

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **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 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

- 近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)
- 三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

- 北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)
- 植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)
- 高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

- 生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)
- 生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)
- 回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

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/stxb201212201833

赵志平, 吴晓蕾, 李果, 李俊生. 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析. 生态学报, 2013, 33(20): 6577-6586.

Zhao Z P, Wu X P, Li G, Li J S. The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6577-6586.

青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析

赵志平, 吴晓蕾, 李 果, 李俊生*

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 利用长期历史资料, 分析了气候变化和人类放牧活动对草地生产力的影响, 探讨 20 世纪 60 年代以来青海三江源区果洛藏族自治州草地退化主要原因, 结果显示: 研究区是全球变暖的敏感地区, 1961—2010 年研究区气温升高、年降水略有下降、湿润程度下降, Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型和综合自然植被净第一性生产力模型(综合模型)模拟的该区植被净初级生产力(NPP)均具有上升趋势, 近 50 年来研究区气候变化总体上有利于该区草地生产力改善; 研究区家畜年末存栏数 60 年代剧烈上升, 至 70 年代达到顶峰, 家畜年末存栏数与植被 NDVI 呈极显著负相关关系($P < 0.01$), 草地实际载畜量过大造成牲畜对草地过度啃食, 导致草地退化。研究区退化草地恢复治理的重点应放在减轻载畜压力、控制草地现实载畜量方面。

关键词: 草地退化; 气候变化; 过度放牧; 果洛藏族自治州

The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province

ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, LI Junsheng*

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Grassland degradation was the deterioration of the grassland ecosystem function, such as structure, energy flow and material circulation, during its evolution process. This result is due to grassland coverage declining, yield of grass decrease and poison rank grass overgrowing, caused by human activities interference or adverse natural factors. Since the grim situation, the quality of grassland decline, Grassland productivity, economic potential and service function deteriorate, biodiversity complexity level descend, recovery function weaken or disappear, which threat region ecological security. Therefore, grassland degradation and its ecological impact have been an important research area of ecology. Located at the east of Tibet Plateau, the three rivers headwater region is the source region of Yangtze River, Yellow River and Lancang River, and regard as the water tower of China. Under the influences of climate change and human activities, the grassland degradation presented a general situation in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province in last decades. Mainly located in the source region of Yellow River, the alpine meadow degradation and alpine steppe desertification were common phenomena. Grassland degradation was the result under joint action of long-term climate change and unreasonable grazing. By using long-term historical data, this paper investigated the cause of grassland degradation in the aspects of climate change effect and grazing influence to grassland productivity in Golog Tibetan Autonomous Prefecture since 1960s. The result showed that this region was sensitive to global warming. From 1961 to 2010, the annual average temperature ascending, annual precipitation slightly decreasing and moisture condition descending were the general trend. Nevertheless, the net primary productivity (NPP) was in the upward trend by the simulation of Miami Model, Thornthwaite Memorial

基金项目: 环保公益性行业科研专项项目(201209031)

收稿日期: 2012-12-20; 修订日期: 2013-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijsh@craes.org.cn

Model and Synthetic Natural Vegetation Net Primary Productivity Model (Synthetic Model). The climate change improved the grassland productivity in generally. Hence, from macro point of view, climate change was not the cause of grassland degradation in the research area. The livestock amount at the end of year increased sharply in 1960s and reached the peak in 1970s. Large grassland current carrying capacity meant grassland overload and overgrazing. After that, the grassland deteriorated. The livestock amount at the end of year had extremely significant correlation ($P<0.01$) with NDVI condition. Therefore, long-term grassland overload and overgrazing was the cause of grassland degradation. The key points of degraded grassland recover and governance were controlling grassland current carrying capacity and relieving grassland livestock carrying pressure. Since 2000, with the declining of grassland current carrying capacity, degraded grassland began to recover.

Key Words: grassland degradation; climate change; overgrazing; Golog Tibetan Autonomous Prefecture

草地退化,是由于人为活动干扰或不利的自然因素所引起的草地植被盖度下降、产草量下降、毒杂草丛生,从而导致草地生态质量衰退,生产力、经济潜力及服务功能降低,环境变劣以及生物多样性降低,恢复功能减弱或失去恢复功能^[1],是草地生态系统在其演化过程中结构特征和能流与物质循环等功能的恶化过程^[2],威胁区域生态安全^[3]。因此,草地退化成因及其生态影响已成为生态学重要研究领域之一^[4]。

关于草地退化的原因和主要驱动力,目前学术界普遍存在气候变化、人类放牧活动和鼠害 3 种观点^[5]。张懿铨等^[6]认为黄河源地区草地退化有自然因素的影响,但人类活动起主导作用;严作良等^[7]认为季节性过牧等人类活动是造成江河源区近期草地迅速退化的主导因素,从而促使气候、鼠害等自然因子作用加剧。赵新全^[4,8]和周华坤^[9]通过增温实验和放牧强度试验,模拟气候变暖 and 人类活动对高寒草甸生态系统的影响,然后利用层次分析法对江河源区草地退化原因的定量分析,结果表明长期超载过牧的贡献率达到 39.35%,暖干化气候在三江源区草地退化中的贡献率达到 36.64%,鼠害是该区草地初始退化的一个伴生产物。汪诗平^[10]也曾以三江源区治多县为例进行研究,发现草地退化的主要原因是超载过牧,但干旱化气候起到了推波助澜的作用。这些研究主要基于 3—6a 的增温实验和样地放牧强度对比试验,以及利用短期、瞬时遥感资料进行分析,缺乏从宏观方面对草地退化原因的长期性研究。

青海果洛藏族自治州是三江源区重要的组成部分,近几十年来,草地退化严重(表 1)^[11]。本研究尝试利用长期历史资料,分别从气候变化和人类放牧活动对草地退化的影响两个方面进行分析,以探讨 20 世纪 60 年代以来青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因,同时也可为我国其它地区草地退化成因分析提供借鉴。

