

江苏省 NDVI 时空变化特征及其与气候因子的关系

曹磊, 谢飞, 吴颖超, 王震, 张娜娜, 赵言文

(南京农业大学 资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

摘要: [目的] 分析江苏省 NDVI 时空变化特征, 并探讨该地区 NDVI 与气候因子之间的关系, 为合理制订生态环境保护政策和措施服务。[方法] 运用一元线性回归模型分析 NDVI 时空变化特征, 运用相关性分析法分析 NDVI 与气候因子之间的关系。[结果] (1) 江苏省 NDVI 在 2001—2010 年上升速率为 0.005/a。(2) 江苏省部分丘陵山区平均 NDVI 达到 0.8 以上, 江淮平原及黄淮平原平均 NDVI 大多位于 0.7~0.8 之间。(3) 年际 NDVI 与相对湿度的相关系数为 -0.720, 月际 NDVI 与当月气温的相关系数为 0.860; 降雨和相对湿度对 NDVI 的影响存在滞后效应和累积效应, 且滞后期均为 1 个月。[结论] 江苏省 NDVI 在 2001—2010 年呈上升趋势; NDVI 平均值空间分布及其变化趋势区域差异明显; NDVI 年际变化与相对湿度相关性最高, 而气温对月际 NDVI 变化影响最大。

关键词: 植被; NDVI; 气候因子; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0151-04

中图分类号: Q948.11

Spatiotemporal Variation Characteristics and Impact Factors of NDVI in Jiangsu Province

CAO Lei, XIE Fei, WU Yingchao, WANG Zhen, ZHANG Nana, ZHAO Yanwen

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: [Objective] Studying the spatiotemporal variation characteristics of NDVI in Jiangsu Province and the relationships between climatic factors with NDVI, in order to provide conferences for planing policies and countimeasures for eco-environment protection. [Methods] Linear regression trend method was used to analyze the spatiotemporal variation characteristics of NDVI, and correlation analysis method was used to analyze the relationship between climatic factors with NDVI. [Results] (1) The rising rate of average annual NDVI in Jiangsu Province from 2001 to 2010 was 0.005/a. (2) The average of NDVI in some hilly area were over 0.8, in Yangtze—Huai Plain and the Huang—Huai Plain, were mostly between 0.7 and 0.8. (3) The correlation between annual NDVI and relative humidity was -0.720, the correlation between monthly NDVI and the air temperature in the same month was 0.860; There existed lagging effect and accumulation effect for the influence of rainfall and relative humidity on NDVI, and the lag phase were both a month. [Conclusion] The average annual NDVI in Jiangsu Province had fluctuated uprising tendency from 2001 to 2010. The distribution and the change trend of average NDVI were distinct in different districts. The correlation of relative humidity and NDVI was the highest on the inter annual timescale, and the air temperature had the most important influence on monthly changes of NDVI.

Keywords: vegetation; NDVI; climatic factors; Jiangsu Province

全球变化与陆地生态系统(GCTE)研究是全球变化研究的核心项目和重要方向。植被作为陆地生态系统主要组成部分,在气候调节、生物多样性维持、水土保持等方面具有重要作用,是全球变化的“指示器”^[1]。植被的生长和温度、降水等气候因子有着密

切的关系,气候变化是植被活动的重要影响因素^[2],因此明确植被变化特征并探讨其与气候变化之间的关系,可以为应对全球变化提供理论依据,在全球变化研究具有重要意义。

利用卫星不同波段探测数据组合而成的植被指

收稿日期:2014-03-01

修回日期:2014-03-21

资助项目:江苏省水利科技项目“江苏省水土保持规划专题研究”(2012031)

第一作者:曹磊(1989—),男(汉族),安徽省安庆市人,硕士研究生,研究方向为水土保持、生态环境监测与评价。E-mail:caoleinjau@163.com。

通信作者:赵言文(1965—),男(汉族),江苏省徐州市人,教授,博士生导师,主要从事环境生态学、农业、水土保持研究。E-mail: ywzhao@njau.edu.cn。

