

文章编号:2096 - 5389(2018)05 - 0020 - 05

2000—2016 年赤水河流域植被生态质量变化分析

黄林峰¹, 田鹏举¹, 帅士章², 廖 瑶¹, 刘 芸¹

(1. 贵州省生态气象与卫星遥感中心, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省气候中心, 贵州 贵阳 550002)

摘 要:为研究中国西部赤水河流域植被生态质量变化特征, 该文基于 MODIS 归一化植被指数(NDVI)和气象监测资料, 获取了中国西部赤水河流域 2000—2016 年植被覆盖度、净初级生产力(NPP)以及植被生态质量指数变化数据, 并对此 17 a 期间植被生态质量时空变化进行分析。结果表明:①植被覆盖度均值从 2000 年的 55.4% 提高到了 2016 年的 67.4%, 覆盖度呈平均每 10 a 增加 6.8% 的变化趋势;②植被 NPP 均值从 2000 年的 864 gC/m² 提高到了 2016 年的 1 024 gC/m², NPP 呈平均每 10 a 增加 63 gC/m² 的变化趋势;③近年来植被生态质量显著提高, 2016 年植被生态质量为 2000 年以来最好, 植被生态质量指数高达 83.7。

关键词:植被生态质量; 赤水河流域; 植被覆盖度; 净初级生产力

中图分类号:S718.54 **文献标识码:**A

Analysis of Eco - Environment quality variation of vegetation in Chishui river basin from 2000 to 2016

HUANG Linfeng¹, TIAN Pengju¹, SHUAI Shizhang², LIAO Yao¹, LIU Yun¹

(1. Guizhou Ecological Meteorology & Satellite Remote Sensing Center, Guiyang 550002, China;

2. The Climate Center of Guizhou Province, Guiyang 550002, China)

Abstract: This paper aims to study the characteristics of the ecological quality variation of vegetation in Chishui River Basin in western China. The vegetation coverage, net primary productivity (NPP) and vegetation ecological quality data were obtained based on MODIS Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and meteorological monitoring data. The temporal and spatial characteristics of vegetation ecological quality in Chishui River Basin during the past 17 years were analyzed. The results show that: ①The mean vegetation coverage increases from 55.4% in 2000 to 67.4% in 2016, with an average increase of 6.8% in every 10 years. ②The mean NPP value of vegetation increases from 864 gC/m² in 2000 to 1024 gC/m² in 2016, with an average increase of 63 gC/m² in every 10 years. ③The vegetation ecological quality has greatly improved in recent years. Particularly the vegetation ecological quality in 2016 is the best since 2000, and the vegetation ecological quality index reaches 83.7.

Key words: ecological quality of vegetation; Chishui River basin; vegetation coverage; net primary productivity

1 引言

植被是地球上物质循环和能量流动的枢纽, 在生态系统中具有非常重要的作用。植被不仅是重要的环境要素, 也是陆地生态系统敏感的状态指示因子^[1]。植被作为生态系统中的重要组成部分, 其

具有丰富的生物多样性、复杂的结构和生态过程, 植被的变化影响到许多重要的生态系统服务功能, 在固碳释氧、调节气候、涵养水源、防风固沙、维护生物多样性和保持生态平衡等方面具有不可替代的作用^[2]。生物生产力是生物及其群体甚至更大尺度(包括生态系统)上生命有机体的物质生产能

收稿日期:2018 - 03 - 15

第一作者简介:黄林峰(1986—), 男, 博士, 工程师, 主要从事遥感应用、生态气象等相关工作, E - mail: Lx9850808@126.com。

资助项目:贵州省气象局开放基金(黔气科登[2018]05 - 20 号); 石漠化区域植被生态质量气象条件贡献率评价。

力,随环境不同而发生变化,因此其又成为生态环境变化和生态系统健康与否的指示物。植被净初级生产力是指绿色植物在单位面积、单位时间内所能累积的有机物数量,一般以每平方米干物质的含量(克碳/平方米, gC/m^2)来表示,简称植被 NPP。NPP 既是判定生态系统碳汇和调节生态过程的主要因子,更是直接反映了植被群落在自然环境条件下的生产能力,表征陆地生态系统的状况^[3]。

