

# 陕西省植被指数动态变化特征研究

王娟敏，孙 娴，何晓媛

(陕西省气候中心，西安 710014)

**摘要：**选用1982—2003年GIMMS NDVI数据集和陕西气温、降水、相对湿度资料，分析全省植被指数变化特征及其与气候因子相关性，揭示陕西植被对全球变暖的响应。结果表明：1982—2003年陕西植被覆盖总体缓慢增加，幅度为0.002/10 a，春季明显上升。陕北长城沿线及延安北部植被覆盖显著增加；关中部分地区植被由低覆盖度转为中覆盖度；秦岭东部、陕南巴山地区植被由中覆盖度转为高覆盖度；安康盆地高覆盖度植被显著增加。气温、降水和相对湿度均对植被有影响，并存在滞后效应，气温升高和相对湿度增大是植被生长期提前和延长的主要影响因素。

**关键词：**植被指数；气候变化；气候因子；相关关系

中图分类号：P407

文献标识码：A

植被—气候关系是全球变化研究的重要组成部分，对植被的动态监测可从一定程度上反映气候变化趋势，有效地揭示气候变化规律<sup>[1-5]</sup>。该研究已在多种空间尺度上展开。Yang<sup>[6]</sup>等研究美国北部和中部大平原气候对草地影响，结果表明主要控制草地产出的气候因素是夏季和春季的降水，春天潜在蒸散发量同样与草地产出相关；Piao<sup>[7]</sup>等分析中国植被年际变化与气候关系，认为全国尺度上归一化植被指数(NDVI，用 $I_{NDV}$ 表示)的增加源于气温的升高，区域尺度上则与降水相关；马明国<sup>[8]</sup>等对西北地区植被覆盖变化做了较为详细的研究，认为中国西北地区植被覆盖在近21 a存在普遍退化趋势，但局部地区有改善趋势，变化原因未作进一步分析；杨建平<sup>[9]</sup>等研究了长江源区植被变化的NDVI记录，认为近20 a来江河源区的植被总体保持原状，局部继续退化，NDVI的变化主要受气温、尤其是40 cm地温影响。上述研究多侧重于大尺度地理单元的分析研究，目前对较小地理单元的植被如何波动及气候波动对植被的影响等研究较少，尤其对于陕西，南北地形地貌差别较大，气候类型和植被类型不同，受气候条件和气候变化影响，各区域植被变化响应程度也有很大差别<sup>[10]</sup>。因此选用NASA

GIMMS NDVI数据及陕西省气象资料，对全省的植被指数变化状况及植被指数与气候因子的关系进行研究，为了解陕西生态环境变化及其对气候变化的响应提供科学依据。

## 1 研究资料

选用来自GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies)工作组的GIMMS NDVI数据，时间序列为1981年7月至2003年12月，每15 d合成的AVHRR NDVI卫星遥感数据，空间分辨率为8 km×8 km。

气象数据来自陕西省气象局，为1982—2003年全省96个气象站的月、年平均气温、降水和相对湿度数据。

## 2 植被指数变化状况分析

### 2.1 植被指数变化特征

分析1982—2003年陕西省平均植被指数变化曲线图(图1)可知：陕西省植被覆盖总体缓慢增加，为0.002/10 a。不同年代变化趋势不同。1984—1987年、1994—1998年、1999—2002年都是明显的上升期，峰值为1990年；1990—1994年为下降期。较好的年份为：1990—1991年、1995—1998年； $I_{NDV}$ 较差年份为1984—1985年、1988年、1992—1994年。说明20世纪90年代初和末

