

基于 SPOT-VGT NDVI 的西藏羊卓雍错流域地表覆被变化研究

于树梅^{1,4}, 刘景时^{1*}, 袁金国^{2,3}

1. 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085
2. 河北师范大学资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016
3. 河北省环境演变与生态建设省级重点实验室, 河北 石家庄 050016
4. 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要 利用 1998 年—2007 年 SPOT-VGT NDVI 植被指数, 分析了羊卓雍错流域 NDVI 时空变化特征及其与主要气候因子(气温, 降水)的相关关系。结果表明: 时间上, 流域平均 NDVI 年内季节变化明显, 变化幅度在 0.12~0.31 之间, 5 月份开始较快上升, 最高值出现在 9 月份。1998—2007 年 10 年间, 羊卓雍错流域 NDVI 的多年平均值为 0.19, 总体上呈缓慢上升的趋势, 表明流域的生态环境有改善的趋势。从空间分布看, NDVI 高值区与水源、海拔高度和植被类型有很大关系, 在水源附近区域 NDVI 值相对较高, 草甸型草场 NDVI 值最高。气温和降水是影响流域植被的重要气候因子, 在植被生长季节月平均 NDVI 与上月平均气温和降水的线性相关系数分别为 0.7 和 0.71, 近年来流域的暖湿化气候变化趋势有利于流域生态环境的改善。

关键词 SPOT-VGT NDVI; 时空变化; 气候因子; 羊卓雍错流域

中图分类号: TP753 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)06-1570-05

引言

2007 年 IPCC 气候变化报告指出, 已观测到的气候变化对独特和脆弱生态系统(如极地和高山群落生态系统)有影响, 随着温度进一步升高, 其不利影响的程度也随之增加^[1]。青藏高原是我国湖泊分布密度最大的两大湖泊密集区之一, 也是世界海拔最高、数量最多、面积最大的高原湖泊区。据统计, 青藏高原面积在 1.0 km² 以上的湖泊计 1 091 个, 主要分布在海拔 4 000~5 000 m 范围内^[2,3]。由于海拔高、寒冷干燥、蒸发强烈, 青藏高原大部分地区属高寒干旱区, 恶劣的地理气候条件决定了其生态环境较为脆弱。青藏高原的环境变化不仅使区域地表过程具有敏感响应, 也在长时间尺度和大空间范围上影响到整个北半球乃至全球气候环境系统^[4]。青藏高原的气候和生态环境变化, 直接关系到中国西部的生态环境安全, 全球变化可能导致高原上敏感生态系统的急剧变化, 已有研究发现青藏高原高寒草地生态系统的严重退化问题^[5]。

但是受自然条件限制, 在青藏高原很难通过常规观测

手段获得整体区域生态环境信息。近年来遥感技术发展迅速, 通过遥感手段获得的遥感卫星资料具有实时、连续、准确地反映大范围地表信息的特点, 结合地理信息系统强有力的地学分析功能, 能够最大限度地获取感兴趣的地理环境信息。地表植被对气候变化反应非常明显, 归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)是评估植被状况的最有效参数之一^[6], 能很好地反映植被生长状态和植被覆盖度, 也是衡量区域生态系统的重要信息。

近年来, 在应用 NDVI 进行生态环境问题评价与监测方面, 已开展了大量研究工作。李秀花等分析了中国西北干旱区的 NDVI 变化^[7]。王莉雯等对辽宁省植被变化的研究表明, NDVI 在半湿润地区能够较好地反映生态系统的时空变化^[8]。华维等利用自动气象站(AWS)近地层梯度观测资料、归一化植被指数(GIMMS NDVI)和月降水资料, 分析了青藏高原植被变化与地表热源及降水的关系, 认为植被变化引起的高原地表加热异常可能是影响中国夏季降水的重要因子之一^[9]。李远华等的研究发现, 将 NDVI 与湖泊的变迁联系起来, 有助于分析湖泊变迁所隐含的生态环境问题^[10]。

