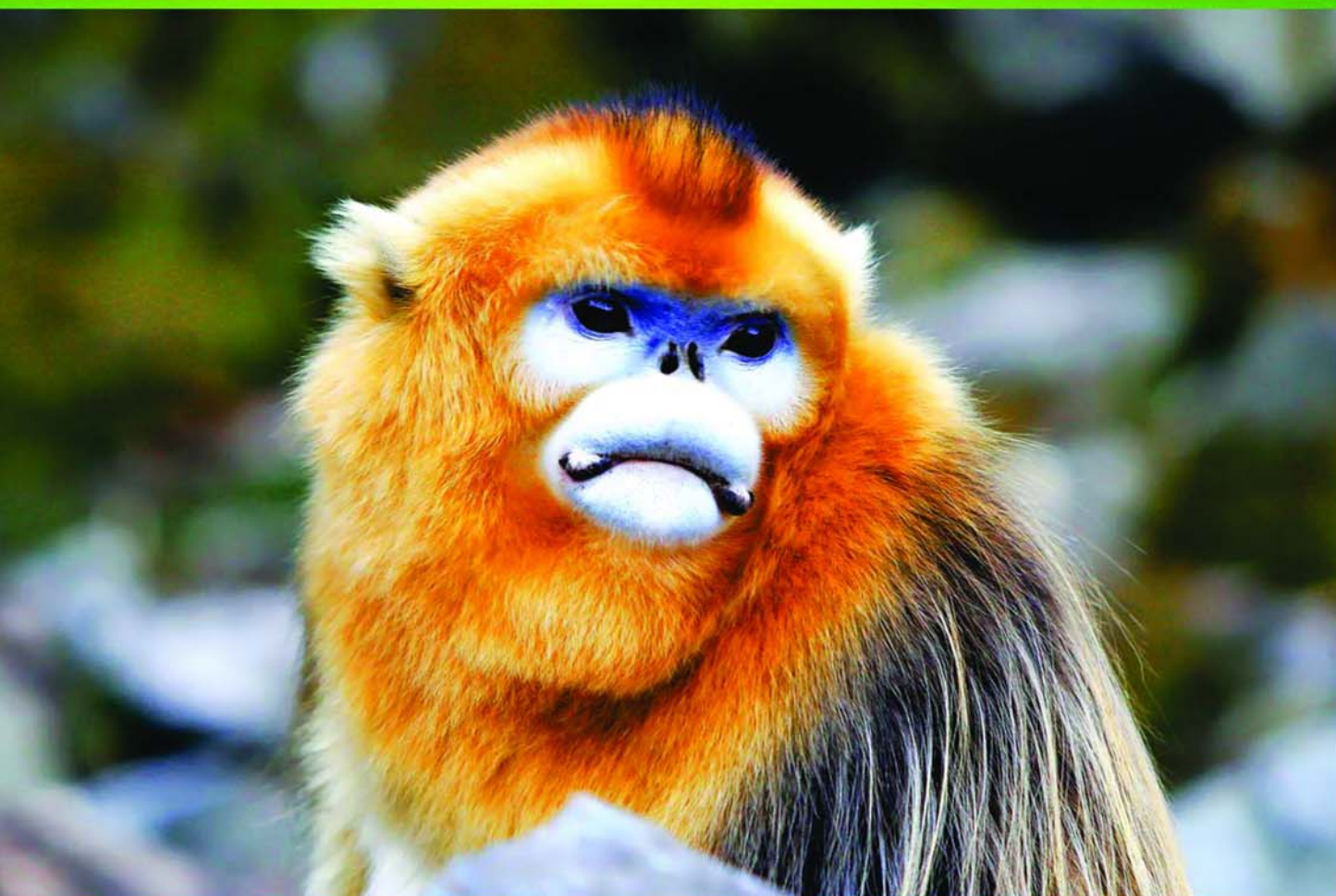


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第2期 Vol.32 No.2 **2012**

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 32 卷 第 2 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势	王雪辉,邱永松,杜飞雁,等 (333)
中国大陆鸟类和兽类物种多样性的空间变异	丁晶晶,刘定震,李春旺,等 (343)
粉蝶盘绒茧蜂中国和荷兰种群学习行为及 EAG 反应的比较	王国红,刘 勇,戈 峰,等 (351)
君主绢蝶的生物学及生境需求	方健惠,骆有庆,牛 犇,等 (361)
西南大西洋阿根廷滑柔鱼生物学年间比较	方 舟,陆化杰,陈新军,等 (371)
城市溪流中径流式低坝对底栖动物群落结构的影响	韩鸣花,海燕,周 斌,等 (380)
沉积再悬浮颗粒物对马氏珠母贝摄食生理影响的室内模拟	栗志民,申玉春,余南涛,等 (386)
太平洋中西部海域浮游植物营养盐的潜在限制	徐燕青,陈建芳,高生泉,等 (394)
几株赤潮甲藻的摄食能力	张清春,于仁成,宋静静,等 (402)
高摄食压力下球形棕囊藻凝聚体的形成	王小冬,王 艳 (414)
大型绿藻浒苔藻段及组织块的生长和发育特征	张必新,王建柱,王乙富,等 (421)
链状亚历山大藻生长衰亡相关基因的筛选	仲 洁,隋正红,王春燕,等 (431)
太湖春季水体固有光学特性及其对遥感反射率变化的影响	刘忠华,李云梅,吕 恒,等 (438)
程海富营养化机理的神经网络模拟及响应情景分析	邹 锐,董云仙,张祯祯,等 (448)
沙质海岸灌化黑松对蛀食胁迫的补偿性响应	周 振,李传荣,许景伟,等 (457)
泽陆蛙和饰纹蛙蝌蚪不同热驯化下选择体温和热耐受性	施林强,赵丽华,马小浩,等 (465)
麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析	赵紫华,王 颖,贺达汉,等 (472)
镉胁迫对芥蓝根系质膜过氧化及 ATPase 活性的影响	郑爱珍 (483)
生姜水浸液对生姜幼苗根际土壤酶活性、微生物群落结构及土壤养分的影响	韩春梅,李春龙,叶少平,等 (489)
九州虫草菌丝体对 Mn 的耐性及富集	罗 毅,程显好,张聪聪,等 (499)
土霉素暴露对小麦根际抗生素抗性细菌及土壤酶活性的影响	张 昊,张利兰,王 佳,等 (508)
氮沉降对杉木人工林土壤有机碳矿化和土壤酶活性的影响	沈芳芳,袁颖红,樊后保,等 (517)
火炬树雌雄母株克隆生长差异及其光合荧光日变化	张明如,温国胜,张 瑾,等 (528)
湖南乌云界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能	潘春翔,李裕元,彭 亿,等 (538)
祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响	赵锦梅,张德罡,刘长仲,等 (548)
沙质草地生境中大型土壤动物对土地沙漠化的响应	刘任涛,赵哈林 (557)
腾格里沙漠东南缘可培养微生物群落数量与结构特征	张 威,章高森,刘光琇,等 (567)
塔克拉玛干沙漠南缘玉米对不同荒漠化环境的生理生态响应	李 磊,李向义,林丽莎,等 (578)
内蒙古锡林河流域羊草草原 15 种植物热值特征	高 凯,谢中兵,徐苏铁,等 (588)
不同密度条件下芨芨草空间格局对环境胁迫的响应	张明娟,刘茂松,徐 驰,等 (595)
环境因子对巴山冷杉-糙皮桦混交林物种分布及多样性的影响	任学敏,杨改河,王得祥,等 (605)
海藻酸铈配合物对毒死蜱胁迫下菠菜叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响	栾 霞,陈振德,汪东风,等 (614)
城市化进程中城市热岛景观格局演变的时空特征——以厦门市为例	黄聚聪,赵小锋,唐立娜,等 (622)
基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究	杨存建,赵梓健,任小兰,等 (632)
亚热带城乡复合系统 BVOC 排放清单——以台州地区为例	常 杰,任 远,史 琰,等 (641)
研究简报	
不同水分条件下毛茛苔草枯落物分解及营养动态	侯翠翠,宋长春,李英臣,等 (650)
大山雀对巢箱颜色的识别和繁殖功效	张克勤,邓秋香,Justin Liu,等 (659)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-01	