赤水河是长江干流上游右岸的一级支流,是我国长江上游的重要生态屏障^[4]。流经云南、贵州和四川三省,于四川省合江县汇入长江,干流全长 436.5 km,流域面积 20 440 km^2 。赤水河流域属中亚热带—南亚热带湿润气候区,具有温暖湿润、无霜期长、降水量大的特点。其特殊的地理环境,形成了独特的气候生态特点。该区域立体气候特点显著,造就了这里奇特的地貌植被景观,山峰挺秀、森林葱郁。近年来,全面贯彻“五大发展理念”,在赤水河流域开展生态文明制度改革试点和生态治理、保护取得明显成效。

蔡宏等^[5]基于 RS 和 GIS 技术对赤水河流域植被覆盖度与各地形因子的相关强度进行了研究分析。Yang 等^[6]以贵州赤水流域为研究对象,选取水土流失敏感性,并以喀斯特石漠化敏感性评价为背景进行生态环境评价。高一^[7]基于贵州省各县(市)生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地退化指数、污染负荷指数及生态环境质量指数等一系列评价指标,对贵州省的生态环境质量进行了初步的评价。牛鲁燕等^[8]应用全球植被指数变化研究数据(GIMMS),分析了贵州省 1982—2003 年的地表植被覆盖。王之明等^[9]简述了遥感技术在贵州省生态环境质量评价体系中的应用。许幼霞等^[10]通过长时间序列较空间高分辨率植被生态环境质量变化分析,分析了贵州省 1990—2015 年植被生态环境质量宏观动态变化特征。田鹏举^[11-12]利用贵州省长时间序列的 MODIS-NDVI 数据研究了贵州省与喀斯特石漠化区植被的时空变化特征。

2 遥感模型与数据

植被覆盖度表示植被地上部分垂直投影面积占地面面积的百分比,其为衡量生态绿化程度的数量指标。目前已经发展了很多利用遥感测量植被覆盖度的方法,较为实用的方法是利用植被指数近似估算植被覆盖度,常用的植被指数为 NDVI。植被覆盖度模型:

$$VFC = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) \quad (1)$$

其中, $\text{NDVI}_{\text{soil}}$ 为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值, NDVI_{veg} 则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值。

基于植被光能利用率模型,利用 NDVI 和地面气象监测等资料,估算植被净初级生产力 NPP。光能利用率(LUE)是单位面积上生产的干物质所包含的化学潜能与同一时间投射到该面积上的光合有效辐射的比值。随着遥感技术的发展,植物吸收的光合有效辐射已经可以利用遥感信息进行估算。光能利用模型可以用 Monteith 方程来表示:

$$NPP = APAR \times \varepsilon \quad (2)$$

式中, $APAR$ 为植物吸收的光合有效辐射,由植被光合有效辐射(PAR)和植被对光合有效辐射的吸收比例($FPAR$)求取; ε 为植被的光能利用率,它受温度、降水和植被类型等的影像。1993 年 Potter 等^[13]建立的 CASA 模型中, $APAR$ 分别有太阳总辐射和植被 NDVI 计算得出, ε 有气象数据和最大光能利用率估算。由于这 3 个值虽时间变化较大,通常以月为时间段进行计算:

$$APAR(x, t) = PAR(x, t) \cdot FPAR(x, t) \quad (3)$$

其中 $PAR(x, t)$ 为像元 x 在 t 月接收的光合有效辐射 [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$]; $FPAR(x, t)$ 为像元 x 在 t 月对光合有效辐射的吸收比例:

$$PAR(x, t) = 0.5SQL(x, t) \quad (4)$$

$$FPAR = 1.67\text{NDVI} - 0.07 \quad (5)$$

$$\varepsilon(x, t) = T_{e1}(x, t)T_{e2}(x, t)W_e(x, t)\varepsilon^* \quad (6)$$

式中, $SQL(x, t)$ 为像元 x 在 t 月接收的太阳总辐射量 [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$]; 常数 0.5 为植被所能利用的太阳有效辐射占太阳总辐射的比例,为经验取值; $\varepsilon(x, t)$ 为像元 x 在 t 月实际光能利用率 (gC/MJ); $T_{e1}(x, t)$ 和 $T_{e2}(x, t)$ 分别为低温和高温条件对光能利用率的胁迫作用; $W_e(x, t)$ 为水分胁迫; ε^* 为理想条件下的光能利用率,其值受植被类型等因素影响。

利用植被净初级生产力 NPP ^[14] 和植被覆盖度构成植被生态质量指数^[15],综合监测评估植被生态质量的优劣,其值越大,表明植被生态质量越好。植被生态质量指数模型:

$$Q_i = (VFC_i + \frac{NPP_i}{NPP_m} \times 100) / 2 \quad (7)$$

其中, Q_i 表示第 i 年植被生态质量指数, VFC_i 表示第 i 年植被覆盖度; NPP_i 表示第 i 年植被 NPP, NPP_m 表示监测年份中 NPP 最大值,即当地最好气

象条件下植被 NPP。

本文根据国家气象中心基于 8 km MODIS 遥感和地面气象等监测资料估算的贵州区域 2000—2016 年植被覆盖度、NPP、植被覆盖度变化趋势、NPP 变化趋势资料,并利用赤水河流域各县气象站监测的年平均温度和年降水量的均值代表赤水河流域的整体气候条件水平,研究分析赤水河流域植被生态质量变化情况以及气候条件最植被生态的影响。

3 植被生态质量变化分析

3.1 植被覆盖度变化

基于 MODIS 卫星遥感监测,年植被覆盖度由各月植被覆盖度平均求得,其反映植被全年平均覆盖程度。图 1 给出了赤水河流域逐年植被覆盖度变化,可见 2000 年以来流域植被覆盖度呈显著上升趋势(平均每 10 a 增加 6.8%)。流域植被覆盖度从 2000 年的 55.4% 增加到 2016 年的 67.4%,2016 年植被覆盖度为 17 a 来最高,2010 年和 2011 年植被覆盖度值与变化趋势偏低相对明显。

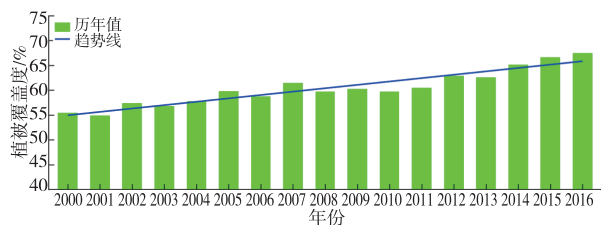


图 1 2000—2016 年赤水河流域植被覆盖度年际变化图
Fig. 1 Interannual variation of vegetation coverage in the Chishui River Basin during 2000—2016

图 2 给出了 2016 年赤水河流域植被覆盖度的空间分布。由图可知:2016 年赤水河流域植被覆盖度整体相对较高,大部分区域都在 60% ~ 70% 之间;流域中部偏北地区植被覆盖度超过 70%,在古蔺县北部与习水县交界区域、习水县北部等区域内植被覆盖度最高;仅合江县部分区域覆盖度相对较低(低于 60%)。

图 3 给出了 2000—2016 年赤水河流域植被覆盖度变化趋势的空间分布。2000—2016 年整个赤水河流域植被覆盖度变化趋势均大于零。赤水市、叙永县、毕节市、大方县、金沙县等区域植被覆盖增加速率较明显,峰值区位于大方县北部区域,平均年增长率超过 1.0%。古蔺县与习水县交界区域、习水县北部、桐梓县西南部、仁怀市中南部和北部等区域增长速率相对缓慢。