数可以反映植被的生长状况。目前使用较多的植被指数包括:归一化植被指数(normalized different vegetation index, NDVI);改进植被指数(advanced vegetation index, AVI);增强型植被指数(enhanced vegetation index, EVI)等。其中 NDVI 是遥感影像的近红外波段与可见光波段数值之差和这两个波段数值之和的比值参数,可以反映植被覆盖、生长、种类和它们的生物量等情况^[3],已被广泛应用于生态环境领域的研究中^[4-6]。国内外许多学者^[7-9]对不同地区的植被 NDVI 变化以及植被与气候之间的关系进行了大量研究。但由于研究地域、时间尺度不同,研究结果也有所差异。何月等^[10]研究表明浙江省植被 NDVI 在 1982—2010 年缓慢下降,而中国西北地区在 1982—2006 年植被 NDVI 呈增加趋势^[11];毛德华等^[12]对东北多年冻土区的研究表明,较气温而言,降水量是影响该地区植被 NDVI 的主要因子,而崔林丽等^[13]经分析认为中国东部植被总体上对气温变化的响应大于对降水变化的响应。

1 研究区概况

江苏省位于我国东部沿海地区,处于暖温带向亚热带过渡带,目前针对该地区的植被覆盖变化及其与气候因子关系研究并不多见。本研究利用 2001—2010 年江苏省 NDVI 数据分析该省 10 a 植被覆盖动态变化特征,并结合气象资料探讨植被覆盖与气候因子之间的关系,以丰富全球变化的区域响应研究,同时对于了解该区域生态环境变化趋势,进而制定合理的生态环境保护政策和措施具有一定的参考价值。

江苏省位于长江、淮河下游,介于东经 116°18′—121°57′,北纬 30°45′—35°20′ 之间。江苏属于暖温带—亚热带气候的过渡区,大致以淮河—灌溉总渠一线为界,以北为温带季风气候,以南为亚热带季风气候。该省气候温和,四季分明,气候资源丰富。多年平均气温 13~16℃,年均降水量 800~1 200 mm,无霜期 200~240 d。江苏地形以平原为主,平原面积占全省面积 70% 以上,主要有苏南平原、苏中江淮平原和苏北黄淮平原,低山丘陵主要集中于北部和西南部。

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

所用 NDVI 数据为 MODND1 M 中国 1 km NDVI 月合成产品,该产品由 MODND1 D 数据取每月最大值得到,数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>);气

象数据来源于中国气象科学数据共享服务网,包括江苏省内 23 个标准气象站 2002—2010 年降雨、气温和相对湿度数据,对 23 个站点气象数据求平均,作为江苏省平均值。

2.2 研究方法

2.2.1 一元线性回归分析 趋势线是对一组随时间变化的变量进行回归分析,预测其变化趋势的方法^[15]。对江苏省 2001—2010 年各年平均 NDVI 进行一元线性回归分析可以反映每个像元的变化趋势。其计算公式为:

$$\text{slope} = \frac{n \sum_{i=1}^n i \cdot \text{NDVI}_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n \text{NDVI}_i}{n \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (1)$$

式中: i ——年份序号; n ——研究时段的长度; slope——线性拟合得到的斜率,即 NDVI 变化趋势。slope 为正时,表明植被覆盖为增加趋势,反之则为减少趋势。

2.2.2 相关性分析 为探讨植被 NDVI 对各气候因子的响应关系,明确影响 NDVI 的主要气候因子,运用 SPSS 软件计算 NDVI 与气温、降雨、相对湿度等气候因子的相关系数以及偏相关系数,并进行显著性检验,比较 NDVI 与各气候因子的相关性。

3 结果与分析

3.1 NDVI 时间变化特征

3.1.1 年际变化特征 江苏省 2001—2010 年各年平均 NDVI 值如图 1 所示,总体上在 0.571 9~0.638 4 之间波动上升趋势,平均 NDVI 最大值和最小值分别出现在 2007 和 2001 年,10 a 平均 NDVI 为 0.606 5。由线性拟合方程可知,10 a 间 NDVI 上升速率为 0.005/a。