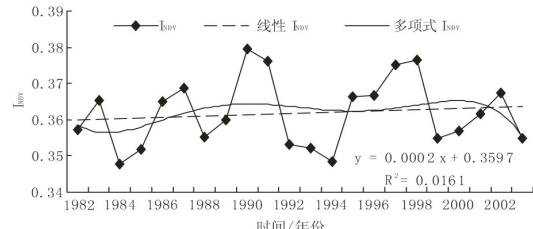


图 1 1982—2003 年陕西省植被指数变化曲线

为陕西省  $I_{NDV}$  高值区。

从全省季节平均植被指数变化看：春、秋、冬季植被指数呈上升趋势，春季增加趋势显著，幅度为  $0.006/10\text{ a}$ ；夏季植被指数总体呈减少趋势。

## 2.2 不同等级类别年平均 $I_{NDV}$ 的年变化特征

整个区域的平均  $I_{NDV}$  容易忽略不同地区植被变化的差别，按多年平均  $I_{NDV}$  等级范围将格点分成多个类别。对照中国科学院基于 Landsat 高分辨率资料解译的  $1:10$  万中国土地利用图<sup>[10]</sup>可见，多年平均  $I_{NDV} \leq 0.2$  的区域主要为稀疏植被和荒漠， $I_{NDV} > 0.4$  的区域主要为以林地为主的自然植被、一年水旱两熟农田植被， $0.2 < I_{NDV} \leq 0.4$  的中覆盖区主要为一年两熟、一年一熟农田和草原、草等植被。将陕西省按此类别划分类型：陕北北部地区，分布有毛乌素沙漠，主要为稀疏植被和荒漠；陕南地区为以林地为主的自然植被、一年两熟农田植被等；陕北南部至关中地区，主要为一年两熟、一年一熟农田和草原、草等植被等类型。这 3 类包含的像元格点数分别为 918、1 028、1 895 个。

图 2 表明，年均  $I_{NDV} \leq 0.2$  的植被类型总体减少，但 2000 年以后显著增加。年均  $I_{NDV}$  在  $(0.2 \sim 0.4]$  之间的植被类型变化幅度在 400 个像元左右，从 20 世纪 90 年代初到 2000 年呈稳步下降趋势，2000 年以后显著增加。年均  $I_{NDV} > 0.4$  的植被类型变化幅度在 500 个像元左右，90 年代后期以来除个别年份外基本上为正距平，说明高覆盖度植被像元总体增加，其中 2000 年以后的植被指数比 1982—1985 年增加约 4.5%。

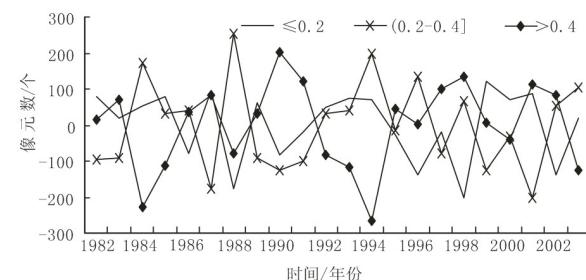


图 2 1982—2003 年陕西省不同  $I_{NDV}$  等级像元数距平图

## 2.3 植被覆盖空间变化分析

从陕西省植被指数空间变化图（图 3）看：陕北榆林地区主要为  $I_{NDV} \leq 0.2$  的低覆盖度植被，随着年代变化呈显著增加趋势；陕北延安地区、渭北高原除子午岭和黄龙岭外地区及关中平原部分地区主要为  $I_{NDV} \in (0.2 \sim 0.4]$  的中覆盖度植被。关中平原地区的植被盖度不断提高，尤其是 90 年代后期到 21 世纪初期提高特别显著。80 年代初到末，渭南市澄城县附近植被由低覆盖度转变为中覆盖度。80 年代到 90 年代，西安市附近植被显

