

冬小麦种植条件下土壤水分平衡分析

蔡贵珍

赵峰

(中国科学院武汉岩土力学研究所 武汉市 430071) (长江水利委员会施工处)

摘要 为了确定农田土壤水流运动状况,根据冬小麦生长期内的日降雨量、暗管出流量、水面蒸发量等资料,在土壤水分平衡的基础上,利用经验公式求解土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量,再运用 SWMS-2D 模型对计算结果进行模拟和验证。模拟结果显示,暗管出流量和地下水位的计算值与实测值在总体上比较吻合。

关键词 冬小麦 裸间蒸发量 植物蒸腾量 土壤水分平衡 非饱和水分运动

土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量是模拟计算农田土壤水流运动和溶质运移、转化时两个非常重要变量。如何确定这两个变量是农田土壤水分中溶质运移、转化模拟计算中一个很重要的问题。由于条件所限,在有作物覆盖的地表很难测得土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量,通常只能用蒸发器测量当地的水面蒸发量。根据上海市青浦区农田水利试验站 1997~1998 年度冬小麦生长期内的日降雨量、暗管出流量、水面蒸发量和土壤含水率等资料,在土壤水分平衡基础上利用经验公式对土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量进行计算,最后用土壤水流运动模型——SWMS-2D 模型^[1]进行验证。

1 土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量的计算

农田水分平衡方程^[2]:

$$\Delta W = r + O + H - P - RO - YO - ET \quad (1)$$

式中 ΔW ——时段开始与终了时土层含水量的差值(mm);

r ——降雨量和灌溉量(mm);

O ——从空气中进入土壤后凝结的气态水量(mm);

H ——毛管水上升量(mm);

P ——渗漏到土层以下的水量(mm);

RO ——地面径流量(mm);

YO ——植物截流量(mm);

ET ——蒸腾量(mm),包括土壤裸间蒸发量和植物蒸腾

量,通过水面蒸发量 Y 计算。

利用式(1)计算和研究农田土壤水分状况,需要对式中各项进行测定和计算。考虑到具体问题的精度要求以及试验数据较为有限,对于具体问题,方程中某些项可忽略不计。对于本文所讨论的情况,式(1)可以简化为:

$$\Delta W = r - P' - ET \quad (2)$$

式中 P' ——暗管出流量(mm),其值为 535.97 mm;

其余符号意义同前。

本次试验期间 r 为 714 mm。若水面蒸发器的折算系数用 α 表示,并取 E601 蒸发器的折算系数 α_1 为 0.92,20 cm 蒸发器的折算系数 α_2 为 0.79,则 t 时段内此试验区的可能蒸腾量 E_{0t} 为:

$$E_{0t} = \sum E_{0i} = \sum \alpha_i Y_i \quad (3)$$

可能蒸腾量 E_{0t} 再乘以一个蒸散系数 θ_t 就得到田面实际蒸腾量 ET_t :

$$ET_t = \theta_t E_{0t} \quad (4)$$

将式(3)和式(4)代入式(2)得:

$$\theta_t = (r_t - P'_t - \Delta W_t) / E_{0t} \quad (5)$$

参照作物的不同发育期,将作物生长期划为 5 个时段,根据式(5)计算各个时段的蒸散系数 θ_p ,见表 1。由表 1 可知,

施、经济效益、政策等有机地结合起来,从而达到节水、增产、高效与保护环境的目的。这对解决我国水资源短缺引起的过量超采地下水问题有十分积极的现实意义和深远的影响。禹王乡机井的科学管理成果,对解决目前广大农村由于实行生产责任制而使机井的使用与管理脱节造成的问题有很大的促进作用,为农业的持续发展,维持生态环境摸索出了一条途径。同时机井统管的做法也告诉我们,机井统管是水利工程管理由传统的生产型向科技管理型转变的必然趋势,是合理利用地下水

资源,实现供水商品化的重要基础条件。 □

参考文献

- 1 胡毓骥,李英能.华北地区节水型农业技术.北京:中国农业科技出版社,1995
- 2 刘昌明,何希吾,任鸿遵.中国水问题.北京:气象出版社,1996

[作者简介] 沈菊艳,女,37岁,副研究员

(收稿日期:2000-09-31)

表 1 蒸腾量及蒸散系数的计算值

时 间	1997-11-14 ~12-12	1997-12-12 ~1998-01-29	1998-01-29 ~1998-03-17	1998-03-17 ~1998-04-13	1998-04-13 ~1998-05-18	总 量
土层含水量(mm)	1.14	22.44	-36.42	12.36	-34.80	-35.28
降雨量和灌溉量(mm)	111.80	256.40	128.30	138.20	79.30	714.00
暗管出流量(mm)	92.66	193.02	83.33	101.96	65.00	535.97
水面蒸发量(mm)	29.30	49.60	70.70	29.80	88.69	268.09
蒸散系数	0.67	0.90	1.25	0.87	0.55	
实际蒸腾量(mm)	18.00	40.94	81.39	23.88	49.10	213.31

