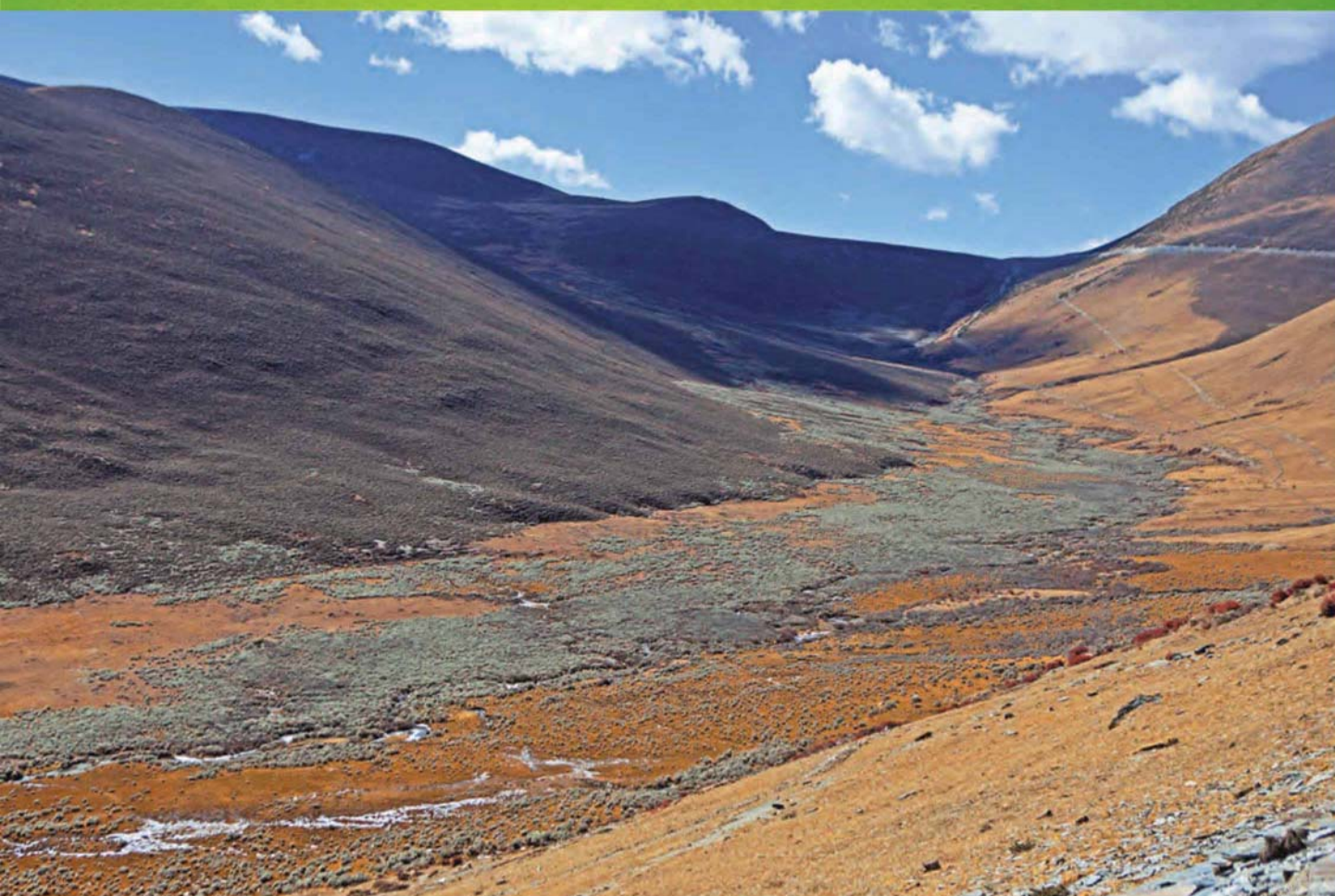


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

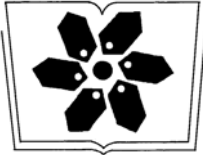
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

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 33 卷 第 18 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

美国农业生态学发展综述	黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
水足迹研究进展	马 晶, 彭 建 (5458)
江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价	孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理	董 蕾, 李吉跃 (5477)
生态化学计量学特征及其应用研究进展	曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征	王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响	付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性	王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性	施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响	申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性	吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应	杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响	秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
免耕稻田氮肥运筹对土壤 NH ₃ 挥发及氮肥利用率的影响	马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
香梨两种树形净光合速率特征及影响因素	孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响	赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响	王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究	汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响	陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异	邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响	赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响	郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响	王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计	黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化	何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
干旱荒漠区银白杨树干液流动态	张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响	刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用	闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较	张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响	吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响	高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响	王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应	张雪妮,吕光辉,杨晓东,等 (5714)
广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征.....	温远光,雷丽群,朱宏光,等 (5723)
戴云山黄山松群落与环境的关联.....	刘金福,朱德煌,兰思仁,等 (5731)
四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系.....	王文君,杨万勤,谭波,等 (5737)
中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态.....	范跃新,杨玉盛,杨智杰,等 (5751)
塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征	李从娟,雷加强,徐新文,等 (5760)
鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征.....	戴年华,邵明勤,蒋丽红,等 (5768)
营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响.....	陈纯,李思嘉,肖利娟,等 (5777)
西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构.....	刘沙沙,贾沁贤,刘喜方,等 (5785)
西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律.....	潘影,徐增让,余成群,等 (5794)
太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征.....	姚昕,朱广伟,高光,等 (5802)
基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究.....	王传辉,吴立,王心源,等 (5808)
近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应	李正国,杨鹏,唐华俊,等 (5818)
鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应.....	谢冬明,金国花,周杨明,等 (5828)
珠三角河网浮游植物生物量的时空特征.....	王超,李新辉,赖子尼,等 (5835)
南京市景观时空动态变化及其驱动力	贾宝全,王成,邱尔发 (5848)
川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化	秦纪洪 王琴 孙辉 (5858)
城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例.....	周健,肖荣波,庄长伟,等 (5865)
基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究.....	范敬龙,刘海龙,雷加强,等 (5874)
干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析	夏富强,唐宏,杨德刚,等 (5883)
海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例.....	魏超,叶属峰,过仲阳,等 (5893)
中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性	梁君,徐汉祥,王伟定 (5905)
丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化.....	江志兵,刘晶晶,李宏亮,等 (5917)
基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例.....	刘耕源,杨志峰,陈彬,等 (5926)
保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例.....	徐飞,蔡体久,琚存勇,等 (5935)
三江源牧户参与草地生态保护的意愿.....	李惠梅,张安录,王珊,等 (5943)
沈阳市降雨径流初期冲刷效应.....	李春林,刘森,胡远满,等 (5952)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09