收稿日期: 2009-06-30, 修订日期: 2009-10-06

基金项目: 国家科技部(973 计划)项目(2007cb411503)和国家自然科学基金项目(40571037, 40711140130)资助

作者简介: 于树梅, 女, 1978 年生, 中国科学院青藏高原研究所博士研究生 e-mail: yushumei@itpcas.ac.cn

*通讯联系人 e-mail: jslu@itpcas.ac.cn

1 研究区概况

羊卓雍错流域位于青藏高原南部,地理位置为 $28^{\circ}27' \sim 29^{\circ}12' \text{N}$, $90^{\circ}08' \sim 91^{\circ}45' \text{E}$,流域面积 $6\,100 \text{ km}^2$,平均海拔在 $4\,500 \text{ m}$ 以上,属藏南山原湖盆宽谷区,是一个封闭的内陆流域。外围高山环绕,山体海拔都在 $5\,000 \text{ m}$ 以上,南侧是喜马拉雅山脉^[11]。据浪卡子气象站 1961 年—2006 年资料,流域年平均气温 2.8°C ,年降水量 353.7 mm ,6 月~9 月降水量约占全年降水量的 90.1%。每年 11 月至次年 5 月上旬,盛行西南风,夏季风力较小,年平均风速 $2.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

流域内湖泊众多,羊卓雍错是最大湖泊,地理位置为 $28^{\circ}46' \sim 29^{\circ}11' \text{N}$, $90^{\circ}22' \sim 91^{\circ}05' \text{E}$,水面高程 $4\,441.0 \text{ m}$,湖水面积 638.0 km^2 ,如图 1 所示,湖体呈枝杈状,岸线曲折^[2,11]。湖水 pH 值 $9.2 \sim 9.3$,矿化度 $1.62 \sim 1.89 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,属硫酸盐类微咸水湖。湖中盛产高原特种鱼,同时也是藏南最大的水鸟栖息地,每逢冬季群鸟南迁至此。

流域植被很差,多光山秃岭,高寒干旱的地理气候条件决定了流域陆生生态环境较为脆弱。流域的草场主要有沼泽化草甸草场、西藏蒿草草场、短蒿草甸草场和菊科蒿草草场,其中羊卓雍错沿湖地带分布有流域最好的草甸型草场,为藏南重要的畜产区。农业上主要种植青稞、油菜和豌豆等耐旱作物,因此,该地区是以畜牧业为主,农牧结合的半农牧地区。据金灿旭等 1980 年代末的研究,当时由于过度放牧致使有些草场退化十分严重^[11]。到目前为止,还没有文献对羊卓雍错流域近 10 年来的生态与环境变化进行研究。因此,选择植被指数 NDVI 并结合流域主要气候因子研究湖泊流域生态环境变化特征与趋势,具有重要的意义。

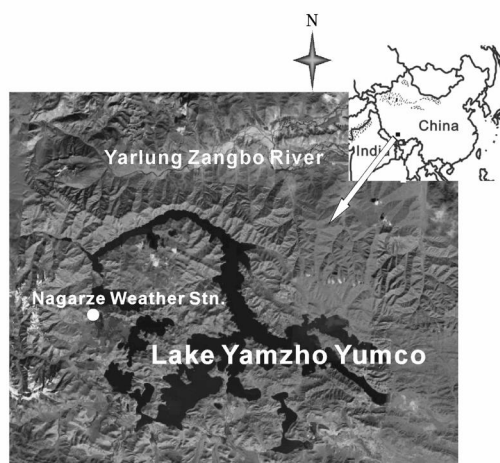


Fig 1 Location map of Lake Yamzho Yumco and its remote sensing image with the location of Nagarze weather station

