

基于温度植被旱情指数的 青海高寒区干旱遥感动态监测研究

冯蜀青,殷青军,肖建设,吴素霞,校瑞香,苏文将,张文娟

(青海省气象科学研究所,青海 西宁 810001)

摘要: 利用 MODIS 资料提取的归一化植被指数(NDVI)和地表温度(T_s),构建 NDVI- T_s 特征空间,依据该特征空间设计的温度植被旱情指数作为旱情指标,对青海省东部浅山农业区 2004 年 7 月上旬的旱情进行了动态监测,同时利用各气象台站实测的地面数据进行了验证,结果表明利用温度植被旱情指数(TVDI)法对青海高寒区进行干旱动态监测是可行的。

关键词: 归一化植被指数;地表温度;温度植被旱情指数;干旱;遥感

中图分类号: S161.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0141-05

传统的干旱监测是用点上的数据来监测干旱的程度和范围,对于大范围的旱情监测和评估缺乏实效性和代表性。而利用遥感技术监测干旱则属于面上的监测,对大面积干旱监测、旱情变化评估和预警具有快速、及时、宏观等优势,利用遥感技术进行干旱监测成为当前研究的热点和前沿。国内外用遥感技术监测干旱的方法较多,目前主要采用热红外方法(热惯量模式)^[1,2],但利用土壤热惯量法进行土壤水分状况的监测存在很大的限制;一些学者利用归一化植被指数(NDVI)进行干旱的监测^[3~5],而利用 NDVI 作为旱情指标又表现出一定的滞后性^[6]。近年来,Price、Carlson 和 Sandholt 等学者尝试利用植被指数(NDVI)和地表温度(T_s)的综合信息来监测区域旱情^[7~9],即以遥感资料反演的 NDVI 和 T_s 构成的特征空间,反映土壤水分状况。Goetz 研究了不同分辨率(AVHRR、TM、SPOT 等)下 T_s /NDVI 斜率与土壤水分的关系^[10];Sandholt 等基于植被指数和地面温度的关系,提出了温度植被旱情指数(TVDI)估算土壤表层水分状况。国内姚春生利用 TVDI 反演了新疆地区土壤的湿度^[11],有关地处青藏高原东南部的青海省干旱的实时监测研究工作开展还不够,为此本研究使用 EOS/MODIS 卫星资料,尝试用温度植被旱情指数(TVDI)方法对青海高寒地区干旱进行动态监测。

1 原理与方法

Price 和 Carlson 研究发现假设研究区域地表覆

盖从裸地变化到比较稠密的植被覆盖,土壤水分从萎蔫含水量到田间持水量的情况下,通过绘制 NDVI 和 T_s 的特征空间散布图,提出温度植被旱情指数(TVDI)^[12],其表达式为:

$$TVDI = (\max T_{sNDVI_i} - T_{sNDVI_i}) / (\max T_{sNDVI_i} - \min T_{sNDVI_i}) \quad (1)$$

其中: $\max T_{sNDVI_i} = a + bNDVI_i \quad (2)$

$$\min T_{sNDVI_i} = a' + b'NDVI_i \quad (3)$$

$\max T_{sNDVI_i}$ 、 $\min T_{sNDVI_i}$ 分别表示当 $NDVI_i$ 等于某一特定值时的地面温度最大值和最小值, a 、 b 、 a' 、 b' 为待定系数,其确定是通过作研究区域内的 NDVI 和 T_s 的散点图近似确定。TVDI 的范围为[0, 1], TVDI 的值越小,相对干旱程度越严重。

2 资料获取与处理

选取了覆盖研究区的 EOS/MODIS 卫星资料,资料来源于青海省遥感中心接收的 EOS/MODIS 卫星数据。

利用星地通公司 EOS/MODIS 后端处理系统,对 EOS/MODIS 原始卫星资料(pds)进行预处理(包括数据分析、质量检验、数据定标、几何校正)、云检测、等面积投影生成 ld2 格式的资料,存入干旱遥感监测数据库中。

对每日生成的 ld2 图像资料进行云识别、水体判识,扣除云、水信息后,叠加研究区域的边界,并按边界挖图,按照(4)、(5)计算归一化植被指数

收稿日期:2006-04-20

基金项目:科技部社会公益项目(2002DIB10052)