封面图说: 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地,沟谷地带由于低平且水分较充足,生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线,以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统,高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明,易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关,显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而,这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

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/stxb201305070958

潘影, 徐增让, 余成群, 土艳丽, 李艳, 武俊喜. 西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律. 生态学报, 2013, 33(18): 5794-5801.
Pan Y, Xu Z R, Yu C Q, Tu Y L, Li Y, Wu J X. 题目. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5794-5801.

西藏草地多项供给及调节服务相互作用的 时空演变规律

潘影¹, 徐增让¹, 余成群^{1,2}, 土艳丽⁴, 李艳³, 武俊喜^{1,2,*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101;

3. 西藏自治区高原生物研究所, 拉萨 850001; 4. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 基于统计数据及 MODIS 产品, 计算西藏草地 2000 与 2010 年载畜支持服务、肉类供给服务、水源涵养服务和碳吸收服务的功能量。构建 Pearson 相关系数、总生态系统服务 (TES)、供给-调节服务互竞指数 (TO), 分析了 4 项生态系统服务相互作用关系随纬度、海拔及时间变化的规律。结果表明: 西藏草地两项供给服务和两项调节服务之间分别为相互协同作用, 且随时空变化不大。供给服务和调节服务之间的相互作用随海拔和纬度升高时, 基本由相互竞争转变为相互协同, 在高纬度时则无相互作用。4 项服务在低纬度及低海拔呈相互竞争关系时, 其生态系统服务总体水平也较低, 中纬度及中高海拔呈协同关系时, 其总体水平较高。从 2000 年到 2010 年, 西藏草地 4 项生态系统服务皆发生较大变化。在变化中, 12% 的草地供给服务与调节服务发生相互竞争作用, 33% 的草地则为相互协同关系。发生相互竞争作用的草地主要集中在中低纬度的一江两河地区, 而相互协同的区域主要为藏北羌塘高原中南部。

关键词: 西藏; 生态系统服务; 相互竞争; 相互协同; 时空变化规律

Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem

PAN Ying¹, XU Zengrang¹, YU Chengqun^{1,2}, TU Yanli³, LI Yan², WU Junxi^{1,2,*}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 Tibet Plateau Institute of Biology, Lhasa 850001, China

4 College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

Abstract: In 2000 and 2010, we quantified four ecosystem services in Tibet's grassland ecosystem using recorded data and MODIS products. These four services were: grazing support, meat provisioning, water conservation and carbon sequestration. We established three indices: the Pearson correlation coefficient, total ecosystem services (TES) and a tradeoff index (TO). The interacting relationships among the four ecosystem services were analyzed using these three indices, taking into account the variation of interacting relationships, latitude, elevation and time. Positive Pearson correlation coefficients reflected the synergistic relationship between one pair of ecosystem services, with a negative correlation coefficient reflecting the tradeoff relationship. TES showed the total level of the supply of multiple ecosystem services. TO demonstrated the degree of the tradeoffs for one pair of ecosystem services. The results showed that two provisioning services—grazing support and meat provisioning—were synergistic, as were the two regulating services. Across the Tibetan plateau from 2000 to 2010, there was quite limited spatial or temporal variation in the synergistic relationships. However, the interacting relationships between the provisioning services and the two regulating services were variable. At

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (31200364); “西部之光”人才培养计划项目 (20100309); 西藏自治区生态重大科技专项 (Z2012C07G03)

收稿日期: 2013-05-07; 修订日期: 2013-07-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wujx@igsrr.ac.cn

lower latitude or elevation area of the Tibet, the provisioning services of grazing support and meat provisioning service were tradeoffs with both the regulating services of water conservation and carbon absorption service. However, as the latitude or elevation increased, the relationships between one provisioning service and one regulating service changed from tradeoffs to synergies. The synergetic relationships became weaker and even disappeared at the higher latitude area on the Tibetan Plateau. The *TES* coefficient also varied responding to the changing latitude and elevation. When latitude or elevation increased, the *TES* coefficient increased from a moderate level to a peak, then declined to near zero at high latitude or elevation. By comparing the changing curves in the Pearson correlation coefficient and *TES*, additional results showed that the total ecosystem service level was lower when the ecosystem services were tradeoffs and higher when they acted in synergy. From 2000 to 2010, there was little difference between the curves of Pearson correlation coefficient and *TES* responding to latitude or elevation variations. This suggested that the spatial variation mechanisms of interacting relationships among multiple ecosystem services did not differ much through time. However, from 2000 to 2010, all four grassland ecosystem services in Tibet changed. The variation in ecosystem services, including provisioning services, showed tradeoffs with regulating services in 12% of the grasslands and a synergetic effect in 33% grassland. The areas where provisioning services showed a tradeoff with regulating services during the changes occurring between 2000 and 2010 were located in the watershed of the Yarlung Zangbo, Nianchu and Lhasa rivers. The areas where provisioning services synergized with regulating services during the change between 2000 and 2010 were mainly located at the south edge of North Tibetan plateau. Our investigation of the spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services will contribute to the knowledge of best management practices in the Tibetan grassland ecosystem and concurrently promote grassland production and ecological security.

