

张文宗 周须文

王晓云

(河北省气象局, 石家庄 050021)

(北京市气象局)

提 要

论述了根据热惯量理论,利用气象卫星 AVHRR 资料,对华北平原的土壤墒情进行动态监测的方法。并在分析土壤墒情、降水量、气温和未来降水趋势对于干旱综合影响的基础上,提出了适用华北地区农作物生长季节干旱的综合评估和预警指标。根据这种指标研制的干旱综合评估和预警系统其灵敏性和稳定性均有显著的提高。

关键词: 华北干旱 评估技术 应用研究

引 言

据统计,华北地区平均每年因干旱农作物受灾面积占全国因干旱受灾面积的 30% 以上^[1],严重地影响了该地区的农业生产和国民经济的持续发展。因此,干旱的综合评估和预警技术对防灾减灾具有重要的现实意义。现有的干旱预警系统没有考虑未来降水趋势等因素的综合影响,因而还待于改进。

为了提高干旱综合评估和预警技术水平,我们根据土壤热惯量理论研究了 10~50cm 土壤墒情遥感监测技术。在分析土壤墒情、降水量、气温和未来降水趋势综合影响的基础上,确定了干旱综合评估和预警指标,并开发了干旱综合评估和预警系统,在为防灾减灾提供新的实用技术方面做了尝试。

1 基本原理和资料的采集

1.1 基本原理

土壤含水量的变化和蒸发等过程,直接影响着干旱的发生、发展和消亡。从某种意义上来说,农业干旱监测的实质是土壤水分的监测。研究成果^[2,3]表明,可以借助于测量土

壤热惯量来测量土壤含水量,土壤热惯量

$$P = K(1 - A)/\Delta T \quad (1)$$

式中: A 为地面反照率; ΔT 为地面日温差; 比例系数 $K = \omega S_0 \tau K_0 (\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega_i)$ 其中: 角频率 $\omega = 2\pi/24$; S_0 为太阳常数; τ 为大气透射率; K_0 为与热传导方程有关的比例系数; δ 为太阳赤纬; φ 为观测点地理纬度; ω_i 为当地正午日相角。

由式(1)可知,单位面积上的土壤热惯量与土壤吸收的辐射 $(1 - A)$ 成正比,与地面日温差 ΔT 成反比;而土壤湿度又与土壤热惯量成正比,即热惯量大的土壤湿度大;热惯量小的土壤湿度小。由此可见,利用气象卫星的 AVHRR 资料可以进行农业干旱的动态监测和评估。

根据在华北 5 省进行多次土壤墒情遥感监测的试验数据,得出了面雨量订正公式,由于土壤墒情遥感模式是准线性的,而使用面雨量订正方法给出的订正常数对线性模式的订正仅相当于平面直角坐标系中直线的平行移动,并未改变线性模式中因变量和自变量

的函数关系,所以,根据前期降水量的变化订正一个常数的土壤墒情是合理的。针对土壤含水量在农作物生长季节对作物生长起着十分关键作用的情况,本文采用了占田间持水量来建立干旱的综合评估和预警指标,并根据面雨量订正方法的实验数据设计了根据降水量、最高气温和未来降水趋势订正土壤墒情的模式和参数。

1.2 资料的采集

本文应用的气象卫星 AVHRR 资料是,通道 1 的反照率,通道 4 的订正亮温和订正夜温,分辨率 2.2km。地面资料取自河北省 30 个农业气象站在卫星星下点过境时实测的土壤墒情资料(占田间持水量),深度为 10、20、30、40 和 50cm。

干旱综合评估和预警预报系统使用的是通过 DDN 线路采集的实时资料,这种实时资料以 AB 报的格式每旬采集一次。在农作物生长旺季还通过加密的 AB 报每 5 天采集一次土壤墒情。逐日的降水量则可以从雨情报中得到。干旱预警服务系统还通过人机交互的方式对中期降水趋势预报进行采集和处理。