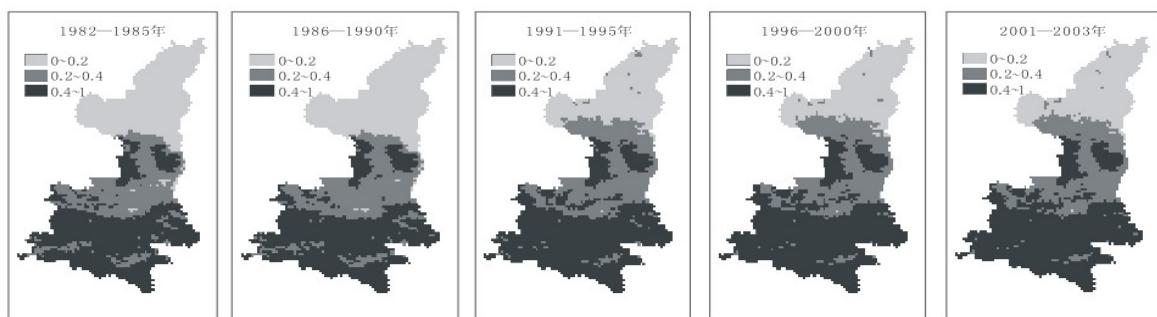


图 3 1982—2003 年陕西省不同级别植被覆盖类别 5 a 平均空间变化图

著提高，巴山周边地区植被及秦岭东部地区植被覆盖度都由中覆盖度提高为较高植被覆盖度，另外安康盆地的中覆盖度植被范围缩小，高覆盖度植被明显增加。

### 3 陕西省植被指数与气候因子相关性分析

将陕西省植被指数与气温、降水、相对湿度等气候因子做年、季、月相关关系分析，以揭示陕西省植被对全球气候变暖的区域响应。

#### 3.1 植被指数与气温

1982—2003 年年平均  $I_{NDV}$  与年平均气温分布状况相关系数达 0.734，通过显著性概率水平为 0.01 的检验。

分析各季平均  $I_{NDV}$  与气温的相关性可知：①春季平均气温与春季  $I_{NDV}$  为正相关，说明春季平均气温显著上升，影响  $I_{NDV}$  也显著增加，陕西植被的生长季有提前返青的趋势；②春季平均气温与

夏季  $I_{NDV}$  为负相关，相关系数为 0.549，说明春季气温越高，会使土壤蒸发量加大、地表湿度降低，干旱加剧，从而限制夏季植被的生长。

分析月平均  $I_{NDV}$  与气温相关性（表 1）可知：①1 月平均气温与 1 月植被指数相关性显著，与 2、3 月植被指数相关性也较高，说明 1 月气温较高有利于次月植被返青。②3 月平均气温与 3、4 月植被指数显著正相关；5 月平均气温与 6、7 月植被指数显著负相关。说明 3 月气温的高低决定春季 3、4 月植被返青和生长状况；5 月植被处于生长期，气温较高会使土壤水分蒸发加快，限制植被生长发育。③6 月平均气温与 7 月植被指数呈显著负相关，说明 6 月气温较高，地表湿度低，干旱发生，影响植被生长。④10 月平均气温与 11、12 月植被指数呈显著正相关，说明 10 月份气温较高，会推迟秋冬季节霜冻期的到来，延长植被生长期。

表 1 1982—2003 年陕西月平均气温与月平均  $I_{NDV}$  的相关系数

月均 $I_{NDV}$	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
当月	0.649 **	0.328	0.538 **	0.127	0.233	-0.07	-0.094	0.008	0.123	0.236	0.158	0.234
次月	0.520 *	0.453 *	0.538 **	0.190	-0.583 **	-0.587 **	-0.150	0.082	0.342	0.519 *	0.178	-0.239
第 3 月	0.424 *	0.467 *	0.200	-0.346	-0.676 **	-0.235	-0.151	0.394	0.361	0.572 **	0.008	0.044

注：\* 表示通过 0.05 可信度检验，\*\* 表示通过 0.01 可信度检验，下表同。

综合以上分析，气温对植被覆盖的影响存在滞后效应，一般在次月或者第 3 月的影响效应会更明显；另外气温的整体升高不仅提前了植被的返青期，也延长了植被的生长期。

#### 3.2 植被指数与降水量

1982—2003 年的年平均  $I_{NDV}$  与年降水量分布状况相关系数为 0.227。

分析各季平均  $I_{NDV}$  与相应季节降水量相关性可知：除春夏季降水与夏季植被覆盖有一定的正相关关系之外，其他季节的与  $I_{NDV}$  相关性不大。

分析月平均  $I_{NDV}$  与月平均降水量相关性（表 2）可知：①1 月平均降水量与 1 月植被指数呈显著负相关，1 月为冬季，除常绿植物外其他植被较少，降雪覆盖地表，影响监测信息。②6 月平均降水量与 7 月植被指数呈显著正相关，6 月正值夏季，气温较高，土壤水分易流失造成干旱，这时的降水能有效缓解干旱，促进植被生长。③11 月

平均降水量与 11 月植被指数呈显著负相关，11 月已接近冬季，降水量增加会使气温更低，使一些抗寒冷的植物也开始枯萎，另外气温太低时可能会降雪，地表被雪覆盖，导致监测信息有误。