表 1 果洛藏族自治州各县草地退化面积^[11]

Table 1 Degenerated area of grassland in each counties in Golog Tibetan Autonomous Prefecture

县 Counties	1970—1990		1990—2004	
	退化面积	%	退化面积	%
	Degenerated area/hm ²		Degenerated area/hm ²	
玛多县	890278	46.69	1056578	55.42
达日县	260586	24.21	220124	20.45
玛沁县	155738	19.97	184835	23.70
甘德县	79020	15.76	100207	19.97
久治县	49508	8.20	93828	15.52
班玛县	25371	5.74	65537	14.85

1 研究区概况

青海省果洛藏族自治州地处青藏高原腹地的巴颜喀拉山和阿尼玛卿山之间、三江源区东部,地理上位于北纬 32°21'—35°45'、东经 96°56'—101°45'之间^[12]。行政区划上主要有玛多、达日、甘德、玛沁、久治和班玛

6 县,总面积 $7.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。区内平均海拔 4200m 以上,气候上属高原高寒气候,表现为冷热两季交替、干湿两季分明,年均气温为 -4°C ,年均降水量 400—700mm。草地是该区的主要植被类型,占土地总面积的 71%^[13],其中高寒草甸占 56%,高寒草原占 15%。土壤类型主要有高山草甸土、高山草原土、灰褐土、栗钙土、沼泽土、风沙土等类型,其中以高山草甸土分布最多。

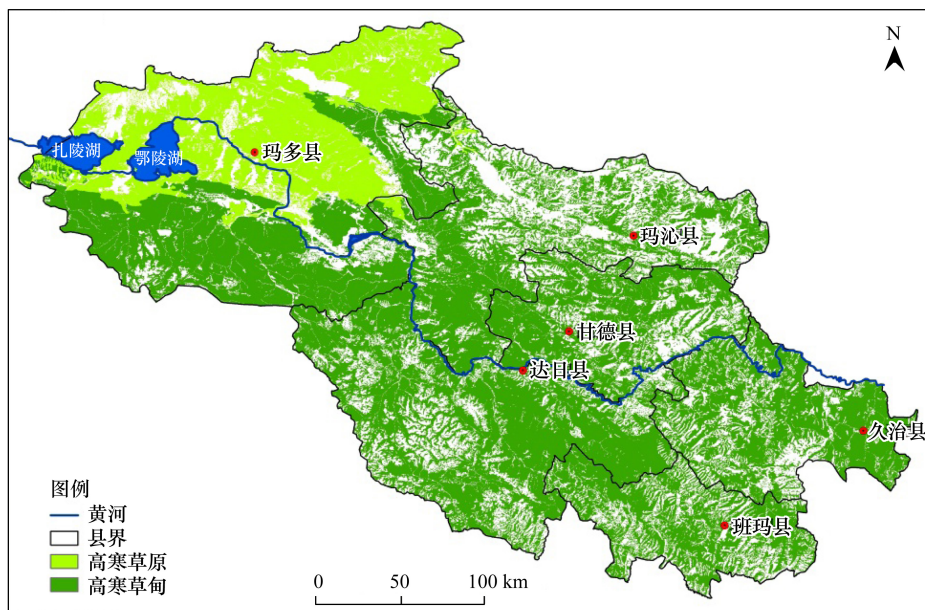


图 1 果洛藏族自治州草地类型分布概况

Fig.1 Spatial distribution of grassland in Golog Tibetan Autonomous Prefecture

2 数据与方法

2.1 数据

本研究用到的气象站点观测数据是由中国气象局数据共享中心提供,包括果洛藏族自治州及周边共 17 个气象站点日值观测数据,数据项为日平均温度、日最高温度、日最低温度、风速、相对湿度、降水量和日照时数。1982—2006 年 GIMMS 8km 分辨率 NDVI 数据来源于国家自然科学基金委员会“中国西部环境与生态科学数据中心”。

2.2 方法

温度和降水量是表征区域气候变化的主要因子,但降水量不是区域湿润程度的唯一指标,区域的湿润状况还与气温、下垫面、太阳辐射、风速等因子有关。Thorntwaite^[14]使用湿润指数来指示气候的湿润程度,并提出了以下计算湿润指数(I_m)的公式:

$$I_m = 100\% \times \left(\frac{P}{ET_0} - 1 \right) \quad (1)$$

式中, P 为年降水量, ET_0 为潜在蒸散。本研究采用此式计算湿润指数来定量表示研究区湿润程度。潜在蒸散(ET_0)采用联合国粮农组织(FAO)1998 年对 Penman-Monteith 模型修订后的版本计算^[15-18]:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

式中, R_n 为净辐射, G 为土壤通量, γ 为干湿常数, Δ 为饱和水汽压曲线斜率, U_2 为 2m 高处的气速, e_a 为实际水汽压, e_s 为平均饱和水汽压。净辐射 R_n 的计算公式如下:

$$R_n = 0.77 \times \left(0.248 + 0.752 \frac{n}{N} \right) R_{so} - \sigma \left[\frac{T_{\max,k}^4 + T_{\min,k}^4}{2} \right] (0.56 - 0.25\sqrt{e_a}) \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right) \quad (3)$$

式中, σ 为 Stefan-Boltzmann 常数 ($4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), $T_{\max,k}$ 、 $T_{\min,k}$ 分别为绝对温标的最高和最低气温, n 为实际日照时数, N 为可照时数, R_{so} 为晴天辐射。

利用 ANUSPLIN 软件将研究区及周边气象站点数据插值形成研究区空间 1km 栅格气候数据, 包括年平均气温、年降水量和湿润指数, 多项研究认为 ANUSPLIN 方法对温度和降水的插值效果明显优于其他方法^[19-21]。湿润指数由公式(1)、(2)和(3)计算得到。

