

使用 MODIS 数据监测土壤湿度

郭广猛 赵冰茹

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

MONITORING SOIL MOISTURE CONTENT WITH MODIS DATA

GUO Guang-meng ZHAO Bing-ru

(Institute of Geography Science and Natural Resource Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101)

摘 要 土壤湿度是水文学、气象学以及农业科学研究领域的一个重要参数,目前使用遥感来监测土壤湿度主要用 NOAA/AVHRR 数据和微波数据,使用 MODIS 数据的研究还不多见。本文采用 MODIS 数据,根据水的吸收率曲线提出使用中红外波段来监测土壤湿度。通过在内蒙古地区的实地调查,回归分析表明 MODIS 第 7 波段的反射率与地面湿度之间有良好的线性关系,因此认为使用 MODIS 数据进行大面积土壤湿度监测是可行的。

关键词 MODIS; 土壤湿度;

中图分类号 TP75

土壤湿度是水文学、气象学以及农业科学研究领域的一个重要参数。大面积土壤湿度的监测是农业水管理以及农作物旱情预报的一个重要内容,同时区域尺度乃至全球尺度的土壤信息是陆面过程模式研究必不可少的一个参量,对改善区域及全球气候模式预报结果起着重要的作用^[1]。

传统的土壤湿度测量方法,主要是从有限的地面观测点来测定土壤含水量,例如烘干法、中子法、TDR 法等^[2],因其采样速度较慢且花费的人力、物力较大,难以大范围推广应用。气象卫星可以迅速、大面积、多时相地获取地面信息,为土壤湿度监测提供了一种新的手段,其中以 NOAA/AVHRR 数据应用最为广泛^[3~5]。目前比较成熟的方法有植被供水指数法、距平植被指数法、热惯量法等。但这些方法在实际使用中,或需要有较长年代的资料积累,如植被供水指数法和距平植被指数法;或对监测时的天气条件有较高的要求,如热惯量法需要卫星两次过境的数据以计算地面最高和最低温度^[4]。也有学者采用微波进行了研究,用散射系数法估算水分,但是该方法受地表粗糙度、植被覆盖度以及数据成本高的限制,应用于大范围监测不大现实^[6]。

1 MODIS 数据介绍

Terra和Aqua是两颗比较新的卫星,是由美国分别在1999年12月和2002年5月发射成功。两颗卫星上都搭载中分辨率成像光谱仪MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer),并且MODIS数据对全球免费播放。MODIS具有36个波段(0.405 ~ 14.385 μm 波长),拥有250 m、500 m、1000 m 的3个不同的空间分辨率,扫描宽度2330 km,只需2 ~ 3轨即可覆盖全国^[7]。两颗卫星配合可以获得每天4次的高时间分辨率。目前国内监测土壤含水量的研究几乎全部集中在NOAA/AVHRR数据和微波遥感上,使用MODIS数据的报道还不多见。MODIS不仅覆盖了NOAA/AVHRR数据的全部波段,同时还拥有一些AVHRR所不具备的波段,如1~2 μm 通道。本文就是利用MODIS新的数据波段,结合地面实测数据来计算土壤湿度。

从水的吸收率曲线(图1)可以看到,水在1.4 μm , 2.0 μm 附近存在有很高的吸收峰,如果土壤中水的含量很多,则在这些波长上土壤反射率应该是低值,反之为高值^[8]。TM数据虽然具有1.55 ~ 1.75 μm , 2.08 ~ 2.35 μm 通道,但是其扫描范围窄,时间分辨率低,不适合用作大面积的土壤含水量监测。2002年5 ~ 9月,内蒙古草原勘察设计院对土壤湿度进行了地面准同步测量。MODIS数据由中科院地理所MODIS地

