

监测四川干旱

罗秀陵

薛勤 张长虹 云中龙

(四川省气象科学研究所,成都 610072)

(四川省气象局通信台)

提 要

重点阐述用 AVHRR 的 CH₄ 反演的下垫面温度监测四川中部旱情的方法。结果表明,遥感下垫面温度与干旱指数线性相关很好,其空间分布与地面旱情分布基本一致,用遥感下垫面温度结合地面气象、农气、灾情等实时资料可快速、实时监测大面积夏旱动态。

关键词: AVHRR CH₄ 监测 夏旱 遥感下垫面温度

前 言

干旱是四川最主要的灾害之一。据四川史料记载,近五百年中,伏旱发生的频率为 40%。据 1951—1988 年资料统计,干旱发生的频率为 94%,夏旱发生频率为 70%。研究快速监测大面积干旱的技术,对抗灾、减灾具有重要意义。

监测干旱的方法,大体分地面监测和遥感监测两大类。前类的特点是单点直接观测,比较准确,但获取大面积干旱信息要花费大量人力物力。卫星遥感监测,可以快速、实时获取大面积陆表特征信息。但目前气象卫星、陆地资源卫星只有可见光、红外波段通道,获取的是下垫面表层信息,监测干旱难度很大,技术尚处在研究阶段。国内外专家已提出的热惯量法、植被缺水指数法、作物供水指数法、距平植被指数法等等,投入业务应用尚有难度。本文试用遥感资料结合气象、农气常规资料监测干旱。

1 干旱概念

干旱是指在农业技术水平不高的条件下,植株对水分需要量和从土壤中吸取水量之间的关系极不适应,结果使农作物产量显著下降的气象条件^[1]。通常把干旱分为土壤干旱和大气干旱(即干旱风)。土壤干旱指土壤水分减少致使植物正常水分供应受到破

坏,进而导致产量显著下降的气象条件。从干旱发生时间来分,可分为春旱(3—4 月发生),夏旱(5—6 月),伏旱(7—8 月),冬旱(12—翌年 2 月),本文仅讨论 5—6 月份四川盆地中部的土壤干旱。

2 应用 AVHRR CH₄ 资料监测干旱

分析四川盆地中部的下垫面状况,其特点是,地形、地貌、地势相近,以浅丘为主;气候和天气同属一区;耕作制度一年两熟,大春季分旱地和水田两类,以旱地为主。5 至 6 月份,大春旱地作物处于苗期,水稻处于插秧、返青、分蘖期,植被覆盖度低。下垫面基本满足用热惯量法监测干旱的假定条件^[2]。但四川盆地昼夜都是晴空且卫星过境仰角又较高的几率很小。若采用热惯量法,遥感资料不易取得。我们试用 AVHRR CH₄ 反演的下垫面温度,结合地面气象、农气、灾情、地理等实时资料和历史资料监测大面积干旱。

2.1 依据

我们用的是中国气象局卫星气象中心研制的极轨气象卫星微机处理系统。本文所用的 AVHRR CH₄ 反演的下垫面温度(以下简称遥感下垫面温度)是由该系统提供的。系统将接收到的遥感资料首先作预处理生成 1A.5 数据集^[3]。再对 1A.5 数据集作定量处理,生成局地数据集,其中对可见光、近红外

通道作定标、太阳高度角订正,转换成了反射率。对红外通道作定标、临边变暗订正,转换成了亮度温度。再将CH₄的亮度温度作大气水汽订正,下垫面比辐射率订正、单位换算等,得出遥感下垫面温度,并形成等经纬度投影的图象和格点化数字文件。

