

渭河流域相对湿度与植被覆盖变化及其响应关系

蒋冲¹, 王飞^{1,2}, 穆兴民^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 借助 GIS、遥感技术和数理统计等方法, 对渭河流域相对湿度和植被覆盖变化进行了研究, 定量分析植被恢复对该地区空气相对湿度的影响。结果表明: (1) 近 60 a 相对湿度分布具有一定的纬度地带性, 存在由北向南递增的特点。相对湿度总体上呈下降趋势, 退耕 10 a 间呈微弱上升趋势。(2) 退耕 10 a 间植被覆盖呈整体改善, 局部恶化的趋势, 近 1/3 的地区植被覆盖基本不变。植被覆盖状况改善较为明显的几个县(市)主要集中在渭河干流及泾河上游、马莲河上游、北洛河中游一带, 植被退化的县(市)大多位于渭河中下游、泾河中上游地区。(3) 退耕前的 50 a 对于相对湿度影响较大的因子依次为降水、日照和气温。退耕后的 10 a 相对湿度随着植被覆盖状况的改善(退化)而相应上升(下降)。(4) 吴旗县冬季和年的相对湿度与 NDVI 呈负相关, 春季和夏季的相对湿度与 NDVI 呈极显著的正相关。1982—2006 年夏季湿润则植被状况较好, 夏季干燥则植被状况较差。

关键词: 渭河流域; 相对湿度; 植被恢复; 归一化植被指数(NDVI)

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0122-06

中图分类号: S197

Changes of Relative Humidity and Vegetation Coverage and Their Reciprocal Response in Weihe River Basin

JIANG Chong¹, WANG Fei^{1,2}, MU Xing-min^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Changes of relative humidity and vegetation coverage in Weihe River basin were studied and the effects of vegetation restoration on air relative humidity were analyzed quantitatively by using GIS, remote sensing technology and statistical methods. It was observed that: (1) The relative humidity had a latitude zonal distribution character, increased from north to south. The overall average relative humidity of Weihe River basin declined gradually and presented an upward trend during the last 10 years. (2) The overall vegetation coverage was improved, while the local vegetation coverage presented a bad trend. Nearly a third of basin was stable. Counties(cities) with an obviously improving trend were mainly located along the main stream as well as in the upper reaches of Jinghe River and Malian River and the middle reaches of Beiluo River. Counties(cities) with a degrading trend were mainly located in the middle and lower reaches of Weihe River and the middle and the upper reaches of Jinghe River. (3) Before the implementation of vegetation restoration, the main influence factors were precipitation, sunshine and temperature. After the implementation of vegetation restoration, the relative humidity increased or decreased with the vegetation cover condition improving or degrading. (4) The NDVI in Wuqi County was negatively correlated with the winter relative humidity and yearly averaged relative humidity. There was a significant positive correlation between the NDVI and the relative humidity in spring and summer. During the period from 1982 to 2006, vegetation condition in summer had the same trend

收稿日期: 2011-10-09

修回日期: 2011-11-16

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于相同气候条件的人类活动对河流水沙影响定量评价: 以黄土高原延河流域为例”(41171420); 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目“北方旱区表层土壤水分遥感监测试验研究”(10502-Z12-9); 中荷联合主题研究项目“渭河流域水环境问题综合治理对策研究”(GJHZ1018)

作者简介: 蒋冲(1987—), 男(汉族), 黑龙江省哈尔滨市人, 硕士研究生, 主要研究方向为黄土高原气候变化与生态水文, GIS 和遥感技术应用。E-mail: cba8702@nwsuaf.edu.cn.

通信作者: 王飞(1971—), 男(汉族), 陕西省户县人, 副研究员, 硕士生导师, 博士, 主要研究方向为区域水土保持环境效应评价。E-mail: wafe@ms.iswc.ac.cn.

as relative humidity. Vegetation condition was better or worse when relative humidity was high or low.