封面图说: 雄视——中国的金丝猴有川、黔、滇金丝猴三种,此外还有越南和缅甸金丝猴两种。金丝猴是典型的森林树栖动物,常年栖居于海拔 1500—3300m 的亚热带山地、亚高山针叶林、针阔叶混交林,常绿落叶阔叶混交林中,随着季节的变化,只在栖息的生境中作垂直移动。川金丝猴身上长有柔软金色长毛,十分漂亮。个体大,嘴角处有瘤状突起的是雄性金丝猴的特征。川金丝猴只分布在中国的四川、甘肃、陕西和湖北省。属国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

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

DOI: 10.5846/stxb201011291698

杨存建, 赵梓健, 任小兰, 倪静, 王琴. 基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究. 生态学报, 2012, 32(2): 0632-0640.

Yang C J, Zhao Z J, Ren X L, Ni J, Wang Q. The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(2): 0632-0640.

基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究

杨存建^{1,2,*}, 赵梓健², 任小兰¹, 倪静¹, 王琴¹

(1. 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室遥感与 GIS 中心, 成都 610068;

2. 电子科技大学地表空间信息技术研究所, 成都 610054)

摘要:探索出了利用多时相 MODIS 数据分析绿被时空变化的技术方法, 揭示出了川西 2002—2008 年间绿被的变化特征。建立了绿被提取模型。用其从 2002—2008 年的多期 MODIS 影像中提取出川西多期绿被数据。其次, 利用 GIS 技术对 2002—2008 年间绿被变化, 及其与温度、降雨的关系等进行了分析。研究表明: 2002 年绿被天数在 195 d 以上的区域有 43.3%。终年无绿被的区域有 4.3%。西北部植被生长日数短, 而东南部生长日数长。2002—2008 年间, 春季绿被面积变幅最大, 秋季最小。最大绿被面积出现在 2006 年的夏季, 最小绿被面积出现在 2005 年的冬季。平均夏冬绿被面积差占区域面积 46.7%。在季节上, 绿被面积与温度和降雨量均在 0.01 的水平上呈显著正相关关系, 其相关系数分别为 0.82 和 0.84。该研究成果对植被生长潜力挖掘、农牧生产和生态建设决策等均有重要意义。

关键词: 川西; 绿被提取; 遥感; 动态变化

The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing

YANG Cunjian^{1,2,*}, ZHAO Zijian², REN Xiaolan¹, NI Jing¹, WANG Qin¹

1 Research Center of RS&GIS, Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitor in Southwest, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China

2 Institute of Geo-surface Information Technology, University of Electronic and Technology, Chengdu 610054, China

Abstract: A method for analyzing the change in green vegetation cover is proposed and applied to reveal the features of change in green vegetation cover in the western area of Sichuan province of the P. R. of China between 2002 and 2008. The western area of Sichuan includes Ganzi, Aba, Liangshan, and Panzhihua. First, a time series of Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) images acquired between 2002 and 2008 for western Sichuan were matched, processed to remove cloud, and normalized. Second, the time series of the normal difference vegetation index was calculated as the difference between the near infrared and red bands divided by the sum of the near infrared and red bands of the time series of MODIS images. Third, a model for extracting green vegetation cover from MODIS images was formulated by spectral analysis, and used to extract multi-temporal green-vegetation cover data from the time-series of MODIS images acquired of western Sichuan between 2002 and 2008. Fourth, the multi-temporal green-vegetation cover data were used to determine the temporal and spatial changes in green-vegetation cover between 2002 and 2008 using overlay and statistics analysis in ArcGIS software. Finally, the correlation among green-vegetation cover, temperature and rainfall were analyzed. The temporal and spatial changes in green-vegetation cover were deduced. In 2002, 43.3 percent of western Sichuan was covered by green vegetation for more than 195 days, 25.4 percent was covered for more than 285 days, and 4.3 percent was rarely covered. Green-vegetation cover extended from southeast to northwest from January to August, and retreated from

基金项目: 国家 973 项目 (2009CB421105, 2007CB714401); 国家自然科学基金项目 (40771144); 国家 863 项目 (2009AA12Z140)

收稿日期: 2010-11-29; **修订日期:** 2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangcj2008@126.com

northwest to southeast from September to December. Vegetation in the southeast grew for longer than that in the northwest during a year. The area of green vegetation in the study area varied largely by 20064 km², accounting for 6.6 percent of the total study area, in the spring between 2002 and 2008. The area of green vegetation in the study area rarely varied in autumn between 2002 and 2008. The decreasing order of the area of green vegetation between 2002 and 2008 was the area for summer, autumn, spring and winter. The maximum area of green vegetation between 2002 and 2008 was 289037 km² in the summer of 2006, accounting for 94.9 percent of the study area, and the minimum was 137193 km² in the winter of 2005, accounting for 45 percent of the study area. The average of the difference in the area of green vegetation between summer and winter from 2002 to 2008 was 142224 km², accounting for 46.7 percent of the study area. The green-vegetation area was significantly related to temperature and rainfall at the 0.01 confidence level according to season. Correlation coefficients were respectively 0.82 and 0.84. In summer, the vegetation area was significantly related to temperature at the 0.01 confidence level. Increasing temperature and rainfall are beneficial to vegetation growth. With the combination of light, heat, water, fertilizer and soil data, the spatial and temporal features of green-vegetation cover obtained here can be used to determine a methodology for improving the area and number of days of green-vegetation cover. The results presented here are important for improving vegetation growth, agriculture productivity and ecological construction.