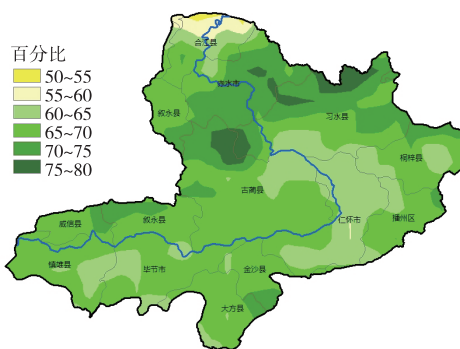


图 2 2016 年赤水河流域植被覆盖度空间分布图
Fig. 2 Spatial distribution of vegetation coverage in the Chishui River Basin in 2016

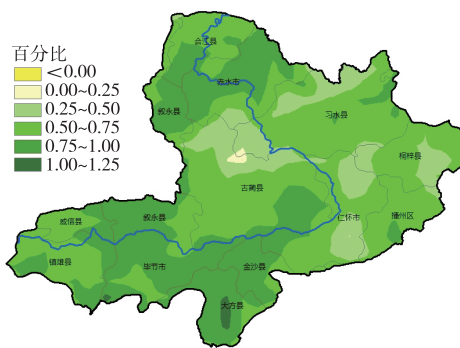


图 3 2000—2016 年赤水河流域植被覆盖度变化趋势空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of the change trend of vegetation coverage in the Chishui River Basin during 2000—2016

3.2 植被净初级生产力变化

2000 年以来赤水河流域植被净初级生产力总体呈增长趋势,2016 年达到近 17 a 最大值(图 4)。特别是大方县北部、金沙县北部等区域植被净初级生产力增加明显,平均年增长超过 10 gC/m²,而古蔺县北部与习水县交界区域、习水县北部、仁怀市中南部等区域增加速率相对缓慢(图 6)。

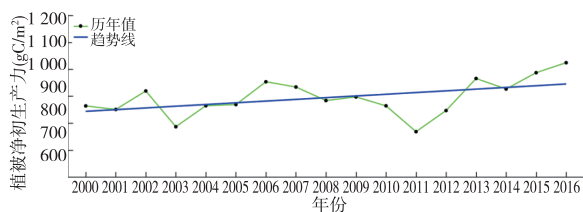


图 4 赤水河流域植被净初级生产力年际变化图
Fig. 4 Interannual variation of vegetation NPP in the Chishui River Basin during 2000—2016

2016 年赤水河流域植被净初级生产力的分布情况(图 4)与植被覆盖度较为相似,流域植被净初

级生产力在 792 ~ 1 229 gC/m²,古蔺县北部区域、赤水市东部、习水县北部等区域植被净初级生产力较高,超过 1 100 gC/m²,仁怀市、合江县则相对较低。

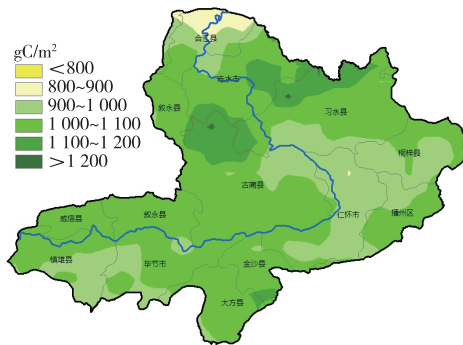


图5 2016年赤水河流域植被净初级生产力空间分布图
Fig. 5 Spatial distribution of vegetation NPP in the Chishui River Basin in 2016