目前国内外流行的基于气象数据计算植被净初级生产力 (NPP) 的方法有 Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型和综合自然植被净第一性生产力模型 (简称综合模型)。

Miami 模型^[22]是 H.Lieth 利用世界 5 大洲约 50 个地点可靠的自然植被 NPP 的实测资料和与之相匹配的年均气温及降水资料, 根据最小二乘法建立的:

$$NPP_T = 3000 / (1 + e^{1.315 - 0.119T}) \quad (4)$$

$$NPP_P = 3000 (1 - e^{-0.000664P}) \quad (5)$$

式中, NPP_T 和 NPP_P 分别为根据年平均气温 ($T, ^\circ\text{C}$) 和年降水 (P, mm) 求得植被净初级生产力 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。根据 Liebig 的限制因子定律, 选择由温度和降水所计算出的植被 NPP 中的较低者作为某地植被的 NPP 。

植被的 NPP 不仅与温度和降水有关, 而且也与植被蒸散量有关。H.Lieth 基于 Thornthwaite 方法计算的实际蒸散及世界五大洲 50 个地点植被 NPP 资料, 于 1974 年提出了 Thornthwaite Memorial 模型^[23]:

$$NPP = 3000 (1 - e^{-0.0009695(E-20)}) \quad (6)$$

$$E = \frac{1.05P}{\sqrt{1 + (1 + 1.05R/PET)^2}} \quad (7)$$

式中, NPP 为植被净初级生产力 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), E 为年实际蒸散量 (mm), P 为年降水量 (mm), ET_0 为潜在蒸散 (mm), 采用(2)式计算。Thornthwaite Memorial 模型包含的环境因子较全面, 计算的结果优于 Miami 模型^[24]。

周广胜与张新时^[25-26]根据植物的生理生态学特点及联系能量平衡和水量平衡方程的实际蒸散模型, 根据世界各地的 23 组森林、草地及荒漠等自然植被资料及相应的气候资料建立了自然植被 NPP 模型:

$$NPP = \frac{RDI^2 \times P \times (1 + RDI + RDI^2)}{(1 + RDI) \cdot (1 + RDI^2)} \cdot e^{(-\sqrt{9.84 + 6.25 \cdot RDI})} \quad (8)$$

式中, NPP 为植被净初级生产力 ($10^2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), P 为年降水量 (mm), RDI 为辐射干燥度, 可用下式计算:

$$RDI = 0.629 + 0.237 \cdot PER - 0.00313 \cdot PER^2 \quad (9)$$

$$PER = \frac{RET}{P} \quad (10)$$

式中, ET_0 为潜在蒸散 (mm), 采用(2)式计算, P 为年降水量 (mm), PER 为可能蒸散率。该模型以与植被光合作用密切相关的蒸散为基础, 综合考虑了各因子的相互作用, 对于干旱半干旱地区其计算结果优于其它模型。

归一化植被指数 ($NDVI$) 是表征地表植被状况的重要指数^[27], 由于研究区位于青藏高原高寒区, 可以采用最大合成法 (MVC) 获得每个象元一年中地表植被 $NDVI$ 最大值 ($NDVI_{\max}$) 来代表当年植被生长状况:

$$NDVI_{\max}(x, t) = \text{MAX}(NDVI(x, t, i)) \quad (11)$$

式中, x 表示空间位置, t 表示年份, i 表示 t 年中 1 月 1 日起第 i 个 15d, 其范围在 1 到 24 之间。

3 结果

3.1 气候变化

研究区属于高海拔高寒气候, 多年平均气温为 -3.45°C , 变异系数为 0.22。1961—2010 年该区具有极显著增温趋势 ($R^2 = 0.4481$), 平均增速 $0.35^\circ\text{C}/10\text{a}$, 且增温速率呈加快趋势。

研究区多年平均降水量为 556.71mm, 变异系数为 0.10。1961—2010 年年降水量总体具有下降趋势, 但趋势不显著 ($R^2 = 0.0018$), 为 $-1.62\text{mm}/10\text{a}$, 其中 80 年代降水量最大, 90 年代降水量下降幅度较大, 2000 年以来降水量增加到 70 年代水平, 但仍然低于 80 年代。