2 数据和方法

本文选用 1998 年~2007 年 SPOT-VGT NDVI 植被指数,数据由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”网站下载,其空间分辨率为 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$,时间分辨率为逐旬,时间序列为 1998 年 4 月至 2007 年 12 月。该数据集由比利时佛莱芒技术研究所 VEGETATION 影像处理中心经辐射定标、大气校正、云检测和几何校正等预处理,生成逐日 1 km 分辨率的全球覆盖数据,最后生成 10 d 最大化合成的 NDVI 数据,并将 $-1 \sim -0.1$ 的值设置为 -0.1 ,再通过 $\text{DN} = (\text{NDVI} + 0.1) / 0.004$ 转换为 $0 \sim 250$ 的 DN 值。该数据集已被国内很多学者^[12-14]用于植被及生态环境的研究,都取得了比较好的应用效果。

利用遥感图像处理软件 ENVI 4.2 和 GIS 软件 ArcGIS 8.3,进行 SPOT-VGT NDVI 图像的处理,以界定好的流域边界提取羊卓雍错流域的 NDVI。为了更准确地反映植被变化,统计时扣除了流域水面和多年积雪区。在此基础上得出的研究区 NDVI 值是各像元 NDVI 的平均值,月 NDVI 值是相应月份上、中、下旬 NDVI 的平均值。

3 结果与分析

3.1 流域 NDVI 的时间变化分析

1998 年—2007 年 10 年间,羊卓雍错流域 NDVI 的多年平均值是 0.19。图 2 表示了羊卓雍错流域月平均 NDVI 的年内变化曲线,每个点代表了流域除水体和多年永久积雪外 4 956 个像元的每月 NDVI 的平均水平和 1998 年—2007 年的平均水平。NDVI 年内季节变化明显,变化幅度在 $0.12 \sim 0.31$ 之间。月平均 NDVI 5 月份开始较快上升,最高值出现在 9 月份(0.31),此后到 11 月份期间迅速下降,12 月份开始变化缓慢直至第二年 3 月~4 月份达到最低值。

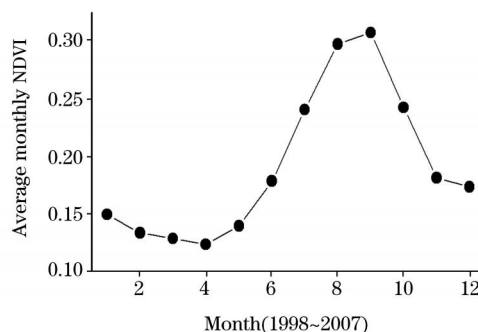


Fig 2 Average monthly NDVI of Yamzho Yumco Basin for the period 1998–2007

1998 年—2007 年 10 年间,羊卓雍错流域 NDVI 遵从相似的时相变化规律,但振幅有所不同(图 3)。由 1998 年到 2007 年的年平均 NDVI 值进行趋势分析(图 4),得出流域平均 NDVI 的变化方程,由(1)式,可以看出,10 年间流域 NDVI 总体上呈缓慢上升的趋势,表明流域植被覆盖有所增加,生态环境有改善的趋势。

$$\text{NDVI}_{\text{TREND}} = 0.001t + 0.1863 \quad (1)$$

式中, $\text{NDVI}_{\text{TREND}}$ 为变化趋势线对应的 NDVI 值, t 为年。

3.2 流域 NDVI 的空间变化分析

考虑到 NDVI 值在植被生长季(6 月~10 月份)变化比较

大,因此选取 2007 年 6 月~10 月份共计 5 个月,每月 NDVI 最大的旬的一景流域 NDVI 图像,来说明流域植被被季节变化,如图 5 所示,选取时间依次为 6 月下旬、7 月下旬、8 月中旬、9 月中旬、10 月中旬。可以看出,NDVI 季节变化与植被生长规律相一致,本地区雨季为 6-9 月,随着雨季的来临,气温和降水逐渐增加,植被从 6 月份开始迅速生长,从 6 月到 9 月的 NDVI 值迅速升高,其中 6~8 月的 NDVI 升高较大,尤其是分布有草甸植被类型的地区和农业耕作区。9 月到 10 月份的 NDVI 值下降较快。