Keywords: Weihe River basin; relative humidity; vegetation restoration; normalized difference vegetation index (NDVI)

近年来,在气候变化和人类活动的共同影响下,全球植被系统发生了显著变化,并对全球气候造成了一定影响。植被和气候之间的响应关系已成为植物生态学的一个热点研究内容,也是近半个世纪以来全球变化生态学的重要研究方向之一^[1-8]。陆面植被覆盖变化作为全球及区域气候变化的重要影响因素之一,逐渐受到科学家们的关注并且取得了重要的研究进展。研究普遍认为:植被覆盖变化通过改变地表反照率、粗糙度和土壤湿度等地表属性,直接或间接影响辐射平衡、水分平衡等过程,最终导致区域降水、大气温度、空气相对湿度的变化^[9]。在我国,关于植被覆盖变化与气候之间响应关系的研究主要集中在东部森林地区或是在全国尺度上分析植被覆盖—气候相关性,对于西北干旱区特别是渭河流域的研究还比较少^[10-14]。因此,本研究选择面积广阔、地理位置特殊、气候干旱、地形地貌多样、生态系统脆弱以及人类活动(退耕还林还草等)效果显著,目前面临着西部大开发和环境保护双重矛盾的渭河流域作为研究区域。以往对于退耕区人工植被恢复生态效应的研究多集中在土壤质量改善、水土保持效应与物种多样性增加以及之间的相互关系等方面,有关植被恢复对气候影响的研究仅限于气候模拟方面。本文试图在前人工作的基础上,结合 GIS、遥感技术和数理统计等方法,对渭河流域植被恢复与气候的关系进行系统的研究,定量分析植被恢复对该地区气候(主要是空气相对湿度)的影响,以便为这一地区的环境保护、生态建设、经济发展、资源可持续利用等提供背景资料。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

渭河流域位于东经 $103^{\circ}30'$ — $110^{\circ}30'$ 和北纬 $33^{\circ}30'$ — $37^{\circ}30'$,发源于甘肃省渭源县西南的鸟鼠山北侧,自西向东流经甘肃省、宁夏、陕西 3 省(自治区) 13 个地区的 86 个县,干流全长 818 km,在陕西省潼关县注入黄河。流域面积 $1.35 \times 10^6 \text{ km}^2$,由北洛河、泾河 2 大支流和渭河干流组成^[15]。流域地处干旱地区与湿润地区的过渡地带,属大陆季风性气候,流域多年平均降雨量为 572 mm,主要集中在 7—10 月,约占全年降雨的 50%~60%,降雨年际间变化差异很大。流域内土地利用类型主要有农地(坡耕地、梯田耕地、坝地和水田)、草地和林地,所占面积分别为 40%,44%和 14%(2005 年 1:25 万土地利用图

统计数据),农林斑块相互穿插,20 世纪 80 年代初至今,土地利用格局变化主要以草地和农地的相互转化为主。

1.2 数据来源

1.2.1 归一化植被指数(NDVI)数据集 本文采用的 SPOT NDVI 和 GIMMS NDVI 数据来源于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”。前者的时间跨度为 1998 年 4 月至 2008 年 7 月,空间分辨率为 1 km,时间分辨率为逐旬,包含每 10 d 合成的 4 个波段的光谱反射率及最大化的 NDVI^[16-19]。对于吴旗县的植被覆盖变化采用了 1981 年 7 月至 2006 年 12 月每 15 d 的 GIMMS—NDVI 时间序列数据,图像的空间分辨率为 8 km,时间分辨率为 15 d。2 套数据均经过预处理,包括大气校正、辐射校正、几何校正、真值恢复等。需要说明的是,由于 2 套 NDVI 数据的空间分辨率不一致,在分析前将 SPOT NDVI 数据进行重采样至 8 km,并统一进行了坐标投影转换。

1.2.2 气象数据 气象数据来源于中国气象局气象数据共享网。为保证资料的统一性和完整性,选取渭河流域及其周边地区气象站中气候要素比较完备,建站时间比较长,分布在渭河流域及其周围不同方位的 45 个气象站。对于少部分缺测站点数据,采用邻近站点多元线性回归进行插补。从统计意义上来讲,这样长的时间序列能够获得比较可信的分析结果。

1.3 研究方法

1.3.1 NDVI 值最大值合成法 MVC(maximum value composites)是目前国际上通用的最大化合成法,用来从逐旬数据取最大值,进一步消除云、大气、太阳高度角的部分干扰,具体算法介绍参见文献^[16-19]。

1.3.2 Mann—Kendall 非参数检验 Mann—Kendall 非参数秩次相关检验法(简称 M—K 法)被广泛应用气候和水文序列的趋势性分析。M—K 法能很好地揭示时间序列的趋势变化,其优点在于不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰。

