

河南省墒情预报业务服务系统

刘荣花 朱自玺 邓天宏 方文松 付祥军

(河南省气象科学研究所, 郑州 450003)

提 要

在以往对作物不同生育阶段的耗水规律、适宜水分、干旱指标和农田土壤水分变化规律进行了大量研究工作的基础上,根据农业生产可持续发展的需要,开发研制了集河南省农田水分监测、预报和灌溉决策服务于一体的土壤墒情预报业务服务系统。该系统可较准确地预报未来一个月内的土壤墒情变化,并可根据作物发育特点,给出以最高产量和最佳经济效益为目标的灌溉建议。

关键词: 墒情 预报 业务系统

引 言

水资源短缺是当今世界面临的一个重要问题。在农业生产中如何科学合理用水,提高水分利用效率,使有限的水资源发挥更大的经济效益,是迫切需要解决的一个重大问题。在充分利用大量的农田水分研究成果的基础上,研制土壤墒情预报业务服务系统,对于发展节水农业,提高水分利用效率,使有限的水资源发挥更大的经济效益,便于各级政府决策部门和生产单位指挥和安排农业生产,实现农业的可持续发展具有重要现实意义,同时,也为拓展气象为农业服务领域开辟了一条新途径。

1 墒情预报的主要理论依据

本系统是在朱自玺等人^[1~5]多年研究的基础上,根据中长期天气预报结果,通过对常年平均气象要素的修正,计算出未来逐日潜在蒸散;通过土壤湿度和作物叶面积系数的二级订正,计算出作物系数,进而求得未来逐日实际蒸散值。根据土壤水分平衡方程,由现在实测土壤湿度,递推求得未来各时段土壤湿度。将未来土壤湿度与小麦不同时段的适宜水分指标和干旱指标进行对比,并从经济效益的角度分析,确定是否灌溉,以及最佳灌溉量。

1.1 墒情预报的理论依据

土壤水分平衡方程是进行墒情预报的主要理论依据,根据土壤水分平衡方程:

$$W_{T+1} = W_T + P + G - ET \quad (1)$$

式中, W_{T+1} 为时段末的土壤含水量(mm), W_T 为时段初的土壤含水量(mm), P 为时段内的有效降水量(mm), G 为时段内地下水补给量(mm), ET 为时段内作物耗水量(mm)。

时段初土壤含水量 W_T :

$$W_T = 10m\rho h \quad (2)$$

式中, m 为用烘干法测得的重量土壤湿度(%)的分子项; ρ 为土壤容重($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); h 为土层厚度(m),模型中取 1m; 10 为单位换算系数。

时段内有效降水量 P :

$$P = R - T - L - I_t \quad (3)$$

式中, P 为有效降水量(mm); R 为预报降水量(mm); T 为径流量(mm); L 为深层渗漏量(mm); I_t 为植被截留量(mm),其值随作物生长发育阶段的不同而变化。

时段内地下水补给量 G 主要决定于地下水埋深和土壤性质。小麦拔节前根系较浅,地下水补给量可不予考虑。拔节后及夏玉米地下水补给量 G 的计算公式^[6]为:

$$G = ET/e^{2H} \quad (4)$$

式中, H 为地下水埋深(m), ET 为阶段实际

耗水量(mm)。

从计算农田潜在蒸散入手,经过土壤水分和作物叶面积系数的二级订正,进而求得未来某时段耗水量 ET 。用1998年联合国粮农组织推荐的 Penman-Monteith 公式计算得到潜在蒸散后,对潜在蒸散值进行订正,即可得到农田实际蒸散量:

$$ET = K \cdot ET_0 \quad (5)$$

式中, ET 为麦田实际蒸散量即作物耗水量; K 为作物系数,是土壤含水量和叶面积系数的函数。

利用以上各式,将水分的各收支项代入方程(1),利用递推的方法,即可进行土壤墒情预报。

1.2 冬小麦和夏玉米的适宜水分指标和干旱指标

农作物的高产稳产需要一定的水分消耗,但并非耗水越多越好。朱自玺等人通过多年来土壤水分试验并参考其它研究成果,确定了不同土壤类型下两种作物各生育期的适宜水分指标下限(即轻旱指标)和重旱指标^[1,2,4](表1,表2)。