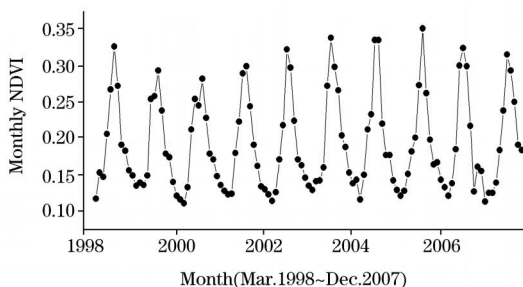


Fig 3 Monthly NDVI from March of 1998 to December of 2007

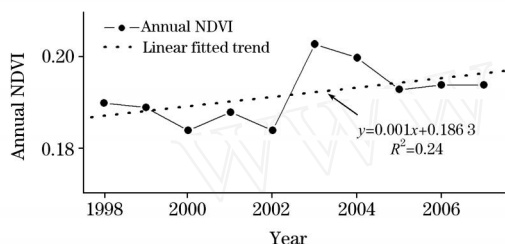


Fig 4 Variation trend of annual NDVI from 1998 to 2007

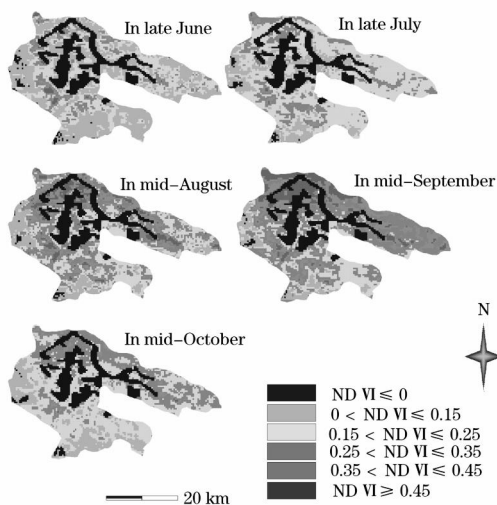


Fig 5 Spatial distribution of NDVI in Yamzho Yumco Basin in 2007

2007 年 9 月中旬的 NDVI 值在 2007 年植被生长季是最高的,其在流域范围内空间分布的对比也最明显,因此以这一景 NDVI 图像来说明流域植被的空间分布状况。NDVI 的高值区主要分布在流域北部湖泊沿岸,这里海拔相对较低,植被类型以草甸型草场为主。其次是流域东部地区,这里是

主要入湖河流嘎马林河流经的区域。流域外围多高山,由北部到南部地势逐渐升高,西南部分布有大量冰川和永久积雪区,所以这些地区的 NDVI 值很低。从空间分布看,NDVI 高值与水源、海拔高度和植被类型有很大关系,在水源附近区域 NDVI 值相对较高,草甸型草场 NDVI 值最高。

4 流域 NDVI 与气候因子的相关分析

羊卓雍错流域处于喜马拉雅山北坡雨影地区,水汽来源于孟加拉湾暖湿气流,其主要通道为西北角的曼曲垭口和流域南部深切喜马拉雅山的洛扎怒曲、洛扎下曲河谷,东北山脊连绵,水汽难于进入,降水比周围地区小,光照充足,辐射强,冬春寒冷多大风,夏秋温凉多雨水。与西藏大部分地区一样,羊卓雍错流域干季和雨季分明,年最高气温一般出现在 7 月。雨季为 6 月—9 月,干季为 10 月到第二年 5 月。

气温和降水是影响羊卓雍错流域植被的重要气候因子,NDVI 变化是流域植被覆盖状况变化的一个重要表现。NDVI 的变化与气温和降水的四季变化相一致,都具有很强的季节性(图 6,图 7)。为研究 NDVI 与气温和降水之间的关系,以 1998 年—2006 年植被生长季的流域月平均 NDVI 分别与月平均气温和月降水量,在 0.05 的显著水平上进行线性相关分析,线性相关方程如(2)式和(3)式