2 结果与分析

2.1 近 60 a 相对湿度变化趋势分析

2.1.1 相对湿度变差系数分析 渭河流域年平均相对湿度变差系数的变化范围为 0.04~0.065。 C_r 值由西南向东北逐渐增大,变差系数相对较大的站点主要集中于流域北部在西峰、固原、环县、吴旗、洛川一带,

越往南变差系数越小,天水、宝鸡、华家岭一带为 0.045 左右。流域年平均相对湿度的变差系数并不大,表明湿度状况多年来相对稳定。

2.1.2 相对湿度 M—K 趋势检验 由表 1 可知,西安、宝鸡、天水、平凉和西峰 5 个站点近 60 a 的年平均相对湿度表现出极显著的下降趋势。武功、长武、西吉和环县则呈现出不同程度的上升趋势,但均未达到显著水平。华山、铜川、洛川和吴旗则有微弱下降的趋势,但未通过 95% 的显著性检验。整体上看,流

域内 13 个站点中年平均相对湿度下降的达到 9 个,占站点总数的 70%,虽下降显著程度不尽相同,但说明近 60 a 相对湿度是下降的。年最小相对湿度方面,西安、宝鸡、华山 3 个站点呈现出显著下降趋势,西峰、环县则表现出上升趋势,也都达到了显著水平,其余站点上升或下降的趋势不显著。整体上看,13 个站点中年最小相对湿度下降的达 7 个,占站点总数的 50% 以上,其余站点均呈现出不同程度的上升趋势,流域总体年最小相对湿度变化并不明显。

表 1 渭河流域年平均和最小相对湿度气候倾向率及 M—K 检验结果

指标		气象站点												
		武功	西安	宝鸡	华山	天水	铜川	长武	平凉	西峰	洛川	西吉	环县	吴旗
年平均相对湿度/%	M—K 值	1.21	-3.41	-4.01	-1.18	-3.68	-0.26	1.30	-2.22	-3.37	-1.68	0.29	1.27	-1.71
	sig./%	77.44	99.93	99.99	76.70	99.97	20.44	80.55	97.35	99.92	90.70	23.9	79.41	91.22
年最小相对湿度/%	M—K 值	0.51	-2.20	-5.18	-2.62	-0.19	-1.46	0.67	1.37	2.87	-1.42	1.13	2.19	-0.26
	sig./%	38.71	97.24	99.99	99.13	15.50	85.48	49.10	82.89	99.59	84.55	74.17	97.17	20.80
年平均相对湿度气候倾向率		0.00	-1.63	-1.14	-0.55	-0.81	-0.06	0.17	-0.67	-1.31	-0.70	0.10	0.45	-0.69
年最小相对湿度气候倾向率		0.09	-0.60	-1.97	-0.68	0.09	-0.48	0.00	0.36	0.37	-0.59	0.24	0.53	0.10