各时段的土壤水分已平衡，从而使整个作物生长期的土壤水分也基本平衡，且蒸散系数的大小也基本与以前研究成果相近。

叶面指数 LAI 和 E/ET 值采用以下两个经验拟合公式^[3]：

$$LAI = -6 \times 10^{-8} d^4 + 3 \times 10^{-5} d^3 - 4.6 \times 10^{-8} d^2 + 0.2743 d - 3.8581 \quad (6)$$

$$E/ET = 1 - 0.2648 LAI + 0.0059 LAI^2 + 0.0027 LAI^3 \quad (7)$$

式中 E ——土壤裸间蒸发量(mm/d)；
 d ——播种后的天数(d)。

根据上述公式计算得到的 ET 和 E/ET 值，利用式(8)和式(9)可求得土壤裸间蒸发量 E 和植物蒸腾量 E_m ：

$$E = (E/ET) ET \quad (8)$$

$$E_m = ET - E \quad (9)$$

2 用数学模型验证

在试验期内确定一生长时段，利用上述方法计算裸间蒸发量 E 和植物蒸腾量 E_m 作为模型的相应变量输入 SWMS-2D 模型中，进行土壤水流运动模拟计算，计算排水条件下二维饱和一非饱和土壤水流运动，计算区域为一个垂直于暗管的矩形纵剖面，计算时段为作物拔节期(1998年1月29日~1998年3月17日)。模型运行所用的土壤水力特征参数见表2^[5]。

表 2 土壤水力特性参数

参数符号	参数值	参数符号	参数值	参数符号	参数值
θ_r	0.10	θ_m	0.52	K_s (cm/d)	9.8
θ_s	0.52	α (cm ⁻¹)	0.018	K_k (cm ² /d)	9.8
θ_a	0.12	N	1.65	θ_k	0.51

将计算结果与实测值进行对比分析，见图1、图2。

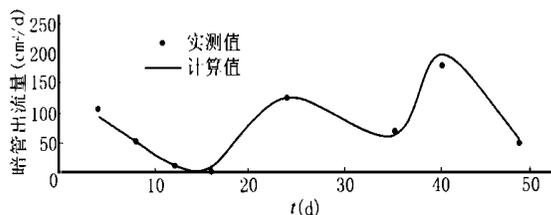


图 1 暗管出流量计算值与实测值的对比

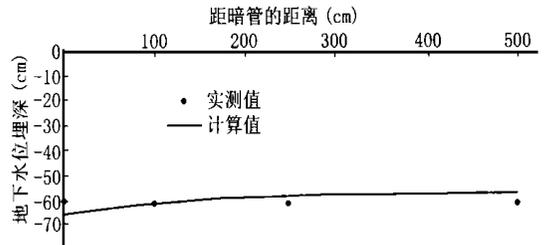


图 2 地下水位埋深计算值与实测值的对比

从图1和图2的模拟结果可以看出，暗管出流量和地下水位计算值与实测值在总体上比较吻合。这表明上述水流运动的数学模型、数值方法以及模型中的参数能较好地描述、模拟排水条件下渗流场中土壤水和地下水的流动过程和运动规律，同时说明本文所介绍的土壤裸间蒸发量和植物蒸腾量计算方法是可取的。

3 结论与建议

作物覆盖下的地表蒸发包括土壤裸间蒸发和植物蒸腾，因此影响地表蒸发的因素除水分条件、能量条件和大气蒸发力以外，还有植物本身的影响。植物的影响又包含生育期及植物种类两方面。从蒸发的计算方法可以看出，叶面指数 LAI 决定于植物种类、植物生育过程以及其生长环境。植物生长过程对土壤裸间蒸发有影响，主要表现在裸间蒸发量占总蒸腾量的比例 E/ET 值在不同生育时期有着明显的差异，并在各个时期存在一定规律性。本文介绍的方法简单明了，所需数据容易获得，计算结果达到一定精度。为拓宽应用范围，建议在不同地区对不同植物开展相关的田间试验研究。 □

参考文献

- 1 J Simunek. The SWMS_2D code for simulating water flow and solute transport in two-dimensional variably saturated media. U. S. Salinity Laboratory, 1992
- 2 裴步祥. 蒸发与蒸散的测定计算. 北京: 气象出版社, 1989
- 3 程维新. 农田蒸发与作物耗水量研究. 北京: 气象出版社, 1994
- 4 张喜英. 作物根系与土壤水利用. 北京: 气象出版社, 1999
- 5 张瑜芳. 排水农田中氮素转化运移和流失. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997
- 6 德威(荷兰). 农作物同化呼吸和蒸腾的模拟. 北京: 北京科学出版社, 1987

[作者简介] 蔡贵珍, 女, 硕士研究生

(收稿日期: 2000-09-09)