由上可知,遥感下垫面温度 T_c 的理论计算为:

$$T_c = T_b + \Delta T$$

式中, T_b 为亮度温度, ΔT 为大气水汽订正和下垫面比辐射率订正等。 T_b 可根据普朗克黑体辐射公式求得。

地球是选择性辐射体,但它在红外波段的比辐射率近似1,因此对红外波段而言,地球可看作黑体,根据普朗克黑体辐射公式求得的亮度温度近似其物理温度。大气对波长为10.3—12.5 μm 的红外辐射的透射率也近似1,因此应用AVHRR CH₄(10.3—11.3 μm)反演的亮度温度近似于下垫面的物理温度。对CH₄的亮度温度作下垫面比辐射率订正、大气水汽含量对该波段辐射透过率影响的订正、及单位换算等,得出的遥感下垫面温度,更接近下垫面的物理温度。

白天,下垫面温度的空间分布能间接反映土壤水分的空间分布。因为对于接收相同太阳直接辐射量的同类土壤而言,土壤热容量、热导率随水分减少而急剧减小(因为空气的热容量、热导率仅分别是水的1/3296、1/30),依据地表温度方程,土壤热容量、热导率减小导致土壤温度增量增大;其次,蒸发耗热量随土壤水分减小而减少;第三,土壤水分减少,影响植被蒸散减少,引起植被温度增高。所以水分少的土壤,其下垫面温度相对较高。

综上推理,遥感下垫面温度的空间分布能间接反映土壤湿度的空间分布。

按此思路,我们试用遥感下垫面温度的县平均值 T_x 与该县前期的干旱指数求相关,结果线性相关极密切。例如1994年5月28日,NOAA-11经过成都的仰角85.8°,此刻盆地大部分地区晴空, T_x 与对应县5月1—28日的干旱指数的相关系数,超过0.001置信水平(见图1a)。回归方程为:

$$\hat{T}_x = 34.08 + 1.851G$$

$n = 8, r = 0.8847, s = 0.91886$
 式中, G 为干旱指数; n 是样本数; r, s 分别为相关系数和标准差。

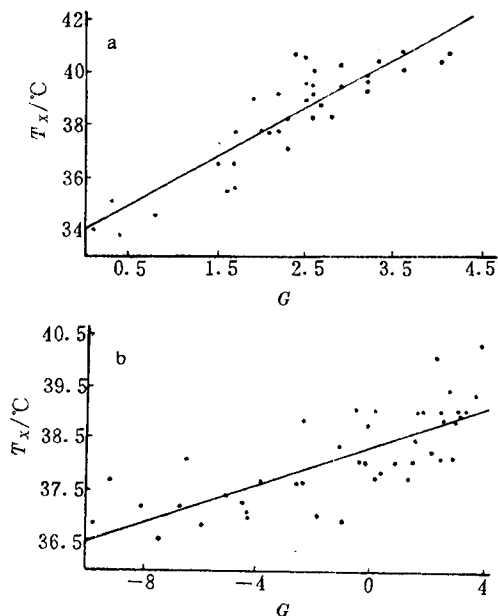


图1 遥感下垫面温度 T_x 与干旱指数 G 的关系
 a:1994年5月28日 b:1993年6月14日

又例,1993年6月14日,NOAA-11经过成都的仰角50°,盆地大部分久旱。 T_x 与对应县5月11日—6月14日的线性相关系数 r 为0.75987($n=44$)仍超过0.001的置信水平(见图1b)。回归方程为:

$$\hat{T}_x = 38.4 + 0.1823G$$

遥感下垫面温度,与当天测定的10cm深土壤湿度的线性相关也极显著。例如,1994年5月28日,NOAA-11, T_x 与对应县上报的当天的10cm深土壤湿度的相关系数为-0.83108, $n=15$,超过0.001的置信水平(见图2),回归方程如下式:

$$\hat{T}_x = 46.7656 - 0.1549W$$

式中, W 表示10cm深土壤湿度(占田间持水量%)。

遥感下垫面温度数字图的高温区与土壤湿度的低值区,基本重叠(见图3)。而且,它与用降水量法划出的受旱区也基本一致(图略)。

综上分析,将AVHRR CH₄反演的下垫

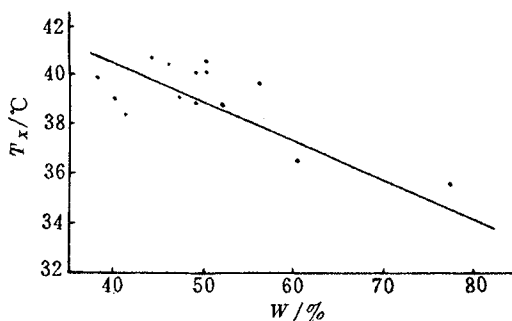


图2 遥感下垫面温度 T_s 与土壤湿度 W 的关系

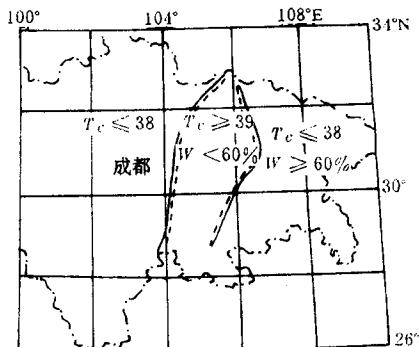


图3 遥感下垫面温度 T_c /°C 与土壤湿度 W 空间分布

面温度,用于宏观监测大面积干旱,不但有理论依据,而且在实践上也是可行的。

2.2 资料处理方法

遥感资料:遥感图象的几何校准是采用输入当天的轨道参数作粗校准,再选取地面曲率大的若干特定点作精校正,达到误差小于2km。应用计算机技术完成下列工作:行政县边界经纬度数据误差 $\leq 0.02^\circ$;行政县边界与遥感温度数字(图象)文件叠加;屏蔽处理;打印各县的遥感下垫面温度图,分辨率为1km;计算各温度等级的象元数、全县的平均温度等供分析。

地面资料:干旱指数资料来源于省气候应用所。降水实时资料来源于省气象台,土壤湿度、作物发育期、灾情报告等来源于省农气中心和省局业务处。所用资料是经过审核或出版的。

2.3 确定干旱指标

我们用1994年资料求指标。用5月28日的土壤湿度、灾情报告、农气旬月报、5月1—28日的干旱指数、逐日降水等实时资料,参照四川地势、地形、土壤、土地利用、灌溉区等历史资料和区划图,确定出5月28日地面受旱区、未受旱区,旱灾程度分别是轻、中、重的地区,以及大型水库等的位置,找出与之对应的遥感的下垫面温度,订正云对遥感下垫面温度的影响。经模式识别,综合分析,初步确定四川盆地中部丘陵区的夏旱指标: $T_c \leq 38^\circ\text{C}$ 且农业未受旱,为无旱指标; $T_c = 39^\circ\text{C}$ 且出现土壤水分对播种不利,出苗不齐,叶子上部卷起,稻田缺水等状况,为轻旱; $40 \leq T_c \leq 41^\circ\text{C}$,土壤水分减少到播种困难、缺苗严重、叶子白天凋萎、稻田断水不能插秧等,为中等干旱; $T_c \geq 42^\circ\text{C}$ 且土壤水分减少到不能播种出苗,河流断水,植株死亡等,为重旱指标。这里 T_c 表示用 AVHRR 的 CH4 反演的下垫面温度。

众所周知,下垫面温度还受天气、季节的影响。因此,干旱指标不仅考虑遥感下垫面温度,还要综合考虑地面旱情等资料。实际运作时,每天查看日降水实时资料,当连续出现负距平时,密切注视遥感下垫面温度高温区所对应的地面的旱情。综合运用上述的方法和地面资料及遥感资料,确定干旱遥感温度指标及修正值。用遥感下垫面温度计算干旱区的位置、面积、强度等。若遇冷空气入境,下垫面温度降低,根据地面旱情,修订遥感干旱温度指标,再计算受旱区的位置、强度、面积,实现动态监测。下垫面状况与盆地中部差异较大的地区,指标需作修订。