因为流域内 13 个气象站点分布较为均匀,故采用气象学上常用的算术平均值法求取流域整体的年平均和最小相对湿度,两者的距平曲线和累积距平曲线如图 1—2 所示。

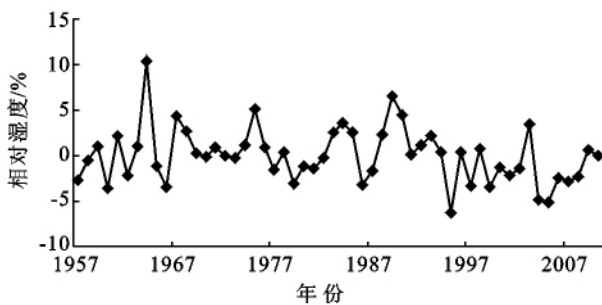


图 1 近 60 a 年平均相对湿度距平曲线



图 2 近 60 a 年平均相对湿度累积距平曲线

由图 1—2 可知,流域年平均相对湿度始终在多年平均值上下震荡,总体呈下降趋势,个别相对干旱或湿润年份时有出现,在 1994 年达到一个相对最湿

润期,随后又转为下降趋势。在退耕 10 a 间,湿度距平值大多位于多年平均以下,表明在这段时间较前 50 a 而言较为干旱。近 10 a 的趋势斜率反映出相对湿度有上升的趋势,但并不显著。同样,60 a 来流域年最小相对湿度总体呈下降趋势,个别干旱和湿润年份交替出现,反映出湿度下降的趋势并不明显,退耕 10 a 来呈上升趋势。1963—1979 年流域最小相对湿度基本上高于多年平均水平,1979 年为主要转折年,1979—1988 年较低,1988 年以后略有回升,退耕 10 a 间呈上升趋势。

2.2 退耕 10 a 年最大化 NDVI 空间分布特征及其变化趋势

2.2.1 退耕 10 a NDVI 空间分布特征 NDVI 的取值范围为 $-1.0 \sim 1.0$,在植被生长季范围内,定义 NDVI 像元数值大于 0.55 为高植被覆盖,大于 0.35 而小于 0.55 为中等植被覆盖,小于 0.35 为低植被覆盖,比较不同时相 NDVI 的分布和覆盖变化情况。根据已经定义的高覆盖、中覆盖及低覆盖区的划分标准,退耕 10 a NDVI 值显著上升。对 1998—2000,2000—2003 和 2004—2007 年共 3 个时段的植被覆盖等级进行划分,研究其宏观变化状况。六盘山一带、中部子午岭一带和南部秦岭北麓、关中盆地一带各有一条 NDVI 高值区,流域西南角即陇西黄土高原靠近渭河源区部分、流域中部和东部植被覆盖度较高,数值在 0.55 以上。西南部渭河源区一带通渭、漳县、武山 3 县部分地区的植被覆盖较好,中东部子午岭山系

的山川区林地各县(如合水、宁县、正宁等)也很高,流域中部的黄土区次之,数值在 0.35~0.55,包含镇原、西峰、庆阳一线以下至彬县、长武、灵台、旬邑等广大区域。渭北黄土高原丘陵区(环县以及华池部分地区)植被覆盖度最低,数值在 0.35 以下。通过对前期与后期的图像做差得到不同时间段的 NDVI 差值分析,流域西北部的一部分县/市(镇原、庆阳、彭阳、环县)植被指数出现下降。

2.2.2 退耕 10 a NDVI 变化趋势分析 利用变化斜率法以年为单位分析植被的变化趋势,计算斜率为负值的区域表示植被覆盖呈退化趋势,斜率为正值的地地区植被覆盖呈好转趋势。根据 NDVI 变化斜率,将变化趋势分为 5 级。如表 2 所示,1998—2007 年植被覆盖呈整体改善,局部恶化的趋势,近 1/3 的地区基本不变。其中,轻微改善的地区占流域面积的 29.35%,中度改善的占 26.49%,8.21%的面积得到明显改善,6.59%地区轻微退化。

表 2 1998—2007 年渭河流域 NDVI 变化趋势

NDVI 变化斜率	变化程度	面积/km ²	百分比/%
$-0.070 \leq k_{slope} \leq -0.004$	轻微退化	88 813.94	6.59
$-0.004 \leq k_{slope} \leq 0.003$	基本不变	395 756.85	29.36
$0.003 \leq k_{slope} \leq 0.010$	轻微改善	395 579.64	29.35
$0.010 \leq k_{slope} \leq 0.020$	中度改善	357 111.49	26.49
$0.020 \leq k_{slope} \leq 0.050$	明显改善	110 718.39	8.21

各像元的变化斜率,大部分县(市)NDVI 变化率在 $-0.067/a \sim 0.046/a$,86 个县(市)中只有西峰、庆阳、镇原、合水、西吉、张家川、泾源、西安以及渭源共 9 个县(市)变化率出现负值。斜率变化相对较大的几

个县/市(吴旗、合水、宁县、正宁、秦安、甘谷、天水、蒲城、澄城、彭阳、乾县、泾源等)主要分布在渭河干流及泾河上游、马莲河上游、北洛河中游一带。9 个 NDVI 变化斜率出现负值的县(市)大多位于渭河中下游、泾河中上游地区,它们的共同特点是区位优势好,资源丰富,经济发展快。