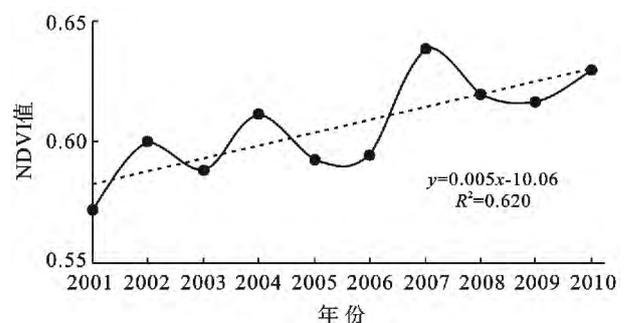


图 1 江苏省年平均 NDVI 变化

3.1.2 年内变化特征 对 2001—2010 年 10 a 间江苏省各月的 NDVI 求平均值,得到江苏省各月平均 NDVI 值(图 2)。由图 2 可知,NDVI 值在 1—5 月逐渐上升,6 月出现一个低值,7 月份 NDVI 值急剧上升并在 7—9 月份维持在较高水平,9 月以后显著下降。

江苏省各月平均 NDVI 值存在两个峰值时段,4—5 月为第一个峰值时段,7—9 月为第二个峰值时段。

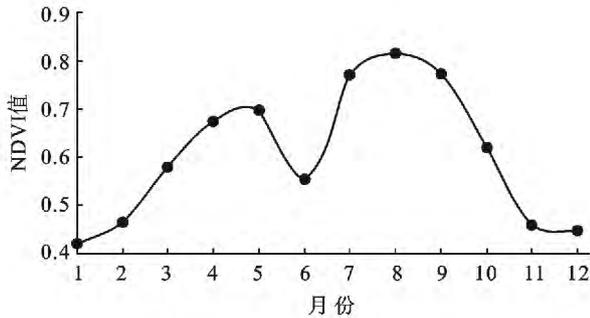


图 2 江苏省各月平均 NDVI

3.2 NDVI 空间分布及变化

江苏省 2001—2010 年 NDVI 平均值空间分布如图 7 所示。由附图 7 可以看出,各区域间存在较大差异。其中,以宜溧低山丘陵地区为代表的部分丘陵山区平均 NDVI 最高,达到 0.8 以上;江淮平原及黄淮平原 NDVI 值次之,大多位于 0.7~0.8 之间,东部沿海地区及苏南的城市外围地区 NDVI 值大多位于 0.6~0.7 之间;城市及其周边地区 NDVI 主要集中在 0.3~0.5 之间,水域 NDVI 值较低,大多在 0.2 以下。在像元尺度上对 2001—2010 年江苏省年平均 NDVI 进行一元线性回归分析,得到 NDVI 变化趋势

图(附图 8),同时统计不同变化程度所占总面积比例(表 1)。分析得出,总体上江苏省 NDVI 在 2001—2010 年 10 a 间略有上升,但各地区变化有所不同。轻微改善地区面积占总面积的 50.76%,主要位于江苏省北部;有 40.20%的地区 NDVI 基本不变,主要分布在江苏中南部;退化区域面积较小,约占总面积的 6.89%,主要位于水陆交接带和城乡交错带;明显改善地区面积占总面积的 2.15%,主要包括太湖湖面的西北部区域及部分水陆交接带。

表 1 江苏省 2001—2010 年 NDVI 变化程度统计结果

NDVI 变化趋势	变化程度	面积比例/%
$slope < 0.02$	严重退化	0.97
$0.02 \leq slope < 0.005$	轻微退化	5.92
$0.005 \leq slope \leq 0.005$	基本不变	40.20
$0.005 < slope \leq 0.02$	轻微改善	50.76
$slope > 0.02$	明显改善	2.15

3.3 NDVI 与气候因子关系

3.3.1 气候变化特征 2002—2010 年江苏省主要气候因子年平均值详见表 2,平均降雨量在 922~1 250 mm 之间波动,年平均气温在 15~16.5 °C 之间波动,平均相对湿度在 71%~82.5% 之间波动。对各年平均降雨、气温和相对湿度分别进行线性回归分析,均未发现显著变化趋势。

