

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2013.01.004

嘉陵江流域 NDVI 年季变化特征 及其与气象因子的关系

王 刚¹, 张行南^{1,2}, 刘扬扬¹, 夏达忠^{1,2}

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心, 江苏 南京 210098)

摘要: 利用统计学相关方法对嘉陵江流域 1982—2006 年 NDVI 变化规律及其与降雨、气温、日照时数的耦合关系进行研究。结果表明:1982—2006 年流域内年均 NDVI 值呈增长趋势,其中春季增长趋势最明显;年均 NDVI 值与气温的相关关系最好;在各个季节,流域季平均 NDVI 值随降雨、气温变化都存在一定的滞后现象,尤其在植被生长较为旺盛的春、夏、秋季。春季,流域 NDVI 值和上季度温度以及本季度日照时数关系较为显著;夏季,流域 NDVI 值受本季度和上季度各个气象因子影响较大;秋季,流域 NDVI 值和日照时数相关关系较好,同时受上季度气温影响较大。

关键词: 嘉陵江流域;气象因子;NDVI 值;相关性

中图分类号:P463

文献标志码:A

文章编号:1000-1980(2013)01-0021-05

Annual and seasonal variation characteristics of NDVI and its relationship with meteorological factors in Jialing River Basin

WANG Gang¹, ZHANG Xingnan^{1,2}, LIU Yangyang¹, XIA Dazhong^{1,2}

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. National Engineering Research Center of Water Resources Efficient Utilization and Engineering Safety, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The variation of the normalized difference vegetation index (NDVI) and its relationship with precipitation, air temperature, and sunshine duration in the Jialing River Basin during the period from 1982 to 2006 were studied using statistical methods. The results show that the annual average NDVI had an increasing trend during the study period, especially in the spring, and it was highly correlated with temperature. In all seasons, there was a lag in the change of the seasonal average NDVI when the air temperature and precipitation changed in the basin, especially in the vegetation growth seasons: spring, summer, and autumn. In the spring, the relationships between the average NDVI and the sunshine duration in the present quarter and the air temperature in the previous quarter were more significant. During the summer, the average NDVI was significantly influenced by meteorological factors of both the present quarter and the previous quarter. During the autumn, the average NDVI was significantly correlated with sunshine duration and was greatly influenced by the air temperature in the previous quarter.

Key words: Jialing River Basin; meteorological factor; NDVI; correlation

气候变化被认为是引发植被变化最主要的原因。归一化差值植被指数(normalized different vegetation index, NDVI)是植物生长状态和植被空间分布的指示因子,在一定程度上能代表地表植被覆盖变化情况,因而研究气象因子与 NDVI 的关系具有重要意义。20 世纪 90 年代以来,国内在 NDVI 与气象因子相关关系方

收稿日期:2012-01-13

基金项目:国家自然科学基金(41030636);水利部公益性行业专项(201101003-04);中国长江三峡集团公司科研项目(XLD-10-04-01)

作者简介:王刚(1988—),男,陕西西安人,硕士研究生,主要从事水文水资源研究。E-mail:wangghu@163.com

面进行了很多研究。刘绿柳等^[1-2]研究了黄河流域不同植被类型的 NDVI 变化规律及其与降雨、气温的相关关系,结果表明不同季节中不同的植被类型和气象因子有一定的相关关系,流域内草地、灌木的 NDVI 与降雨、气温相关关系显著。王宏等^[3-4]在研究东北森林不同植被类型与 NDVI 和气象因子的相关关系时得出气象因子是 NDVI 动态变化主要原因的结论,降雨是影响东北森林不同植被类型 NDVI 的主要因素。刘晓帆等^[5]在研究老哈河流域 NDVI 与气象因子相关关系中得出,月 NDVI 与气温、降雨之间有显著正相关关系。王海军等^[6]研究西北干旱区 NDVI 对气候变化的响应,结果表明西北地区年均 NDVI 与气温呈显著正相关。Mao 等^[7]研究贵州地区 NDVI 与气候变化的相关关系时发现,气温和 NDVI 变化有着显著关系。Potter 等^[8]研究发现气象因子和 NDVI 有密切相关性,并且降雨、气温与 NDVI 的相关关系有一定的时滞性。此外,还有一些学者研究了水分与植被覆盖的关系^[9-10]。