2.4 指标检验

用1993年5月21日、6月14日的遥感资料和地面旱情作检验。结果表明,用遥感综合指标监测的旱情,与地面旱情基本相符(见表1、表2)。再以三台县来检验,1994年5月28日,该站上报的10cm、20cm的土壤湿度分别是79%、78%,未受旱。但遥感资料显示出该县大部分地区出现了中等旱灾和严重旱灾。实地调查结果,卫星遥感下垫面温度显示的旱灾程度与地面旱情相符。该站上报的土壤湿度及早情,是在县站附近有灌溉条件的平原旱作地段测定的,因经费紧张等原因,该

站当时未作大面积干旱调查。

表1 1993年6月14日遥感资料和地面旱情实况

市(县)名	R_{39}	R_{40}	地面旱情实况
简阳	99	91	旱
仁寿	78	47	旱
金堂	98	83	旱
宜宾	86	55	旱
剑阁	86	66	旱
绵阳	77	31	旱
荣县	74	36	旱
德阳	68	39	旱(旱地旱,水田不早)
双流	57	29	旱(都江堰灌区不早)
成都	72	37	旱(都江堰灌区不早)
为	44	15	旱
犍台	87	20	旱(都江堰灌区不早)
营山	44	15	原是中等干旱,现旱象部分缓和
泸县	23	4	原是重旱区,现大部分旱象解除
江津	9	0.4	旱象大部分解除,有轻旱
遂宁	6	0.1	有轻旱
安岳	3	0	旱象解除
永川	2	0.3	旱象解除

注: R_{39} 、 R_{40} 分别为 $T_c \geq 39^\circ\text{C}$ 、 $T_c \geq 40^\circ\text{C}$ 的面积占全县的百分数/%

表2 1993年5月21日遥感资料与地面旱情

市(县)名	广元	剑阁	盐亭	南充	南部	西充	射洪	遂宁	蓬溪	苍溪	旺苍	广安
$T_c \geq 40^\circ\text{C}$ 象元占全县象元数百分率/%	71	55	78	85	88	99	82	92	90	26	13	2
干旱状况	早	早	早	早	早	早	早	早	早	少旱	少旱	不早

2.5 制作遥感干旱信息图

遥感干旱信息图是在 WINDOWS 操作平台上开发的。将遥感下垫面温度的数字图或图象,制成表示旱灾分布的彩色图,由彩色喷墨(或点阵)打印机输出,或上网。

3 小结与讨论

本文阐述用 AVHRR 的 CH4 反演的下垫面温度监测四川中部旱情的方法。结果表明,遥感下垫面温度,与干旱指数、10cm 深土壤湿度的线性相关很显著,其空间分布与地面旱情的分布基本一致,用其与地面气象、农气、灾情等资料综合分析,可快速、实时反映大面积夏旱动态。遥感下垫面温度是由国家卫星气象中心研制的极轨卫星微机处理系统反演的。本文提出的夏旱指标,仅是初步研究,尚须补充和完善。

致谢:本文得到刘玉洁老师指导,在此致谢。

参考文献

- 1 B. B. 西涅里西柯夫. 普通农业气象学. 北京:科学出版社,1958.
- 2 徐希孺. 资源与环境监测应用模型. 1994年培训教材, 1994年.
- 3 国家气象局卫星气象中心. 气象卫星资料微机处理系统技术手册,1990年3月.

Application of NOAA-AVHRR data to monitoring of drought in Sichuan Province

Luo Xiuling

(Meteorological Institute of Sichuan, Chengdu 610072)

Xue Qing Zhang Changhong Yun Zhonglong

(Communication Station of Sichuan Province Meteorological Bureau)

Abstract

The method of using the underlying surface temperature from the forth channel data of AVHRR to monitor the drought in central Sichuan Province is described, and some interesting results are obtained. The underlying surface temperature is much linearly interrelated to the drought index, and it's spacial distribution is almost consistent with the condition of drought. Through comprehensive analysis of the underlying surface temperature from remote sensing, real-time surface observations, observations from agriculture meteorology, and information from the drought, it is possible to monitor the trend of a drought for large area in real-time.

Key Words: AVHRR the forth channel monitoring drought underlying surface temperature from remote sensing