面站提供。本文选取MODIS第7波段来计算含水率,其波长为2.105~2.135 m,分辨率为500 m。

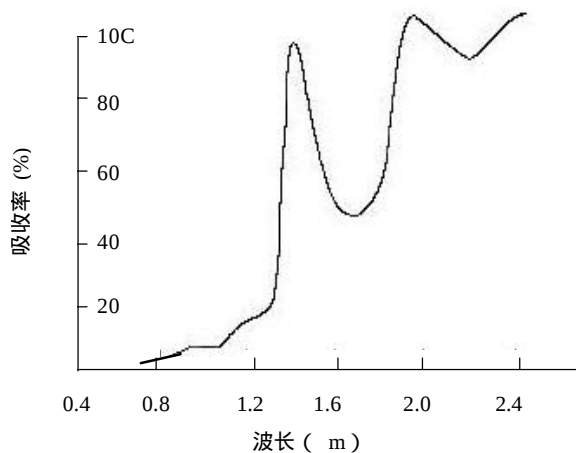


图 1 水的吸收率曲线

2 数据处理

首先使用公式 $(DN - offset) \times scale$ 将原始DN值转变为反射率,比例系数(scale)和偏移值(offset)在原始数据中可以找到,如5月13日数据的scale是 2.82469×10^{-5} ,offset是0。其次由于数据的边缘部分存在有bowtie effect(俗称“双眼皮”)现象,必须在几何校正之前去除。然后采用数据中自带的经纬度信息进行几何校正,校正后的位置精度大约为0.5个像素,具体的校正方法参见文献[9]。最后采用暗物体消减方法进行粗略的大气校正^[10]。

3 结果与讨论

地面调查主要在内蒙古地区进行,调查区范围东经 $112^{\circ} \sim 118^{\circ}$,北纬 $42^{\circ} \sim 45^{\circ}$,时间为2002年5~9月。采用便携式中子探测仪测量土壤5 cm深度内的湿度。从校正后的MODIS数据中大致可以看出,内蒙古沙地部分反射率大约为0.35,华北农田大约为0.08,海面约为0.008,反射率随表面湿度增加有明显下降趋势。最后得到的有效数据53个,结果如图2所示。

采用最小二乘法拟合的公式为 $y = -0.7097x + 0.3524$, $R^2 = 0.72$, $F = 108.2$ 。其中误差在10%以内的占29.6%,20%以内的占64.8%,30%以内的占79.6%,50%以内的占88.9%。在5月13日的图像中,在浑善达克沙地中任意选取243个像素,其第7波段反射率和归一化植被指数NDVI的关系如图3所示。用直线拟合得到的公式为 $y = -0.4861x + 0.5775$,