2.3 植被恢复与相对湿度变化响应关系分析

2.3.1 植被恢复与相对湿度变化响应关系分析 由表 3 可知,1951—1997 年对于平均相对湿度影响较大的因子依次为降水、日照和气温。14 个分析结果中,除西吉外其他各站降水与相对湿度的相关性均达到 0.01 显著水平。除吴旗、环县、西吉、武功 4 个站点外,温度与相对湿度的相关性也都达到了 0.01 显著水平。而对于日照与相对湿度的相关性,除西安和天水站外均达到 0.01 显著水平,风速和压强与相对湿度的相关性较差,只有个别站点达到显著水平。另外,14 个分析结果中降水与相对湿度均为正相关,温度和日照与相对湿度均为负相关,虽然风速和气压与相对湿度的相关系数均未达到显著水平,但均呈负相关。以上规律的得出在所有统计结果中是高度一致的,这一结论与气象学理论相一致。根据气象学相关理论,降水量与相对湿度关系密切,在其他因素相对稳定的情况下降水量增多(减少)势必会导致相对湿度的上升(下降),两者具有相同的变化趋势。反之,温度上升或接受辐射增多必然会使植被蒸腾和地表水分蒸发量增大,湍流交换增强,从而使近地面空气中水汽含量快速下降。风速增大也会加快空气中水分子的运动速率从而加快上下层气流的交换,使相对湿度下降。

表 3 1951—1997 年渭河流域相对湿度与气象因子相关分析统计

序号	站点	$R_{P,R}$	$R_{T,R}$	$R_{S,R}$	$R_{A,R}$	$R_{W,R}$	回归方程显著的因子
1	吴旗	0.575**	-0.347*	-0.683**	0.417**	-0.094	P,T,S
2	环县	0.667**	-0.286	-0.649**	0.019	-0.236	P,S
3	西吉	0.308*	-0.122	-0.411**	-0.229	-0.547**	W,S
4	平凉	0.502**	-0.443**	-0.632**	-0.073	-0.333*	P,S
5	西峰	0.609**	-0.600**	-0.720**	-0.057	-0.012	P,S
6	长武	0.629**	-0.621**	-0.518**	0.018	-0.029	P,T
7	洛川	0.646**	-0.506**	-0.537**	-0.039	-0.029	P,T,S
8	铜川	0.573**	-0.561**	-0.678**	0.106	-0.303*	P,S
9	天水	0.751**	-0.667**	-0.265	-0.242	0.143	P,T
10	宝鸡	0.673**	-0.631**	-0.371*	-0.262	-0.072	P,T
11	武功	0.443**	-0.334*	-0.648**	0.202	-0.247	S,T
12	西安	0.369**	-0.752**	-0.208	0.029	-0.361*	S,T
13	华山	0.565**	-0.587**	-0.601**	-0.388**	-0.324*	S,T
14	流域整体	0.680**	-0.560**	-0.680**	0.010	-0.130	P,S

注:**代表 0.01 显著水平;*代表 0.05 显著水平; $R_{P,R}$; $R_{T,R}$; $R_{S,R}$; $R_{A,R}$; $R_{W,R}$ 分别代表相对湿度与降雨量、温度、日照时数、气压和风速的相关系数。下同。

由于退耕时间较短且数据所限,加之影响因子较多,表 4 所反映出的相对湿度与其他气象因子以及植被因子之间的相关关系不像表 3 那样明显。由表 4 可知,相对湿度与降水呈正相关,与植被覆盖程度(NDVI)也呈正相关,即随着植被覆盖程度的增加(减少)而相对应上升(下降)。相对湿度与气温高低和日照时数长短以及风速大小还是呈负相关,但相关系数的显著性除个别站点外均不如前 50 a 那样显著,这一结果的得出也是意料之中的。2000 年以后国家推行

天然林保护政策,渭河的支流泾河和北洛河上游部分以及周边区域陆续开展了退耕还林还草,封山育林,加强天然次生林保护,加强水源涵养和生态修复等工程,各个气象因子(温度、降水、日照时数等)也在悄然发生变化,在如此复杂的人类活动和气候变化的综合作用下完全将相对湿度的变化归因于某一两个因子是不科学的也是不切实际的。因此为了进一步搞清楚植被恢复与相对湿度变化的响应关系,有必要选取小范围更具有代表意义的典型区域进行深入研究。