Key Words: Tibet; ecosystem services; tradeoffs; synergies; spatiotemporal variation mechanism

研究大尺度生态系统服务的时空格局和演变是了解区域生态环境变化及人类从生态系统中得到的惠益的主要手段。土地利用变化和生态系统管理导致了全球范围生态系统食物、木材、纤维等供给功能大幅提高,而水土保持、洪水调蓄、固碳释氧等生态系统调节服务则大幅降低^[1]。生态系统服务的这种“彼消此长”的相互作用,给人们可持续利用和管理生态系统,协调生产发展与生态保护带来了难题^[2-3]。

全球尺度多项生态系统相互作用常见是供给服务与调节服务相互竞争关系^[1],这也是人类在满足自身衣食住行同时导致生态安全降低的主要原因之一。然而在不同区域、不同尺度,多项生态系统服务相互作用关系比较复杂^[4-7]。生态系统供给服务之间会相互竞争,例如基于农田的食物供给服务和基于灌丛的薪柴供给服务,会由于土地资源的制约相互竞争^[8]。而供给服务与调节服务也可相互协同发展,例如种植枫树林可以促进枫糖浆供给服务和碳吸收、土壤保持等调节服务协同发展^[9]。

前人研究有初步结果表明,环境因子(降水、积温、土壤肥力等)及土地利用方式可能制约多项生态系统服务总体水平,也会影响多项服务间相互作用关系^[2,8]。在一定环境条件下,通过生态系统管理优化可以改变相互竞争关系,促进生态系统服务整体水平提高,同时提高生产和保障生态安全^[10-12]。因此,量化研究多项生态系统服务相互作用关系的时空格局和演变,是了解多项生态系统服务相互竞争或协同的影响因子及优化途径的基础。

为了加强生态系统服务相互作用的空间量化,一些学者在传统统计分析和雷达图基础上^[9,13-15],尝试利用系列指数进行分析。Egoh 等研究了土壤保持、土壤形成、水源涵养、径流调节及碳固定五项调节、支持服务在空间上是否具有“共赢”的可能;其利用丰富度指数在亚流域尺度上定量分析了协同性的空间格局,得出丰富度指数较高区域可达到多项生态系统服务“共赢”^[16]。Raudsepp-Hearne 等利用多样性指数分析了 4 项供给服务及 8 项调节文化服务相互影响关系,得出多样性指数较高区域通常调节文化服务较高,多样性指数较低区域通常粮食生产较发达或城市化水平较高^[9]。Laterra 等利用总生态系统服务指数(*TES*)定量了多项生态系统服务相互影响关系,并发现总生态系统服务指数大小与景观复杂性有一定联系^[17]。

本文拟构建多项生态系统服务相互作用定量指标,分析西藏草地生态系统供给服务和调节服务相互关系的空间格局及随时间变化下的相互作用,探索草地多项生态系统服务相互作用时空规律。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

西藏自治区处于我国西南边陲,面积 120 多万 km²。西藏从地貌上主要分为藏北羌塘高原、藏南和藏西河谷、东部和东南部的高山峡谷等区域。西藏属青藏高原气候区,太阳辐射高、日照时间长。西藏气温和降水空间差异性较大,随纬度与海拔变

化较明显,大体上东南部较高,西北部较低。藏东南低山平原区年降水量为 4000 mm 以上,而藏北羌塘高原为 100—300 mm。西藏生态系统多样,包括森林、草地、湿地等。从面积上看,草地生态系统,包括草甸、草原、荒漠等为西藏生态系统的主要部分。

1.2 研究方法

1.2.1 草地生产服务定量

本研究选取单位面积草地载畜支持服务与肉类供给服务两项草地主要生产服务。

结合 2000 年与 2010 年西藏各县草地面积及大牲畜与羊存栏量统计数据,按照一头大牲畜等于 4 个羊单位的比例,定量各县单位面积草地牲畜存栏量的羊单位;并赋值到各县草地栅格图层上,得到西藏 2000 年与 2010 年草地载畜支持服务图层。

结合 2000 年与 2010 年西藏各县草地面积及牛、羊肉产量,将牛、羊肉产量相加,定量各县单位面积草地肉类产量,并赋值到各县草地栅格图层上,得到西藏 2000 年与 2010 年草地肉类供给服务图层。

1.2.2 草地生态服务定量

本研究选取草地调节服务中水源涵养服务和碳吸收服务作为草地主要生态服务。

本研究草地水源涵养服务定义为年草地产径流量,由水量平衡法定量。水量平衡法假设草地生态系统为一个“黑箱”,仅从草地生态系统水量输入与输出角度计算其平衡量^[18-19],其计算如公式(1)。

$$WCS = P - ET \quad (1)$$

式中, WCS 为单位面积草地水源涵养服务 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), P 为降雨量 (mm), ET 为地表蒸散量 (mm)。

本研究碳吸收服务定义为草地年净生态系统生产力 (NEP),其计算如公式(2):

$$CA = NEP = NPP - R_h \quad (2)$$

式中, CA 为单位面积草地碳吸收服务 ($\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), NPP 为单位草地净初级生产力 ($\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), R_h 为土壤异养呼吸量 ($\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$),由地表温度模拟得到,模拟方法如公式(3)^[20]:

$$R_h = a \cdot 0.506 \exp^{0.024LST} \quad (3)$$

$$R_h = a \cdot 0.359 \exp^{0.0138LST} \quad (4)$$

式中, LST 为遥感反演地表温度, a 为碳与二氧化碳的质量转换系数,这里为 0.27, (3) 为雨季(6—8 月)的模拟公式, (4) 为非雨季的模拟公式。

1.2.3 多项生态系统服务相互作用研究方法

本研究选取、构建了 3 个指数反映西藏草地多项生态系统服务相互作用。

利用地理信息系统软件网格工具 (ArcGIS Fishnet) 建立 5 km 大小网格,并选其中心点从 1.21 及 1.22 节生成的草地生产、生态服务图层中提取生态系统服务功能量进行分析。

每隔 0.5° 将西藏草地划分为 17 个纬度样带 (27.5° — 35.5°N),每隔 200 m 将西藏草地划分为 16 个垂直样带 (3000—6000 m)。计算 3 个指数在不同纬度及垂直样带中的值,分析多项生态系统功能相互作用随纬度及海拔变化的演变规律。

(1) 皮尔逊相关系数 (P)