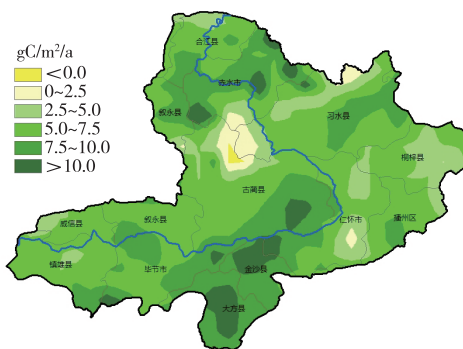


图6 2000—2016年赤水河流域植被净初级生产力变化趋势空间分布图
Fig. 6 Spatial distribution of the change trend of vegetation NPP in the Chishui River Basin during 2000—2016

3.3 植被生态质量与气象条件分析

植被生态质量是衡量自然生态状况的关键指标。基于2000—2016年赤水河流域植被生态质量指数变化,可以对流域植被变化情况进行一个综合性的定量分析。2000年以来,赤水河流域植被生态质量趋于改善(图7),表明植被生态质量整体向好发展。流域植被生态质量指数变化存在一定的波动,在2003年、2010—2012年出现明显低值年份,2013—2016年期间增长明显,2016年达到近17 a最高值,植被生态质量指数高达83.7。

根据2000年以来赤水河流域年降水量变化趋势(图8)分析,赤水河流域年降水量呈增加趋势,平均值为1 036.9 mm。降水增多有利于提高土壤墒情、促进植被生长、改善陆地植被生态质量;降水增加也利于库塘江河蓄水,提升水资源储备,增强抗

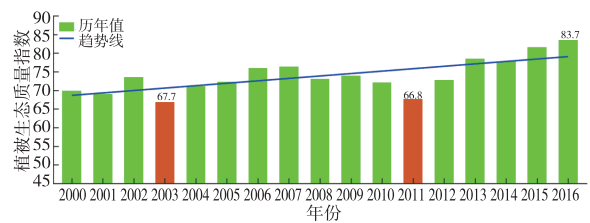


图7 赤水河流域植被生态质量指数年际变化图
Fig. 7 Interannual variation of vegetation ecological quality index in the Chishui River Basin during 2000—2016

旱能力。2000年以来赤水河流域平均气温总体呈升高态势(图9),年平均气温为16.8℃,充足的水热条件有利于植被生长。

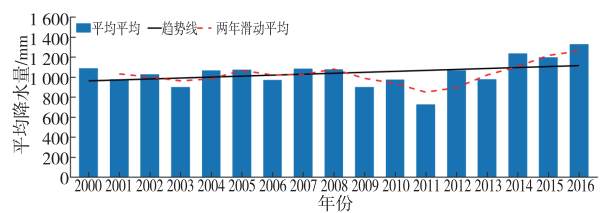


图8 2000—2016年赤水河流域年降水量变化图
Fig. 8 The variation of annual rainfall in the Chishui River Basin during 2000—2016

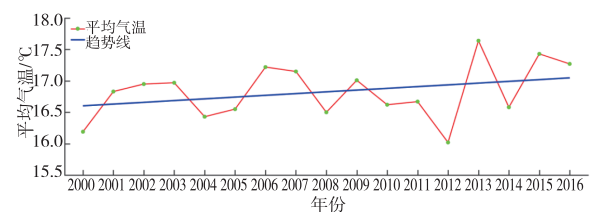


图9 2000—2016赤水河流域平均温度变化图
Fig. 9 The variation of annual mean temperature in the Chishui River Basin during 2000—2016

在植被覆盖度、植被净初级生产力及植被生态质量整体增长的趋势下,2003年、2011年各项指标异常偏低(图7),这与2003年降水偏少,2009—2011年连续遭受的特大干旱过程有密切关系。特别是2009年秋冬连旱叠加2010年春旱,2011年春季降水明显偏少、气温显著偏低,连续干旱过程导致地下水位降低,土壤水分不足,对植被生长造成严重影响。在干旱过程结束后的降水增多年份各指数均快速回升。