表 4 1998—2007 年渭河流域相对湿度与气象因子和 NDVI 的相关分析统计

序号	站点	$R_{T,R}$	$R_{P,R}$	$R_{S,R}$	$R_{W,R}$	$R_{A,R}$	$R_{NDVI,R}$
1	吴旗	-0.295	0.686*	-0.731*	-0.611	-0.458	0.320
2	环县	-0.48	0.739*	-0.573	-0.525	0.366	0.641
3	西吉	-0.305	0.063	-0.619	0.761*	0.202	0.027
4	平凉	-0.149	0.657	-0.518	-0.877**	-0.518	0.150
5	西峰	-0.488	0.912**	-0.264	0.140	0.018	0.277
6	长武	-0.435	0.819**	-0.475	0.128	-0.516	0.456
7	洛川	-0.542	0.887**	-0.837**	-0.199	0.423	0.399
8	武功	-0.270	0.458	-0.284	0.259	0.440	-0.097
9	西安	-0.810*	0.257	-0.620	-0.760*	0.338	0.894**
10	宝鸡	-0.752	0.762*	-0.685	-0.686	-0.411	-0.702
11	流域整体	-0.465	0.654	-0.563	0.561	0.236	0.458

注:1998—2007 年铜川站和天水站气象数据缺失较为严重,故未参与分析。

2.3.2 退耕还林(草)典型区域植被恢复与相对湿度的响应关系分析 吴旗县从 1998 年起率先实施退耕还草示范工程,1999 年一次性完成退耕 $1.03 \times 10^5 \text{ hm}^2$,植被恢复最明显。1997 年全县的森林覆盖率只有 13.2%,到 2005 年提高到了 23.6% 左右^[20]。为了进一步深入研究植被恢复和相对湿度的响应关系,增加研究的时间序列长度,对吴旗县的研究采用 GIMMS—NDVI 1982—2006 年每 15 d 的 NDVI 时间序列数据。研究表明吴旗县 1982—2006 年 NDVI 呈现增加趋势,1987 年最差为 0.186 3,2004 年最好为 0.261 7,25 a 平均 NDVI 为 0.223 7。1999 年

NDVI 为 0.208 4,2006 年为 0.259 3,8 a 中增加了 24.4%,这与 1998 年以来全境的封山禁牧有关。季节尺度上,4 季 NDVI 的线性变化趋势都为正值即 NDVI 都在增加,秋季(9—11 月)最大为 $3.02 \times 10^{-3}/\text{a}$,其次是夏季(6—8 月)和春季(3—5 月),分别为 $2.08 \times 10^{-3}/\text{a}$ 和 $1.73 \times 10^{-3}/\text{a}$,冬季(12—2 月)最小为 $3.08 \times 10^{-4}/\text{a}$ 。表 5 给出了 NDVI 与相对湿度的相关系数,可以看出冬季和年的相对湿度与 NDVI 呈极显著的负相关,说明冬季和年的相对湿度大时 NDVI 小。春季、夏季和年的相对湿度与夏季的 NDVI 呈极显著的正相关,说明春季、夏季和年的相对湿度大时,夏季的 NDVI 也大。

表 5 渭河流域 NDVI 与相对湿度相关系数

NDVI 相对温度	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
全年	0.199 6	0.341 6	0.451 6*	-0.195 6	-0.041 8
冬季	-0.579 2**	-0.233 4	-0.281 8	-0.333 4	-0.653 3**
春季	-0.183 1	0.199 0	-0.456 3*	-0.356 6	0.005 6
夏季	0.555 2**	0.606 1**	0.760 7**	-0.132 9	0.255 1
秋季	0.034 5	-0.154 3	0.134 8	0.186 7	-0.020 7