表1 冬小麦适宜水分指标下限(轻旱指标)和重旱指标(占田间持水量的百分比)

土壤类型	播种—返青		拔节—灌浆		乳熟—成熟	
	轻旱	重旱	轻旱	重旱	轻旱	重旱
砂土	54	36	60	32	50	32
砂壤土	56	39	62	34	54	36
轻壤土	60	42	66	38	56	39
中壤土	63	45	67	43	60	42
重壤土	67	49	70	47	63	45
轻粘土	70	52	72	51	67	49
中粘土	72	55	73	53	70	52
重粘土	74	56	75	57	72	55

表2 夏玉米干旱指标和适宜水分指标

	土壤湿度/%	相对湿度/%
极旱	≤8.5	≤40.0
重旱	8.6~12.5	40.1~55.0
轻旱	12.6~15.0	55.1~70.0
适宜	15.1~18.0	70.1~85.0

(注:玉米指标主要指拔节—成熟期)

将未来逐日土壤湿度计算出之后,与水分指标下限进行比较,当土壤湿度大于适宜水分指标下限时,不进行灌溉;土壤湿度低于重旱指标时,则进行灌溉。当土壤湿度处于适宜水分下限和干旱指标之间时,是否进行灌溉,以及灌溉量是多少,则根据对灌溉量的经济效益分析决定^[1]。

2 系统的组成

河南省土壤墒情预报业务服务系统主要包括数据收集模块、数据入库、预报制作(运算)、预报结果输出4个部分。

2.1 数据收集

制作墒情预报前,收集制作墒情预报所需的数据,这些数据包括以下内容:

(1)全省116个台站最新的测墒情数据,文件为 SQyyymmdd.dat,其中 SQ 为要素类型标识,yy 为年份后2位,mm 为月份,dd 为日期,以下同。

(2)当前农作物生长状况,主要从农气 AB 报取得,文件名为 ZWyyymmdd.txt。

(3)过去一旬(或周)的台站降水资料, $y_1 y_1 m_1 m_1 d_1 d_1 h_1 h_1 - y_2 y_2 m_2 m_2 d_2 d_2 h_2 h_2$.DAT, hh 为小时。

(4)中长期天气预报结果,文件名为 yyyyymmdd.zq,其中 yyyy 为年代。

2.2 数据库管理模块

(1)数据库的组成:河南省土壤墒情预报业务服务系统的数据库采用 Access2000 数据库,主要建立了台站基本数据库,各台站常年气象资料、作物发育期、土壤墒情资料等数据库。其中台站参数数据库包括台站区站号、经纬度、海拔高度、土壤质地、地下水位、凋萎湿度、田间持水量(%)、土壤容重等。

气象资料数据库包括全省116个台站的常年气象资料,包括降水、气温、日照、风速、湿度5个要素。

作物发育期包括小麦的播种、出苗等11个发育期和玉米的播种、出苗等8个发育期。

土壤墒情数据库:为不断提高墒情预报的准确率,寻求各台站的土壤墒情变化规律,我们在预报程序中建立了土壤湿度和降水数据库,将每次收集到的土壤湿度、降水资料追加到该库中,至今已收集了自1997年以来的200多个旬的资料。

(2)数据入库:由于墒情预报制作的时效性强,每次制作预报时9时收齐所需数据,11时之前要完成运算、分析、制图等工作,所以必需实现数据的自动入库。数据入库包括实测湿度的引入、测墒至预报之日实际降水的引入、未来气温的订正、未来降水距平、作物发育期的订正,其中土壤湿度和降水量实现了自动录入,其它项目需要手工输入。

