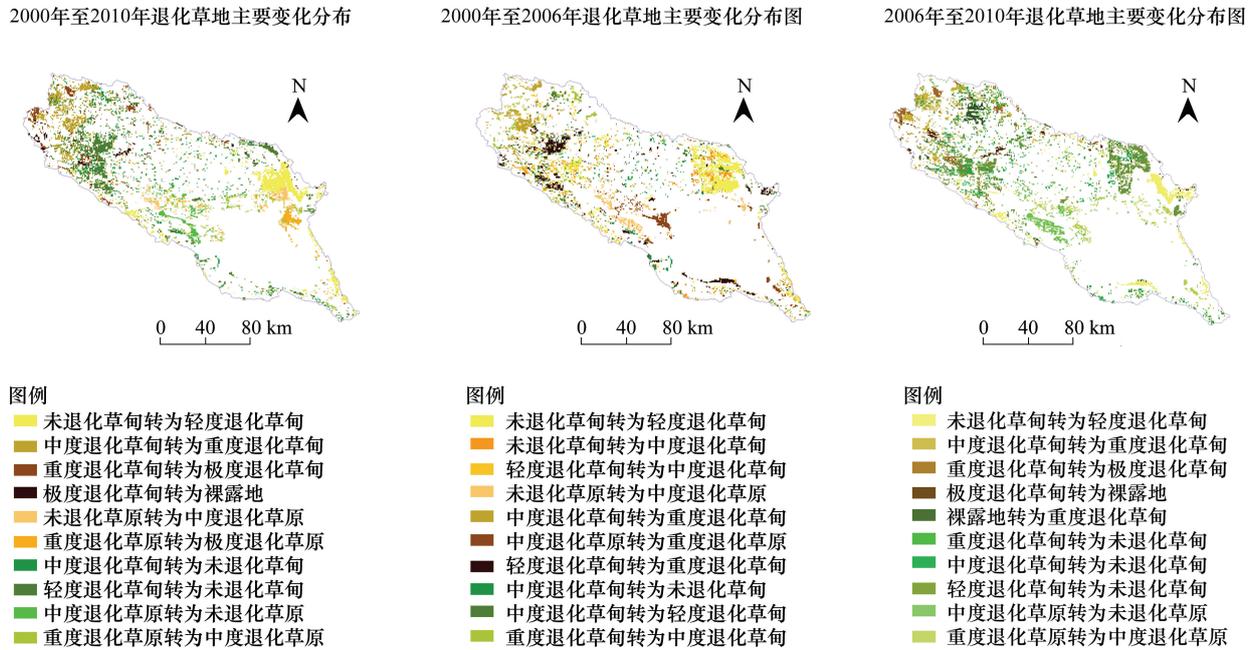


图 3 2000—2010 年青海湖流域退化草地主要变化分布图

Fig. 3 The changes of spatial distribution for degenerated grassland in QLB during 2000 — 2010

利用转移概率矩阵计算各类退化草地之间转换面积,并以面积为依据,选择变化面积最大的类别和主要的转变类别进行分析。2000—2010 年主要退化草地类型之间相互转换的面积如表 3 所示。面积变化最大的前 3 种类别分别为:中度退化草甸、重度退化草甸、未退化草甸。除未退化草甸外,其他类别之间的转变主要呈现退化趋势。发生变化的中度退化草甸转化为重度退化草甸的面积达 9.51 万  $hm^2$ ,由轻度退化草甸转来的面积为 2.75 万  $hm^2$ ,同时转变为未退化草甸的面积为 6.19 万  $hm^2$ 。发生变化的重度退化草甸主要由中度退化草甸转变而来,同时转变为极度退化草甸。未退化草甸主要转变为轻度退化草甸,面积达 9.93 万  $hm^2$ ,同时有 18.10 万  $hm^2$  轻度和中度退化草甸转变为未退化草甸,总体呈极轻微退化趋势。

表 3 青海湖流域 2000—2010 年主要退化草地类型转换面积/ $hm^2$

Table 3 Transition area of the main types of degraded grassland in QLB During 2000 — 2010