$$NDVI = 0.0152T + 0.1263 \quad (2)$$

$$NDVI = 0.0007P + 0.2084 \quad (3)$$

式中, T 为气温, P 为降水量。

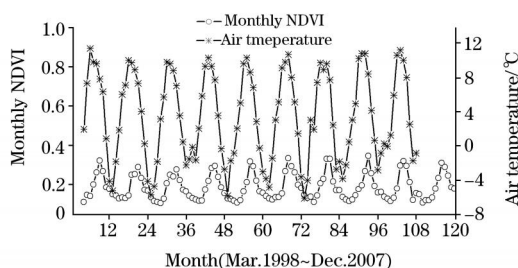


Fig 6 Relation of NDVI and air temperature in Yamzho Yumco Basin

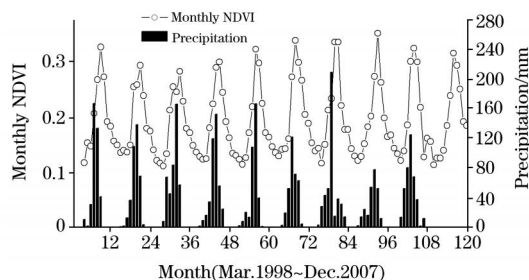


Fig 7 Relation of NDVI and precipitation in Yamzho Yumco Basin

1998 年—2006 年间流域月平均 NDVI 与月平均气温的线性相关系数为 0.7,与月降水量的线性相关系数为 0.71,可见气温和降水对流域 NDVI 的影响很大。本文在前面的分析已得出,流域 NDVI 总体上呈缓慢上升的趋势,这表明流

域地表覆被增加,生态环境有所改善。杜军等通过对 1981 年~2006 年西藏羊卓雍错流域浪卡子气象站的资料分析发现:由于降水增加明显、潜在蒸散显著减小,除冬季外其他季节和年干湿指数都呈现明显的增大趋势,以夏季增幅最大,年平均气温以每 10 年 0.38 的速率明显升高,干湿指数增大^[15, 16]。由于气温明显升高,流域内冰川退缩加剧,例如区域西南部的枪勇冰川 2001 年与 1975 年比较,冰川末端上升了大约 50 m,退缩距离约 90 m^[17],同时也造成以冰雪融水补给为主的河流径流深明显上升^[18]。羊卓雍错流域这种暖湿化的气候变化趋势,有利于流域生态环境的改善。

5 结 论

NDVI 是反映流域植被覆盖的一个重要指数,本文选用

1998 年—2007 年 SPOT-VGT NDVI 植被指数,通过对 10 年间羊卓雍错流域地表植被变化的分析,发现 NDVI 季节变化曲线的形状与植被生长规律一致,NDVI 高值与水源、海拔高度和植被类型有很大关系。1998 年—2007 年 10 年间,羊卓雍错流域 NDVI 总体上呈缓慢上升的趋势,表明流域的植被覆盖有增大的趋势。NDVI 与主要气候因子气温和降水的相关性很大,近年来流域的暖湿化气候变化趋势,有利于流域生态环境的改善。本文只分析了气候因子对植被覆盖变化的作用,而没有涉及人类活动的影响,事实上,由于青藏高原地广人稀,受人类影响极小,目前仍比较完整地保存着原始自然生态环境的特点。