Key Words: Western area of Sichuan Province; extraction of green vegetation; remote sensing; dynamic change

绿色植被覆盖简称“绿被”,是一种重要的土地覆盖,该概念与汪权方提出的灰色覆被和蓝色覆被相对应^[1],是土地生态利用和农业利用效率高低的标志,也是生态环境质量的重要标志。在一个区域内,就自然植被而言,年内绿被覆盖天数的长短直接反映该区域水热状况的好坏,反映出该区域生长季节之长短,反映土地资源绿色利用之高低,也反映生态服务功能之高低。在有些区域,由于人为原因或自然原因,造成了地表长期无绿被覆盖或绿被覆盖天数非常短,使得绿色生态服务功能低下。因此,揭示出绿被覆盖天数的空间变化,对于绿色生态环境建设与生态服务功能潜力的挖掘等均具有重要意义。绿被不仅包括森林、草地和灌丛等常见的绿色植被,还包括农田的绿色作物、城市的绿地和裸岩上的绿色苔藓等。已有学者开展了基于遥感的植被覆盖度方面的研究,如邢著荣等对植被覆盖度估算方法进行了评述^[2];马聪等开展了基于 TM 影像的阜新地区植被覆盖度的分等定级研究^[3];刘志锋等利用 MODIS 数据分析了 2000—2008 年间长白山地区植被覆盖度的时空变化,并揭示出了其变化特征和趋势^[4];王红说等开展了基于 MODIS—NDVI 时间序列数据的浙江省北部地区不同土地利用类型植被覆盖变化特征的比较研究^[5]。也有学者结合 NDVI 和 DEM 等数据对 1982—2000 年黄-淮-海流域的植被覆盖变化进行了分析^[6]。总之,从国内外研究的现状可以看出,对植被覆盖度及其动态变化研究较多,这为研究提供了有益的参考,但是就基于遥感的川西绿被时空变化特征研究方面,还未见报道。川西绿被时空变化及其与温度和降雨的关系仍需深入研究。川西地区属于青藏高原及云贵高原延伸部分,是四川省的天然生态屏障,也是长江上游生态屏障的重要组成部分。该项研究的目的在于,探讨利用多时相 MODIS 数据分析绿被时空变化的有效技术方法,并利用该方法揭示出川西 2002—2008 年间绿被的变化特征。这些特征主要包括:该区绿被年内时空动态变化过程特征、年内绿被日数空间差异特征、各季年间绿被变化特征、各年季间变化特征、及其与温度和降雨的关系特征。该项研究将为该区绿色生态环境的建设与保护、绿被生态服务功能的挖掘与提高等提供科学理论和数据支持。

1 试验区与数据

试验区为四川省西部地区的甘孜州、阿坝州、凉山州和攀枝花市,简称川西,其面积为 30.54 万 km²,占全省面积 63%。该区分为川西南山地区和川西高原区。川西高原属于青藏高原向东延伸部分,地势处于青藏高原与四川盆地之间,气候为大陆季风性高原型气候,日照丰富。川西南山地区属云贵高原向北伸之一隅。绝大部分是山地,有著名的安宁河谷和邛海内陆湖泊,如图 1 所示。

本文所选取的数据为 2002—2008 年间的多时相 MODIS 数据。所选用的波段为波段 1、2 和 4。其中波段

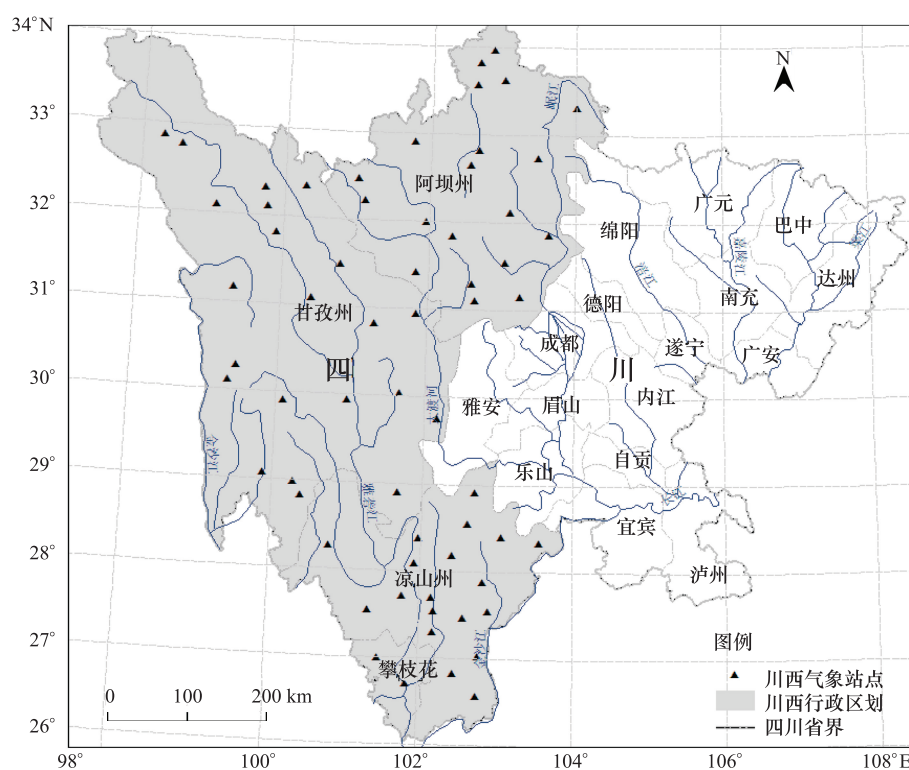


图1 研究区示意图

Fig.1 Schematic diagram of the study area

1 和 2 的分辨率为 250 m,其光谱范围分别为 620—670 nm 和 841—876 nm;波段 4 的分辨率为 500 m,其光谱范围为 545—565 nm。该卫星数据每天可获得 1 次。对每个波段而言,从 2002 年 1 月 1 日开始,将其每 8 d 的数据合成为该期第 1 天该波段数据。通过重采样,将所有波段数据的分辨率采样为 500 m。

