

土壤水分预报模型的研究

卢玉邦

(黑龙江省水利科学研究所)

摘 要

本文提出的模拟方法是根据本地区作物生长阶段所要求的适宜土壤含水量而提出的。可以比较客观地反映土壤水分的变化。

用模拟方法对本区土壤含水量进行预报仅是初步尝试,模型的结构和有关参数根据资料尚需进一步完善。

三江平原地区是我国重要的产粮基地,该区的气候条件适于小麦、大豆、玉米等农作物的生长。但该区年降水分配不均,部分地区土壤质地粘重,经常发生春旱、秋涝,严重影响农业生产,因此研究土壤水分状况极为重要。为了预测土壤水分的变化,我们根据气象资料,以新安江模型为基础,将土壤分为上、下、深层分别计算蒸发,进行了6年的模拟试验,把模拟值和实测值进行比较和相关分析。根据1985年春季的气象资料,对宝清县预测了3次土壤水分状况。

一、模型的主要结构

农田在自然状态下的土壤水分变化,大致是大气降雨到达地面后直接补给土壤水分,当土壤水分满足田间持水量以后透过土壤表面的水量以重力形式下渗,一部分水量就变成地表径流,另外,在一定条件下,土壤水分通过毛细管和作物根系进行蒸散发。

农作物根系层范围内土壤水分的供给和作物在各个生长期需水量之间供需不平衡,有时产生不同程度的干旱。如果用蓄水容量表示土壤含水量达到田间持水量时的蓄水量,蓄水容量也就是土层最大缺水量,蓄水容量曲线也就是包气带¹⁾最大水量分配曲线,如图1所示。图中 f/F 为流域上一个单元面积 (f) 和全流域面积 (F) 的比值, CD 线以上便是土壤缺水量,以这个状态为基础,如有降雨,则它所产生的径流 (R) 为阴影面积,同时也增加了土壤含水量 (L),随着雨量增大产流面积 (f/F) 也增大,当 $PE + A \geq W'_{max}$ 时²⁾,全流域缺水量都满足,无雨期 (PE) 为负, (L) 为负。土壤水分在蓄满前:

$$PE = W_2 - W_1 \quad (1)$$

$$\text{蓄满后: } PE - R = WM - W_1 \quad (2)$$

(1)、(2)式中 W_1 和 W_2 为时段始末土壤含水量; WM 为流域面积平均蓄水量,即

1) 包气带指地面至地下水之间的土层和土壤母质层,是水、汽混合层。

2) PE 为扣除周期蒸散发的净雨。

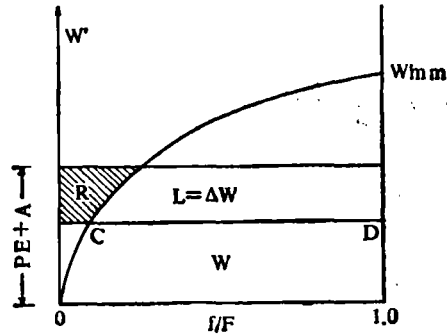


图1 土壤蓄水容量曲线

Fig. 1 The water storage capacity curve of soil

田间持水量。

蓄水容量曲线一般由实测降雨(P)和径流(R)资料选配线型,径流(R)资料参考了三江平原农田排水降雨径流模型应用经验^[1]。蓄水容量曲线的线型可用 B 次抛物线方程表示。根据河海大学赵人俊教授提出的新安江模型公式^[2],即:

$$\frac{f}{F} = 1 - \left(1 - \frac{W'_m}{W'_{mm}}\right)^B \quad (3)$$

由(3)式可得:

$$WM = \int_0^1 W'_m d\left(\frac{f}{F}\right) = W'_{mm} \frac{1}{1+B} \quad (4)$$

与 W 值相应的纵坐标值 A 为:

$$A = W'_{mm} \left[1 - \left(1 - \frac{W}{WM}\right)^{\frac{1}{1+B}}\right] \quad (5)$$