$R^2 = 0.41$, $F = 167.8$ 。从图中可见,随着反射率增加,土壤含水量逐渐减少,NDVI值逐渐变小,反映出

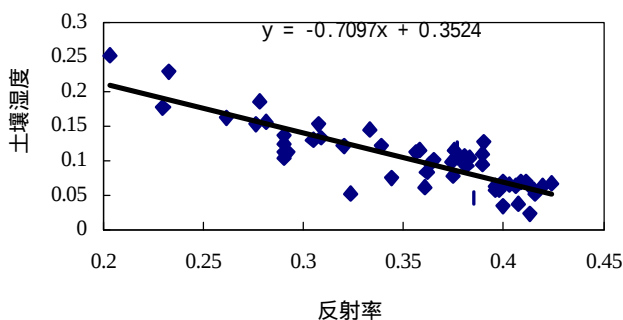


图 2 MODIS 第 7 波段反射率(X)-土壤湿度(Y)图

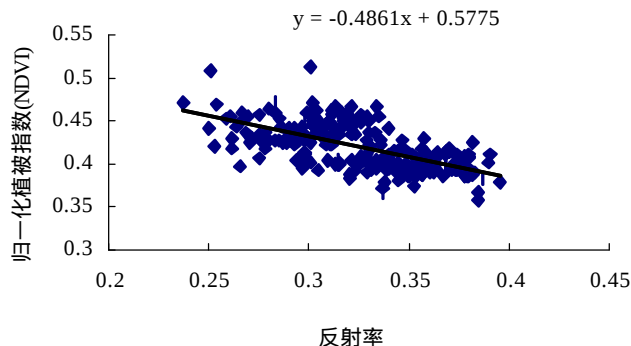


图 3 MODIS 第 7 波段反射率(X)-NDVI(Y)图

干旱地区植被受土壤含水量的控制较为明显。

此次调查中,有64.8%的数据误差<20%,也有几个异常数据误差达到100%,分析其原因如下:

(1) 遥感数据反映的是 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ 范围内平均的土壤含水量,地面调查得到的是几个孤立的点,用几个点的湿度数据代替一个面上的湿度会产生很大误差。

(2) 地面调查测得的数据是地面5 cm以内的湿度,而遥感反映的是地面表层的含水量,二者之间的关系还不明确。

(3) 在地表有植被时遥感反映的是植被冠层的含水量,由于“退耕还草”措施的实施,调查区的植被恢复较好,造成一定误差。

(4) 由于卫星过境时间只有几分钟,而地面测量时间一般是在10:00~15:00时之间,时间不同步造成误差。

(5) 使用粗略的大气校正方法,不能精确地去除大气影响。

综上所述,MODIS第7波段可以反映出土壤含水量的变化,用于大面积、多时相的干旱监测是可

行的。MODIS 第 6 波段 (1.628 ~ 1.652 μm) 也位于水的吸收峰上 , 对于二者之间的关系还需做进一步研究

参考文献

- 1 高峰, 王介民, 孙成权, 文军, 微波遥感土壤湿度研究进展. 遥感技术与应用, 2001, 16(2): 97 ~ 102
- 2 周凌云, 陈志雄, 李卫民. TDR 法测定土壤含水量的标定研究. 土壤学报, 2003, 40 (1): 59 ~ 64
- 3 张树誉, 赵杰明, 袁亚社, 李星敏. NOAA/AVHRR 资料在陕西省干旱动态监测中的应用. 中国农业气象, 1998, 19 (5): 26 ~ 32
- 4 陈添宇, 姚志华, 用 NOAA 卫星资料监测土壤湿度方法的探讨. 甘肃气象, 1997, 15 (3): 28 ~ 29
- 5 郭锐, 陈添宇, 雷建勤, 杨兰芳. 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. 应用气象学报, 1997, 8 (2): 212 ~ 218
- 6 李建龙, 黄敬峰, 王秀珍. 草地遥感. 北京: 气象出版社, 1997
- 7 葛成辉, 刘闯, 美国对地观测系统 (EOS) 中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 遥感数据的特点与应用. 遥感信息, 2000, (3): 45 ~ 48
- 8 [日]遥感研究会编 (刘勇卫, 贺雪鸿译). 遥感精解. 北京: 测绘出版社, 1993
- 9 郭广猛. 关于 MODIS 卫星数据的几何校正方法. 遥感信息, 2002, (3): 26 ~ 28
- 10 田庆久, 郑兰芬, 童庆禧. 基于遥感影像的大气辐射校正和反射率反演方法, 应用气象学报. 1998, 9(4): 456 ~ 461

(上接第 218 页)

COLLECTION AND SORTING OF SOIL SAMPLES CITED IN SOIL RESEARCH FINDINGS

CAI Feng-qi CHEN Dong-feng

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract This is the first time for the idea of “soil samples sited in soil research findings” to appear in papers. So the paper introduces in detail its term and connotation, and elaborates, significance, principle and procedure of collecting and sorting of the samples. The practice will then alter the situation that a written paper is the only fruit that is displayable in the study of soil science by enriching the paper with an object evidence, which will then make contents of the research of soil science richer.

Key word Collection and sorting, Soil sample, Written paper, Exhibition