2 研究方法

2.1 数据处理

2.1.1 坐标及投影变换

本文所用实验区数据是以地球为参照系,采用正弦曲线投影(SIN),水平和垂直编号分别是 h26v05、h26v06、h27v05 和 h27v06,故首先采用 MRT(MODIS Reprojection Tool)工具对影像数据进行镶嵌,在进行影像的镶嵌过程中,将 MODIS 影像数据的坐标系统转换为地理坐标 WGS84,将其投影转换为 Albers 投影,并设置其第一条标准纬线为 25°N,第二条标准纬线为 47°N,中央经线为 105°E。

2.1.2 去云处理

为了减少云对绿被信息提取的影响,在已有 8d 合成数据的基础上,进行去云处理,可进一步减少云的影响^[7]。本研究选取多光谱综合法作为 MODIS 数据的去云方法^[8-10],对于有云的像元,就将其对应位置前后期无云像元值的均值作为该像元值。

2.1.3 多时相遥感数据的归一化处理

在获取遥感影像的过程中,不同时相的影像会因获取时间天气不同有所差异^[11]。因此,在多时相遥感图像中,除了地物的变化会引起图像中辐射值的变化外,不变的地物(如水体、建筑物和裸岩等)在不同时相图像中的辐射值也会有差异。在基于多时相遥感数据的时空动态分析中,就需要减少和消除这种差异。本文采用“伪不变特征法”对多时相遥感数据进行归一化处理^[12]。首先,确定一期质量好的影像为参考影像。其次,在参考影像和待校正影像中选取不变地物(水体、建筑物、裸岩及终年积雪)的纯净像元作为样本,并获取其光谱。再次,利用样本数据和回归分析建立归一化处理模型。最后,利用归一化处理模型对遥感数据进行

归一化处理。通过该处理,提高数据的可比性。

2.1.4 假彩色合成

选取 MODIS 的波段 2、1 和 4,分别赋予红、绿和蓝合成假彩色卫星影像,在该合成影像上,绿被与非绿被区分明显,绿被呈红色。因此,利用该合成假彩色影像对绿被提取效果进行评价。

2.2 绿被信息提取

2.2.1 绿被信息提取模型的构建

利用多时相 MODIS 数据的红光波段和近红外波段生成多时相归一化植被指数(NDVI),利用行政界线裁取出三州一市的 NDVI,并将 NDVI 作为提取绿被信息的遥感特征数据。NDVI 可以反映出有无植被覆盖以及植被覆盖的高低。国际上根据 NDVI 可以将土地覆盖分为:裸地($NDVI \leq 0.04$)、稀疏植被($0.04 < NDVI \leq 0.09$)、较少植被($0.09 < NDVI \leq 0.14$)、适中植被($0.14 < NDVI \leq 0.3$)、茂密植被($0.3 < NDVI \leq 0.5$)和很密植被($NDVI > 0.5$)等 6 类^[13]。据此,建立了基于 NDVI 的绿被提取模型:

IF $NDVI \geq T$ THEN

 该像元为绿被像元,其值为 1;

ELSE

 该像元为非绿被像元,其值为 0。

T 为判定其像元是否为绿被像元的阈值。

利用绿被提取模型进行绿被信息提取,将其提取结果与假彩色合成影像进行叠加,判断其提取效果。通过反复实验发现,当 T 取值为 0.4 时,其提取效果较好。所提取的绿被均为实际的绿被,但有少量实际为绿被的像元未被提取为绿被。为此,在 2002 年 2 月 18 日(编号为 049)的假彩色合成影像上,随机选取 160 个实际为绿被的样点,将其与绿被提取结果进行叠加统计,经比对发现,148 个样点被提取为绿被,而有 12 个样点被提取为非绿被。因此,漏提率为 7.5%,绿被提取精度为 92.5%。故本文采用 $NDVI \geq 0.4$ 来提取各时相的绿被信息。

2.2.2 2002 年川西多期绿被空间数据提取

按照每隔 24 d 从 2002 年的 MODIS 数据中选取数据,一年内共选取了 16 期影像数据,并生成了对应的 NDVI 数据。利用绿被提取模型,以 T 取值为 0.4 进行提取,从而提取出 16 期绿被栅格数据。从年初 1 月 1 日、1 月 25 日到年末 12 月 26 日,各期绿被空间分布如图 2 所示。

2.3 2002 年川西绿被日数分级分区数据库生成

将 2002 年川西 16 期绿被栅格数据相加,从而得到 2002 年绿被栅格数据,其栅格取值范围为 0—16。对其进行分等定级分区,并生成绿被日数分区数据。分级标准为:0 值定为 0 级、其值为 1 至 4 的定为 1 级、其值为 5 至 8 的定为 2 级、其值为 9 至 12 的定为 3 级、其值为 13 至 15 的定为 4 级、其值为 16 的定为 5 级。0 级表示 1a 内 16 期影像中全无绿被的区域,即为终年无绿被区,绿被日数为 0 d;1 级表示只有 1—4 期有绿被,为短日数绿被区,绿被日数在 100 d 以下;2 级为中日数绿被区,绿被日数在 100 d 至 195 d;3 级为中长日数绿被区,绿被日数在 195 d 至 285 d;4 级为长日数绿被区,绿被日数在 285 d 至 341 d;5 级为常绿被区,绿被日数接近 365 d。2002 年川西绿被分区分布如图 3 所示。

2.4 2002—2008 年各季最大绿被空间数据提取

本文采用国际常用的 MVC 方法(Maximum Value Composites,即最大值合成法)分别合成 2002—2008 年间各春、夏、秋、冬四季的 NDVI 最大值数据。MVC 方法的表达式如下所示:

$$NDVI_j = \text{Max}(NDVI_{ij}) \quad (1)$$

式中, $i=1, 2, 3, \dots$ 表示期数; $j=1, 2, 3, \dots$ 表示季节。

在我国,每年的 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12—2 月为冬季。由于 MODIS 数据的采集是从 1 月份开始,因此本研究以 2002 年 1、2 月数据作为冬季,以 2002 年 12 月、2003 年 1 月和 2003 年 2 月