4 总结与讨论

赤水河流域是长江上游重要的一级支流,保护赤水河关系着保护长江的生态环境。2000—2016年赤水河流域植被生态质量监测分析结果表明赤水河流域植被生态质量改善显著,近17 a期间赤水

河流域植被覆盖度、净初级生产力以及植被生态质量都呈现总体上升趋势:赤水河流域覆盖度平均每10 a增加6.8%,2016年平均植被覆盖度达到67.4%;流域植被NPP平均每10 a增加63 gC/m²,2016年平均植被NPP达到1 024 gC/m²;近17 a植被生态质量提高,特别是2013年以流域植被生态质量改善效果明显,2016年植被生态质量为2000年以来最好,植被生态质量指数高达83.7。

赤水河流域植被生态质量的不断改善与近年来赤水河流域紧密围绕加快建设生态文明战略,构建优美生态环境有着密切的联系。但赤水河流域生态质量空间仍存在分布不均,部分区域植被覆盖相对偏低,各市县还需有针对性加强生态质量相对偏差和生态脆弱区的生态综合保护和治理力度,整体提高全流域植被生态质量水平。气候条件是地区生态质量好坏的前置条件,赤水河流域总体水热气候条件较好,有利于植被生长,但干旱、凝冻等气象灾害仍是影响区域植被生态质量的主要自然因素,需要注意防灾抗旱,适时开展人工增雨,增加生态用水。

参考文献

- [1] 顾祝军,曾志远,史学正,等. 基于ETM+图像的植被覆盖度遥感估算模型[J]. 生态环境学报,2008,17(2):771-776.
- [2] 梁浩. 近40 a来克拉地峡东海岸带红树林变化遥感监测与对比分析[D]. 内蒙古大学,2016.
- [3] 董丹. 我国西南地区植被净第一性生产力的遥感估算及其与气候和喀斯特地貌的关系[D]. 中国科学院研究生院 中国科学院大学,2010.
- [4] 罗进. 论赤水河流域经济可持续发展利弊及其对策[J]. 遵义师范学院学报,2010,12(6):22-27.
- [5] 蔡宏,何政伟,安艳玲,等. 基于RS和GIS的赤水河流域植被覆盖度与各地形因子的相关强度研究[J]. 地球与环境,2014,42(4):518-524.
- [6] Yang S F, An Y L. A study of ecological red-line area partitioning in the Chishui River Basin in Guizhou[C]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2016:012036.
- [7] 高一. 贵州省生态环境质量评价及分析[J]. 地球与环境,2005(1):55-58.
- [8] 牛鲁燕,郑有飞,吴荣军,等. 基于RS和GIS技术的贵州省植被生态环境监测分析[J]. 环境监测管理与技术,2009,21(3):14-18.
- [9] 王之明,母国宏. 遥感技术在贵州省生态环境质量评价体系中的应用[J]. 环保科技,2011,17(2):23-27.
- [10] 许幼霞,周旭,赵翠薇,等. 1990—2015年间贵州省植被生态环境质量变化特征[J]. 地球与环境,2017,45(4):434-440.
- [11] 田鹏举,吴仕军,徐丹丹,等. 贵州喀斯特石漠化植被时空变化特征研究[J]. 贵州气象,2017,41(5):20-24.
- [12] 田鹏举,徐丹丹,丁立国,等. 基于MODIS-NDVI贵州省2005—2014年植被时空变化特征分析[J]. 贵州气象,2017,41(2):8-13.
- [13] Potter C S, Randerson J T, Field C B, et al. Terrestrial ecosystem production: A process model based on global satellite and surface data[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1993, 7(4):811-841.
- [14] 毛留喜,侯英雨,钱拴,等. 气象条件驱动的生态与环境监测评估技术研究[C]. 首届全国生态与农业气象业务发展与技术交流会,2006.
- [15] 中国气象局公布2015年全国植被生态质量评估结果[J]. 今日国土,2016(3).