分析 4 项生态系统服务两两之间的 Pearson 相关性,利用 Pearson 相关系数反映某两项生态系统服务之间的相互作用关系。其中, $-1 \leq P \leq 1$,当某两项生态系统服务之间 Pearson 相关系数为负值时,表明其为互竞关系,当为正值时,表明其为协同关系^[8,9]。

(2) 总生态系统服务指数 (TES)

TES 表明草地生产、生态服务总体水平,其计算如公式(5)和(6)

$$TES = \frac{\sum_{i=1}^j \text{Relative } ES_i}{j} \quad (5)$$

式中, TES 是总生态系统服务指数, ES_i 为某一项具体供给或调节服务, $ES_{i-\max}$ 表示该项服务在研究区域中的最高值, $ES_{i-\min}$ 为最低值; $\text{Relative } ES_i$ 为归一化后的生态系统服务量; j 为研究的生态系统服务数量,本研究中为 4 项。 $0 \leq TES \leq 4$, TES 值越大,表明该地区生产、生态服务总体水平相对越高,反之则越低。

$$\text{Relative } ES_i = \frac{ES_i - ES_{i-\min}}{ES_{i-\max} - ES_{i-\min}} \quad (6)$$

(3) 供给-调节服务互竞指数 (TO)

TO 反映了草地生产、生态服务在随时间变化下相互影响关系,其计算如公式(7)

$$TO = \frac{\sum_j^n \text{relative } ES_{jb} - \sum_j^n \text{relative } ES_{ja}}{\sum_k^m \text{relative } ES_{kb} - \sum_k^m \text{relative } ES_{ka}} \quad (7)$$

式中, $Relative ES_j$ 为草地供给服务, n 为供给服务数量; $Relative ES_k$ 为草地调节服务, m 为调节服务数量。 a, b 分别为时间演变的前后时间结点, 本研究中为 2000 年与 2010 年; $Relative ES_j$ 与 $Relative ES_k$ 的计算方式如公式(6)。

$-\infty < TO < +\infty$, $TO < 0$ 时, 表明从 2000 年到 2010 年, 草地供给服务增加同时调节服务降低, 或供给服务降低同时调节服务增加, 反映草地供给服务与调节服务为互相竞争关系; $TO > 0$ 时, 表明从 2000 年到 2010 年, 草地供给服务与调节服务同时增加或减少, 反映草地供给服务与调节服务为协同关系。

1.3 数据来源

本研究 2000 年与 2010 年西藏各县牲畜存栏量及牛、羊肉类产量来自 2001 年及 2011 年西藏统计年鉴。西藏 38 个气象站点数据(日降雨、日气温)来自中国气象科学数据共享服务网(China Meteorological Data Sharing Service System), 并利用克里金插值生成区域年降水量图层。

地表温度数据来自 MODIS 地表温度产品(MOD11), 原数据为 8 天合成数据, 本研究利用 8 天合成数据模拟每 8 天土壤异养呼吸量, 并加和至全年。草地分布数据来自 MODIS 土地覆盖数据(MOD12)。年地表蒸散(ET)数据来自 MODIS 遥感产品(MOD16), 元数据为 8 天合成, 本研究将其加和为年蒸散量。年 NPP 及 NDVI 数据来自 MODIS 遥感产品(MOD17) NPP 数据为年数据, NDVI 为 16 天合成数据, 本研究选择 5—10 月计算生长季平均 NDVI。以上 MOD16 数据下载网址为 <ftp://ftp.ntsug.umt.edu>; MOD11、12、17 数据下载网址为 <ftp://e4f101.cr.usgs.gov>。

2 研究结果

2.1 西藏草地供给、调节服务相互关系空间变化规律

西藏草地载畜支持服务、肉类供给服务、水源涵养服务和碳吸收服务两两之间皆存在显著相关关系($P < 0.01$)。但四类生态系统服务相互关系空间异质性较强, 且随纬度升高有不同响应。2000 年与 2010 年, 西藏草地供给、调节服务相互关系空间变化规律略微有差异, 但总体变化趋势相同(图 1)。

两项供给服务(载畜支持服务和肉类供给服务)之间呈显著正相关, 且正相关关系较为强烈(Pearson 相关系数 > 0.8)。两项供给服务之间的正相关关系随着纬度从 $N27.5^\circ$ 升高到 $N35.5^\circ$, 基本保持在 0.8 到 1 之间。这表明草地载畜支持服务与肉类供给服务之间在整个西藏皆呈现较强烈的协同关系。

两项调节服务(碳吸收服务和水源涵养服务)之间基本呈显著正相关。当纬度从 $N27.5^\circ$ 升高到 $N30^\circ$ 时, Pearson 相关系数从 0 提高到 0.68, 而随着纬度继续升高, Pearson 相关系数又逐渐从 0.68 降低, 当纬度高于 $N33^\circ$ 时, 碳吸收服务和水源涵养服务之间不再有相关关系。这表明西藏草地碳吸收服务和水源涵养服务在中低纬度呈现较强烈的协同关系, 而在低纬度及高纬度则无相互作用。

供给服务与调节服务, 包括载畜支持与水源涵养服务、载畜支持与碳吸收服务、肉类供给与水源涵养服务、肉类供给与碳吸收服务, 其两两之间的相互关系随纬度的升高变化规律基本一致。在低纬度时($N27.5^\circ$ — $N29^\circ$), 供给服务与调节服务之间存在弱负相关关系, 其相关系数在 -0.4 至 0 之间。随着纬度的升高($N29^\circ$ — $N33^\circ$), 供给服务与调节服务之间逐渐转变为正相关, 在 $N31^\circ$ 左右达到最高(Pearson 相关系数 ≈ 0.7), 随后逐渐降低, 呈单峰状趋势; 并在纬度高于 $N33.5^\circ$ 左右降低为 0。这表明, 西藏草地供给服务与调节服务相互关系存在明显三个条带, 在低纬度时为相互竞争关系, 中纬度为协同关系, 而高纬度则无相互作用。