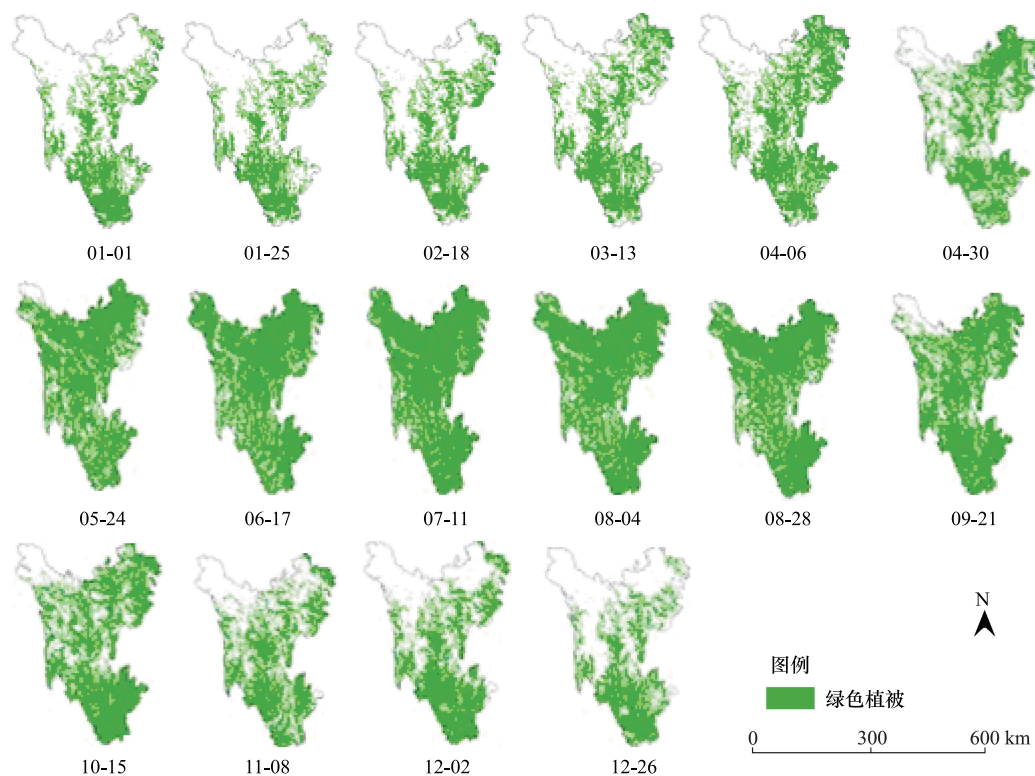


图2 2002年各期绿被空间分布

Fig. 2 The distribution of green vegetation cover of each period in 2002

作为2003年冬季数据,并依此类推。因此,除2002年的冬季只用了1、2月的数据来合成其NDVI最大值外,其它均为3个月内的最大值合成。从2002年各期绿被空间分布图可以看出,12月的绿被最大覆盖与2月的绿被最大覆盖比较接近。因此,这对各年冬季最大绿被空间数据的提取和比较而言,其影响不大。利用绿被提取模型,以T取0.4进行提取7a四季的绿被栅格数据。

3 川西绿被时空变化分析

3.1 2002年川西绿被变化分析

从图2中可以看出,从1月1日开始,绿被从东南向西北方向扩展,到6月17日,接近最大,并持续到8月28日。从8月28日开始,绿被从西北方向向东南方向退缩,并持续到12月26日。

利用绿被日数分区数据,并与三州一市行政界线进行叠加,统计出各区在三州一市的分布面积及其百分比,如表1所示。

从表1中可以看出,终年无绿被区占川西总面积4.3%,该区终年无绿被覆盖;短日数绿被区占总面积14.9%,该区绿被覆盖的日数在100 d以下;中日数绿被区所占比例最大,为37.5%,该区绿被覆盖的日数在100—195 d;中长日数绿被区所占比例为17.9%,该区

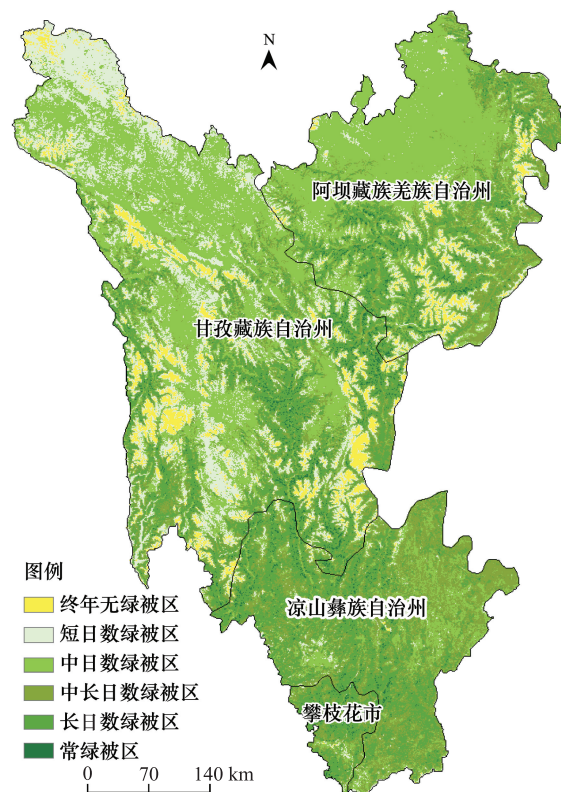


图3 2002年川西绿被分布

Fig. 3 The distribution of green vegetation cover of the western Sichuan in 2002

绿被覆盖的日数在 195—285 d;长日数绿被区占 24.1%,该区绿被覆盖的日数在 285—341 d;常绿被区占 1.3%,该区绿被覆盖的日数在 341—365 d。甘孜州以中日数绿被区为主,占 38.8%;其次是短日数绿被区,占 23.9%。阿坝州以中日数绿被区为主,占 51.1%;其次是长日数绿被区,占 19.6%。凉山州以长日数绿被区为主,占 38.7%,其次是中长日数绿被区,占 37.8%。攀枝花市以长日数绿被区为主,占 57.5%,其次是中长日数绿被区,占 27.3%。

表 1 2002 年川西绿被统计

Table 1 The statistics of green vegetation cover of the western Sichuan in 2002

绿被区 Green vegetation cover area	绿被日数/d Green vegetation cover days	川西地区 Western Sichuan		甘孜州		阿坝州		凉山州		攀枝花市	
		面积 Area /km ²	百分比 Percentage /%	面积 Area /km ²	百分比 Percentage /%	面积 Area /km ²	百分比 Percentage /%	面积 Area /km ²	百分比 Percentage /%	面积 Area /km ²	百分比 Percentage /%
终年无绿被区 No cover	0	12974	4.3	10018	6.6	2756	3.3	186	0.3	14	0.2
短日数绿被区 Short days	1—100	45446	14.9	36308	23.9	7466	8.9	1499	2.5	173	2.2
中日数绿被区 Middle days	100—195	114312	37.5	58925	38.8	43050	51.1	11603	19.1	734	9.5
中长日数绿被区 Long days	195—285	54413	17.9	15877	10.4	13457	16.0	22978	37.8	2101	27.3
长日数绿被区 Longer days	285—341	73392	24.1	28927	19	16531	19.6	23510	38.7	4424	57.5
常绿被区 Nearly all the near	341—365	4116	1.3	1948	1.3	952	1.1	964	1.6	252	3.3

