

利用 EOS/MODIS 植被供水指数监测 庆阳地区的土壤湿度

梁 芸¹, 张 峰², 韩 涛¹

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省庆阳市气象局, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要: 利用 MODIS 资料和庆阳市土壤湿度资料, 拟合出了植被供水指数 (VSWI) 与土壤湿度的关系式, 回归分析表明: MODIS 植被供水指数与地面湿度之间有良好的线性关系, 通过对 2005 年庆阳地区春旱的动态监测发现, 用此方法监测的土壤湿度与实际测墒值基本吻合。因此, 认为利用 MODIS 植被供水指数监测庆阳地区的土壤湿度是可行的。

关键词: EOS/MODIS; 植被供水指数; 土壤湿度

中图分类号: P412.27

文献标识码: A

引 言

干旱是中国农业的一大威胁, 在各种自然灾害造成的损失中列为首位。目前关于干旱特征方面的研究已有很多^[1-4], 如何利用有效手段及时了解旱情的发生、发展一直是各国政府部门关注的焦点, 也是科学界致力解决的关键问题。随着遥感技术的发展, 遥感以其客观、动态、宏观、实时、迅速、廉价的优势, 为旱情监测开辟了新的途径, 随着 3S 技术的发展, 近年来更是有了较大的进展^[5], 其中以 NOAA/AVHRR 数据应用最为广泛^[6-9]。

目前国内运用比较成熟的监测模型主要有土壤热惯量模式和植被指数模式。土壤热惯量模式是利用卫星昼夜 2 次探测资料, 从而算出土壤的湿度, 但该模式只适用于裸露下垫面或植被覆盖很低的下垫面。植被指数模式主要包括距平植被指数法和植被供水指数法。距平植被指数以某一地点某一时期多年的植被指数 (NDVI) 平均值为背景值, 用当年该时期的 NDVI 减去背景值, 即可计算出距平植被指数的变化范围, 即 NDVI 的正、负距平值。正距平反映植被生长较一般年份好, 负距平表示植被生长较一

般年份差, 该模式需要统计多年的 NDVI 作为背景值。在干旱、半干旱地区, 土壤水分对植被生长起决定性控制作用, 植被供水指数法是以 NDVI 和作物冠层温度为因子, 综合考虑了上述 2 种干旱监测指标。土壤水分供应条件好, 植物蒸腾作用强, 冠层表面和土壤表面温度降低, 反之, 冠层表面和土壤表面温度升高, 但植被供水指数一般是结合前期降水距平确定相应的干旱等级, 只给出了干旱的相对等级。甘肃庆阳地区为典型的雨养农业区, 受干旱影响尤为严重。本文通过统计找出了庆阳地区 MODIS 植被指数供水指数 (VSWI) 与土壤水分之间的拟合关系, 监测庆阳地区作物生长期的土壤湿度, 给出了该地区作物生长期干旱的绝对等级。

1 MODIS 数据介绍

TERRA 和 AQUA 是美国分别在 1999 年 12 月和 2002 年 5 月发射成功的, 2 颗星上都搭载了中分辨率成像光谱仪 MODIS 传感器。MODIS 具有高时间分辨率、高光谱分辨率, 适中的空间分辨率等特点使得其在干旱监测中具有很大优势。相对于 AVHRR 而言, MODIS 的灵敏度和量化精度远比

收稿日期: 2005-11-24; 改回日期: 2006-11-03

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专题, 中国干旱气象灾害监测预警方法研究 (2004DIB5J192-03) 资助

作者简介: 梁芸 (1975-), 女, 宁夏中卫人, 助理工程师, 主要从事遥感应用服务工作。

AVHRR高,其辐射分辨率达12 bit,温度分辨率可达 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$,因此更容易发现旱情。同时,MODIS可见光、近红外波段范围比AVHRR的范围要窄,描述植被信息所受到的干扰明显少^[10]。

2 基本原理

植被(农作物等)的叶片对太阳光的红光有强烈的吸收作用,对近红外光有强烈的反射作用^[11],MODIS的通道1($0.6\sim 0.7\ \mu\text{m}$)和通道2($0.7\sim 1.1\ \mu\text{m}$)则处在红光和近红外波段范围内,通过这2个通道的反射信息可以提取反映植被生长好坏的物理量NDVI;沿用NOAA/AVHRR监测干旱的原理,AVHRR第4通道光谱波段在 $10.5\sim 11.5\ \mu\text{m}$ 内,处于大气窗区,一般采用AVHRR的4通道亮温近似下垫面的物理温度^[12],MODIS通道31($10.78\sim 11.28\ \mu\text{m}$)与AVHRR的4通道的波段范围接近,且通道31的主要用途是探测陆面温度,故用31通道的亮温作为 T_s 来遥感地表温度是可行的。