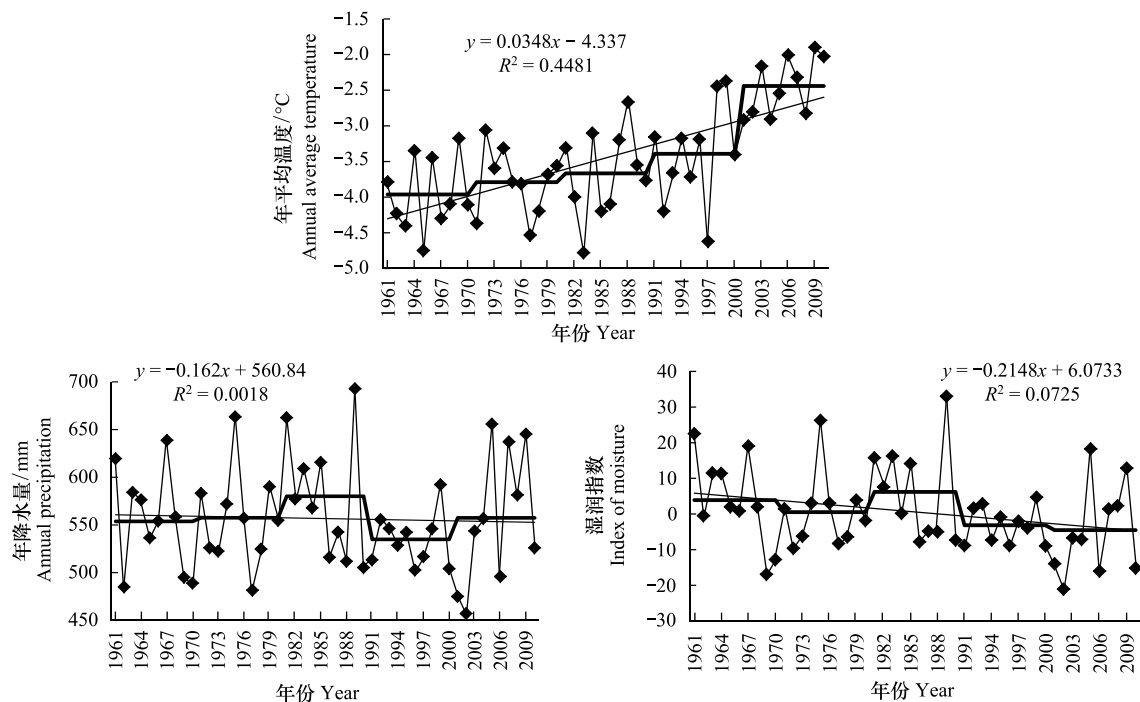


图2 1961—2010年研究区年平均温度、年降水量和湿润指数变化

Fig.2 Variation of annual average temperature, annual precipitation, and index of moisture in research area from 1961 to 2010

研究区多年平均湿润指数为 0.60。1961—2010 年该区湿润指数总体具有下降趋势,但趋势不显著 ($R^2=0.0725$),为 2.15/10a,其中 80 年代湿润指数最大,90 年代湿润指数下降幅度较大。2000 年以来湿润指数低于 90 年代,为近 50 年来最低值。这可能是由于温度增加导致潜在蒸散 (ET_0) 增加幅度较大,同时降水量增加幅度较小的缘故。

3.2 气候变化导致的植被净初级生产力变化

利用基于气象数据计算 NPP 的 Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型和综合自然植被净第一性生产力模型(综合模型),模拟了研究区 1961—2010 年气候变化导致的植被净初级生产力(NPP)的变化。图 3 显示,Thornthwaite Memorial 模型和综合模型的 NPP 模拟值较接近,多年 NPP 均值分别为 600.02 和 576.47 $g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$,变异系数分别为 0.05 和 0.04。Miami 模型的 NPP 模拟值相对较低,多年 NPP 均值为 459.53 $g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$,变异系数为 0.08。1961—2010 年 Thornthwaite Memorial 模型和综合模型模拟的 NPP 具有增加趋势,但趋势不显著,分别为 0.30 和 0.36 $g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$,Miami 模型模拟的 NPP 具有显著增加趋势,增加速率为 1.62 $g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ 。

图 4 显示 Thornthwaite Memorial 模型和综合模型的 NPP 年代变化比较一致,均为 80 年代最大,90 年代 NPP 下降幅度较大,但仍然高于 60 年代,2000 年以来 NPP 增长幅度较大,高于 60 和 70 年代,但低于 80 年代。Miami 模型模拟的 NPP 自 60 年代以来呈现不断增加趋势,2000 年以来 NPP 达到最大值。植被光合作用与蒸散密切相关,综合模型以此为基础,综合考虑了各因子的相互作用,其模拟的 NPP 介于 Thornthwaite Memorial 模型和 Miami 模型之间,结果比较可靠。

上述结果表明,研究区气候变化总体上是有利于植被 NPP 增加的,3 个模型模拟的 1961—2010 年研究区 NPP 都具有增加趋势。同时 Thornthwaite Memorial 模型和综合模型能够刻画 90 年代研究区 NPP 下降过程,但研究区 90 年代 NPP 仍然高于 60 年代, NPP 变化仍处于正常范围内。

3.3 草地实际载畜量变化

果洛藏族自治州牧民从事的生产活动以放牧为主,主要畜种包括牦牛、绵羊、山羊和马匹。本研究从《果

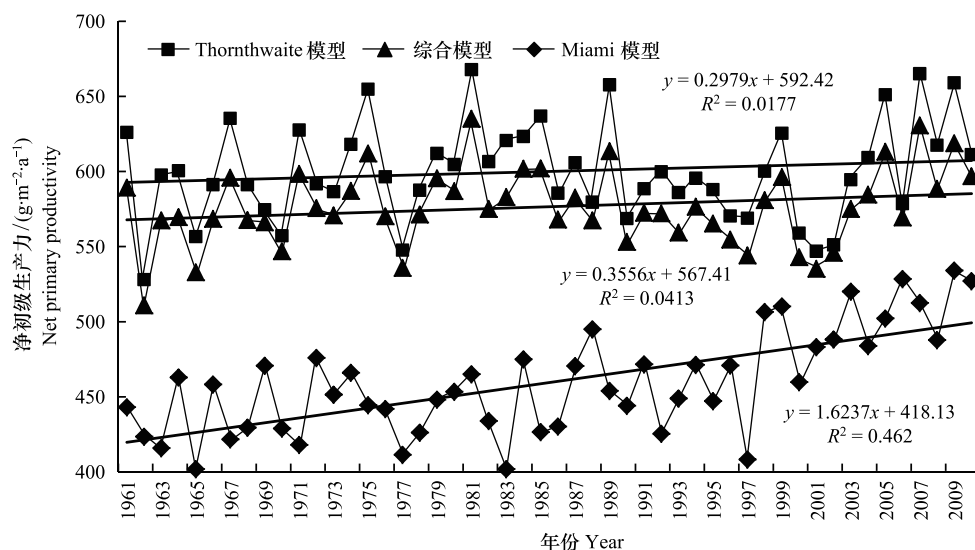


图3 基于气象数据的1961—2010年植被净初级生产力年际变化

Fig.3 Interannual change of net primary productivity based on meteorological data from 1961 to 2010