2000—2010	变化面积 Change areas	转变为其他类别 To other types		由其他类别转变 From other types	
中度退化草甸	-130333.3	未退化草甸	61900.0	轻度退化草甸	27480.0
		重度退化草甸	95120.0		
重度退化草甸	79860.0	极度退化草甸	38393.3	中度退化草甸	95120.0
未退化草甸	76446.7	轻度退化草甸	99273.3	轻度退化草甸	119066.7
				中度退化草甸	61900.0
重度退化草原	-39506.7	中度退化草原	26206.7	中度退化草原	23333.3
极度退化草甸	38806.7	重度退化草甸	24693.3	重度退化草甸	38393.3

2000—2006 年主要退化草地类型之间相互转换的面积如表 4 所示。从表 4 可以看出,主要退化草地类别之间的转变呈明显的退化趋势。主要变化类别向退化类别转变的面积都大于向改善类别转变的面积。面积变化最大的未退化草甸主要和轻度、中度退化草甸之间发生转变,退化程度比较明显。

表 4 青海湖流域 2000—2006 年主要退化草地类型转换面积/hm<sup>2</sup>

Table 4 Transition area of the main types of degraded grassland in QLB During 2000 — 2006

2000—2006	变化面积	转变为其他类别		由其他类别转变	
未退化草甸	-69180.0	轻度退化草甸	124966.7	轻度退化草甸	74486.7
		中度退化草甸	40766.7	中度退化草甸	30353.3
轻度退化草甸	51753.3	未退化草甸	74486.7	未退化草甸	124966.7
		中度退化草甸	29240.0	中度退化草甸	30873.3
重度退化草甸	20366.7	中度退化草甸	35213.3	中度退化草甸	55706.7
未退化草原	-17640.0	中度退化草原	28266.7	中度退化草原	15033.3
中度退化草甸	-16546.7	未退化草甸	30353.3	未退化草甸	40766.7
		轻度退化草甸	30873.3	轻度退化草甸	29240.0
		重度退化草甸	55706.7	重度退化草甸	35213.3

2006—2010 年主要退化草地类型之间相互转换的面积如表 5 所示。面积变化最大的前 3 种类别分别为:未退化草甸、中度退化草甸、轻度退化草甸。与表 3、表 4 相比较,表 5 中的面积变化幅度最大。未退化草甸变化面积为 14.56 万 hm<sup>2</sup>,主要由轻度、中度、重度退化草甸转变而来,其中轻度退化草甸面积为 14.18 万 hm<sup>2</sup>,中度退化草甸面积为 6.87 万 hm<sup>2</sup>,重度退化草甸为 2.67 万 hm<sup>2</sup>,明显呈改善趋势。中度退化草甸主要转变为未退化草甸和重度退化草甸,其中有 7.40 万 hm<sup>2</sup> 转变为重度退化草甸。

表 5 青海湖流域 2006—2010 年主要退化草地类型转换面积/hm<sup>2</sup>

Table 5 Transition area of the main types of degraded grassland in QLB During 2006 — 2010

2006—2010	变化面积	转变为其他类别		由其他类别转变	
未退化草甸	145626.7	轻度退化草甸	65393.3	轻度退化草甸	141806.7
				中度退化草甸	68740.0
				重度退化草甸	27373.3
中度退化草甸	-113786.7	重度退化草甸	74006.7	轻度退化草甸	28780.0
		未退化草甸	68740.0		
轻度退化草甸	-84133.3	未退化草甸	141806.7	未退化草甸	65393.3
		中度退化草甸	28780.0		
重度退化草甸	59493.3	未退化草甸	27373.3	中度退化草甸	74006.7
		极度退化草甸	37986.7	极度退化草甸	29080.0
重度退化草原	-53266.7	中度退化草原	35560.0	中度退化草原	17206.7