以上研究在探讨气象因子对 NDVI 动态变化的作用时,主要选取气温和降雨作为气象因子,对其他气象因子考虑较少。然而日照对植被的生长也有重大的影响,且各个气象因子之间存在一定的相互影响。在计算各个气象因子与 NDVI 的相关关系中,应消除其他气象因子对 NDVI 的影响。嘉陵江流域是长江流域重点产沙区之一,本文在分析嘉陵江流域 NDVI 变化规律的基础上,采用偏相关方法分析嘉陵江流域 NDVI 与气温、降雨以及日照时数的相关关系,揭示嘉陵江流域气温、降雨、日照时数对 NDVI 的驱动作用,并对 NDVI 与气象因子以季为时滞时间间隔进行时滞相关分析。

1 研究区概况

嘉陵江发源于秦岭南麓,向西南流经陕西、甘肃、四川、重庆 4 省市,于重庆市朝天门码头注入长江。嘉陵江流域位于东经 102°35′36″~109°01′08″,北纬 29°17′30″~34°28′11″,流域面积约 16 万 km²,占长江流域面积的 9%,是长江水系流域面积最大的支流。流域内地势起伏剧烈,水资源充沛。

嘉陵江流域大部分地区属于亚热带湿润季风气候。多年平均最高气温为 19.4℃,最低气温为 4.3℃。在嘉陵江中下段的盆地地区,冬季温暖多雾,霜雪少见;上游段山区则冬季寒冷,霜雪较多。春夏季节,流域内降雨自东向西移动;若遇季风弱而迟,则西部常形成春旱和初夏干旱天气。

流域上游为黄土区,中下游为紫红色页岩区。由于上游黄土区土质疏松,中下游又易于风化,再加上岸坡很陡,垦耕过度,造成坡面侵蚀强烈,流域水土流失严重,侵蚀面积占流域面积的 52.14%,是长江各大支流中水土流失较严重的地区。

2 数据来源与处理

2.1 NDVI 资料

GIMMS 数据集的 NDVI 数据来自于美国国家航天航空局(NASA)全球监测与模型研究组(global inventor modeling and mapping studies,GIMMS)发布的半月最大值合成(maximum value composites,MVC)数据^[11]。空间分辨率为 8 km×8 km,时间序列为 1982 年 1 月至 2006 年 12 月每 15 d 合成的 NDVI 卫星遥感数据。该数据考虑了全球范围内各种因素对 NDVI 值的影响,并进行了卫星传感器不稳定性校正,大气气溶胶、水蒸气及云层覆盖的影响校正,太阳天顶角和观测角度的校正以及火山气溶胶的校正,保证了数据的可靠性。

2.2 气象资料

气象数据来源于中国气象局,为 1951—2006 年全国 752 个基本、基准地面气象观测站及自动站的日志数据集,包括气温、降雨、日照时数和风速等数据。本文采用 1982—2006 年嘉陵江流域 14 个站点以及与嘉陵江流域临近的 6 个站点的逐日气象数据,包括日平

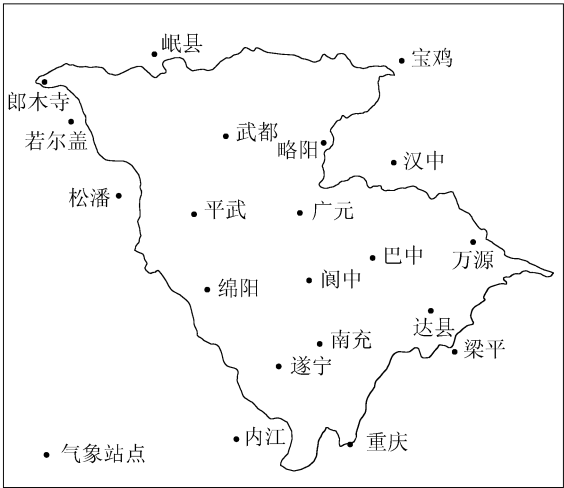


图 1 嘉陵江流域及其临近气象站点分布

Fig. 1 Jialing River Basin and meteorological stations

均降雨量、日平均气温和日照时数等。气象站点分布见图 1。

2.3 数据处理方法

数据处理过程中,为了尽量消除云的影响,旬 NDVI 值采用国际上通用的 MVC 法获取,并针对气溶胶的影响对数据进行了大气校正处理。在 15 dNDVI 值的基础上,采用 MVC 法,得到研究区逐月 NDVI 值;对 NDVI 值求平均,得到春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12—2 月)的季均和年均 NDVI 值。

根据 20 个气象站点的气象数据,在 Gis 软件中采用泰森多边形法对 20 个气象站点的逐日降雨量、日平均气温及日照时数进行处理,得到嘉陵江流域的面降雨量、日平均气温及日照时数。对日平均气温进行逐季平均和逐年平均,得到春、夏、秋、冬的季均气温和年均气温。对逐日的面降雨量和日照时数进行逐季和逐年累积,得到春、夏、秋、冬的季降雨量、季日照时数和年降雨量、年日照时数。