2.3 预报制作主模块

当所需参数引入到程序之后,即可进行运算。运算的主要原理是土壤水分平衡方程。运算的结果包括作物未来发育期、未来逐日蒸发量、地下水补给量、未来相对湿度以及湿度等级评价。预报模块中引入了知识判断库。知识判断库的主要作用是依据以往对冬小麦、夏玉米不同生育阶段的耗水规律及适宜水分指标和干旱指标等方面的研究成果,通过对田间土壤水分的动态分析,输入当前实测土壤湿度和结合未来中长期天气预报结果,综合考虑各台站的土壤类型、水文参数和作物长势,利用土壤墒情预报的模型进行运算,预报未来1个月全省0~50cm逐旬、逐层的土壤湿度,并将预报的土壤湿度数据与小麦、玉米等不同作物不同发育期的适宜水分指标和干旱指标相比较,从最高产量和最佳经济效益两个角度进行灌溉决策分析,确定是否灌溉以及最佳灌溉量,并给出灌溉建议。

2.4 预报结果输出模块

为了便于使用单位和领导部门对未来土壤墒情变化有所掌握,为制定抗旱、排渍计划提供参考。预报结果以文字和图形两种形式表示,文字输出结果是对多测点运算结果的汇总,可显示当前、未来10天、未来20天和未来30天的墒情预报结果、评价和蒸散量等一些其它相关指标,同时可给出适宜灌溉量及生产建议措施等,考虑到不同土壤质地田间持水量不同,以常用的土壤绝对湿度表示的干旱指标的差异较大,墒情预报结果给出了土壤绝对湿度和土壤相对湿度两种表示方法;图形输出可显示当前、未来10天、未来20天和未来30天的墒情预报地区分布图,并可绘制全省土壤湿度等值线,以虚线或颜色的形式进行填充。预报结果最后以《河南省农业气象旬月(周)报》的形式对外服务。

3 系统的主要功能及运行的条件

3.1 系统的主要功能

3.1.1 计算当前的土壤湿度

由于大多数台站是逢8测墒,两次测墒之间相隔10天,如果两次测墒之间出现过明显降水,输入原实测的土壤湿度和最近一段的气象资料,便可计算出降水后的土壤湿度,

以便更迅速地了了解降水增墒情况,比土钻实测时效性更强。

3.1.2 预测未来土壤湿度

通过各土壤湿度监测点或各台站逢8测墒的数据,在输入现在实测土壤湿度和中长期天气预报的基础上,可以预报未来1个月逐日、逐层的土壤湿度。或者引入不同的降水概率,以确定不同降水情况下的土壤墒情变化。由于本模型综合反映了气象因子、作物因子和土壤因子的共同作用,而后两者具有一定的相对稳定性,客观上可以减少中长期天气预报的风险,使预报结果具有相对的准确性。

3.1.3 推算土壤水分的动态变化

将实况资料代入模型,可用于分析土壤水分的动态变化,对于缺少土壤湿度资料的地区进行干旱气候评价很有意义。

3.1.4 进行节水灌溉决策

市县版本预报系统可根据当前土壤墒情是否满足作物生长的需要,从经济效益的角度,确定是否需要灌溉,最终直接给出灌溉建议(图略)。如果目前不需要灌溉,将推算出未来出现干旱的时间及其出现干旱时的灌溉量。如果有较多测点,可根据这些测点的经纬度,将计算结果直接标注在本市地图,根据地图上的数据可以很容易地画出土壤湿度等值图。省级预报系统由于涉及到的土壤类型较多,需根据土壤墒情预报结果人工进行判断,给出决策建议。

本系统的整体工作流程如图1所示。

3.2 系统运行的条件

系统运行软件环境为 windows98 以上的中文版,阅读帮助文件,需要在 c:\windows 目录下安装 IE4.0 以上版本浏览器。打印灌溉建议,需安装 Windows 所带的写字板程序。

系统运行硬件环境为 486 以上机型,最低配置为 16M 内存,1G 硬盘,3 寸软驱,640 * 480 以上 256 色显示器。若显示器性能不好,将出现色彩失真,但不影响运行结果。