#### 2.4 退化草地动态度分析

与 2000—2006 年时间段内的退化草地动态变化度相比较,除了极度退化草甸、草原,以及重度退化草原外,其他类别退化草地动态度在 2000—2010 年时间段均比较小,这种差异在未退化草甸、草原,人工草地及重度退化草地等 4 种类别上比较明显,而轻度、重度退化草地的动态变化率差异比较小。这两个时间段退化草地动态度的计算基于同一个基准,这种差异可以从侧面说明青海湖流域 2006—2010 年,退化草地呈改善趋势。与此同时,重度、极度退化草地也处于动态变化过程中。2006—2010 年时间段内的退化草地动态变化度明显高于 2000—2010 年时间段,也高于 2000—2006 年时间段。这种变化间接说明青海湖流域的退化草地在 2006—2010 年的变化活动比 2000—2006 年明显。

2000—2010 年时间段内,轻度、中度、极度退化草甸,以及重度、极度退化草原的动态变化度明显高于其他类别退化草地。其中轻度、中度退化草甸,及重度退化草原面积基数大,是整个流域退化草地类型转变的主体。

#### 3 退化草地景观格局变化分析

Shannon 多样性指数反映不同景观类型分布的均匀化和复杂化程度。2006 年青海湖流域 SHDI 值最大,

表 6 青海湖流域 2000—2010 年退化草地动态变化度/%  
Table 6 The dynamic variation degree of degraded grassland in QLB during 2000—2010

类别 Type	2000—2010	2000—2006	2006—2010	类别 Type	2000—2010	2000—2006	2006—2010
未退化草甸	1.82	3.73	3.94	极度退化草甸	7.22	7.03	18.12
人工草地	3.80	5.43	5.54	未退化草原	4.24	7.06	10.44
轻度退化草甸	7.59	8.66	17.64	中度退化草原	4.71	6.63	11.96
中度退化草甸	8.02	8.63	20.26	重度退化草原	6.43	5.53	15.34
重度退化草甸	4.68	5.85	11.46	极度退化草原	7.86	7.25	18.12

说明与 2010 年和 2000 年比较,2006 年退化草地空间分布复杂程度比较大,但这种差异比较小。破碎度表征景观被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性,在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度。2000、2006、2010 年的破碎度没有发生变化,说明青海湖流域退化草地景观的单一、均质和连续的整体性保持的比较好,生物多样性比较稳定。均匀度描述了景观由少数几个主要景观类型控制的程度,退化草地空间分布的均匀度在 2000—2010 年期间变化幅度在 0.03 以内很小,说明在这期间流域的退化草地没有发生大范围明显的改善或者退化。面积周长比分维数值越大,表明斑块形状越复杂,2000—2010 年期间该值越来越大,但变幅很小。说明流域退化草地的斑块形状趋向复杂,但这种变化很缓慢。形状指数描述景观形状及景观规则化程度,MSI=1,表示越接近圆形,MSI 越大表示景观形状越不规则、越复杂和扁长。2000—2010 年期间流域形状指数变幅不大,且比较接近 1,说明流域退化草地的空间形状变化不大。

表 7 青海湖流域景观格局指数变化  
Table 7 The landscape pattern index in QLB

	FI	MSI	FD	SHDI	EN
2000	0.4400	1.2300	1.5425	2.2012	0.7769
2006	0.4400	1.2674	1.5464	2.2375	0.7898
2010	0.4400	1.1945	1.5542	2.1576	0.7615

#### 4 流域退化草地变化程度分析

为了定量描述青海湖流域退化草地的变化程度,依据生态意义对流域地表类型定级。去除受人类活动影响变化较剧烈且无规律的耕地和居民地,将青海湖流域的地表覆盖类型分为 8 个生态级别,如表 8 所示。生态级别越接近 1 级,该类型的生态意义越高。定义退化草地转类指数大于 5 表明改善趋势明显;转类指数小于 -5 表明退化趋势明显。

表 8 青海湖流域地表覆盖的生态级别列表  
Table 8 The ecological grades for landcover types in QLB

类别 Type	生态级别 Ecological grade	类别	生态级别	类别	生态级别
水域	1 级	未退化草甸	3 级	重度退化草甸	6 级
湿地	1 级	未退化草原	3 级	重度退化草原	6 级
冰川及永久积雪	1 级	轻度退化草甸	4 级	极度退化草甸	7 级
灌木林地	2 级	中度退化草甸	5 级	极度退化草原	7 级
人工草地	3 级	中度退化草原	5 级	裸露地	8 级