3 分析方法

为了研究嘉陵江流域 1982—2006 年 NDVI 值升降的定量程度,需计算 NDVI 趋势系数 r_{yt} 。 r_{yt} 定义为 n 年时间序列与自然序列的相关系数:

$$r_{yt} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \left(i - \frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n \left(i - \frac{n+1}{2}\right)^2}}$$

式中: n ——年数; y_i ——第 i 年的要素值; $\bar{y}$ ——样均值。 r_{yt} 的正负反映了要素值在 n 年内的线性增减趋势^[12]。

4 结果分析

4.1 年际 NDVI 值变化及其与气象因子的关系

计算表明,嘉陵江流域 25 a 年均 NDVI 值整体上呈缓慢增加的趋势,见图 2,这与刘洪皓等^[13]的结论一致,说明嘉陵江流域植被覆盖变化向好的方向发展。其中 NDVI 最大值出现在 2006 年,最小值出现在 1994 年。最大值出现的年份也是年均气温和年日照时数最大的一年。

为了定量分析 25 a 来嘉陵江流域年际 NDVI 值对年降雨量、年均气温以及年日照时数的敏感性,运用统计分析方法,计算流域年均 NDVI 值与年降雨量、年均气温和年日照时数的偏相关系数。

计算结果表明,年均 NDVI 值与年降雨量、年均气温和年日照时数的偏相关系数都是正值,年均气温与年均 NDVI 值的相关系数较大,为 0.405,年日照时数与年均 NDVI 值的偏相关系数为 0.249,年降雨量和年均 NDVI 值的偏相关系数为 0.202,表明年降雨量、年均气温和年日照时数都对嘉陵江流域植被的生长起促进作用,其中年均气温对年均 NDVI 值的敏感性最高,说明气温是影响嘉陵江流域植被生长的主要因素。

4.2 NDVI 季节变化及其与气象因子的相关分析

不同季节植被的覆盖率不同,说明不同季节的 NDVI 值具有差异性。本文分析了 1982—2006 年嘉陵江流域每个季节 NDVI 值的变化趋势,春、夏、秋、冬的 r_{yt} 分别为 0.587 9、-0.140 8、0.119 5、0.179 6。由此可以看出,不同季节嘉陵江流域 NDVI 值变化程度各不相同,春季 NDVI 值上升最大,植被覆盖在春季改善最好,夏季 NDVI 有减小的趋势,秋、冬季节 NDVI 值略有上升,但变化均不大。

本文采用偏相关系数和时滞偏相关系数来分析季降雨量、季平均气温和季日照时数对嘉陵江流域季平均 NDVI 值的影响,见表 1。

从季降雨量与各个季节平均 NDVI 值的相关关系来看,夏季降雨量与季平均 NDVI 值的相关性最好,其

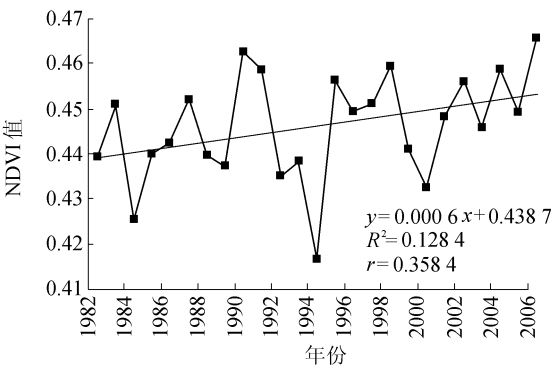


图 2 嘉陵江流域 1982—2006 年年均 NDVI 值随时间变化
Fig. 2 Variation of annual average NDVI in Jialing River Basin during period from 1982 to 2006

偏相关系数和时滞偏相关系数最大,这是由于夏季植物的生长需要大量的水分,因而降雨越多,植被生长越好。春、秋、冬季降雨量与季平均 NDVI 值的相关性并不是很好,则是因为这些季节不是植物主要的生长季节,嘉陵江流域又雨水充足,故而雨水对植被的影响不是很大。

表 1 不同季节 NDVI 平均值与气象因子的偏相关系数和时滞偏相关系数

Table 1 Partial correlation coefficients and lag partial correlation coefficients between seasonal average NDVI and meteorological factors

季节	季降雨量		季平均气温		季日照时数	
	偏相关系数	时滞偏相关系数	偏相关系数	时滞偏相关系数	偏相关系数	时滞偏相关系数
春	-0.136	0.057	-0.389	0.209	0.442	-0.043
夏	0.201	0.308	-0.529	-0.465	0.277	-0.353
秋	0.078	0.097	-0.242	0.388	0.293	0.069
冬	0.102	0.051	0.270	0.166	0.251	-0.235