西藏草地供给、调节服务相互关系随海拔变化规律和随纬度变化规律大体相似(图 2)。载畜支持服务和肉类供给服务之间的正相关关系随海拔变化不大。而碳吸收服务和水源涵养服务除了在 3000 m 呈弱负相关外, 3200—6000 m 皆呈正相关。水源涵养服务分别与载畜支持服务和肉类供给服务的相关性随海拔变化呈 S 型, 即在海拔 3000 m 时为弱正相关, 随后随海拔升高而降低, 在海拔 3400 m 时达到最低, 约为 -0.38 ; 随后逐渐升高, 在海拔 5000 m 左右达到顶峰, 约为 0.5; 在海拔高于 5000 m 后, 相关性逐渐降低为 0。碳吸收服务分别与载畜支持服务和肉类供给服务的相关性随海拔变化基本呈单峰状, 在低海拔处呈负相关, 随后随海拔升高而提高, 在海拔 4800 m 左右达到顶峰, 约为 0.5; 随后逐渐降低为 0。

2.2 西藏草地供给、调节服务总体水平空间变化规律

西藏草地载畜支持、肉类供给、水源涵养和碳吸收 4 项服务总体水平空间异质性较强。2010 年 4 项服务总体水平略高于 2000 年, 但空间变化趋势基本相同, 随纬度与海拔升高的变化基本呈单峰状。4 项服务总体水平从低纬度($N27^\circ$) 开始随纬度升高逐渐增加, 在 $N29^\circ$ 左右达到顶峰, 约为 0.9; 随后随纬度升高逐渐降低, 在 $N33.5^\circ$ 左右接近 0 后保持不变。4 项服务总体水平从低海拔(3000 m) 开始随海拔升高逐渐增加, 在 3800 m 左右达到顶峰, 为 1.3 左右。从海拔 4400 m 左右开始, 4 项服务总体水平随海拔升高而下降(图 3)。

2.3 西藏草地供给、调节服务随时间变化的相互作用

从 2000 年到 2010 年, 西藏草地载畜支持、肉类供给、水源涵养和碳吸收四项服务都发生较大变化。从面积上看, 西藏 73.3% 草地的载畜支持功能、91.3% 草地的肉类供给服务有不同程度增加。40.8% 草地的水源涵养服务、24.7% 草地的碳吸收功能有所增加, 而同时 13.6% 草地的水源涵养功能及 10.2% 草地的碳吸收功能有所降低。大部分区域载畜支持服务增加的同时

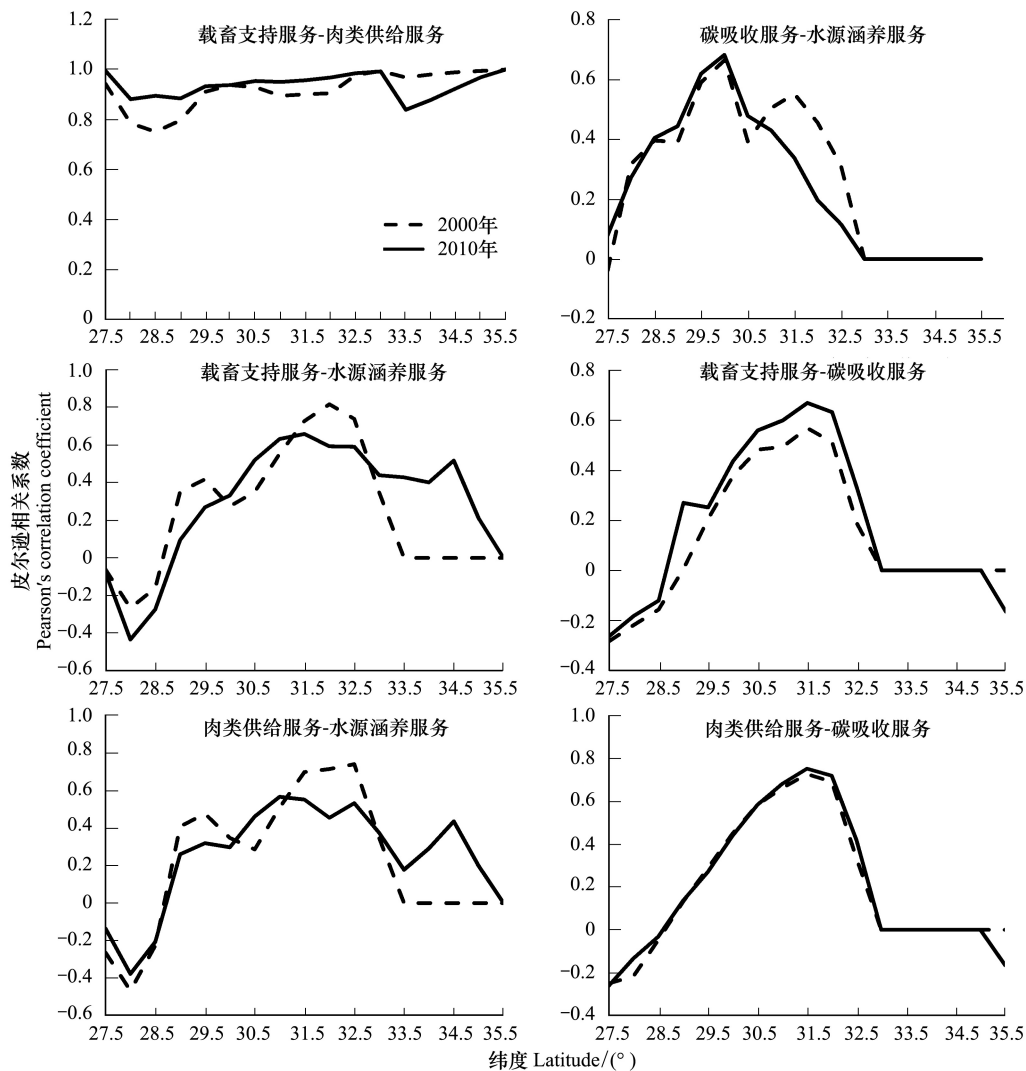


图1 4项生态系统服务功能两两之间皮尔逊(Pearson)相关性(0.01水平显著相关)随纬度变化

Fig.1 Variation of Pearson correlation coefficient along the latitude changing between pairs of the four ecosystem services ($P < 0.01$)