2 主要研究成果

2.1 遥感监测模式

将相邻的两个或 3 个时次的样本合并统计。得出了一批土壤湿度遥感监测模式,这些模式具有

$$y_h = A_h + B_h X \quad (2)$$

的形式,式中, y_h 是 h (10、20、30、40、50cm) 深度的土壤湿度(占田间持水量); A_h 、 B_h 是模式的经验系数; X 是线性化因子 [$X = (1 - A)/\Delta T$]。

这些模式分别适用于春秋两季植被不太高的土壤湿度的遥感监测,相关系数通过的检验精度均在 0.02 以上,且随深度的增加而

增大,到 40cm 模式的统计信度达到 0.001 为最大,50cm 模式的统计信度达 0.01。肖乾广等人提出的“遥感土壤水分最大信息层”的观点,从物理学的角度解释了为什么相邻两个时次或相邻 3 个时次的样本合并统计可以得出理想模式的问题^[5]。这种相关系数随深度增加而增大的遥感模式符合深度越深土壤湿度越稳定的土壤水分变化规律。

2.2 面雨量土壤墒情订正模式

通过多时次的对比试验,得出了面雨量土壤墒情订正模式

$$\Delta S_h = (R - 25)/(2h) \quad (3)$$

式中, ΔS_h 是 h 深度土壤墒情订正值; R 为遥感监测前的面雨量; h 为深度。

经过面雨量订正后的遥感土壤墒情与实测墒情的误差普遍减小,一般可控制在 11% 以下。

2.3 干旱综合评估和预警指标

根据试验结果可以得到干旱综合评估和预警指标:

$$\hat{S} = S + \Delta S_R + \Delta S_T + \Delta S_f \quad (4)$$

式中, $\hat{S}$ 为干旱综合评估预警指标; S 为实测或遥感的 20cm 深度土壤墒情(占田间持水量); ΔS_R 为根据降水量试验得出的订正值; ΔS_T 为根据最高气温试验得出的订正值; ΔS_f 为根据中期降水趋势预报得出的订正值。

降水量订正模式

$$\Delta S_R = \begin{cases} -3 & \text{当降水量 } R=0 \text{ 时;} \\ 3 & 0 < R < 3; \\ 5 & 3 \leq R < 10; \\ 8 & 10 \leq R < 25; \\ 10 & 25 \leq R < 50; \\ 12 & 50 \leq R < 100; \\ 14 & 100 \leq R < 200; \\ 18 & 200 \leq R \end{cases} \quad (5)$$

降水量订正模式是根据实测或遥感土壤墒情后发生的降水量(来自雨情报的逐日值或过程值)来确定订正值,它的应用可以较好的避免实施测墒后因降雨发生的土壤墒情误差。使干旱预警服务系统动态监测的情况更加逼近警报发布前的实际情况。

最高气温订正模式

$$\Delta S_T = \begin{cases} -8 & \text{当最高气温 } T \geq 38^\circ\text{C}; \\ -6 & 38^\circ\text{C} > T \geq 36^\circ\text{C}; \\ -5 & 36^\circ\text{C} > T \geq 34^\circ\text{C}; \\ -3 & 34^\circ\text{C} > T \geq 32^\circ\text{C}; \\ 0 & 32^\circ\text{C} > T \end{cases} \quad (6)$$

最高气温订正模式是根据实施测墒后的逐日最高气温确定订正值的。它适用于海拔高度低于 100m 的地区。对于海拔高度高于 100m 的地区,每一级订正值所对应的最高气温比低于 100m 地区所对应的温度低 2.0℃即可。即在海拔高于 100m 的地区,当最高气温高于 36℃时,其订正值即为 -8,依此类推。

中期降水趋势预报订正模式

$$\Delta S_f = \begin{cases} -5 & \text{晴} \\ -3 & \text{多云} \sim \text{阴} \\ 0 & \text{零星小雨} \\ 3 & \text{小雨} \\ 5 & \text{小} \sim \text{中雨} \\ 6 & \text{中} \sim \text{大雨} \\ 8 & \text{大雨} \\ 10 & \text{大} \sim \text{暴雨} \\ 12 & \text{大暴雨} \end{cases} \quad (7)$$