作者简介:冯蜀青(1965—),女,四川重庆人,高工,主要从事遥感应用与生态监测。E-mail:qhrsc@263.net.cn。

(NDVI) 和 T_s 值。

$$NDVI = (CH2 - CH1)/(CH2 + CH1) \quad (4)$$
$$T_s = 1.0346 \times CH31 + 2.5779 \times (CH31 - CH32) - 10.05 \quad (5)$$

式中： $CH1$ 、 $CH2$ 、 $CH31$ 、 $CH32$ 分别为 1、2、31、32 通道的反射率和辐射亮温。

青海省幅员辽阔,地形和气候十分复杂,降水量不均,农牧业生产方式不同,农业区和牧业区的干旱存在明显的区域和季节差异。为了减少上述差异,将全省大致分为东部浅山农业区、环青海湖牧业区、祁连山地牧业区、青南高原牧业区、柴达木盆地牧业及绿洲农业区 5 个旱区。本研究以 2004 年 7 月 3 日、2004 年 7 月 9 日和 2004 年 7 月 10 日东部浅山农业区为例进行干旱动态监测。

3 结果分析

3.1 NDVI— T_s 特征空间分析

根据 MODIS 遥感影像得到研究区内各像元的 NDVI 和 T_s 值,分别构建 NDVI— T_s 特征空间散

布图(见图 1)。从图 1 NDVI— T_s 的特征空间可以看出随着植被指数的增加,最大地表温度和最小地表温度差值有减小的趋势,NDVI— T_s 散点图呈现三角形。考虑到 NDVI 植被指数的灵敏度,选取 $NDVI>0.08$ 的像元进行研究区域各时期的干边方程和湿边方程的拟和(见表 1),拟和结果可以看出干边斜率小于 0,说明随着植被的增加,地表温度最大值越小;而湿边斜率大于 0,说明随着植被指数的增加,地表温度最小值有增加的趋势。分别代入(1)式,计算温度植被旱情指数 TVDI。

3.2 研究区干旱遥感动态监测

旱情分级指标是反映干旱程度的量度。文中遥感旱情指标的确定是将实地测量的土壤含水量、土壤干土层和降水量等资料,根据青海省气象灾害标准,将干旱划分为无旱、轻旱、中旱、重旱 4 个等级^[13],然后利用这个旱情等级分析结果,与准同时相的 MODIS 遥感资料计算的温度植被旱情指数进行匹配分析^[14],从而确定遥感旱情分级指标见表 2。

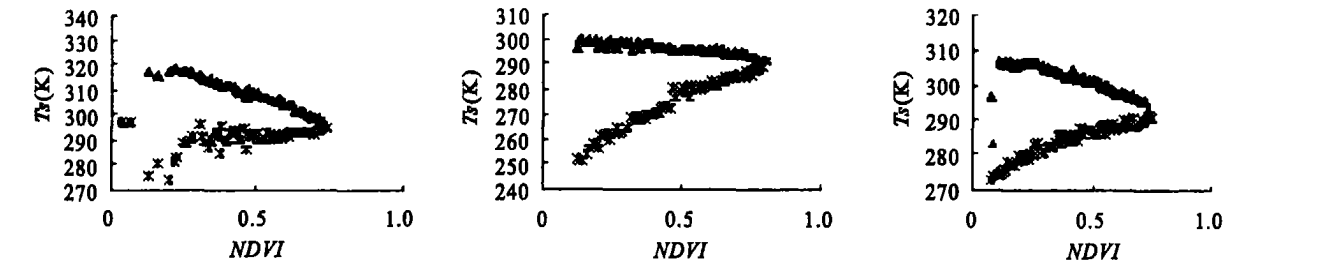


图 1 东部浅山农业区 2004 年 7 月上旬 NDVI— T_s 特征空间

Fig.1 NDVI— T_s spaces for the farming region in east shallow mountain of Qinghai in the first ten-day in July, 2004