在同等条件下,土壤水分供应条件好,则植物生长状态好,植物蒸腾作用强,冠层表面和土壤表面温度降低,当植被受干旱胁迫时,气孔关闭,蒸腾较少,冠层温度上升。植被供水指数(VSWI)正是基于这种思想进行干旱监测的,定义为:

$$I_{\text{VSW}} = I_{\text{NDV}} / T_s \quad (1)$$

$$I_{\text{NDV}} = (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1) \quad (2)$$

其中 I_{VSW} 为植被供水指数, I_{NDV} 为归一化植被指数, T_s 为植被冠层温度。 I_{VSW} 越大,说明植被的蒸腾越旺盛,土壤水分含量越高,反之则说明植被供水不足,土壤含水量较低。

3 数据及处理方法

卫星数据本文选择相对于庆阳地区仰角较高且晴空(或云量较少)的MODIS资料,经过遴选,采用2002年6月3日、2002年7月9日、2002年7月10日、2003年7月6日、2004年7月3日的5轨资料作为样本。地面数据选取庆阳地区的环县、华池、合水、镇原、庆城、西峰、宁县、正宁8个站逐旬的0~10 cm土壤相对湿度。

对每一轨数据在华云EOS资料处理软件中进行地理定位、定标,使资料中的DN值转换成反照率。在ENVI图像处理软件中利用甘肃省的1:100

电子地图进行地理校正,使所选研究区域的地理位置与各测墒站点精确对应。由于有的观测点在城区附近,为了使卫星资料更有代表性,算出上述8个测墒站点为中心的 3×3 区域内的VSWI的平均值。

4 实验结果

剔除重涝及重旱的土壤相对湿度极端数据和受云污染的卫星数据,最后得到有效数据46组,结果如图1所示。采用最小二乘法拟合的结果为: $Y = 45.977X + 0.0211$, $R^2 = 0.47$, $F = 37.57$, Y 为土壤湿度, X 为植被供水指数。其中误差在10%以内的占28.3%,20%以内的占50%,30%以内的占76.1%,50%以内的占84.8%。

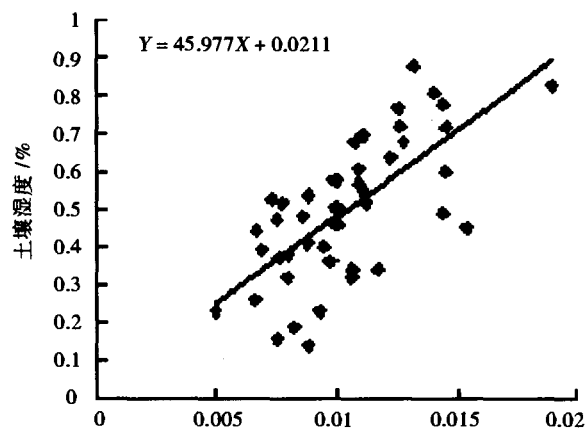


图1 MODIS的VSWI(X)—土壤湿度(Y)图

Fig.1 VSWI(X) of MODIS and soil moisture(Y)

5 结果验证

2005年4月以来庆阳地区降水特少,气温持续偏高或特高,且多吹风天气,使土壤水分不但得不到补充,且急剧蒸发散失,干旱迅速发展蔓延,下旬末墒情测定时,农田10 cm土层均处于重旱状态,干土层达22 cm。5月15~17日,庆阳市出现了开春以来的第一场大范围的降水,据5月18日各地墒情测定显示,农田0~20 cm土壤相对湿度为29%~85%,除环县较差外,其它各地表层旱情得到了缓解,但中、下层墒情仍然较差,旱象仍然存在。5月上、中旬各站0~10 cm的测墒值见表1。