表 2 江苏省主要气候因子年平均值

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
降雨/mm	922.0	1 249.8	798.6	1 093.4	1 023.6	1 145.2	1 029.3	1 047.0	963.3
气温/°C	15.9	15.1	16.0	16.2	16.5	16.3	15.4	15.6	15.7
相对湿度/%	75.6	77.0	71.7	82.5	81.8	74.3	73.1	72.9	71.2

图 3 为 2002—2010 年降雨、气温和相对湿度的月平均值变化曲线,3 个气象因子均于 7 月份达到最大值。降雨和气温总体上均表现为 1—7 月呈上升趋势,7 月份以后逐渐下降;相对湿度在 1—5 月于 70% 左右波动,后急剧增加,7 月达到最高值 90%,7—12 月相对湿度缓慢下降。

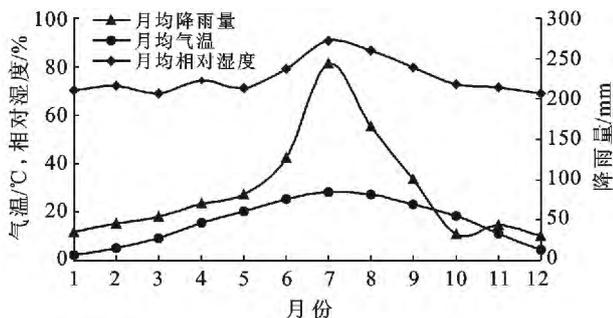


图 3 江苏省气象因子月际变化

3.3.2 植被与气候年际变化的关系 在年际尺度上,对 2002—2010 年 NDVI 与同期气温、降雨、相对湿度分别进行相关和偏相关分析(表 3)。江苏省 NDVI 与相对湿度在 0.05 水平上显著负相关,与气温、降雨无显著相关性;NDVI 与气温、相对湿度的偏相关系数均通过 0.01 水平的显著性检验,分别为 0.874 和 -0.942,与降雨的偏相关系数通过 0.05 水平的显著性检验,为 0.797。

表 3 年际 NDVI 与气候因子相关性

项目	气温	降雨	相对湿度
相关系数	0.050	-0.165	-0.720*
偏相关系数	0.874**	0.797*	-0.942**

注:*,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。下同。

3.3.3 植被与气候月际变化的关系 在月际尺度上,由于相关研究表明植被生长对气候因子的响应

应存在滞后性^[13,15],本研究对 2002—2010 年江苏省各月 NDVI 与当月(前 0 个月)、前 1 个月、前 2 个月以及前 0~1 个月平均、前 0~2 个月平均气温、降雨、相对湿度进行双变量相关分析(表 4)。结果表明,NDVI 除与前 2 个月的各气候因子无显著相关性外,与其他各时间段的气候因子均呈显著正相关关系。单月中,NDVI 与当月气温、前 1 月的降雨和相对湿度相关系数较高,分别为 0.860,0.830 和 0.770,在多月平均值中,NDVI 与前 0~1 个月的平均气温、平均相对湿度相关性最大,分别为 0.814 和 0.827,NDVI 与前 0~1 个月、前 0~2 个月的平均降雨相关系数较为接近,分别为 0.848 和 0.849。

表 4 月际 NDVI 与气候因子相关性

前期时间/月	气温	降雨	相对湿度
0	0.860**	0.716**	0.741**
1	0.710**	0.830**	0.770**
2	0.350	0.538	0.330
0~1	0.814**	0.848**	0.827**
0~2	0.705*	0.849**	0.745**

4 结论

(1) 江苏省 NDVI 在 2001—2010 年总体上呈上升趋势,上升速率为 0.005/a;NDVI 在年内变化呈双峰形式,双峰时段分别为 4—5 月和 7—9 月,6 月由于大量农作物被收割,农田裸露,NDVI 值相对较低。