3.2 2002—2008 年间的绿被变化分析

在川西 7 年四季的绿被栅格数据的基础上,统计其各季绿被面积,以及各年的绿被变幅,绿被变幅为最大值与最小值之差。其结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出,在 7 a 间,绿被面积由大到小的季节排列为夏季、秋季、春季和冬季;夏季与冬季绿被面积之差的平均值为 142224 km²,占该区总面积的 46.7%;最大差值出现在 2002 年,最小差值出现在 2008 年;其年间最大变幅为 10436 km²。在 7a 间,春季平均绿被面积为 201619 km²,占总面积的 66.2%。其年间最大变幅为 20064 km²;夏季平均绿被面积为 284941 km²,占总面积的

表 2 2002—2008 年川西地区四季绿被面积/km²

Table 2 The area of green vegetation cover for each season between 2002 and 2008 in the western Sichuan

年份 Year	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	变幅 Range
2002	208561	288849	273750	141286	147563
2003	195823	284170	281731	142501	141669
2004	209834	282165	281238	143092	139073
2005	191437	278589	278161	137193	141396
2006	201666	289037	280939	143848	145189
2007	192514	286964	279201	143411	143553
2008	211501	284814	280176	147687	137127
均值 Mean	201619	284941	279314	147687	142224
最小值 Min	191437	278589	273750	137193	137127
最大值 Max	211501	289037	281731	147687	147563
标准差 Std	8500	3760	2746	3141	3558
变幅 Range	20064	10448	7980	10494	10436

93.5%,其年间最大变幅为 10448 km²;秋季平均绿被面积为 279314 km²,占总面积的 91.7%,其年间最大变幅为 7980 km²;冬季平均绿被面积为 147687 km²,占总面积的 48.5%,其最大变幅为 10494 km²;各季绿被面积最小均出现在 2005 年。春季、冬季最大绿被面积均出现在 2008 年,夏季绿被面积最大出现在 2006 年,秋季绿被面积最大出现在 2003 年。春季、夏季绿被面积最小出现在 2005 年,秋季最小出现在 2002 年,冬季最小出现在 2005 年。在 7 a 间,春季绿被面积变幅最大,其次是冬季和夏季,最小为秋季。总体上,年内绿被变幅面积为其夏季绿被面积的一半左右。

3.3 2002—2008 年间的绿被与温度和降雨的相关性分析

在 2002—2008 年间,分别统计三州一市的月均值,并按上述季节划分原则统计其季节均值,再取三州一市季节均值作为川西地区季内平均温度和季内月平均降雨量,如表 3 所示。在每年内,对川西各季绿被面积与其季内平均温度和季内月平均降雨量进行相关性分析,并得到各年的年内绿被面积与其温度和降雨等的相关系数,如表 4 所示。在 2002—2008 年间,就每一个季节,对该季各年的绿被面积与其对应的季内平均温度和季内月平均降雨量进行相关性分析,并得到各季的年间绿被面积与其温度和降雨等的相关系数,如表 5 所示。

表 3 2002—2008 川西四季平均温度与降雨量

Table 3 The temperature and rainfall for each season between 2002 and 2008 in the western Sichuan

年份 Year	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	温度/℃	降雨/mm	温度/℃	降雨/mm	温度/℃	降雨/mm	温度/℃	降雨/mm
	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull
2002	13.13	40.46	18.74	155.76	11.54	65.01	4.34	4.77
2003	13.34	39.83	18.43	156.28	11.84	67.38	4.11	4.35
2004	13.28	39.30	18.22	155.43	11.89	65.18	4.19	3.87
2005	13.41	38.23	18.22	154.31	11.88	68.94	4.17	4.82
2006	13.50	38.73	18.88	151.48	12.05	69.87	4.27	4.46
2007	13.38	37.79	18.72	152.84	11.74	65.15	4.19	5.44
2008	13.28	41.56	18.53	153.63	12.10	66.50	3.90	6.28

表 4 各年年内绿被面积与其温度和降雨等的相关系数

Table 4 The correlation coefficient of the green vegetation cover area, temperature and rainfall for each year

相关系数 Correlation coefficient	年份 Year						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
绿被面积与温度的相关系数 Correlation coefficient of the green vegetation cover area and temperature	0.858	0.799	0.817	0.795	0.826	0.794	0.854
绿被面积与降雨的相关系数 Correlation coefficient of the green vegetation cover area and rainfall	0.859	0.836	0.837	0.839	0.869	0.849	0.833

表 5 2002—2008 年各季的年间绿被面积与其温度和降雨等的相关系数

Table 5 The correlation coefficient of the green vegetation cover area, temperature and rainfall for each season between 2002 and 2008

相关系数 Correlation coefficient	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	温度	降雨/mm	温度	降雨/mm	温度	降雨/mm	温度	降雨/mm
	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull	Temperature	Rainfull
	-0.609	0.774 *	0.946 **	-0.345	0.737	0.333	-0.533	0.475

* * 在 0.01 水平(双侧)上显著相关; * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关

从表 4 可以看出,在每一年的内,各季绿被面积与其温度呈正相关关系,其相关系数在 0.794 至 0.858 之间;与其降雨量呈正相关关系,其相关系数在 0.833 至 0.869 之间。从表 5 可以看出,2002—2008 年间,在夏

季,绿被面积与温度之间在 0.01 的水平上呈显著正相关,其相关性为 0.946;在春季,绿被面积与降雨量之间在 0.05 的水平上呈显著正相关,其相关性为 0.774;而在其它季节,绿被面积与温度和降雨量的相关性均不显著。在总体上,对各年各季的绿被面积与其对应的季内平均温度和季内月平均降雨量进行相关性分析,其样本数为 28,通过分析发现了绿被面积与温度和降雨量均在 0.01 的水平上显著正相关,其相关系数分别为 0.82、0.84;温度与降雨量在 0.01 的水平上显著正相关,其相关系数为 0.90。