综合以上分析，降水与植被覆盖的相关关系主要在夏季，存在滞后效应。

#### 3.3 植被指数与相对湿度

1982—2003 年的年平均  $I_{NDV}$  与年平均相对湿度分布状况相关系数为 -0.146。

分析四季平均相对湿度与四季平均  $I_{NDV}$  偏相关分析的相关系数可知：①春季相对湿度与夏季  $I_{NDV}$  相关系数为 0.548，说明春季相对湿度较高，对夏季植被的生长非常有利。②夏季相对湿度与夏季  $I_{NDV}$  正相关，说明夏季湿度较高能够有效提供植被的水分供给，为植被生长发育提供有利条件。③秋季相对湿度与秋季  $I_{NDV}$  负相关，作物的成熟期需要阳光的滋养，与夏季不同，此时的汽

过重可能会导致植被生长缓慢。

分析月平均  $I_{NDV}$  与月平均相对湿度相关性(表 3)可知:①12、1、2 月平均相对湿度与当月  $I_{NDV}$  均为负相关,冬季湿度越高,植被覆盖越低。

②6 月平均相对湿度与 7 月  $I_{NDV}$  呈正相关关系。

③9、10、11 月平均相对湿度与当月  $I_{NDV}$  均为负相关,9 月相对湿度与 10 月  $I_{NDV}$  显著负相关。

综合以上分析:月平均相对湿度与当月、次月

表 2 1982—2003 年陕西月平均降水量与月平均  $I_{NDV}$  的相关系数

月均 $I_{NDV}$	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
当月	-0.574**	-0.286	-0.134	0.000	0.010	0.105	-0.237	-0.195	-0.184	-0.153	-0.446*	-0.357
次月	-0.336	-0.075	-0.025	0.085	-0.067	0.436*	0.143	-0.267	-0.253	-0.059	-0.204	-0.363
第 3 月	0.105	-0.003	0.170	-0.301	0.281	0.063	0.066	-0.265	-0.212	0.221	-0.281	-0.254

表 3 1982—2003 年陕西月平均相对湿度与月平均  $I_{NDV}$  的相关系数

月均 $I_{NDV}$	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
当月	-0.573**	-0.432*	-0.349	0.091	0.030	-0.151	-0.014	-0.122	-0.500*	-0.510*	-0.427*	-0.532*
次月	-0.415	0.112	0.108	-0.153	0.143	0.535*	0.157	-0.174	-0.545**	-0.051	-0.142	-0.276
第 3 月	-0.022	0.242	0.223	0.013	0.450*	0.015	0.145	-0.358	-0.119	0.450*	-0.322	-0.151

甚至第 3 月的植被指数都存在相关关系,说明相对湿度对植被指数的影响也存在明显的滞后效应。

## 4 结论

4.1 从时间序列来看,陕西 1982—2003 年植被覆盖总体缓慢增加,幅度为 0.002/10 a,表明全区植被覆盖有所好转。在四个季节的年际变化上,春季呈明显上升趋势,夏季呈较明显下降趋势,秋季呈微降、冬季呈微升趋势。

4.2 从空间序列来看,陕北长城沿线一带及延安北部地区植被覆盖显著增加;关中部分地区植被由低覆盖度转变为中覆盖度;陕南巴山周边地区、秦岭东部地区植被由中覆盖度转为高覆盖度;另外安康盆地高覆盖度植被明显增加。

4.3 从植被指数与气候因子的相关关系来看,气温、降水和相对湿度均对植被有影响,并存在滞后效应,气温和相对湿度是植被生长期提前和延长的主要影响因素。

①全年,温度对  $I_{NDV}$  变化具有正效应,降水、相对湿度为负效应,但  $I_{NDV}$  只与年均温度相关显著。说明年均气温的升高是植被覆盖增加的主要因素。

②四季的气候条件对植被的影响都较显著。春季  $I_{NDV}$  与春季气温呈正相关;夏季  $I_{NDV}$  与春季气温呈负相关,与夏季降水和相对湿度呈正相关,

因此春季气温升高、夏季降水减少和相对湿度的降低是夏季  $I_{NDV}$  降低的主要因素;秋季  $I_{NDV}$  与秋季气温正相关,与秋季降水和相对湿度负相关;冬季  $I_{NDV}$  与秋季气温呈负相关。

③各月气温对植被指数存在典型的滞后效应,当月气温对当月和下月植被指数有显著影响;降水与植被指数的显著相关集中在 1、6 和 11 月,一般都在当月产生影响;月平均相对湿度与当月、次月甚至第 3 月的植被指数都存在相关关系,表明相对湿度对植被指数的滞后效应也非常明显,是植被生长季提前和延长的主要影响因子。