表 1 干边和湿边方程

时间 Time	干边 Dry edge	湿边 Wet edge
2004—07—03	$y = -37.326x + 325.94$	$y = 17.856x + 281.96$
	$R^2 = 0.9527$	$R^2 = 0.4287$
2004—07—09	$y = -9.5233x + 300.96$	$y = 54.246x + 248.48$
	$R^2 = 0.8234$	$R^2 = 0.9588$
2004—07—10	$y = -20.316x + 310.33$	$y = 22.961x + 274.47$
	$R^2 = 0.9291$	$R^2 = 0.907$

用 MODIS 资料计算各像元点温度植被旱情指数,同时结合土地利用/土地覆盖、高程、植被覆盖与植被类型等地表资料以及地面土壤含水量监测信息,根据表 2 分级标准,将温度植被旱情指数图分为 4 个等级,并赋予 4 种不同的颜色,来直观地反映旱

情的变化(图 2)。

表 2 东部浅山农业区干旱遥感监测指标

Table 2 The index of monitoring drought by RS in the farming region of east shallow mountain in Qinghai		
作物生长期 Growth stage of crop	TVDI	旱情等级 Drought class
幼苗期(返青) Seedling stage (turning green)	0.00~0.24	重旱 Severe drought
	0.25~0.46	中旱 Moderate drought
	0.47~0.68	轻旱 Slight drought
	0.69~1.00	无旱 No drought
生长中、后期 Middle and later stage	0.00~0.20	重旱 Severe drought
	0.21~0.40	中旱 Moderate drought
	0.41~0.60	轻旱 Slight drought
	0.61~1.00	无旱 No drought

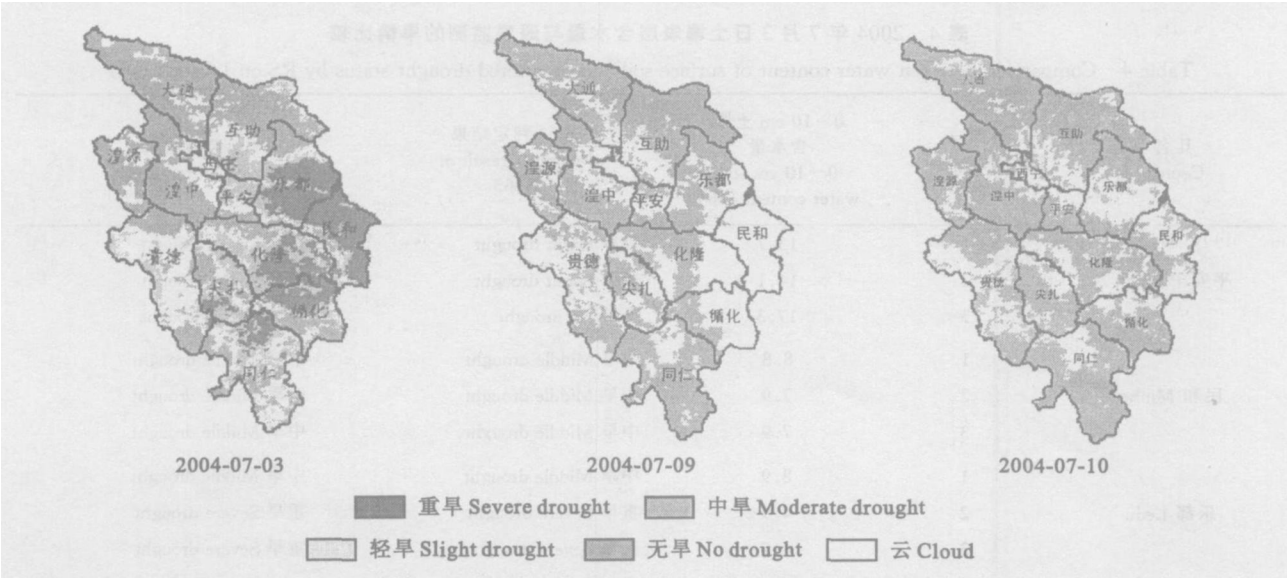


图 2 2004 年 7 月上旬东部浅山农业区旱情等级分布图

Fig.2 The distribution of drought classes in the farming region of east shallow mountain in Qinghai in the first ten-day in July, 2004