洛藏族自治州统计年鉴1954—2010》^①中查找研究区牲畜头、只数,依据农业部发布的《天然草地合理载畜量的计算 NY/T635—2002》^[28],按照一头牦牛4.5个羊单位,一匹马6个羊单位折算。结果表明(图5),研究区家畜年末存栏数总体上经历了一个急剧增加—缓慢下降的过程,变异系数为0.29。建国初50年代的家畜年末存栏数最低,为 321.72×10^4 羊单位;60年代家畜年末存栏数直线上升,达到 474.62×10^4 羊单位;70年代达到顶峰为 746.27×10^4 羊单位,相比50年代增加131.96%,比60年代增加57.23%。此后80和90年代家畜年末存栏数一直缓慢下降,至2000年以来下降至 571.67×10^4 羊单位,但仍然比60年代高20.45%。

3.4 退化草地NDVI变化及其成因分析

采用最大合成法(MVC)获得每个象元一年中地表植被NDVI最大值($NDVI_{max}$)来代表当年植被生长状况。结果显示(图6),研究区80年代 $NDVI_{max}$ 较低,90年代草地退化加剧 $NDVI_{max}$ 进一步下降,2000年以来退化草地开始恢复, $NDVI$ 状况明显比80和90年代好。由于遥感数据出现时间较晚,导致1961—1981年研究区草地状况依旧不明。相关分析显示,1982—2006年研究区年平均气温、降水量和湿润指数与植被 $NDVI$ 状况均不显著,Miami模型、Thornthwaite Memorial模型和综合模型模拟的研究区NPP与植被 $NDVI$ 状况也均不显著,而家畜年末存栏数则与植被 $NDVI$ 状况呈极显著负相关关系($P < 0.01$)(图7)。这表明研究区1982—2006年植被变化直接受到人类放牧活动的影响,与气候变化没有显著关系。另外,随着草地退化程度加剧,植被群落中毒杂草比例增加,但仍然不能改变草地盖度(或 $NDVI$)不断下降的趋势。

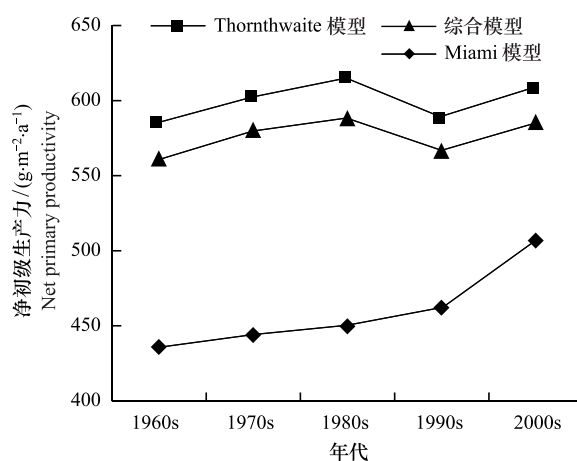


图4 基于气象数据的1961—2010年植被净初级生产力年代变化

Fig.4 Interdecade change of net primary productivity based on meteorological data from 1961 to 2010

① 果洛州统计局. 果洛藏族自治州统计年鉴1954—2010 未出版

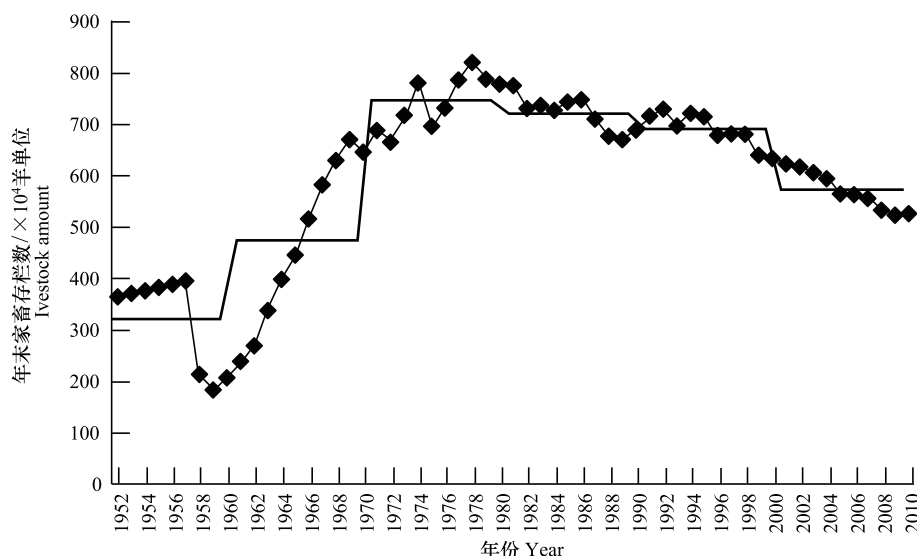


图5 1952—2010年果洛藏族自治州家畜年末存栏数变化

Fig.5 Variation of livestock amount at the end of year in research area from 1952 to 2010

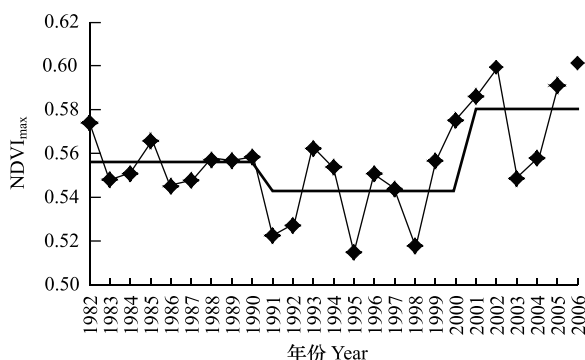
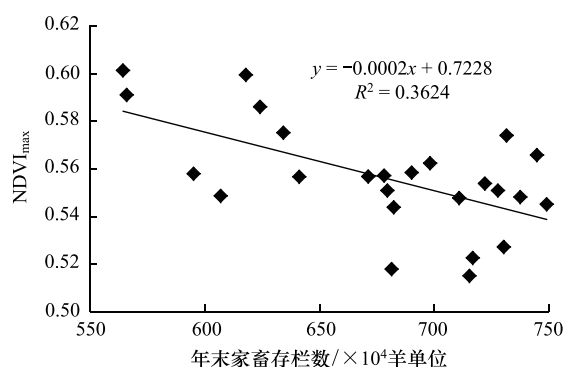