## 参考文献:

- [1] 李巧萍,丁一汇.植被覆盖变化对区域气候影响的研究进展[J].南京气象学院学报,2004,27(01): 131-140.
- [2] 马明国,王建,王雪梅.基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J].遥感学报,2006,10(3): 421-431.
- [3] 王正兴,刘闯, HUETE Alfredo.植被指数研究进展:从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI [J].生态学报,2003,23(05): 981-986.
- [4] 李星敏,刘安麟,王钊,等.植被指数差异在干旱遥感监测中的应用[J].陕西气象,2004(5):17-19.
- [5] 张树誉,李登科,李星敏,等.省级 MODIS 植被指数序列的建立与应用[J].陕西气象,2006(3):

# 长江中下游三市夏季高温异常变化特征及其与海温异常的可能联系

王晓莉<sup>1,2</sup>, 陈海山<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学气象灾害省部共建教育部重点实验室, 南京 210044;

2. 湖北省公众气象服务中心, 武汉 430074)

**摘要：**选取长江中下游城市武汉、合肥、南昌3站1970—2009年夏季高温资料,分析3市夏季高温特征。3市夏季高温日数有增加的趋势,平均气温也逐步上升,但平均日照时数减少。计算1970—2009年武汉、合肥、南昌夏季高温日数与1、3、5月海表温度场相关系数,结果表明:若1月热带中太平洋、北印度洋海表温度偏高(低),则武汉、合肥、南昌夏季高温日数偏多(少),若3、5月中太平洋、北太平洋海表温度偏高(低),则武汉、合肥、南昌夏季高温日数偏多(少)。

**关键词：**长江中下游; 夏季; 高温; 海温异常

中图分类号: P423

文献标识码: A

2007年IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 联合国政府间气候变化专门委员会)第四次评估报告称全球变暖是不争的事实。<sup>[1]</sup>全球变暖会带来一系列人体健康问题,最直接的影响是高温热浪。对夏季高温的研究,张尚印等<sup>[2]</sup>分析石家庄、南京、福州高温气候特征,指出强盛并持续的副高和大陆变性高压控制是我国东部高温日数和强高温过程偏多的主要原因;郭渠<sup>[3]</sup>等分析重庆高温天气气候特征,指出100 hPa南亚高压偏东,500 hPa副高偏北偏西,上高下高的叠加形势是重庆7—8月多高温天气的主要原

因。对高温的影响因素,较多学者从高压系统分析<sup>[4-5]</sup>。分析长江中下游城市武汉、合肥、南昌夏季高温异常变化特征,探讨其高温天气的历史演变规律,分析前期海表温度与长江中下游(3市)夏季高温日数的关联,为气候预测提供线索。

## 1 资料与方法

(1) 资料说明。气象资料选取武汉、合肥、南昌1970—2009年6—8月日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均相对湿度、日平均风速、日照时数等日值,月平均气温、月平均相对湿度、月平均风速、月日照时数等月值数据。海表温度

收稿日期: 2010-09-21

作者简介: 王晓莉(1982—), 女, 湖北襄阳人, 本科, 工程师, 主要从事气候变化与短期气候预测研究。

基金项目: 湖北省气象局科技发展基金重点项目(2011Z03)

25—28.

- [6] Yang L M, WYLIE B K, TIESZEN L L, et al. An analysis of relationships among climate forcing and time-integrated NDVI of grasslands over the US northern and central Great Plains [J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 65 (1): 25—37.

- [7] Piao S L, Fang J Y, J W, et al. Variation in a satellite-based vegetation index in relation to climate in China [J]. Journal of Vegetation Science, 2004, 15 (2): 219—226.

- [8] 马明国, 董立新, 王雪梅. 过去21 a中国西北植被覆盖动态监测与模拟 [J]. 冰川冻土, 2003, 25 (02): 232—236.

- [9] 杨建平, 丁永建, 陈仁升. 长江黄河源区高寒植被变化的NDVI记录 [J]. 地理学报, 2005, 60 (03): 467—478.

- [10] 马志勇, 沈涛, 张军海, 等. 基于植被覆盖度的植被变化分析 [J]. 测绘通报, 2007 (3): 45—48.