表 1 2005 年 5 月上旬、中旬 0~10 cm 土壤湿度

Tab. 1 0-10 cm soil moisture on the first and second ten days in May, 2005

地名	环县	华池	庆城	镇原	合水	宁县	正宁	西峰
上旬土壤湿度/%	11	21	16	16	30	28	46	25
中旬土壤湿度/%	51	62	75	80	81	70	85	69

农业气象观测规范划分干旱等级为:土壤相对湿度 <40% 为重旱、40%~50% 为中旱、50%~60% 为轻旱、60%~80% 为适宜、>80% 为湿润(或过湿)。从表 1 中可以看出:上旬除正宁为中旱外,其余各地均处在重旱中;中旬降水后除了环县、华池有旱情外其他地方旱情较上旬大大缓解。

取 2005 年 5 月 8 日(代表上旬)及 5 月 21 日(代表中旬)的 EOS/MODIS 资料算出 VSWI 的值。在 ENVI 中做出 $Y(\text{土壤相对湿度}) = 45.977X(\text{VSWI}) + 0.0211$ 的干旱等级分布图,再根据农业气象观测规范划分的干旱等级,不同的土壤湿度赋予不同颜色,这样就生成一幅实时土壤湿度等级分布图,结果如图 2、图 3 所示。从图 2 中可以看出,庆阳地区大部分地方处于干旱中,尤其是中北部达重旱(子午岭林区除外);南部的正宁、宁县、西峰、镇原的局部地方稍好一点,可是除宁县外,其他地方测墒所在地的局部为重到中旱,这与上旬测墒值所反映的旱情等级基本一致。图 3 显示出 21 日重旱范围较 8 日明显缩小,庆城北部由上旬的重旱缓解为中到轻旱,南部的局部地方为适宜,镇原、合水的重旱区的范围也缩小,环县,合水 2 地南部的许多地方的重旱区缓解为中旱,但是北部的大部分地方还是处于重旱之中,这与中旬测墒值所反映的旱情等级也基本吻合。

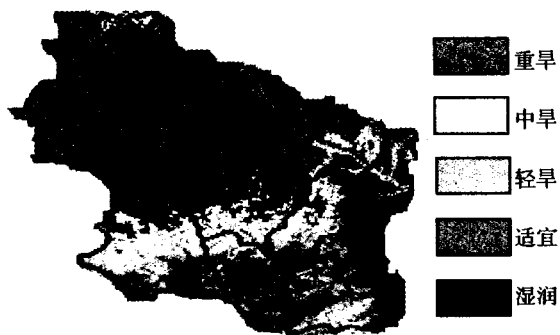


图 2 2005 年 5 月 8 日庆阳地区旱情监测图

Fig. 2 Drought monitoring in Qingyang on May 8, 2005

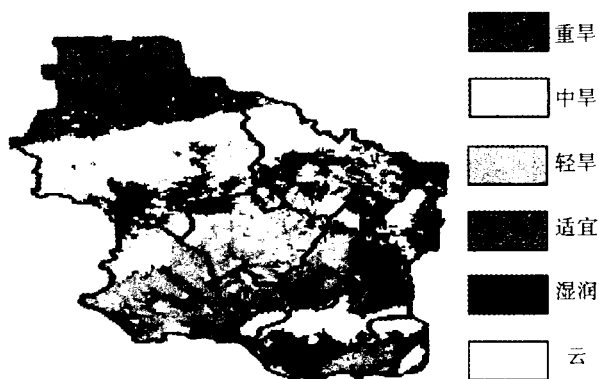


图 3 2005 年 5 月 21 日庆阳地区旱情监测图

Fig. 3 Drought monitoring in Qingyang on May 21, 2005

6 结语与讨论

通过多组 MODIS 植被供水指数(VSWI)及土壤相对湿度数据,拟合出了庆阳地区植被供水指数与土壤相对湿度的关系式,给出了干旱的绝对等级,并利用此拟合关系对 2005 年庆阳地区的春旱进行了动态监测,结果表明,利用此方法监测庆阳地区的土壤湿度是可行的。

当然也有许多误差存在:在这次实验中,误差在 10% 以内的占 28.3%,有的异常数据误差达到了 100%,在实例分析中也发现宁县的误差比较大,如 5 月上旬宁县的实地测墒值为重旱,可根据卫星资料拟合出来为:大部分地方墒情适宜,局部为中到轻旱。分析可能产生的误差原因如下:

(1) 遥感数据反映的 1 000 m × 1 000 m 范围内的平均含水量,而地面的测墒点反映的是几个孤立的点,以点代面会产生较大的误差。

(2) 地面观测的数据是 0~10 cm 的土壤湿度,而卫星数据反映的是地表的湿度,土壤湿度的垂直关系还不明确,会产生一定的误差。

(3) 同时所用的植被供水指数是一个统计值,忽略了植被旬、月的变化,所以在估算土壤湿度中难免存在一定误差。

参考文献:

- [1] 刘德祥,朱炳媛,杨明芳,等. 甘肃省 1998 年 9 月至 1999 年 4 月干旱特征分析[J]. 甘肃气象,1999, 17(4):17-19.
- [2] 殷雪莲,张德玉. 2001 年张掖市异常干旱分析及防御对策[J]. 干旱气象,2004, 22(3):38-41.
- [3] 李维京,赵振国,李想,等. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J]. 干旱气象,2003,21(4):1-5.
- [4] 李新周,马柱国,刘晓东. 中国北方干旱化年代际特征与大气环流的关系[J]. 大气科学,2006,30(2):277-280.
- [5] 王小平,郭妮. 遥感监测干旱的方法及研究进展[J]. 干旱气象,2003, 12(4):76-81.
- [6] 肖乾广,陈维英,盛永伟,等. 用气象卫星监测土壤水分的实验研究[J]. 应用气象学报,1994, 5(3):312-315.
- [7] 郭妮,陈添宇,雷建勤,等. 用 NOAA 卫星可见光和红外资料估算甘肃省东部农田区土壤湿度[J]. 应用气象学报,1997,8(2):212-218.
- [8] 张树誉,赵杰明,袁亚社,等. NOAA/AVHRR 资料在陕西干旱动态监测中的应用[J]. 中国农业气象,1998,19(5):26-32.
- [9] 姬菊枝,安晓存,魏松林. 利用卫星遥感技术进行干旱监测[J]. 自然灾害学报,2005,14(3):61-65.
- [10] 刘玉洁,杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京:科学出版社,2001. 1-3.
- [11] 董超华,章国材,邢福源,等. 气象卫星业务产品适用手册[M]. 北京:气象出版社,1999. 155-159.
- [12] 刘丽,刘清,周颖,等. 卫星遥感信息在贵州干旱监测中的应用[J]. 中国农业气象,1999,20(3):43-47.

Monitoring Soil Humidity by Using EOS/MODIS VSWI Product in Qingyang

LIANG Yun¹, ZHANG Feng², HAN Tao¹

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China; 2. Qingyang Meteorological Bureau of Gansu Province, Qingyang 745000, China)

Abstract: Based on the MODIS data and observed soil humidity in Qingyang region, the linearity relation has been found between VSWI and soil humidity through statistic regression analysis. The soil humidity provided by MODIS VSWI was validated by the actual soil humidity through dynamic monitoring in 2005 in Qingyang region, thus it is feasible to monitor soil humidity by VSWI product.

Key words: EOS/MODIS; VSWI; soil humidity



(上接第 20 页)

Research on Vapor and Precipitation Resources over the Qilian Mountain Area

ZHANG Liang^{1,2}, WANG Shigong^{1,2}, SHANG Kezheng^{1,2}, YANG Debao^{1,2}

(1. College of Atmosphere Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China ;
2. Key Laboratory of Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The cloud-water resources of the Qilian Mountain were analyzed by using the observed data of eight meteorological stations from 1960 to 2002 and the NCEP/NCAR data ($2.5^\circ \times 2.5^\circ$) for the period of 1970-1997. Results show that the water vapor amount gradually increased from spring to summer, and then decreased; the precipitation there was concentrated in May to September which was in the proportion of 86.8% to annual precipitation. Comparing the preceding period (1970-1986) with the succeeding period (1988-1997) of climatic change in Northwest China, the annual mean precipitation there increased more than 8.1% in the succeeding period (mainly in spring and summer), which was beneficial to the ecological improvement there. The precipitation in the middle part of the Qilian Mountain was much more than that in eastern and western part. The annual water vapor input was $885.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, which mostly came from the levels under 600 hPa, and it divergenced over 600 hPa at most time of a year. The water vapor mainly came from longitudinal input.

Key words: the Qilian Mountain; water vapor amount; water vapor flux; vapor flux divergence; water vapor budget