肉类供给服务也有所增加,水源涵养服务增加或减少的区域其碳吸收服务也相应地增加或减少。这表明,西藏草地载畜支持服务和肉类供给服务以及水源涵养服务和碳吸收服务在发生变化时具有相互协同关系。

但西藏不同地区草地供给服务与调节服务随时间变化时的相互作用关系并不相同。12%的草地供给服务与调节服务随时间变化时相互竞争,33%的草地相互协同,剩余55%的草地则无明显相互作用(图4)。在中低纬度时(27°—30.5°N),草地供给与调节服务随时间变化时为相互竞争,而在中高纬度(30.5°—35°N),草地供给与调节服务随时间变化的关系转变为相互协同(图5)。TO值随海拔的升高呈波动状,表明海拔变化对西藏草地供给与调节服务随时间变化的相互作用影响不大。

3 结论和讨论

西藏草地两项供给服务即载畜支持服务与肉类供给服务之间在全西藏皆呈较强协同关系,两项调节服务即水源涵养与碳吸收服务也基本呈相互协同关系。而西藏草地供给服务与调节服务相互关系在空间上存在明显3个条带,在低纬度时(27.5°—29°N)为相互竞争,中纬度(29°—33°N)为相互协同,而高纬度(33.5°—35.5°N)则无相互作用。同样低海拔地区(3000 m)呈弱相互竞争,中高海拔地区(3200—5800 m)呈相互协同,6000 m及以上则相互作用较弱。

而4项服务在低纬度及低海拔呈相互竞争关系时,其生态系统服务总体水平也较低,中纬度及中高海拔呈协同关系时,其总体水平较高,高纬度及高海拔时各项生态系统服务都较低,因此无相互作用,总体水平也较低。

从2000年到2010年,西藏草地4项生态系统服务皆发生较大变化。在变化中,12%的草地供给服务与调节服务发生相互竞争作用,33%的草地则为相互协同关系。发生相互竞争作用的草地主要集中在中低纬度的一江两河地区,而相互协同的区域主要为藏北高原的中南部。

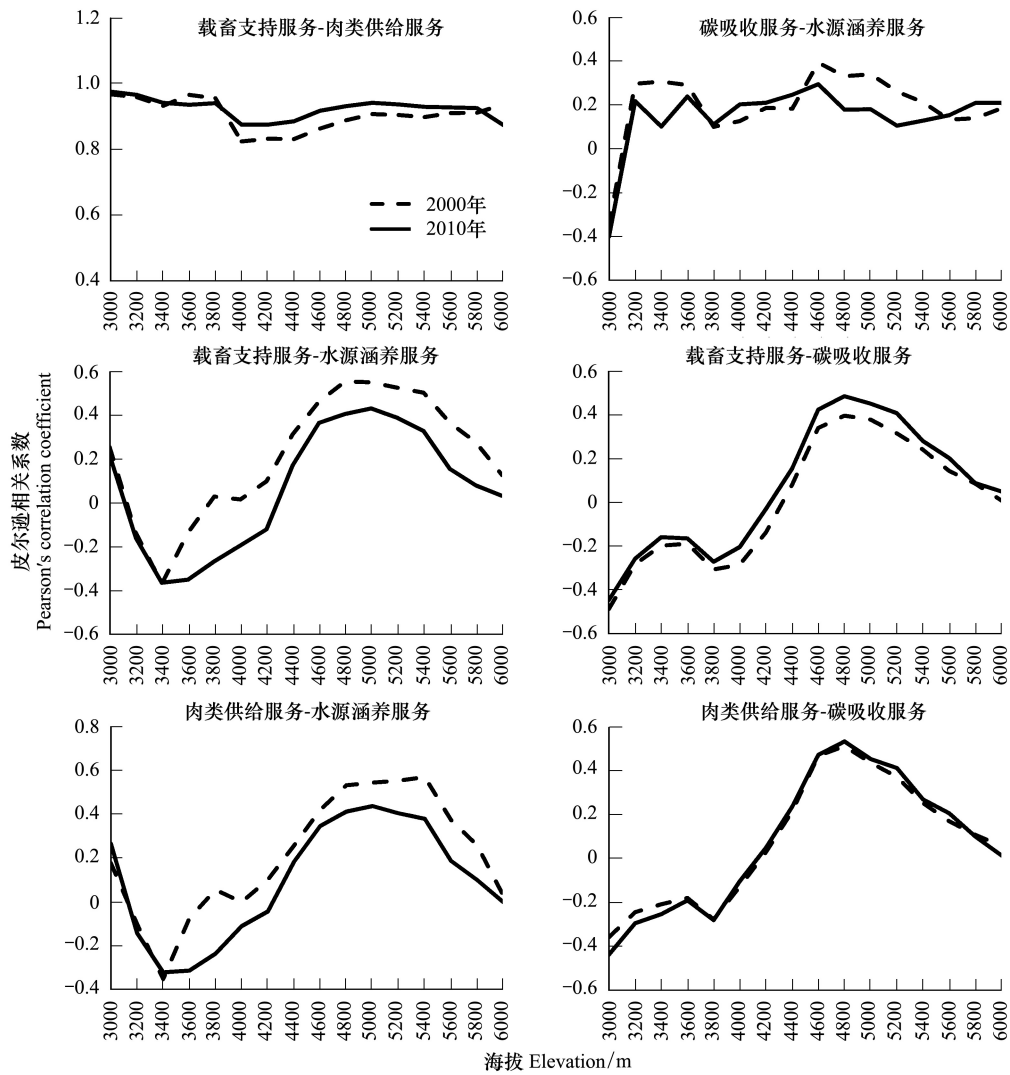


图 2 4 项生态系统服务功能两两之间皮尔逊(Pearson)相关性(0.01 水平显著相关)随海拔变化

Fig.2 Variation of Pearson correlation coefficient along the elevation changing between pairs of the four ecosystem services ($P < 0.01$)