3 结论

(1) 渭河流域相对湿度分布存在由北向南递增

的特点,具有一定的纬度地带性,大部分地区相对湿度呈下降趋势; C_v 值由西南向东北逐渐增大,变差系数相对较大的区域集中在流域北部、西部和南部部分

地区;近 60 a 相对湿度总体上呈下降趋势,退耕 10 a 的相对湿度呈微弱上升趋势。

(2) 退耕 10 a 间流域内植被覆盖呈整体改善,局部恶化的趋势,近 1/3 的地区植被覆盖基本不变。86 个县(市)中只有 9 个县(市)变化率出现负值,斜率变化相对较大的几个县(市)主要分布在渭河干流及泾河上游、马莲河上游、北洛河中游一带,NDVI 变化斜率出现负值的县(市)大多位于渭河中下游地区。

(3) 退耕前的 50 a 对于相对湿度影响较大的因子依次为降水、日照和气温;退耕后的 10 a NDVI 与相对湿度表现出良好的正相关性,即相对湿度随着植被覆盖程度的增加(减少)而相应上升(下降)。

(4) 吴旗县 4 季的 NDVI 都在增加,秋季增加最大,其次是夏季和春季。冬季和年的相对湿度与冬季的 NDVI 呈极显著的负相关,春季、夏季和年的相对湿度与夏季的 NDVI 呈极显著的正相关。1982—2006 年夏季 NDVI 与相对湿度变化的一致性较好,说明夏季湿润则植被状况较好,夏季干燥则植被状况比较差。

(5) 影响相对湿度的主导因素是降水、温度、日照,植被覆盖变化固然会对某一地区的相对湿度产生一定影响,但作用较为微弱,且更多局限于小气候层面,降水和温度等气象要素变化才是导致渭河流域相对湿度变化的主要原因。

[参 考 文 献]

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6):553-558.
- [2] 张元东, 徐应涛, 顾峰雪, 等. 荒漠绿洲 NDVI 与气候、水文因子的相关分析[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 816-821.
- [3] Maselli F, Gilabert M A, Conese C. Integration of high and low resolution NDVI data for monitoring vegetation in mediterranean environments [J]. Remote Sense Environment, 1998, 63(2):208-218.
- [4] Lia J, Lewisa J, Rowland J, et al. Evaluation of land performance in senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series [J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59(5):463-480.
- [5] 李克让, 陈育峰, 黄枚, 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(S):57-63.
- [6] 唐海萍, 陈玉福. 中国东北样带 NDVI 的季节变化及其与气候因子的关系[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3):318-325.
- [7] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 1983—1992 年中国陆地 NDVI 变化的气候因子驱动分析[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6):716-720.
- [8] Fu B J. Soil erosion and its control in the loess plateau of China [J]. Soil Use and Management, 1989, 5(2):76-81.
- [9] 符淙斌. 全球变化与我国未来的生存环境[J]. 大气科学, 1996(2):248-257.
- [10] 李震, 阎福礼, 范湘涛. 中国西北地区 NDVI 变化与温度和降水的关系[J]. 遥感学报, 2005, 9(3):308-313.
- [11] 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(1):131-140.
- [12] 孙红雨, 王长耀, 牛铮, 等. 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):204-209.
- [13] Dirmeyer P A, Shukla J. The effect on regional and global climate of expansion of the world's deserts [J]. QJR Meteorol Soc., 1996, 122(530):451-482.
- [14] Douglas B C, Xue Y K, Richard J H, et al. Modeling the impact of land surface degradation on the climate of tropical North Africa[J]. Climate, 2001, 14(8):125-130.
- [15] 张钰娴, 王飞, 穆兴民. 地理环境要素与渭河流域水沙关系的定量研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2009, 37(1):61-65.
- [16] Maisongrande P, Duchemin B, Dedieu G. VEGETATION/SPOT: An operational mission for the earth monitoring: presentation of new standard products [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(1):9-14.
- [17] Shabanov N, Zhou L, Knyazikhin Y, et al. Analysis of interannual changes in northern vegetation activity observed in AVHRR Data from 1981 to 1994 [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(1):115-130.
- [18] Zhou L, Tucker C, Kaufmann R, et al. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999 [J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106(1):20069-20083.
- [19] 宋怡, 马明国. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国西北植被覆盖变化分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1):89-931.
- [20] 赖亚飞, 朱清科, 张宇清, 等. 吴旗县退耕还林生态效益价值评估[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3):83-87.