利用公式(3)计算青海湖流域 2000—2010 年期间的退化草地转类指数如表 9 所示。青海湖流域 2000—2010 年期间退化草地转类指数为 -0.0384,与退化趋势明显时转类指数小于 -5 比较,这个数值非常小,而且很接近零值。如果退化草地转类指数小于零就意味着草地变化呈退化趋势,那么青海湖流域 2000—2010 年期间草地变化呈极轻微退化趋势。其中 2000—2006 年期间退化草地变化状况同样为极轻微退化,但比

2000—2010 年期间退化程度稍大。2006—2010 年期间退化草地变化状况为极轻微改善。

## 5 结论与讨论

由于青海湖流域独特的地理位置及环境特点,对流域的主要生态环境问题——草地退化进行连续监测,是掌握流域生态环境变化状况并且制定具体生态环境治理方案的有效手段。利用遥感技术对青海湖流域近 10a 的退化草地进行连续监测发现:2000—

2010 年期间流域草地变化非常小,呈极轻微退化趋势;草地变化经历了变化幅度很小的先退化、后改善阶段,2006—2010 年期间流域草地呈极轻微改善趋势,但还没有恢复到 2000 年的状况。流域内不同退化草地类别的空间景观格局表现比较稳定。

青海湖流域的退化草地变化是气候变化和人类活动共同作用的结果。2000 年以后青海湖流域暖湿的气候特征更加明显<sup>[26]</sup>,这是流域草地向良好状况发展的有利自然条件。2000—2006 年期间流域草地退化,可能主要由长期不合理的畜牧业生产及管理方式不善导致。2006—2010 年期间人工草地面积由 660hm<sup>2</sup> 增加到 8593hm<sup>2</sup>,与政府实施的生态环境保护与综合治理工程紧密相关。近年来青海湖的旅游资源得到了有效的开发,在促进区域经济发展的同时,也对环湖区域的草原生态环境造成了很大的压力。

本研究结果虽然对 2000—2010 年期间青海湖流域草地退化状况进行了详细的时空分析。但受获取数据本身的限制,在监测阶段的划分上有一定的跨度,不能和政府进行大规模的生态环境保护治理工程时间完全对应,不能明确工程治理是否是流域 2006—2010 年期间流域草地呈极轻微改善趋势的主导原因。另外对草地类型的定义与识别主要从遥感监测出发,对由于杂草类增加导致的退化不能精确识别。在今后的研究中,可以进一步结合气象信息、大量的实地调查资料、以及同步的遥感数据对青海湖流域退化草地变化原因进行深入分析。

## References:

- [ 1 ] Gao H J, Li X Q, Zhang F, Huo X B. Remote sensing monitory study on the dynamic change of ecological environment in Qinghai Lake area during 25 years. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2005, 16(3): 100-103.
- [ 2 ] Chen K L, Li S C, Zhou Q F, Duo H R, Chen Q. Analyzing dynamics of ecosystem service values based on variations of landscape patterns in Qinghai Lake area in recent 25 years. *Resources Science*, 2008, 30(2): 274-280.
- [ 3 ] Li D Q, Guo L, Duo H R, Wu H B. Analysis of temporal and spatial change of land use of Qinghai Lake and its ecological protection. *Journal of the Central University for Nationalities: Natural Sciences Edition*, 2009, 18(1): 18-22.
- [ 4 ] Li X Y, Xu H Y, Ma Y J, Wang J H, Sun Y L. Land use/cover change in the Qinghai Lake watershed. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(2): 285-296.
- [ 5 ] Harris R B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan Plateau: a review of the evidence of its magnitude and causes. *Journal of Arid Environments*, 2010, 74(1): 1-12.
- [ 6 ] Wen G A. Environment deterioration and causes of the Qinghai Lake drainage area. *Journal of Qinghai University: Nature Science*, 2010, 28(5): 23-26.
- [ 7 ] Cai B. Analysis on the driving of natural factors and human activities on Qinghai Lake Basin steppe desert. *Prataculture&Animal Husbandry*, 2011, (8): 11-16.
- [ 8 ] Cao G C, Ma H Z, Li L Q, Zhou D J. Natural geographical support and environmental response for bio-tourism in area of Qinghai Lake. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(5): 118-122.
- [ 9 ] Li F X, Xiao J S, Guo A H, Wu S X, Zhu X D. Preliminary study on change of wetland around Qinghai Lake. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(6): 1018-1021.
- [ 10 ] Bai Y F, Ma H Z, Sha Z J. Research on the dynamic change of the vegetation coverage in the north shore of Qinghai Lake with RS and GIS technology. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(9): 3780-3781.
- [ 11 ] Li X Q. Grassland type and distribution in Qinghai lake drainage area. *Qinghai Prataculture*, 2009, 18(4): 20-23.
- [ 12 ] Li Y T, Li X Y, Cui B L, Yi W J, Zhang Q, Sun J H. Trend of pan evaporation and its impact factors over Lake Qinghai basin from 1961 to 2007. *Journal of Lake Sciences*, 2010, 22(4): 616-624.