注:降雨、气温、日照时数的时滞偏相关系数分别为本季度 NDVI 与上季度降雨、气温、日照时数的偏相关系数。

从整体上看,季平均 NDVI 值与季平均气温在各个季节的偏相关系数都高于季平均 NDVI 值与季降雨量以及季日照时数的偏相关系数,说明气温是影响嘉陵江流域植被生长的主要因素。从季平均气温与季平均 NDVI 值的相关性上看,其偏相关系数大体为负值,尤其是在夏季,其负的相关性更加明显,而年均 NDVI 值与年均气温的偏相关系数为正值。这主要是因为植被的最佳生长温度在一段温度内波动,温度过高或者过低都影响植被的生长,故而夏季季平均 NDVI 值与季平均气温呈负的相关性。

季日照时数与季平均 NDVI 值的偏相关系数较好,都为正值,说明一定的日照时数总能很好地促进植物的生长。从表 1 可以看出,春季日照时数与季平均 NDVI 值的偏相关性最好,这是由于春季是植物开始生长的季节,而春季的日照时数不是很多,故而植物在春季对日照时数较为敏感。

从表 1 还可以看出,不同季节 NDVI 值和气象因子的敏感性也不相同。春季平均 NDVI 值与季降雨量以及季日照时数的时滞偏相关系数较小,而与季平均气温时滞相关性以及季日照时数的零时滞相关关系较显著,说明在春季,植物的生长受上个季节气温的影响较大,气温的累积效果和本季的日照时间对植物的生长都起到一定的促进作用。夏季平均 NDVI 值与季降雨量的相关关系较为显著,从表 1 可以看出季平均 NDVI 值与季降雨量的零时滞相关关系以及时滞相关关系都较好,这在一定程度上说明春季和夏季的降雨都对植被的改善起到促进作用。夏季平均气温与季 NDVI 值的零时滞偏相关系数和时滞偏相关系数为负值,这是由于嘉陵江流域有一部分植被为非喜温植被,夏季温度过高,反而影响了植物的生长。秋季平均 NDVI 值与气温的时滞相关关系以及日照时数的零时滞相关关系更显著,表明在秋季,植被一方面受上个季度气温的影响较大,另一方面也受本季的日照影响较大。冬季平均 NDVI 值与各个气象因子的相关关系基本都为正相关,与各个气象因子的相关系数也基本相同,这是由于:(a) 冬季流域内降雨、气温以及日照时数都达到最小,植物的生长需要更多的降雨、更高的温度以及更长的日照,从而在表 1 中表现出冬季平均 NDVI 值与各个气象因子呈正相关。(b) 冬季并不是植物生长旺盛的季节,因而平均 NDVI 值对各个气象因子的敏感性不是很强,故而与各个气象因子的相关系数基本相同,且各个偏相关系数不大。

5 结 论

- a. 1982—2006 年嘉陵江流域年均 NDVI 值总体上呈增长趋势,表明嘉陵江流域植被覆盖率有所提高。在春季、秋季和冬季,NDVI 值呈增大趋势,其中春季 NDVI 值增大趋势最明显,夏季 NDVI 值有一定减小趋势。
- b. 流域年际 NDVI 值与年降雨量、年均气温和年日照时数都呈正相关,其中和气温的相关系数最高,其偏相关系数为 0.405,降雨量和日照时数与 NDVI 值的偏相关系数在 0.2 左右,表明嘉陵江流域气温是影响植被变化的主要自然因素。
- c. 嘉陵江流域季平均 NDVI 值随气温、降雨量的变化存在滞后现象,尤其是春、夏、秋季。日照时数和 NDVI 值相关关系在各个季节中都较稳定,变化不大。春季,嘉陵江流域植被受上季度气温和本季度日照时数影响较大。夏季,植被的生长受气温、降雨量、日照时数的影响都较大,NDVI 值随气温、降雨量和日照时数的变化都存在明显滞后现象。秋季,植被受日照时数影响较为明显,同时随气温的变化存在滞后现象。冬季,不处于植被的生长期,因而 NDVI 值与气温、降雨、日照时数的相关性都不明显。

d. 本文研究嘉陵江流域气象因子与 NDVI 值相关关系时,主要选取降雨量、气温以及日照时数 3 个气象因子,忽略了其他气象因子对 NDVI 值影响。因此,研究气象因子对 NDVI 值变化的贡献率成为进一步分析气象因子与 NDVI 值关系的重要问题。