2004 年 6 月份到 7 月初降水量与历年同期相比,全区偏少 2~6 成,其中 6 月份的 3~4 日、12~15 日、27~29 日出现了三次降水天气过程,但由于降水量级偏小,无法满足农作物生长需要,全区大部分地区出现了不同程度的干旱。由图 2 可以看出 2004 年 7 月 3 日东部浅山地区除大通、湟源 2 县基本无旱外,其他各县均有不同程度的旱情,其中乐都、民和旱情较为严重,出现重旱的面积较大,化隆东南部、循化北部中旱至重旱,尖扎、同仁也出现一定面积的重旱区域,贵德中部有大片轻旱。到 2004 年 7 月 10 日,研究区内大部分地区旱情大大缓解,特别是乐都、民和、化隆、循化的重旱完全消失,2004 年 7 月 9 日该地区出现了一次较大降水,从该日的旱情等级分布图上可以看出,乐都、民和、化隆、循化等地区有大片的云块,这些地区出现了降水,旱情得到了缓解。从表 3 也可以看出 2004 年 7 月 3 日全区重旱面积有 588 400 hm²,到 7 月 10 日重旱区域完全消失,中旱面积也由 7 月 3 日的 31.45 万 hm²

减少到了 11.25 万 hm²,轻旱和无旱面积大大增加。

3.3 TVDI 的验证

根据 2004 年 7 月 3 日各气象观测台站测得的土壤表层(0~10 cm)含水量与相应位置旱情的监测结果进行比较分析(表 4),结果发现二者具有很好的对应关系,监测精度达到了 85.71%,说明利用 NDVI-Ts 特征空间计算的 TVDI 进行干旱动态监测是合理的。

4 结 论

本研究利用 1 km × 1 km 空间分辨率的 MODIS 数据,获得各像元的 NDVI 和 Ts,构建了 NDVI-Ts 的特征空间,以在此基础上建立的 TVDI 为旱情监测指标,对青海省东部浅山农业区 2004 年 7 月上旬的干旱情况进行了动态监测,并利用气象台站同步观测的表层土壤湿度数据对该指标进行了验证,结果表明利用 TVDI 法对青海高寒区进行干旱动态监测是可行的。

表 3 旱情面积统计结果(万 hm²)

Table 3 The statistics result of area of drought status

日期 Date	重旱 Severe drought	中旱 Middle drought	轻旱 Slight drought	无旱 No drought	云 Cloud
2004-07-03 July 3, 2004	58.84	31.45	66.15	130.41	0.48
2004-07-10 July 10, 2004	0	11.25	81.56	193.56	0.96

表 4 2004 年 7 月 3 日土壤表层含水量与遥感监测的旱情比较

Table 4 Comparison between water content of surface soil and monitored drought status by RS on July 3, 2004

县名 County	测点 Measured spot	0~10 cm 土壤 含水量 0~10 cm soil water content (%)	DB63 判定结果 Judgment result of DB63	监测结果 Monitored result
平安 Ping'an	1	13.7	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	2	14.1	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	3	17.3	无旱 No drought	轻旱 Slight drought
民和 Minhe	1	8.8	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	2	7.9	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	3	7.9	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
乐都 Ledu	1	8.9	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	2	4.9	重旱 Severe drought	重旱 Severe drought
	3	4.9	重旱 Severe drought	重旱 Severe drought
互助 Huzhu	1	16.8	无旱 No drought	无旱 No drought
	2	14.3	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	3	11.8	中旱 Middle drought	轻旱 Slight drought
	4	18.4	无旱 No drought	无旱 No drought
	5	19.5	无旱 No drought	无旱 No drought
	6	15	无旱 No drought	轻旱 Slight drought
	7	13.8	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
化隆 Hualong	1	20.2	无旱 No drought	无旱 No drought
	2	11.1	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	3	13.9	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	4	14.2	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	5	8.8	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	6	11.4	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	7	12.3	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought
	8	10.5	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	9	11.4	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
循化 Xunhua	1	11.9	中旱 Middle drought	中旱 Middle drought
	2	15.2	无旱 No drought	中旱 Middle drought
	3	13.8	轻旱 Slight drought	轻旱 Slight drought

参 考 文 献:

[1] 田国良. 黄河流域典型地区遥感动态研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 122—131.