- [13] Wang J H, Tian J H, Li X Y, Ma Y J, Yi W J. Evaluation of concordance between environment and economy in Qinghai Lake Watershed, Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 2011, 21(5): 949-960.
- [14] Xu Y X. Qinghai Lake Basin ecological environment protection and comprehensive management project started officially. *Qinghai Prataculture*, 2008, 17(2): 50-50.
- [15] Liu X Y. Hydrologic characteristics of Qinghai Lake Basin. *Hydrology*, 2004, 24(2): 60-61.
- [16] Ren H, Peng S L. Introduction to restoration ecology. Beijing, Science Press, 2001.
- [17] Daily G C. Restoring value to the world's degraded lands. *Science*, 1995, 269(5222): 350-354.
- [18] Ren H, Zhang Q M, Peng S L. The restoration of degraded terrestrial aquatic ecosystem. *Tropical Geography*, 2003, 23(1): 22-29.
- [19] Li B. The rangeland degradation in north China and its preventive strategy. *Scientia Agricultura Sinica*, 1997, 30(6): 1-10.
- [20] Ma Y S, Lang B N, Li Q Y, Shi J J, Dong Q M. Study on rehabilitating and rebuilding technologies for degenerated alpine meadow in the Changjiang and Yellow river source region. *Pratacultural Science*, 2002, 19(9): 1-5.
- [21] Sun X D, Dong Q M, Ma Y S. Research of alpine meadow degradation of grassland classification standard. *Chinese Qinghai Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2008, 38(4): 54-55.
- [22] Sun X B, Liu H Y, Li Y F, Hao J F. CA-Markov model-based identification of impacts of land use on landscape pattern. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2009, 25(1): 1-7.
- [23] Wang S Y, Liu J Y, Zhang Z X, Zhou Q B, Zhao X L. Analysis on spatial-temporal features of land use in China. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(6): 631-639.
- [24] Wu J G. Landscape ecology pattern, process, scale and hierarchy. Beijing, Higher Education Press, 2000.
- [25] Zhao Z P, Liu J Y, Shao Q Q. Characteristic analysis of land cover change in nature reserve of Three River's Source regions. *Scientia Geographica Sinica*, 2010, 30(3): 415-420.
- [26] Yi W J, Li X Y, Cui B L, Ma Y J. Climate change and impact on water level of the Qinghai Lake watershed. *Journal of Arid Meteorology*, 2010, 28(4): 375-383.