中期降水趋势订正值对于干旱预警效果影响较大,要想提高干旱预警服务系统的稳定性,必须有高水平的中期预报支持。随着中期天气预报水平的提高,这部分订正值的应用,对于提高系统的稳定性有着重要的意义。

具体的干旱综合评估和预警指标为:

$\hat{S} < 40$	极旱
$40 \leq \hat{S} < 50$	重旱
$50 \leq \hat{S} < 60$	轻旱
$60 \leq \hat{S} \leq 80$	正常
$80 < \hat{S} \leq 95$	轻涝
$95 < \hat{S} \leq 109$	重涝
$\hat{S} > 109$	极涝

(8)

3 效果检验

为了检验系统的应用效果,我们对河北省 7 个代表站 1998 年 8~10 月的实际情况进行了干旱综合评估,检验结果见表 1(以晋县为例)。附表中把干旱评估和预警结果与实际土壤墒情旱涝等级比较,等级一致的记为 0。中期降水趋势预报值选用的是实际天气情况。

7 个代表站 63 个时次的检验结果表明,综合评估结果准确率平均为 74.6%。平原地区的综合评估结果准确率高于山区,最高达 88.9%。8 月份的综合评估结果准确率高于 9、10 月份。相差一个等级的占 23.8%。在 63 个时次综合评估检验中,只出现 1 次相差 2 个等级的情况(占 1.6%),出现在 10 月份。

4 小结

干旱综合评估和预警系统不仅考虑了土壤水分、降水量、气温和未来降水趋势等因素的影响,而且从实际应用出发,又考虑了其技术软件的实用性、稳定性和可操作性。其最大优点是稳定性较好,时效快。干旱综合评估和预警系统在河北省应用效果良好,基本符合实际情况,受到了地方政府和有关部门的欢迎,具有较高的推广应用价值,可在省、市气象部门推广使用。

表1 晋县1998年8~10月干旱综合评估检验表

	S	r	ΔS_R	$T_{\max}$	ΔS_T	F	ΔS_f	$\hat{S}$	$\hat{S}-S'$
上	57	0	-3	34	-5	小雨	3	52	0
8 中	57	0	-3	32	-3	大暴雨	12	63	0
下	71	0	-3	32	-3	零星小雨	0	65	0
上	62	0.1	3	33	-3	小雨	3	65	0
9 中	67	0.5	3	27	0	小雨	3	73	正常~轻旱
下	52	0	-3	32	-3	小雨	3	49	0
上	43	0	-3	23	0	小雨	3	43	0
10 中	48	0	-3	23	0	小~中雨	5	50	0
下	52	0	-3	17	0	晴	-5	44	重旱~极旱*

注:极旱对应的是11月上旬20cm的土壤墒情(38)等级, S' 为下一旬的土壤墒情。

参考文献

- 1 叶笃正等. 旱涝气候研究进展. 北京:气象出版社, 1990:19~32.
- 2 张向前等. 热惯量成象研究. 遥感信息, 1986:16~18.
- 3 张文宗等. 华北平原土壤水分遥感监测研究. 第九届
- 4 谢贤群等. 作物与水分关系研究. 北京:中国科学技术出版社, 1992:204~212.
- 5 肖乾广等. 用气象卫星监测土壤水分的试验研究. 应用气象学报, 1994.

全国遥感技术学术交流会议论文集, 1995:201~203.

A Research on the North China Integrated Drought Assessment and Early Warning Technology

Zhang Wenzong Zhou Xuwen

(Hebei Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050021)

Wang Xiaoyun

(Beijing Meteorological Bureau, 100081)

Abstract

A dynamic monitoring method of soil moisture in North China was described, according to heat inertia theory, and by using polar-orbit satellite AVHRR data. Based on the synthetic analysis of soil moisture, rainfall, air temperature and assessment and early warning drought index suitable for North China during crop growing season was pointed out. The sensitivity and stability of integrated drought assessment and early warning system based on this index were improved significantly.

Key Words: North China drought assessment technology application research