[2] 刘志明. 利用气象卫星信息遥感土壤土壤水分的探讨[J]. 遥感信息, 1992, (1): 21—23.

[3] 陈维英, 肖乾广. 距平植被指数在 1992 年特大干旱监测中的应用[J]. 环境遥感, 1994, (9): 106—112.

[4] 卢志光, 孙京都. 北京旱情与对策[M]. 北京: 气象出版社, 2002. 107—112.

[5] 罗秀陵, 薛勤. 应用 NOAA—AVHRR 资料监测四川干旱[J]. 气象, 1996, 22(5): 35—38.

[6] 王鹏新, 龚键雅. 条件植被温度指数及其在干旱监测中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2001, 26(5): 412—418.

[7] Price J C. Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28: 940—948.

[8] Carlson T N, Gillies R R, Schmugge T J. An interpretation of methodologies for indirect measurement of soil water content[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1995, 77(3~4): 191—205.

[9] Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79: 213—224.

[10] Geotz S J. Multi-sensor analysis of NDVI, surface temperature and biophysical variables at a mixed grassland site[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(1): 71—94.

[11] 姚春生, 张增祥, 汪潇. 使用温度植被干旱指数(TVDI)反演新疆土壤湿度[J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(6): 473—478.

[12] 齐述华, 王长耀. 利用温度植被旱情指数(TVDI)进行全国旱

情监测研究[J]. 遥感学报, 2003, 7(5): 420—426.

[13] 青海省质量技术监督局. 青海省地方标准 DB63/T 372, 气象灾害标准[S]. 2001.

[14] 盛绍学, 马晓群. 基于 GIS 的安徽省干旱遥感监测与评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 151—157.

Monitoring drought dynamic variation based on temperature vegetation drought index in Qinghai high and cold area

FENG Shu-qing, YIN Qing-jun, XIAO Jian-she, WU Su-xia, XIAO Rui-xiang, SU Wen-jiang, ZHANG Wen-juan
(Qinghai Institute of Meteorology, Xining 810001, China)

Abstract: Normalized Different Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (T_s) were extracted from MODIS data, and were used to construct the NDVI— T_s space, from which the Temperature Vegetation Drought Index (TVDI) was obtained as drought index. The drought dynamic variation for the farming region of east shallow mountain in Qinghai in the first ten-day in July, 2004 was monitored, and compared with the simultaneously measured data of each observatory. The results indicated that it was feasible to monitor the drought dynamic variation in Qinghai high and cold area by using TVDI.

Keywords: Normalized Different Vegetation Index (NDVI); Land Surface Temperature (T_s); Temperature Vegetation Drought Index (TVDI); drought; remote sensing monitoring

(上接第 140 页)

[6] Banninger C. Changes in canopy leaf area index and biochemical constituents of a spruce forest as measured by the AIS—2 Airborne Imaging Spectrometer [J]. Remote Sensing, 1989, 4: 2085—2089.

[7] 张仁华, 孙晓敏, 朱治林. 作物叶绿素含量遥感模型及利用陆地卫星所做的区域二维分布. 植物学报, 1997, 399: 821—825.

[8] 贾良良. 应用数字图像技术与土壤植株测试进行冬小麦氮营养诊断[D]. 北京: 中国农业大学, 2003. 9—20.

The estimating model of chlorophyll relative content in leaves of winter wheat by remote sensing

WU Su-xia^{1,2}, FENG Shu-qing¹, MAO Ren-zhao², HOU Mei-ting², WANG Bo²
(1. Qinghai Institute of Meteorological Science, Xining 810001, China; 2. Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Based on the analysis of previous methods of monitoring chlorophyll content, this paper discussed the feasibility of estimating chlorophyll relative content in leaves of winter wheat at different stages by using the TM (Thematic Mapper) images. According to the correlativity between remote sensing variables and measured chlorophyll relative content, the mathematical models were established to estimate chlorophyll relative content at heading and booting stages by remote sensing, which laid a foundation for monitoring the growing state of winter wheat by using remote sensing technology.

Keywords: TM(Thematic Mapper); remote sensing; chlorophyll relative content; winter wheat