图6 1982—2006年研究区植被NDVI状况变化

Fig.6 Variation of $NDVI_{max}$ in research area from 1982—2006图7 植被 $NDVI_{max}$ 与家畜年末存栏数回归关系Fig.7 Regression between $NDVI_{max}$ and livestock amount at the end of year

4 讨论与结论

本研究中 Miami 模型是 H.Lieth 利用世界 5 大洲约 50 个地点可靠的自然植被 NPP 的实测资料和与之相匹配的年均气温及降水资料建立的^[22],在我国已经广泛使用^[29-31]。Thorntwaite Memorial 模型包含的环境因子较全面,计算的结果优于 Miami 模型^[24]。周广胜与张新时^[25-26]建立的自然植被 NPP 模型以与植被光合作用密切相关的蒸散为基础,综合考虑了各因子的相互作用,并且在全国范围内进行了应用^[32]。本研究基于上述 3 个模型,对青海三江源区果洛藏族自治州近 50 年来 NPP 变化进行了模拟。3 个模型模拟的 NPP 变异系数(0.08、0.05 和 0.04)相对较小,模拟结果具有一定的可靠性。

IPCC 第四次报告中^[33]全球 100a(1906—2005)增温趋势为 $0.074^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,任国玉等^[34]计算了 1951—2004 年中国年平均温度增幅约为 1.3°C ,约 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。本区增温速率远大于全球平均水平,约为中国平均增温速率的 1.4 倍,说明本区是全球变暖的敏感地区。气候变暖会使草地返青期提前,增强植被光合作用,有利于植物生长,提高植被生产力^[35]。1961—2010 年研究区气温显著升高、虽然年降水量和湿润程度略有下降,但 3 个气候模型的模拟结果均显示该地区气候变化导致植被 NPP 具有上升趋势,说明研究区气候变化总体上有利于草地生产力改善。

本次研究的调查发现,果洛藏族自治州家畜年末存栏数在 20 世纪 60 年代后呈直线上升,至 20 世纪 70 年代达到最高值,相比上世纪 50 年代和 60 年代分别增加 131.96% 和 57.23%。其后虽然家畜年末存栏数有所下降,但总体上家畜年末存栏数仍呈增长趋势(图 5)。Fan 等^[36] 经过研究也认为 1988—2005 年青海三江源区夏季草场平均超载 100%,冬季草场平均超载近 200%,其中果洛藏族自治州草地超载过牧现象尤其严重。Brekke 认为气候变化会导致草地产草量暂时下降,而草地长期过牧则会破坏草地生态系统的稳定性^[37]。Sonneveld 在东非干旱草原的研究表明草地退化格局与草地超载过牧格局基本一致^[38]。本次研究也发现,研究区 1982—2006 的植被 *NDVI* 与家畜年末存栏数存在极显著负相关关系($P<0.01$),说明研究区 60 年代以来家畜年末存栏数急剧上升、草地长期超载过牧是研究区草地退化的主要驱动因子。从而进一步印证草地长期超载过牧、载畜压力过高是草地退化的主要原因。鼠害也是研究区普遍存在的现象,前人研究成果表明随着植被盖度和高度降低,高原鼯鼠数量增加^[39],鼠害是该区草地初始退化的一个伴生产物^[8]。所以退化草地的恢复治理应重点放在减轻草地载畜压力、控制草地现实载畜量方面,同时辅以退牧还草、恶化退化草场治理(围栏封育、补播、人工草地等)、灭鼠以及水土保持等措施。研究表明:轻度退化草地封育 2—3a 后草地即可得到恢复,中度退化草地需要封育时间更长,重度和极度(黑土滩)退化草地必须通过建植人工草地、结合补播、施肥、毒杂草防除、灭鼠以及其它改良措施^[40]。随着 2000 年以来研究区草地放牧压力下降,植被 *NDVI* 状况转好,退化草地开始恢复。2005 年开始实施的《青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划》对于降低放牧活动对草地生态系统的影响,恢复已经退化的草地具有重要意义。

本研究最大的特点是从宏观上分析 1961—2010 年气候变化和人类放牧活动对草地退化的影响,研究结果与赵新全^[4,8] 和周华坤^[5,9] 等人的观点不完全一致,他们的研究认为暖干化气候在三江源区草地退化中的贡献率达到 36.64%,仅次于草地长期超载过牧。这可能是由于研究区范围、研究方法以及时间尺度不同导致的。虽然总体上果洛藏族自治州草地退化的主要驱动因子是草地超载过牧,但在局部地区也可能受其它因素的影响,例如极端天气、地形条件以及其它人类干扰活动。本研究对于果洛藏族自治州制定合理的草地退化治理措施具有借鉴作用。由于受资料所限,本研究缺乏该区长期地面草地样方监测数据对研究结论进行实证,同时该区遥感空间数据出现时间较晚,导致 1961—1981 年研究区草地总体状况依旧不明。

References:

- [1] Li B. The rangeland degradation in North China and its preventive strategy. *Scientia Agricultura Sinica*, 1997, 30(6): 1-9.
- [2] Chen Z Z. Natural grassland ecosystem degradation and its regulation in China. Beijing: Chinese Science and Technic Press, 1990: 86-88.
- [3] Zhou H K, Zhao X Q, Zhou L, Liu W, Li Y N, Tang Y H. A study on correlations between vegetation degradation and soil degradation in the Alpine Meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 2005, 14(3): 31-40.
- [4] ZHAO X Q. Restoration and sustainable management of degradation grassland ecosystem in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province. Beijing: Chinese Science and Technic Press, 2011: 85-126.
- [5] Zhou H K, Zhao X Q, Tang Y H, Gu S, Zhou L. Alpine grassland degradation and its control in the source region of Yangtze and Yellow Rivers, China. *Japanese Society of Grassland Science*, 2005, 51(3): 191-203.
- [6] Zhang Y L, Liu L S, Bai W Q, Shen Z X, Yan J Z, Ding M J, Li S C, Zheng D. Grassland degradation in the source region of the Yellow River. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(1): 3-14.
- [7] Yan Z L, Zhou H K, Liu W, Zhou L. Preliminary discuss on grassland degradation in the source region of Yangtze and Yellow Rivers. *Grassland of China*, 2003, 25(1): 73-78.
- [8] Zhao X Q, Zhou H K. Eco-environmental degradation vegetation regeneration and sustainable development in the headwaters of Three Rivers on Tibetan Plateau. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2005, 20(6): 471-476.
- [9] Zhou H K, Zhao X Q, Zhou L, Tang Y H, Liu W, Shi Y. Application of analytic hierarchy process on the alpine grassland degradation in the source region of the Yangtze and Yellow Rivers. *Resources Science*, 2005, 27(4): 63-70.
- [10] Wang S P. Vegetation degradation and protection strategy in the "Three Rivers Fountainhead" area in the Qinghai Province. *Acta Pratacultural Science*, 2003, 12(6): 1-9.
- [11] Liu J Y, Xu X L, Shao Q Q. Grassland degradation in the "Three-River Headwaters" region, Qinghai Province. *Journal of Geographical Sciences*,

- 2008,18(3):259-273.
- [12] Han Y L, Chen K L, Wang S P. Study on carbon stock of alpine grassland in the source regions of the Yellow River-In case of Guoluo Tibetan Autonomous Prefecture in Qinghai Province. *Territory & Natural Resources Study*, 2010, (5):93-94.
- [13] The web of the people's government of the Golog Autonomous Prefecture in Qinghai Province; <http://www.guoluo.gov.cn>.
- [14] Thornthwaite C W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 1948, 38(1):55-94.
- [15] Wang L, Xie X Q, Li Y S, Tang D Y. Changes of humid index and borderline of wet and dry climate zone in northern China over the past 40 years. *Geographical Research*, 2004, 23(1):45-54.
- [16] Richard G A, Luis S. P, Dirk R, Martin S. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. 1998, <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>.
- [17] Wu S H, Yin Y H, Du Z. Moisture conditions and climate trends in China during the period 1971—2000. *International Journal of Climatology*, 2006, 26(2):193-206.
- [18] Yin Y H, Wu S H, Du Z. Radiation calibration of FAO56 Penman-Monteith model to estimate reference crop evapotranspiration in China. *Agricultural Water Management*, 2008, 95(1):77-84.
- [19] Wang Y, Cao M K, Tao B, Li K R. The characteristics of spatio-temporal patterns in precipitation in China under the background of global climate change. *Geographical Research*, 2006, 25(6):1031-1040.
- [20] Hutchinson M F. Anusplin Version 4.2 User Guide.
- [21] Hutchinson M F. Interpolation of rainfall data with thin plate smoothing splines I two dimensional smoothing of data with short range correlation. *Geographic Information Decision Analysis*, 1998, 2(2):139-151.
- [22] Lieth H. Modeling the productivity of the world. *Nature and Resources*, UNESCO Paris, 1972:5-10.
- [23] Lieth H, Box E. Evapotranspiration and primary production; C.W. Thornthwaite Memorial Mode. *Publications in climatology*, 1972, 25(2):37-46.
- [24] Zhang X Z. The estimating and distribution of natural vegetation net primary productivity in China. *Resources Science*, 1993, 18(1):15-21.
- [25] Zhou G S, Zhang X S. A natural vegetation NPP model. *Acta Phytocologica Sinica*, 1995, 19(3):193-200.
- [26] Zhou G S, Zheng Y R, Chen S Q, Luo T X. NPP model of natural vegetation and its application in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 1998, 34(5):1-11.
- [27] Liu H Q, Huete A R. A feedback based modification of the *NDVI* to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Transactions Geoscience and Remote Sensing*, 1995, 33(2):457-465.
- [28] Agricultural industry standard of the People's Republic of China NY/T635—2002; Calculation of proper carrying capacity of rangeland. Issued by the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China.
- [29] Li J L, Zhou C H, Liu Z Y, Guo Q L, Guo P. Estimation of terrestrial net primary production and its temporal-spatial distribution in Henan Province based on GIS and RS. *Pratacultural Science*, 2011, 28(10):1839-1844.
- [30] Chen M, Wang R H, Xue H X, Li Q. Effects of drought on ecosystem net primary production in northwestern China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2012, 26(6):1-7.
- [31] Wang W F, Wang Q, Li G C, Sun L. Net primary productivity of vegetation in Heilongjiang Province based on meteorological model. *Journal of Northeast Forestry University*, 2009, 37(4):27-29.
- [32] Zhou G S, Zhang X S. Study on NPP of natural vegetation in China under global climate change. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(1):11-19.
- [33] IPCC, 2007; Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- [34] Ren G Y, Xu M Z, Chu Z Y, Guo J, Li Q X, Liu X N, Wang Y. Changes of surface air temperature in China during 1951—2004. *Climatic and Environmental Research*, 2005, 10(4):717-727.
- [35] Zhu B W, Hou J L, Yan D X, Song L M, Zheng Y F. Effects of climate change on *Poa crymophila* phenology in alpine meadow grassland in northern region of Qinghai Lake, Northwest China. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(6):1525-1532.
- [36] Fan J W, Shao Q Q, Liu J Y. Assessment of effects of climate change and grazing activity on grassland yield in the TRHR of Qinghai-Tibet Plateau, China. 2009, DOI 10.1007/s10661-009-1258-1.
- [37] Brekke K A, Øksendal B, Stenseth N C. The effect of climate variations on the dynamics of pasture - livestock interactions under cooperative and noncooperative management. *PNAS*, 2007, 104(37):14730-14734.
- [38] Sonneveld B G J S, Pande S, Georgis K. Land degradation and overgrazing in the afar region, Ethiopia; a spatial analysis. *Land Degradation and Desertification: Assessment, Mitigation and Remediation*, 2010, Part 2, 97-109, DOI:10.1007/978-90-481-8657-0_8.
- [39] Liu W, Zhou L, Wang X. Responses of plant and rodents to different grazing intensity. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3):376-382.
- [40] Li Q Y, Li J P, Dong Q M, Ma Y S, Lai D Z, Zhao X Q, Shi J J, Wang L Y. Study on the effect of fencing on *Kobresia Parva* alpine meadow pasture