当 $PE + A < W'_{mm}$ 时

$$R = PE - WM + W + WM \left[1 - (PE + A) \frac{1}{W'_{mm}}\right]^{1+B} \quad (6)$$

当 $PE + A \geq W'_{mm}$ 时

$$R = PE - (WM - W) \quad (7)$$

上几式中 B 为蓄水容量分布不均匀性,即方次; W 为土壤含水量; W'_m 为流域上某一点的蓄水容量; W'_{mm} 为 W'_m 的最大值; R 为总径流,包括地面和地下径流。

土壤蒸发计算采用蒸发能力概念(EM),其含义为在一定气象条件下,陆地充分供水情况下(大于或接近田间持水量)的陆面蒸发(毫米/日)。受降水和蒸发的影响使土壤耕作层内水分变化强烈,土壤水分消耗的大小与土壤含水量大小有关,当土壤含水量大于或接近田间持水量时,土壤的蒸发比较大,这主要是由于土壤蒸发和作物蒸腾都得到充分的供水;当土壤含水量不足时供水条件相对减少,这时表土很干燥,一些作物可以从深层土中吸水供蒸发维持一定数量。

把蓄水容量(WM)分为上层(UM),下层(LM)与深层(DM);土壤含水量(W)分为上层(WU)和下层(WL)。降水先补充上层,满足(UM)后再补充下层(LM)。蒸发先消耗上层(WU),消耗完后,再蒸发下层(WL)。当土壤含水量很低时,

以一常数(C)从土壤深层吸水,这是考虑作物根系从深层吸水供给蒸发,即:

当 $WU > EM$, $EU = EM$

当 $WU \leq EM$, $EU = WU$

$$EL = (EM - EU) \times \frac{WL}{LM} \quad (8)$$

如计算到 $EL < C \times EM$, 即 $WL < C \times LM$ 时,已不够蒸散发,则取

$$EL = WL$$

$$ED = C \times (EM - EU) - EL \quad (9)$$

其中 EU , EL , ED 分别为土壤上、下和深层蒸发量。模型程序见图 2。

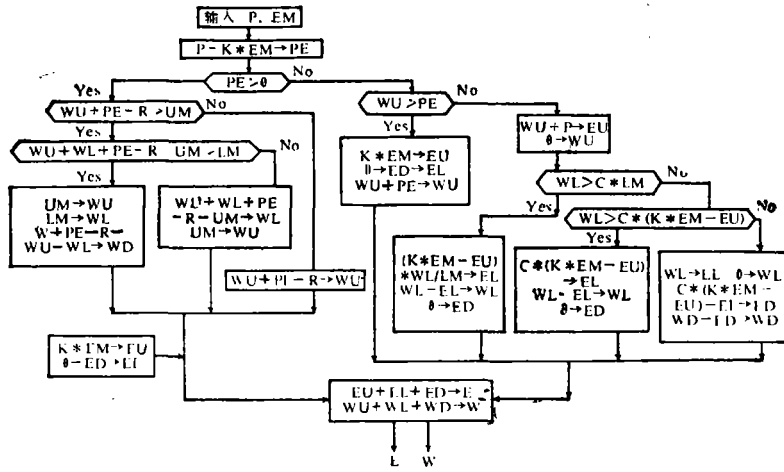


图 2 主程序框图

Fig. 2 Schematic diagram of main program

二、土壤水分预报模型的检验

试验区位于三江平原宝清县气象站附近。该区多年平均降雨为 550 毫米。雨量集中在 7 至 9 月,约占全年的 60% 左右。土壤为草甸黑土^[3]。

降水、蒸发采用宝清县水文站资料;土壤含水量采用宝清县气象站资料¹⁾。由于土壤含水量受土壤和植被的影响,所使用的都是单站资料。

模型检验用 1979—1984 年 6 年的资料。从历年农业生产与水旱灾情来看,基本上包括大、小水年。每年从 4 月份计算到 10 月底。

根据土壤特性将土壤分为 3 层,上层 0—10 厘米,春季经常缺水,地面干裂;下层 10—40 厘米,作物生长的主要根系层;深层为 40 厘米以下。经调试后各参数所选用值见表 1。