4 结果与讨论

该研究探索出了利用多时相 MODIS 数据分析绿被时空变化的有效技术方法,利用该方法揭示出了川西绿被覆盖的时空动态特征。在 2002 年,在整个川西,绿被覆盖在 195 d 以上的区域占 43.3%;在甘孜州,占 30.7%;在阿坝州,占 36.7%;在凉山州,占 78.1%;在攀枝花市,占 88.1%。在整个川西,终年无绿被覆盖的区域占 4.3%;在甘孜州,占 6.6%;在阿坝州,占 3.3%;在凉山州和攀枝花市,所占比例小于 1%。就整个川西而言,从年初到 6 月中旬,绿被从东南向西北方向扩展到最大面积,并持续到 8 月底。从 8 月底到年末,绿被从西北向东南方向退缩到最小面积。该区西北部植被生长日数短,而东南部生长日数长。在 2002—2008 年间,绿被面积由大到小的季节排列为夏季、秋季、春季和冬季;夏季与冬季绿被面积之差的平均值为 142224 km²,占该区总面积的 46.7%;春季绿被面积变幅最大,为 20064 km²,秋季最小。春季、冬季最大绿被面积均出现在 2008 年;而夏、秋季则分别出现在 2006 年和 2003 年。在总体上,绿被面积与温度和降雨量均在 0.01 的水平上呈正相关关系,其相关系数分别为 0.82 和 0.84;在夏季,绿被面积与温度之间在 0.01 的水平上呈显著正相关关系,其相关性为 0.946。由于该区季内月平均温度最高不超过 19 ℃,其季内月平均降雨量最高不超过 160 mm,且温度与降雨呈显著正相关关系。因此,该区降雨与温度的增加有利于绿色植被的生长,这是绿被面积表现出与降雨和温度呈显著正相关的原因。

利用该区绿被覆盖的时空特征和数据,结合其光、热、水、气、肥和土等因素,可以进一步找到提高绿被覆盖日数的可能途径。由于绿色植被生长需要光、热、水、气、肥和土等条件的配合,因此,如果绿被日数短发生在光、热、水、气、肥和土等均好的区域,则绿被日数偏短主要是人为所致,对此,应加强土地农牧利用或绿色生态利用,并加强其利用监管,避免造成人为裸露。如果绿被日数短发生在光热条件均好的区域,则绿被日数短除人为因素外,主要是水土条件差所致,对此,应加强修复和保持水土。如果绿被日数短发生在水土条件好的区域,则绿被日数短除人为因素外,主要是温度偏低所致,对此,可采用增温保温的方式予以提高绿被日数。在甘孜州和阿坝州,通过增温、降雨、修复和保持水土等措施可以提高绿被面积和植被生长日数,其潜力巨大。全球变暖,有利于该潜力的发挥。总之,该研究成果为挖掘植被生长潜力提供了科学依据,为该区农牧生产和生态建设提供了重要理论和数据支撑。

致谢: 该项研究得到中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远研究员、邵全琴研究员、陶福禄研究员和徐兴良副研究员的支持,得到了电子科技大学地表所李世华博士,许文波博士和何彬彬博士,以及四川师范大学遥感与 GIS 应用研究中心程武学和卢洲等的支持,在此一并致谢。

References:

- [1] Xiao L, Wang Q F, Wang Q. Qinling's middle land cover classification on MODIS—NDVI. *He Bei Remote Sensing*, 2009, (2): 6-9.
- [2] Xing Z R, Feng Y G, Yang G J, Wang P, Huang W J. Method of estimating vegetation coverage based on remote sensing. *Remote Sensing technology application*, 2009, 24(6): 849-855.
- [3] Ma C, Wu W B. Analysis and extracts of vegetation coverage changes of Fuxin Region. *Geomatics and Spatial Information Technology*, 2010, 33(1): 78-80.
- [4] Liu Z F, Nan Y, Hu H, Dong Y H, Yang Y, Zhou P, Ji Z. Vegetation cover changes in Changbai Mountain from 2000 to 2008. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30(2): 391-398.
- [5] Wang H S, Huang J F. Study on characteristics of land cover change using MODIS NDVI time series. *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Sciences*, 2009, 35(1): 105-110.
- [6] Chen H L, Liu Z Y, Jiang Q X. Vegetation Cover Change Monitoring and Analyzing in Huanghe-Huaihe-Haihe Zone Based on Multi-Source

- Information Fusion//Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVII, Part B7. Beijing;2008 BEIJING ISPRS, 2008; 847-855.
- [7] Song X N, Zhao Y S. Cloud detection and analysis of MODIS image. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(9): 1079-1083.
- [8] Ma Z B, Liu B X, Qi Q W, Liu G H. Cloud removing from MODIS based on spectrum analysis. Remote Sensing Information, 2009, 8(4): 3-8.
- [9] He Q J, Cao J, Huang J, Wu Z J. Cloud detection in MODIS data based on multi-spectrum synthesis. Remote Sensing for Land and Resources, 2006, 3: 19-22.
- [10] Li W, Fang S H, Dian Y Y, Guo J X. Cloud detection in MODIS data based on spectrum analysis. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(5): 435-439.
- [11] Zhao Y S. Principles and Methods of Remote Sensing Applications and Analysis. Beijing: Science Press, 2003.
- [12] Ding L X, Zhou B, Wang R C. Comparison of five relative radiometric normalization techniques for remote sensing monitoring. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2005, 31(3): 269-276.
- [13] Wang Q F, Li J Y, Chen B M. Land cover classification system based on spectrum in Poyang Lake Basin. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(4): 359-368.

参考文献:

- [1] 肖莉, 汪权方, 王倩. 基于 MODIS—NDVI 数据的秦岭中段土地覆被分类. 河北遥感, 2009, (2): 6-9.
- [2] 刑著荣, 冯幼贵, 杨贵军, 王萍, 黄文江. 基于遥感的植被覆盖度估算方法述评. 遥感技术及应用, 2009, 24(6): 849-855.
- [3] 马聪, 武文波. 阜新地区植被覆盖度变化提取及分析. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(1): 78-80.
- [4] 刘志锋, 南颖. 2000~2008 年长白山地区植被覆盖变化特征. 西北植物学报, 2010, 30(2): 391-398.
- [5] 王红说, 黄敬峰. 基于 MODIS NDVI 时间序列的植被覆盖变化特征研究. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2009, 35(1): 105-110.
- [7] 宋小宁, 赵英时. MODIS 图象的云检测及分析. 中国图像图形学报 A 辑, 2003, 8(9): 1079-1083.
- [8] 马张宝, 李炳燮, 齐清文, 刘高焕. 基于光谱特征分析的 MODIS 影像去云算法的研究. 遥感信息, 2009, 8(4): 3-8.
- [9] 何全军, 曹静, 黄江, 吴志军. 基于多光谱综合的 MODIS 数据云检测研究. 国土资源遥感, 2006, (3): 19-22.
- [10] 李微, 方圣辉, 佃袁勇, 郭建星. 基于光谱分析的 MODIS 云检测算法研究. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(5): 435-439.
- [12] 丁丽霞, 周斌, 王人潮. 遥感监测中 5 种相对辐射校正方法研究. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005, 31(3): 269-276.
- [13] 汪权方, 李家永, 陈百明. 基于地表覆盖物光谱特征的土地覆被分类系统——以鄱阳湖流域为例. 地理学报, 2006, 61(4): 359-368.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.2 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea	WANG Xuehui, QIU Yongsong, DU Feiyan, et al (333)
Spatial variation in species richness of birds and mammals in mainland China	DING Jingjing, LIU Dingzhen, LI Chunwang, et al (343)
Comparative study on learning behavior and electroantennogram responses in two geographic races of <i>Cotesia glomerata</i>	WANG Guohong, LIU Yong, GE Feng, et al (351)
Biological characteristics and habitat requirements of <i>Parnassius imperator</i> (Lepidoptera: Parnassidae)	FANG Jianhui, LUO Youqing, NIU Ben, et al (361)
Annual variability in biological characteristics of <i>Illex argentinus</i> in the southwest Atlantic Ocean	FANG Zhou, LU Huajie, CHEN Xinjun, et al (371)
The impact of run-of stream dams on benthic macroinvertebrate assemblages in urban streams	HAN Minghua, YU Haiyan, ZHOU Bin, et al (380)
Effect of suspended sediment on the feeding physiology of <i>Pinctada martensii</i> in laboratory	LI Zhimin, SHEN Yuchun, YU Nantao, et al (386)
Potential nutrient limitation of phytoplankton growth in the Western and Central Pacific Ocean	XU Yanqing, CHEN Jianfang, GAO Shengquan, et al (394)
Ingestion of selected HAB-forming dinoflagellates	ZHANG Qingchun, YU Rencheng, SONG Jingjing, et al (402)
Formation of aggregation by <i>Phaeocystis globosa</i> (Prymnesiophyceae) in response to high grazing pressure	WANG Xiaodong, WANG Yan (414)
Growth and reproduction of the green macroalga <i>Ulva prolifera</i>	ZHANG Bixin, WANG Jianzhu, WANG Yifu, et al (421)
Screening of growth decline related genes from <i>Alexandrium catenella</i>	ZHONG Jie, SUI Zhenghong, WANG Chunyan, et al (431)
Analysis of inherent optical properties of Lake Taihu in spring and its influence on the change of remote sensing reflectance	LIU Zhonghua, LI Yunmei, LU Heng, et al (438)
Neural network modeling of the eutrophication mechanism in Lake Chenghai and corresponding scenario analysis	ZOU Rui, DONG Yunxian, ZHANG Zhenzhen, et al (448)
The compensatory growth of shrubby <i>Pinus thunbergii</i> response to the boring stress in sandy coast	ZHOU Zhen, LI Chuanrong, XU Jingwei, et al (457)
Selected body temperature and thermal tolerance of tadpoles of two frog species (<i>Fejervarya limnocharis</i> and <i>Microhyla ornata</i>) acclimated under different thermal conditions	SHI Linqiang, ZHAO Lihua, MA Xiaohao, et al (465)
Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields	ZHAO Zihua, WANG Ying, HE Dahan, et al (472)
Effects of cadmium on lipid peroxidation and ATPase activity of plasma membrane from Chinese kale (<i>Brassica alboglabra</i> Bailey) roots	ZHENG Aizhen (483)
Effects of ginger aqueous extract on soil enzyme activity, microbial community structure and soil nutrient content in the rhizosphere soil of ginger seedlings	HAN Chunmei, LI Chunlong, YE Shaoping, et al (489)
Manganese tolerance and accumulation in mycelia of <i>Cordyceps kyusyuensis</i>	LUO Yi, CHENG Xianhao, ZHANG Congcong, et al (499)
Influence of oxytetracycline exposure on antibiotic resistant bacteria and enzyme activities in wheat rhizosphere soil	ZHANG Hao, ZHANG Lilan, WANG Jia, et al (508)
Effects of elevated nitrogen deposition on soil organic carbon mineralization and soil enzyme activities in a Chinese fir plantation	SHEN Fangfang, YUAN Yinghong, FAN Houbao, et al (517)
Differences in clonal growth between female and male plants of <i>Rhus typhina</i> Linn. and their diurnal changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence	ZHANG Mingru, WEN Guosheng, ZHANG Jin, et al (528)
Soil water holding capacity under four typical ecosystems in Wuyunjie Nature Reserve of Hunan Province	PAN Chunxiang, LI Yuyuan, PENG Yi, et al (538)
The effect of different land use patterns on soil properties in alpine areas of eastern Qilian Mountains	ZHAO Jinmei, ZHANG Degang, LIU Changzhong, et al (548)
Responses of soil macro-fauna to land desertification in sandy grassland	LIU Rentao, ZHAO Halin (557)
Characteristics of cultivable microbial community number and structure at the southeast edge of Tengger Desert	ZHANG Wei, ZHANG Gaosen, LIU Guangxiu, et al (567)
Physiological and ecological responses of maize to different severities of desertification in the Southern Taramakan desert	LI Lei, LI Xiangyi, LIN Lisha, WANG Yingju, et al (578)
Characterization of caloric value in fifteen plant species in <i>Leymus chinensis</i> steppe in Xilin River Basin, Inner Mongolia	GAO Kai, XIE Zhongbing, XU Sutie, et al (588)
Spatial pattern responses of <i>Achnatherum splendens</i> to environmental stress in different density levels	ZHANG Mingjuan, LIU Maosong, XU Chi, et al (595)
Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an <i>Abies fargesii</i> - <i>Betula utilis</i> mixed forest	REN Xuemin, YANG Gaihe, WANG Dexiang, et al (605)
Effects of alginate cerium complexes on ascorbate- glutathione cycle in spinach leaves under chlorpyrifos stress	LUAN Xia, CHEN Zhende, WANG Dongfeng, et al (614)
Analysis on spatiotemporal changes of urban thermal landscape pattern in the context of urbanisation: a case study of Xiamen City	HUANG Jucong, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (622)
The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing	YANG Cunjian, ZHAO Zijian, REN Xiaolan, et al (632)
An inventory of BVOC emissions for a subtropical urban-rural complex: Greater Taizhou Area	CHANG Jie, REN Yuan, SHI Yan, et al (641)
Scientific Note	
Litter decomposition and nutrient dynamics of <i>Carex lasiocapa</i> under different water conditions	HOU Cuicui, SONG Changchun, LI Yingchen, et al (650)
Nest-box color preference and reproductive success of great tit	ZHANG Keqin, DENG Qiuxiang, Justin Liu, et al (659)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 2 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 2 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@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 70.00 元