参考文献:

- [1] 刘绿柳,许红梅. 黄河流域主要植被类型 NDVI 变化规律及其与气象因子的关系[J]. 中国农业气象,2007,28(3): 334-337. (LIU Lvliu,XU Hongmei. Change of NDVI of main vegetations and their relationship with meteorological factors in Yellow River Basin[J]. Chinese Journal of Agro Meteorology,2007,28(3): 334-337. (in Chinese))
- [2] 刘绿柳,肖风劲. 黄河流域植被 NDVI 与降温、降水关系的时空变化[J]. 生态学杂志,2006, 25(5): 477-481. (LIU Lvliu,XIAO Fengjin. Spatial temporal correlations of NDVI with precipitation and temperature in Yellow River Basin[J]. Chinese Journal Ecology,2006,25(5): 477-481. (in Chinese))
- [3] 王宏,李霞,李晓兵,等. 中国东北森林气象因子与 NDVI 相关关系[J]. 东北师范大学学报:自然科学版,2005,41(4): 425-430. (WANG Hong,LI Xia,LI Xiaobing,et al. The correlation between meteorological factors and NDVI in northeastern China[J]. Journal of Beijing Normal University:Natural Science,2005,41(4):425-430. (in Chinese))
- [4] 张军,葛剑平,国庆喜. 中国东北地区主要植被类型 NDVI 变化与气候因子的关系[J]. 生态学报,2001,21(4):522-527. (ZHANG Jun,GE Jianping,GUO Qingxi. The relation between the change of NDVI of the main vegetational types and the climatic factors in the northeast of China[J]. Acta Ecologica Sinica,2001,21(4):522-527. (in Chinese))
- [5] 刘晓帆,任立良,袁飞,等. 老哈河流域 NDVI 动态变化及其与气象因子的关系[J]. 河海大学学报:自然科学版,2010,38(1):1-5. (LIU Xiaofan,REN Liliang,YUAN Fei,et al. Dynamic variation of NDVI in Laoha River Basin and its relationship with climatic factors[J]. Journal of Hohai University:Natural Sciences,2010,38(1):1-5. (in Chinese))
- [6] 王海军,勒晓华,李海龙,等. 基于 GIS 与 RS 的中国西北 NDVI 变化特征及其与气候变化的耦合性[J]. 农业工程学报. 2010,26(11):194-203. (WANG Haijun,JIN Xiaohua,LI Hailong,et al. NDVI variation and coupling analysis with climate change in northwest of China based on GIS and RS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agriculture Engineering,2010,26(11):194-203. (in Chinese))
- [7] MAO Kun,LI Manchun,HUANG Qiuhao,et al. Estimating relationships between NDVI and climate changes in Guizhou province,Southwest China[J]. Int Conf Geoinformatics,2010,18(20):1-5.
- [8] POTTER C S,BROOKS V. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI[J]. International Journal of Remote Sensing,1998,19(15):2921-2948.
- [9] 金晓媚,胡光成. 黑河下游额济纳地区植被变化规律及最小需水量的估算[J]. 水利水电科学进展,2010,30(1): 30-34. (JIN Xiaomei,HU Guangcheng. Vegetation change and estimation of the smallest water demand of Ejina oasis in lower reaches of HeiHe River[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2010,30(1):30-34. (in Chinese))
- [10] 刘晓帆,任立良,袁飞,等. 老哈河流域地表植被覆盖对干旱的响应[J]. 河海大学学报:自然科学版,2012,40(2):134-140. (LIU Xiaofan,REN Liliang,YUAN Fei,et al. Vegetation response to meteorological drought in Laohahe Bain[J]. Journal of Hohai University:Natural Sciences,2012,40(2):134-140. (in Chinese))
- [11] TUCKER C,PINZON M,BROWN W,et al. An extended AVHRR 8km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI date [J]. Internation Journal of Remote Sensing,2005,26(20):4485-4498.
- [12] 施能,陈家其,屠其璞. 中国近 100 年四个年代际的气候变化特征 [J]. 气象学报,1995,53(4):431-439. (SHI Neng, CHEN Jiaqi,TU Qipu. 4-phase climate change features in the last 100 years over China[J]. Acta Meteotologica Sinica,1995,53(4):431-439. (in Chinese))
- [13] 刘洪皓,张平仓,刘宪春,等. 嘉陵江流域植被覆盖时空变化特征[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(1):111-115. (LIU Honghao,ZHANG Pingcang,LIU Xianchun,et al. Temporal and spatial variation of vegetation in Jialing River Basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2011,20(1):111-115. (in Chinese))