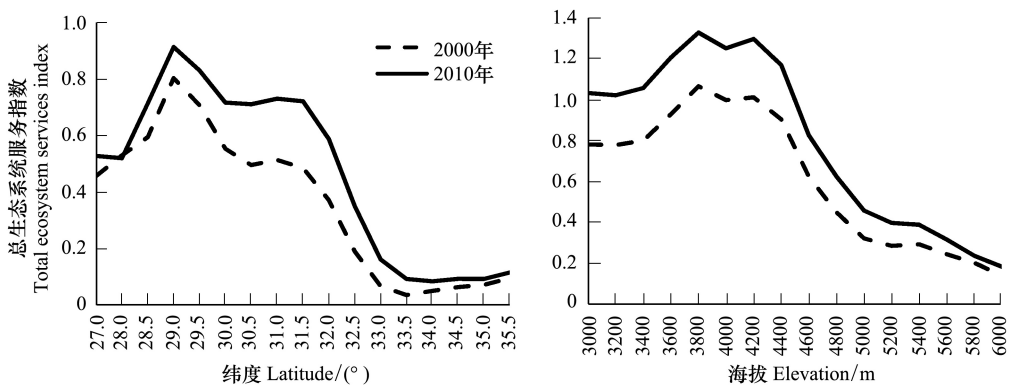


图 3 TES 指数随纬度、海拔变化规律

Fig.3 Variation of TES coefficient along the latitude and elevation changing

多项生态系统服务空间和时间上的相互竞争关系,大部分是供给与调节服务的竞争,表明在该区域提高生产服务时会降低生态服务。提高西藏草地载畜支持与肉类供给服务主要依靠消耗更多的草地净初级生产力,从而导致草地剩余生物量的减少;而草地生物量的大幅减少,会影响草地生态系统的碳、水等循环,降低水源涵养、碳吸收等调节服务。

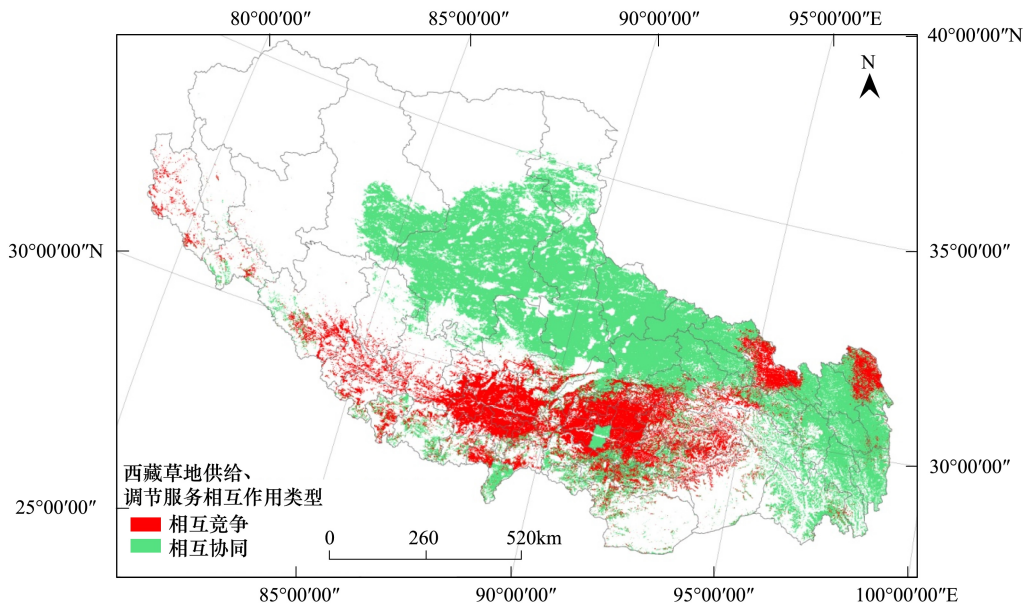


图 4 2000 年至 2010 年西藏草地供给、调节服务变化的相互作用类型

Fig.4 Interaction relationships between provisioning and regulating services of grassland in Tibet from 2000 to 2010

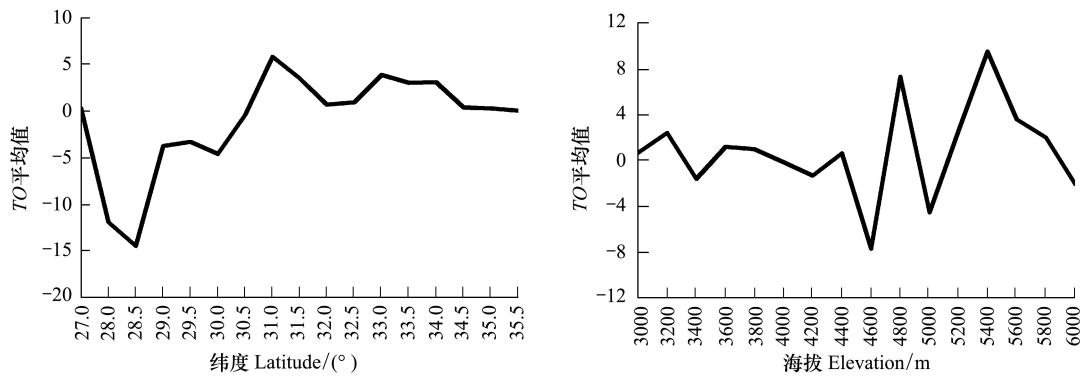


图 5 TO 指数随纬度、海拔变化规律

Fig.5 Variation of TO coefficient along the latitude and elevation changing

多项生态系统服务空间上及随时间变化时的相互协同表明,通过生态系统管理,可以促进草地生产、生态服务同时增加。今后西藏草地生态恢复工程的实施,应结合不同地区草地潜在净初级生产力水平,和当地草地生产、调节服务相互作用关系现状,合理配置减畜、围栏、轮牧等生态管理措施,促进草地生产、生态服务的优化和协调发展。

References:

[1] MEA. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

[2] Bennett E M, Peterson G D, Gordon L J. Understanding relationships among multiple ecosystem services. Ecology Letters, 2009, 12(12): 1394-1404.