#### 参考文献:

- [1] 高会军, 李小强, 张峰, 霍晓斌. 青海湖地区生态环境动态变化遥感监测. *中国地质灾害与防治学报*, 2005, 16(3): 100-103.
- [2] 陈克龙, 李双成, 周巧富, 朵海瑞, 陈琼. 近 25 年来青海湖流域景观结构动态变化及其对生态系统服务功能的影响. *资源科学*, 2008, 30(2): 274-280.
- [3] 李迪强, 郭涿, 朵海瑞, 武海波. 青海湖流域土地覆盖时空变化与生态保护对策. *中央民族大学学报: 自然科学版*, 2009, 18(1): 18-22.
- [4] 李小雁, 许何也, 马育军, 王建华, 孙永亮. 青海湖流域土地利用/覆被变化研究. *自然资源学报*, 2008, 23(2): 285-296.
- [6] 温国安. 青海湖流域生态环境恶化与成因探讨. *青海大学学报: 自然科学版*, 2010, 28(5): 23-26.
- [7] 才保. 自然因素与人类活动对青海湖流域草原荒漠化的驱动分析. *草业与畜牧*, 2011, (8): 11-16.
- [8] 曹广超, 马海州, 李玲琴, 周筠筠. 青海湖流域生态旅游资源的自然地理基础与环境响应. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(5): 118-122.
- [9] 李凤霞, 肖建设, 郭安红, 吴素霞, 朱西德. 环青海湖地区湿地变化初步研究. *中国沙漠*, 2007, 27(6): 1018-1021.
- [10] 白艳芬, 马海州, 沙占江. 基于遥感和 GIS 技术的青海湖北岸植被覆盖动态变化监测. *安徽农业科学*, 2008, 36(9): 3780-3781.
- [11] 李旭谦. 青海湖流域草地类型及其分布. *青海草业*, 2009, 18(4): 20-23.
- [12] 李岳坦, 李小雁, 崔步礼, 伊万娟, 张强, 孙久虎. 青海湖流域及周边地区蒸发皿蒸发量变化(1961-2007 年)及趋势分析. *湖泊科学*, 2010, 22(4): 616-624.
- [14] 徐有学. 青海湖流域生态环境保护与综合治理项目正式启动. *青海草业*, 2008, 17(2): 50-50.
- [15] 刘小园. 青海湖流域水文特征. *水文*, 2004, 24(2): 60-61.
- [16] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论. 北京: 科学出版社, 2001.
- [18] 任海, 张倩媚, 彭少麟. 内陆水体退化生态系统的恢复. *热带地理*, 2003, 23(1): 22-29.
- [19] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策. *中国农业科学*, 1997, 30(6): 1-10.
- [20] 马玉寿, 郎百宁, 李青云, 施建军, 董全民. 江河源区高寒草甸退化草地恢复与重建技术研究. *草业科学*, 2002, 19(9): 1-5.
- [21] 孙小弟, 董全民, 马玉寿. 高寒草甸退化草地分级标准研究现状. *青海畜牧兽医杂志*, 2008, 38(4): 54-55.
- [22] 孙贤斌, 刘红玉, 李玉凤, 郝敬锋. 基于 CA-Markov 模型土地利用对景观格局影响辨识. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(1): 1-7.
- [23] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 周全斌, 赵晓丽. 中国土地利用时空特征分析. *地理学报*, 2001, 56(6): 631-639.
- [24] 邬建国. 景观生态学格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [25] 赵志平, 刘纪远, 邵全琴. 三江源自然保护区土地覆被变化特征分析. *地理科学*, 2010, 30(3): 415-420.
- [26] 伊万娟, 李小雁, 崔步礼, 马育军. 青海湖流域气候变化及其对湖水位的影响. *干旱气象*, 2010, 28(4): 375-383.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 14 Jul., 2013 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

A review of the researches on *Alectoris* partridge ..... SONG Sen, LIU Naifa (4215)

### Autecology & Fundamentals

Effects of precipitation and nitrogen addition on photosynthetically eco-physiological characteristics and biomass of four tree seedlings in Gutian Mountain, Zhejiang Province, China ..... YAN Hui, WU Qian, DING Jia, et al (4226)

Effects of low temperature stress on physiological-biochemical indexes and photosynthetic characteristics of seedlings of four plant species ..... SHAO Yiruo, XU Jianxin, XUE Li, et al (4237)

Decomposition characteristics of maize roots derived from different nitrogen fertilization fields under laboratory soil incubation conditions ..... CAI Miao, DONG Yanjie, LI Baijun, et al (4248)

The responses of leaf osmoregulation substance and protective enzyme activity of different peanut cultivars to non-sufficient irrigation ..... ZHANG Zhimeng, SONG Wenwu, DING Hong, et al (4257)

Interannual variation of soil seed bank in *Picea schrenkiana* forest in the central part of the Tianshan Mountains ..... LI Huadong, PAN Cunde, WANG Bing, et al (4266)