4 应用效果

应用郑州市气象局 2002~2003 年度的小麦生长季的墒情预报结果和实测墒情资料

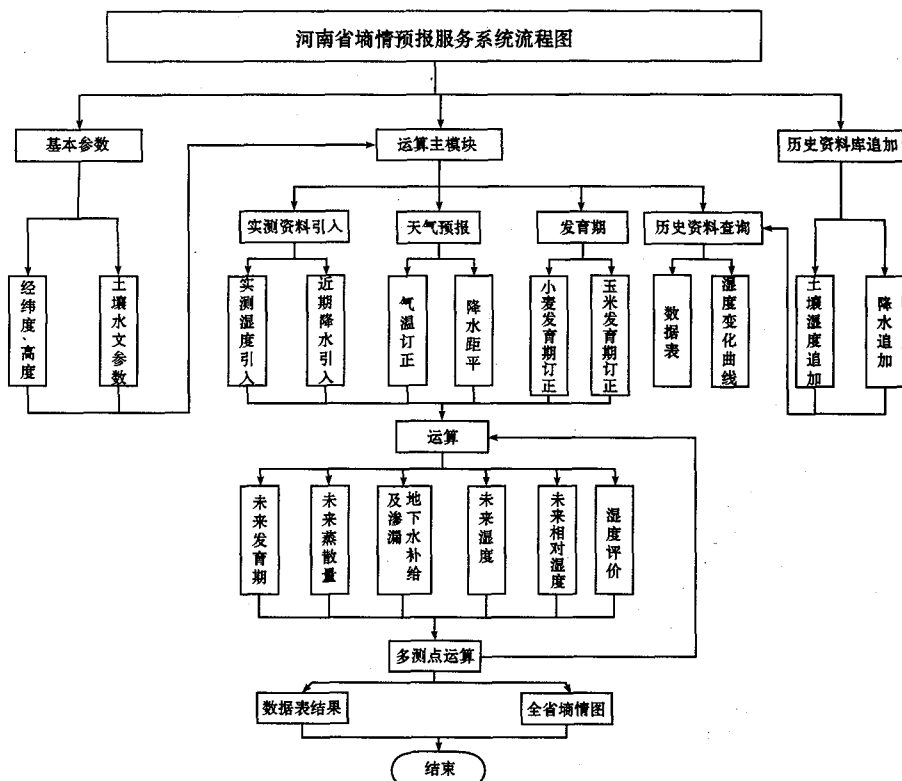


图1 河南省土壤墒情预报流程图

进行了比较,结果表明:小麦生长季的23个旬中,旬墒情预报的绝对误差在 ± 10 之内有20个,占87%;月预报绝对误差在 ± 10 之内有16个,占70%。

5 结语

墒情预报要考虑未来天气变化情况,在一定程度上受中长期天气预报准确与否的制约,但由于预报模型反映了气象因子、作物因子和土壤因子的综合作用,而作物和土壤因素有相对的稳定性,因而客观上可以减少中长期天气预报的风险,使预报结果具有相对的准确性。

参考文献

- 1 朱自玺,赵国强,邓天宏. 冬小麦优化灌溉模型研究及其应用. 华北农学报, 1995, 10(4):36~33.
- 2 邓天宏,方文松等. 冬小麦土壤墒情预报及优化灌溉技术的计算机模型. 河南气象, 2001, (1):29~31.
- 3 冯广龙,徐凤先,王坚. 土壤水分和养分的有效利用. 北京:北京农业大学出版社, 1994:91~98.
- 4 “华北平原作物水分胁迫与干旱研究”课题组. 作物水分胁迫与干旱研究. 郑州:河南省科学技术出版社, 1991: 166~172.
- 5 赵聚宝,赵琪. 抗旱增产技术. 北京:中国农业出版社, 1998:98~99.
- 6 李远华. 实时灌溉预报的方法及应用. 水利学报, 1994, (2):46~51.

An Operational System of Soil Moisture Prediction in Henan Province

Liu Ronghua Zhu Zixi Deng Tianhong Fang Wensong Fu Xiangjun
(Henan Research Institute of Meteorological Sciences, Zhengzhou 450003)

Abstract

To meet the needs of agriculture continuable development, an operational system of moisture prediction system is developed in Henan Province. It can be used to predict the soil moisture within a month correctly. The product also can provide irrigating suggestions for higher profit both in yield and economy, according to the growing characteristics of crops.

Key Words: soil moisture prediction operational system