at different degrading stages in Yangtze and Yellow River Headwaters. *Pratacultural Science*, 2006, 23(12): 16-21.

参考文献:

- [1] 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): 1-9.
- [2] 陈佐忠. 我国天然草地生态系统的退化及其调控. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 86-88.
- [3] 周华坤, 赵新全, 周立, 刘伟, 李英年, 唐艳鸿. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究. *草业学报*, 2005, 14(3): 31-40.
- [4] 赵新全. 三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理. 北京: 科学出版社. 2011: 85-126.
- [6] 张德铨, 刘林山, 摆万奇, 沈振西, 阎建忠, 丁明军, 李双成, 郑度. 黄河源地区草地退化空间特征. *地理学报*, 2006, 61(1): 3-14.
- [7] 严作良, 周华坤, 刘伟, 周立. 江河源区草地退化状况及成因. *中国草地学报*, 2003, 25(1): 73-78.
- [8] 赵新全, 周华坤. 三江源区生态环境退化、恢复治理及其可持续发展. *中国科学院院刊*, 2005, 20(6): 471-476.
- [9] 周华坤, 赵新全, 周立, 唐艳鸿, 刘伟, 师燕. 层次分析法在江河源区高寒草地退化研究中的应用. *资源科学*, 2005, 27(4): 63-70.
- [10] 汪诗平. 青海省“三江源”地区植被退化原因及其保护策略. *草业学报*, 2003, 12(6): 1-9.
- [12] 韩艳莉, 张克龙, 汪诗平. 黄河源区高寒草地植被碳储量研究——以果洛藏族自治州为例. *国土与自然资源研究*, 2010, (5): 93-94.
- [13] 青海果洛自治州人民政府网站: <http://www.guoluo.gov.cn>.
- [15] 王菱, 谢贤群, 李运生, 唐登银. 中国北方地区 40 年来湿润指数和气候干湿带界线的变化. *地理研究*, 2004, 23(1): 45-54.
- [19] 王英, 曹明奎, 陶波, 李克让. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征. *地理研究*, 2006, 25(6): 1031-1040.
- [24] 张宪洲. 我国自然植被净第一性生产力的估算与分布. *自然资源*, 1993, 18(1): 15-21.
- [25] 周广胜, 张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探. *植物生态学报*, 1995, 19(3): 193-200.
- [26] 周广胜, 郑元润, 陈四清, 罗天祥. 自然植被净第一性生产力模型及其应用. *林业科学*, 1998, 34(5): 1-11.
- [28] 中华人民共和国农业行业标准 NY/T635-2002: 天然草地合理载畜量的计算. 中华人民共和国农业部发布, 2002.
- [29] 李军玲, 邹春辉, 刘忠阳, 郭其乐, 郭鹏. 河南省陆地植被净第一性生产力估算及其时空分布. *草业科学*, 2011, 28(10): 1839-1844.
- [30] 程曼, 王让会, 薛红喜, 李琪. 干旱对我国西北地区生态系统净初级生产力的影响. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(6): 1-7.
- [31] 王维芳, 王琪, 李国春, 孙龙. 基于气象模型的黑龙江省植被净第一性生产力. *东北林业大学学报*, 2009, 37(4): 27-29.
- [32] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究. *植物生态学报*, 1996, 20(1): 11-19.
- [34] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 郭军, 李庆祥, 刘小宁, 王颖. 近 54 年中国地面气温变化. *气候与环境研究*, 2005, 10(4): 717-727.
- [35] 朱宝文, 侯俊岭, 严德行, 宋理明, 郑有飞. 草甸化草原优势牧草冷地早熟禾生长发育对气候变化的响应. *生态学杂志*, 2012, 31(6): 1525-1532.
- [39] 刘伟, 周立, 王溪. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究. *生态学报*, 1999, 19(3): 376-382.
- [40] 李青云, 李建平, 董全民, 马玉寿, 来德珍, 赵新全, 施建军, 王柳英. 江河源头不同程度退化小嵩草高寒草甸草场的封育效果. *草业科学*, 2006, 23(12): 16-21.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleiblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk	YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)
--	--

Landscape, Regional and Global Ecology

Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China	LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method	HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China	HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau	LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai	TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent ten years of Beijing	LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir	LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park	CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years	WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga <i>Porphyra yezoensis</i> Ueda under high salinity	ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《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 宋金明

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 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元