Physiological & ecological effects of companion-planted grow seedlings of two crops in the same hole ..... LI Lingli, GUO Hongxia, HUANG Genghua, et al (4278)

Effects of magnesium, manganese, activated carbon and lime and their interactions on cadmium uptake by wheat ..... ZHOU Xiangyu, FENG Wenqiang, QIN Yusheng, et al (4289)

Effects of increased concentrations of gas CO<sub>2</sub> on mineral ion uptake, transportation and distribution in *Phyllostachys edulis* ..... ZHUANG Minghao, CHEN Shuanglin, LI Yingchun, et al (4297)

Effects of pH, Fe and Cd concentrations on the Fe and Cd adsorption in the rhizosphere and on the root surfaces of rice ..... LIU Danqing, CHEN Xue, YANG Yazhou, et al (4306)

Effects of low-light stress on maize ear development and endogenous hormones content of two maize hybrids (*Zea mays* L.) with different shade-tolerance ..... ZHOU Weixia, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (4315)

Effects of maize || peanut intercropping on photosynthetic characters and yield forming of intercropped maize ..... JIAO Nianyuan, NING Tangyuan, YANG Mengke, et al (4324)

Cloning root system distribution and architecture of different forest age *Populus euphratica* in Ejina Oasis ..... HUANG Jingjing, JING Jialin, CAO Dechang, et al (4331)

Impact of vegetation interannual variability on evapotranspiration ..... CHEN Hao, ZENG Xiaodong (4343)

Mating behavior of *Pachycrepoides vindemmiae* and the effects of male mating times on the production of females ..... SUN Fang, CHEN Zhongzheng, DUAN Bisheng, et al (4354)

Component analysis and bioactivity determination of fecal extract of *Locusta migratoria tibetensis* (Chen) ..... WANG Haijian, LI Yili, LI Qing, et al (4361)

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) ..... LI Xia, XU Xiuxiu, HAN Lanzhi, et al (4370)

### Population, Community and Ecosystem

Genetic structure of the overwintering Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) collections in Shandong of China based on *mtCOII* gene sequences ..... LI Lili, YU Yi, GUO Dong, TAO Yunli, et al (4377)

The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland ..... HAN Zhengwei, MA Ling, CAO Chuanwang, et al (4387)

Annual variation pattern of phytoplankton community at the downstream of Xijiang River ..... WANG Chao, LAI Zini, LI Xinhui, et al (4398)

Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities ..... WANG Dan, WANG Xiao'an, GUO Hua, et al (4409)

- Cyanobacteria diversity in biological soil crusts from different erosion regions on the Loess Plateau: a preliminary result ..... YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)
- ..... YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern ..... WANG Siyi, OU Minghao (4425)
- Fragmentation process of wetlands landscape in the middle reaches of the Heihe River and its driving forces analysis ..... ZHAO Ruifeng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- ..... ZHAO Ruifeng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010 ..... LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- ..... LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- Research on soil erosion based on Location-weighted landscape index(LWLI) in Guanchuanhe River basin, Dingxi, Gansu Province ..... LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- ..... LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- Effects of host density on parasitoids and hyper-parasitoids of cereal aphids in different agricultural landscapes ..... GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- ..... GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- Effects of interactive CO<sub>2</sub> concentration and precipitation on growth characteristics of *Stipa breviflora* ..... SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)
- ..... SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)
- Resource and Industrial Ecology**
- Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China ..... YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- ..... YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- Changes in phosphorus consumption and its environmental loads from food by residents in Xiamen City ..... WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)
- ..... WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)
- Research Notes**
- Intercropping enhances the farmland ecosystem services ..... SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- ..... SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- Assessment indicator system of eco-industry in mining area ..... WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)
- ..... WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)

# 《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

本期责任副主编 骆世明 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

第33卷 第14期 (2013年7月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 14 (July, 2013)

编辑 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路18号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主编 王如松  
主管 中国科学技术协会  
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

出版 科学出版社  
地址:北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

印刷 北京北林印刷厂  
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@espg.net

订购 全国各地邮局  
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

广告经营 京海工商广字第8013号  
许可证

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

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元