[3] Rodríguez J P, Beard T D Jr, Bennett E M, Cumming G S, Cork S J, Agard J, Dobson A P, Peterson G D. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. Ecology and Society, 2006, 11(1) : 28-28.

[4] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D R, Chan K M A, Daily G C, Goldstein J, Kareiva P M, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts T H, Shaw M R. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009, 7(1) : 4-11.

[5] Bai Y, Ouyang, Z Y, Zheng H, Li X M, Zhuang C W, Jiang B. Modeling soil conservation, water conservation and their tradeoffs: A case study in Beijing. Journal of Environmental Sciences, 2012, 24(3) : 419-426.

[6] Li P, Jiang L G, Feng Z M, Yu X B. Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services: an overview. Acta Ecologica Sinica,

- 2012, 32(16): 5219-5229.
- [7] Wang S, Fu B J, He C S, Sun G, Gao G Y. A comparative analysis of forest cover and catchment water yield relationships in northern China. *Forest Ecology and Management*, 2011, 262(7): 1189-1198.
- [8] Pan Y, Zhen L, Long X, Cao X C. Ecosystem service interactions and their affecting factors in Jinghe watershed at county level. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(5): 1203-1209.
- [9] Raudsepp-Hearne C, Peterson G D, Bennett E M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(11): 5242-5247.
- [10] Chan K M A, Shaw M R, Cameron D R, Underwood E C, Daily G C (2006). *Conservation Planning for Ecosystem Services*. *PLoS Biology*, 2006, 4(11): e379.
- [11] Lester S E, Costello C, Halpern B S, Gaines S D, White C, Barth J A. Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Marine Policy*, 2013, 38(1): 80-89.
- [12] Liu X Y, Long R J, Shang Z H. Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(24): 7688-7697.
- [13] Foley J A, Defries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, Carpenter S R, Chapin F S, Coe M T, Daily G C, Gibbs H K, Helkowski J H, Holloway T, Howard E A, Kucharik C J, Monfreda C, Patz J A, Prentice I C, Ramankutty N, Snyder P K. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.
- [14] Holland R A, Eigenbrod F, Armsworth P R, Anderson B J, Thomas C D, Heinemeyer A, Gillings S, Roy D B, Gaston K J. Spatial covariation between freshwater and terrestrial ecosystem services. *Ecological Applications*, 2011, 21(6): 2034-2048.
- [15] Olschewski R, Klein A M, Tscharnke T. Economic trade-offs between carbon sequestration, timber production, and crop pollination in tropical forested landscapes. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 314-319.
- [16] Egoh B, Reyers B, Rouget M, Richardson D M, Maitre D C, van Jaarsveld A S. Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 127(1/2): 135-140.
- [17] Larter P, Orúe M E, Booman G C. Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 154(S1): 56-67.
- [18] Zhang B, Li W H, Xie G D, Xiao Y. Water conservation function and its measurement methods of forest ecosystem. *Chinese Journal of Ecology* 2009, 28(3): 529-534.
- [19] Wang X X, Shen H T, Li X Y, Jing F. Concepts, processes and quantification methods of the forest water conservation at the multiple scales. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(4): 1019-1030.
- [20] Fu G, Shen Z X, Zhang X Z, Shi P L, He Y T, Wu J S, Zhou Y T. Modeling soil respiration of alpine meadow on the northern Tibet Plateau using MODIS and climate data. *Acta Agrestia Sinica*, 2011, 19(3): 400-405.

参考文献:

- [6] 李鹏, 姜鲁光, 封志明, 于秀波. 生态系统服务竞争与协同研究进展. *生态学报*, 2012, 32(16): 5219-5229.
- [8] 潘影, 甄霖, 龙鑫, 曹晓昌. 泾河流域县域尺度生态系统服务相互关系及影响因素. *应用生态学报*, 2012, 23(5): 1203-1209.
- [12] 刘兴元, 龙瑞军, 尚占环. 青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制. *生态学报*, 2012, 32(24): 7688-7697.
- [18] 张彪, 李文华, 谢高地, 肖玉. 森林生态系统的水源涵养功能及其计量方法. *生态学杂志*, 2009, 28(3): 529-534.
- [19] 王晓学, 沈会涛, 李叙勇, 景峰. 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法. *生态学报*, 2013, 33(4): 1019-1030.
- [20] 付刚, 沈振西, 张宪洲, 石培礼, 何永涛, 武建双, 周宇庭. 利用 MODIS 影像和气候数据模拟藏北高寒草甸的土壤呼吸. *草地学报*, 2011, 19(3): 400-405.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Development of agroecology in USA	HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)
Research progress on water footprint	MA Jing, PENG Jian (5458)
Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China	SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)
Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality	DONG Lei, LI Jiyue (5477)
Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications	ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484)
Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reservoir Region	WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)
Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas	FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)
Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China	WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)
The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species <i>Eremosparton songoricum</i> (litv.) Vass.(Fabaceae)	SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)
Competitive effect of <i>Pistia stratiotes</i> to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients	SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)
Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants <i>Bletilla striata</i>	WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)
Photosynthetic responses to Solar UV radiation of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> cultured under different temperatures and CO ₂ concentrations	YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)
The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field	QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)
Effects of nitrogen management on NH ₃ volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields	MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)
Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear	SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)
Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of <i>Agriophyllum squarrosum</i> seedlings	ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)
Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a semi-arid area in drylands of Gansu, China	WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)
Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method	WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)
Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under <i>Phyllostachy praecox</i> stands	CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)
Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully region, China	XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)
Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area	ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)
Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in <i>Phyllostachys praecox</i> stand	GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)
Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe	WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)
Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring method	HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636)
Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species	HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)
Sap flow dynamics of <i>Populus alba</i> L.× <i>P.talassica</i> plantation in arid desert area	ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jianguai, et al (5655)
Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition	LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)
The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China	YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)
Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species	ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)
Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar, nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco	WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)
Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female <i>Apodemus chevrieri</i>	GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)
Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of <i>Litopenaeus vannamei</i>	WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi WEN Yuanguang, LEI Liqun, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huajun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example XU Fei, CAI Tiju, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

《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 陈利顶 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 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 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@cspg.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@cspg.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