表 1 中的参数可以直接根据蒸发试验、土壤湿度和地形地质条件等资料决定,然后经

1) 水文站和气象站相距一公里,土壤和地貌特征属于一个气候区。

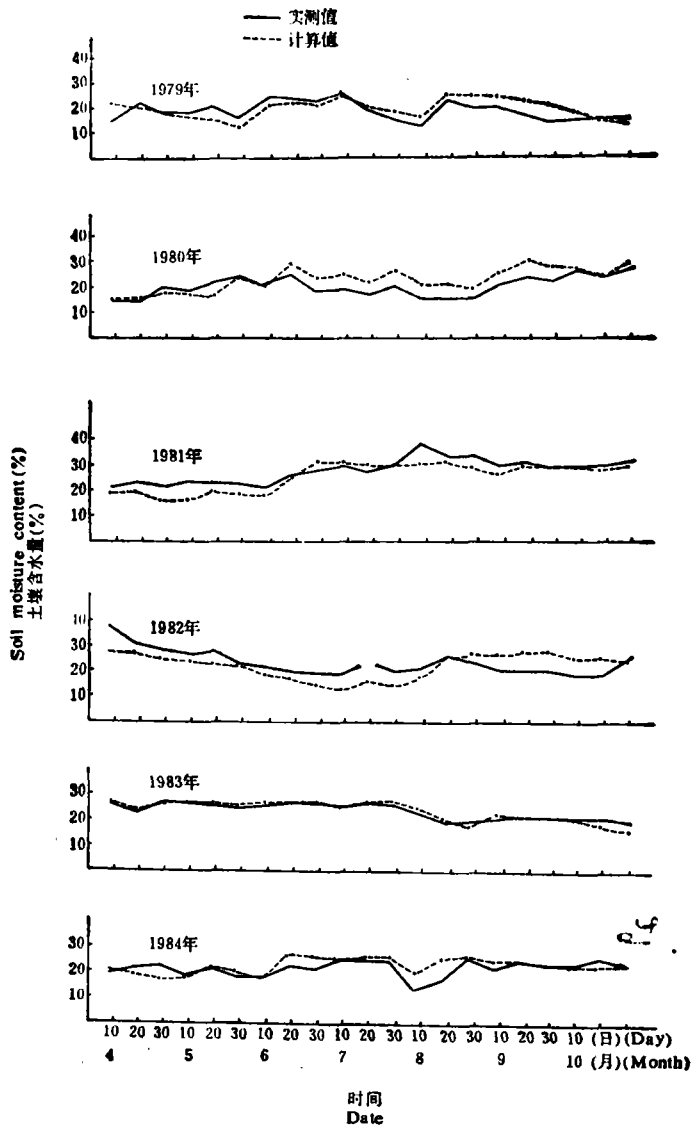


图3 0—40cm 土壤含水量实测值与计算值比较

Fig. 3 Comparison between soil moisture contents in soil bayer of 0—40cm calculated (dotted line) and actually measured (black line)

表1 选用参数值

Table 1 Values of selected parameters

| 符号 Symbols | 说明 Explanation | 选用值 Values of parameters |
|---------------|--------------------|--|
| WM | 平均蓄水容量,即田间持水量,可实测 | 130 毫米 |
| UM | 上层蓄水容量,包括作物截留量 | 20 毫米 |
| LM | 下层蓄水容量 | 70 毫米 |
| DM | 深层蓄水容量,比值并不影响蒸散发计算 | 40 毫米 |
| K | 蒸发折减系数 | 4月 5月 6、10月 0.4 0.45 0.5 7月 8、9月 0.65 0.7 |
| B | 蓄水容量曲线的方次 | 0.2 |
| C | 深层蒸散发系数 | 0.11 |
| IM | 容易产流的面积占总面积比 | 0.01 |