(2) 江苏省 NDVI 平均值空间分布及其变化趋势区域差异明显。从平均值空间分布来看,部分丘陵山区由于森林植被覆盖较高,年平均 NDVI 最高;江淮平原及黄淮平原由于农作物的密集种植,年平均 NDVI 仅次于植被覆盖高的丘陵山区。从变化趋势来看,总体上江苏北部地区植被覆盖有所改善,南部地区保持稳定;另外,局部地区如太湖西北部区域、水陆交接带和城乡交错带 NDVI 变化幅度较大,结合相关文献可知,太湖西北部 NDVI 明显升高主要是由太湖蓝藻水华频发引起,水陆交接带 NDVI 变化可能与由年际间湖泊、河流等水位变化相关,城乡交错带 NDVI 降低可能是因为土地利用/覆被类型由 NDVI 较高的农用地转为 NDVI 较低的城镇用地。

(3) 江苏省 NDVI 受气温、降雨、相对湿度等气候因子的共同影响。在年际尺度上 NDVI 与相对湿度的相关系数和偏相关系数的绝对值均高于气温和降雨,说明年际 NDVI 与相对湿度关系更为密切。在月际尺度上,NDVI 与当月气温的相关系数最高,表明气温对 NDVI 月际变化影响较大,而且 NDVI 变化

对气温的响应没有滞后效应;在 NDVI 与降雨及相对湿度的相关性分析中,单月中,NDVI 与前 1 个月的降雨和相对湿度相关性较大,多月平均值中,NDVI 与前 0~1 个月平均降雨和相对湿度相关系数较大,同时,NDVI 与前 0~1 个月平均降水和相对湿度的相关系数较前 1 月的大,说明降雨和相对湿度对 NDVI 的影响存在滞后效应和累积效应,且滞后期均为 1 个月。

[参 考 文 献]

- [1] 牛铮,李兵. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系:基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报,1998,2(3):204-210.
- [2] 张远东,张笑鹤,刘世荣. 西南地区不同植被类型归一化植被指数与气候因子的相关分析[J]. 应用生态学报,2011,22(2):323-330.
- [3] 李克让,陈育峰,黄玫,等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型[J]. 地理学报,2000,55(1):57-63.
- [4] 杨存建,赵梓健,任小兰,等. 基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究[J]. 生态学报,2012,32(2):632-640.
- [5] 杜加强,舒俭民,张林波. 基于植被降水利用效率和 NDVI 的黄河上游地区生态退化研究[J]. 生态学报,2012,32(11):3404-3413.
- [6] 杨啸. 基于时序 NDVI 的湖北省植被覆盖动态变化监测分析[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(2):226-231.
- [7] Weiss J L, Gutzler D S, Coonrod J E A, et al. Seasonal and inter-annual relationships between vegetation and climate in central New Mexico, USA[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 57(4): 507-534.
- [8] 陈欢,任志远. 中国大陆植被覆盖对降水与温度变化的响应[J]. 水土保持通报,2013,33(2):78-82.
- [9] 李欣,王连喜,李琪,等. 宁夏近 25 年植被指数变化及其与气候的关系[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(9):161-166.
- [10] 何月,樊高峰,张小伟,等. 浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应[J]. 生态学报,2012,32(14):4352-4362.
- [11] 戴声佩,张勃,王海军. 中国西北地区植被 NDVI 的时空变化及其影响因子分析[J]. 地球信息科学学报,2010,12(3):315-321.
- [12] 毛德华,王宗明,宋开山,等. 东北多年冻土区植被 NDVI 变化及其对气候变化和土地覆被变化的响应[J]. 中国环境科学,2011,31(2):283-292.
- [13] 崔林丽,史军,杨引明,等. 中国东部植被 NDVI 对气温和降水的旬响应特征[J]. 地理学报,2009,64(7):850-860.
- [14] 陈燕丽,龙步菊,潘学标,等. 基于 MODISNDVI 和气候信息的草原植被变化监测[J]. 应用气象学报,2010(2):229-236.
- [15] 胡英敏,高琼,兰玉芳,等. 太仆寺旗 2000—2008 年 EVI 对气候及土地利用变化的响应[J]. 自然资源学报,2012,27(007):1200-1213.