参 考 文 献

- [1] IPCC. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO, UNEP, 2007. 19.
- [2] WANG Su-min, DOU Hong-shen(王苏民,窦鸿身). Lake Records in China(中国湖泊志). Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 1998. 7.
- [3] JIANG Jia-hu, HUANG Qun(姜加虎,黄群). Water Resources Protection(水资源保护), 2004, (6): 24.
- [4] Bollasina M, Benedict S. Bulletin of the American Meteorological Society. 2004, 85(7): 1001.
- [5] WANG Gen-xu, LI Yuan-shou, WANG Yi-bo, et al(王根绪,李元寿,王一博,等). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2007, 62(5): 481.
- [6] Paruelo J M, Epstein H E, Lauenroth W K, et al. Ecology, 1997, 78(3): 953.
- [7] LI Xiu-hua, SHI Qing-dong, GUO Juan, et al(李秀花,师庆东,郭娟,等). Journal of Arid Land Resources and Environment(干旱区资源与环境), 2009, 23(2): 12.
- [8] WANG Li-wen, WEI Ya-xing, NIU Zheng(王莉雯,卫亚星,牛铮). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2008, 28(12): 2956.
- [9] HUA Wei, FAN Guang-zhou, ZHOU Ding-wen, et al(华维,范广洲,周定文,等). Sciences in China(中国科学 D 辑), 2008, 38(6): 732.
- [10] LI Yuan-hua, JIANG Qi-gang, ZHAO Jing, et al(李远华,姜琦刚,赵静,等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2008, 12(4): 640.
- [11] JIN Xiang-can, LIU Shu-kun, ZHANG Zong-she, et al(金相灿,刘树坤,章宗涉,等). Lake Environment in China(中国湖泊环境). Beijing: Ocean Press(北京:海洋出版社), 1995. 114.
- [12] ZHOU Hong-jian, WANG Jing-ai, LI Rui, et al(周洪建,王静爱,李睿,等). Journal of Soil and Water Conservation(水土保持学报), 2008, 23(4): 70.
- [13] ZHANG Yue-cong, ZHAO Zhi-qiang, LI Shuang-cheng, et al(张月丛,赵志强,李双成,等). Geographical Research(地理研究), 2008, 27(4): 745.
- [14] MA Bao-dong, CHEN Shao-jie, WU Li-xin, et al(马保东,陈绍杰,吴立新,等). Geography and Geo-Information Science(地理与地理信息科学), 2009, 25(1): 84.
- [15] DU Jun, HU Jun, TANG Shu-jun, et al(杜军,胡军,唐述君,等). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2008, 63(11): 1160.
- [16] DU Jun, LI Chun, LA Ba, et al(杜军,李春,拉巴,等). Acta Meteorologica Sinica(气象学报), 2009, 67(1): 158.
- [17] PU Jian-chen, YAO Tan-dong, WANG Ning-lian, et al(蒲健辰,姚檀栋,王宁练,等). Journal of Glaciology and Geocryology(冰川冻土), 2004, 26(5): 517.
- [18] ZHANG Fei, LIU Jing-shi, GONG Tong-liang, et al(张菲,刘景时,巩同梁,等). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2006, 61(11): 1141.

Vegetation Change of Yamzho Yumco Basin in Southern Tibet Based on SPOT-VGT NDVI

YU Shu-mei^{1,4}, LIU Jing-shi^{1*}, YUAN Jin-guo^{2,3}

1. Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2. College of Resource and Environmental Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China

3. Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang 050016, China

4. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract The area we studied is Lake Yamzho Yumco Basin (28°27'42.9" N, 90°08'49.1" E), the largest inland lake basin in southern Tibetan Plateau, China. Using the SPOT-VGT NDVI vegetation index from 1998 to 2007 in the basin, the temporal and spatial variation characteristics of NDVI and its correlation with the major climatic factors (air temperature, precipitation) were analyzed. The results show that the average NDVI of the lake basin ranges from 0.12 to 0.31 and its seasonal change is obvious; the NDVI begins to rise rapidly in May and reaches the maximum value in early September. The average NDVI of the basin shows the slow increasing trend during 1998 to 2007, and it indicates that the eco-environment of the basin is recovering. The high value of NDVI has close relationships with water supply, altitude and vegetation types, so NDVI is relatively high near water sources and is the highest in meadow grassland. The summer air temperature and precipitation are the important climate elements that influence the vegetation in the basin, and the linear correlation coefficients between NDVI and air temperature and precipitation are 0.7 and 0.71, respectively. In recent years, warm and humid trend of the local climate is prevailing to improve the ecological environment in Yamzho Yumco Basin.

Keywords SPOT-VGT NDVI; Temporal and spatial variation; Climate factors; Yamzho Yumco Basin

* Corresponding author

(Received Jun. 30, 2009; accepted Oct. 6, 2009)