表 2 相关系数表
Table 2 Correlation coefficients

| 年 份 | 相关系数 | 年 份 | 相关系数 |
|------|--------|------|--------|
| 1979 | 0.5328 | 1982 | 0.4313 |
| 1980 | 0.7388 | 1983 | 0.9175 |
| 1981 | 0.8716 | 1984 | 0.5138 |

过调试选择参数值。

将实测的土壤含水量(重量%)折算成为 0 至 40 厘米土层的贮水量与计算出的数据点绘成图 3。通过线性相关分析(见表 2), 1982 年相关性差, 原因是 1981 年发生大洪水, 土壤水饱和, 翌年春季受冻层水分转移影响, 土壤含水量超过了田间持水量。如果把各年计算分成两个时段即 4 月至 7 月, 8 至 10 月, 计算的精度还可能提高。

三、土壤水分预报

本区春季经常发生春旱, 有时干旱持续的时间很长, 土壤耕层的含水量不能满足作物的需要, 严重影响农业生产^[4], 因此进行土壤含水量预测有利于抗旱准备。

根据本省气象台发布的春季长期预报, 结合历年同期气象、土壤资料应用此模型预测了宝清县气象站附近 3 次土壤含水量和黑龙江省水利科学研究所三江试验站 2 次土壤含水量(见表 3)。

表 3 实测值与预测值比较(1985 年)

Table 3 Comparison between prediction values and values of practical measurement

| 地 点 Locality | 计算时间 Calculated time | | 预测时间 Prediction time | | 预测值(毫米) Prediction value | 实测值(毫米) Values of practical measurements |
|-----------------|-------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------------|---|
| | 月 | 日 | 月 | 日 | 0—40 厘米土层 | 0—40 厘米土层 |
| 气 象 站 | 4 | 25 | 5 | 10 | 130 | 120.9(5 月 8 日) |
| | 5 | 10 | 5 | 25 | 76 | 98.4(5 月 28 日) |
| | 6 | 1 | 6 | 10 | 96 | 110.9(6 月 8 日) |
| | 6 | 1 | 6 | 15 | 102 | 113.4(6 月 18 日) |
| 三 江 站 | 5 | 10 | 5 | 25 | 95 | 104.8 |
| | 6 | 1 | 6 | 10 | 127 | 123.4 |

注: 因气象站每逢 8、18、28 日观测, 所以预测时间有提前和延后。

参 考 文 献

- [1] 杨培枢、司振江、卢玉邦, 1985: 农田排水试验场降雨径流流域模型。东北水利水电, 第 6 期, 24—29 页。
- [2] 赵人俊, 1984: 流域水文模拟。水利电力出版社。
- [3] 颜春超, 1984: 三江平原土体构型与旱涝关系的研究。土壤学报, 第 21 卷 1 期, 70—78 页
- [4] 长江流域规划办公室主编, 1979: 水文预报方法。246—250 页, 水利电力出版社。

STUDY ON THE MODEL FOR SOIL MOISTURE FORECAST IN THE THREE-RIVER PLAIN REGION

Lu Yubang

(Heilongjiang Institute of Water Conservancy)

Summary

In order to predict the variation of soil moisture content and adopt effective measures in time, a forecast model for soil moisture was studied and developed on the basis of the model of Xinanjiang according to the meteorological data of the Three-River Plain region.

The model was tested with the data of 1979—1984. A comparison between the calculated values and the practically measured values was made, and their correlations were analyzed. According to the meteorological data of the region in spring of 1985, Prediction of moisture content of soils in Baoqing County was made with the model, the results is recorded in the table 3.