

鲁西南大气降水与农田需水的供求状况及变化趋势

刘了凡 孔凡中 吴雷柱

(山东省菏泽市气象局, 274000)

提 要

应用彭曼(Penman)法,并考虑对不同作物发育阶段的订正,估算了鲁西南地区的农田需水量。通过农田需水量与有效降水量差值分析,对二者的供求状况进行了评估。同时还分析了1961~2002年降水量和农田需水量的历史资料序列,发现二者都呈递减趋势,且递减的速度较为接近。

关键词: 农田需水量 降水量 供求 变化趋势 彭曼法

引 言

受全球气候变暖和工业用水量增加等因素的影响,华北地区干旱和水资源短缺问题日益突出,逐渐成为农业发展的制约因素。鲁西南位于华北平原中部,包括菏泽市所辖9县区,是典型的平原地区和粮食生产基地。科学估算农田需水量,研究大气降水与农田需水的供求状况和变化趋势,对于水资源的合理调度和长远规划都具有重要意义。同时研究结果对于干旱的客观评估也具有相应价值。

1 农田需水量的估算

根据土壤水份平衡的原理^[1],某时段内土壤水份的增加量由下式决定:

$$\Delta W = (R + S_g + k) - (E_s + E_p + q_1 + q_2) \quad (1)$$

式中 ΔW 为土壤水份的增量, R 为降水量, S_g 为毛细管上升水, K 为灌溉量, E_s 为土壤蒸发量, E_p 为植物蒸腾量, q_1 为地表径流量, q_2 为土壤渗漏量。

鲁西南平原除少量盐碱地外,大部分地

下水位在2m以下,土壤的毛细管上升水可忽略。旱作农田的土壤水份渗漏量很小,这里也忽略不计。因此,在不考虑灌溉的情况下,土壤水份的主要收入项为除去径流以外的降水($R - q_1$),主要支出项为蒸发与蒸腾之和($E_s + E_p$),即蒸散量。因此土壤水份平衡式可写成如下形式:

$$\Delta W = (R - q_1) - (E_s + E_p) \quad (2)$$

当农田有充足水份供应时的支出项即农田需水量。因此,农田需水量的估算可归结为对可能蒸散量的估算。

1.1 可能蒸发量的估算方法

可能蒸发量的估算方法有多种,裴步祥等曾以农田实测资料对彭曼(Penman)、桑斯维特(Thorthwaite)和布德科(Будыко)三种方法进行比较^[2],认为彭曼法计算的各种时段的可能蒸发量都具有较高的精度,但缺点是算式复杂。本文采用彭曼法编制了计算机程序,对可能蒸发量进行了估算。所用彭曼公式如下:

$$E_0 = \frac{\Delta R + rE_a}{\Delta + r} \quad (3)$$

式中 E_0 为可能蒸发量; Δ 为平均气温时的饱和水汽压曲线的斜率; R 为辐射平衡(地表接收的净辐射量); r 为干湿表常数; E_a 为以气温时的饱和水汽压代替蒸发面温度下的饱和水汽压,按道尔顿公式得出的蒸发量。其中 R 、 E_a 一般需用经验的方法取得,彭曼给出的算式是在英国用实测资料得出的,本文采用的是陶祖文提出的算式^[3],这个算式是在我国通过实测和试验得出的,更符合我国的实际情况。

1.2 不同作物发育阶段的订正

利用式(3)以及陶祖文算式算出的是大型水面的蒸发量。裴步祥等在进行多种算法比较时,实测资料是北京地区麦田拔节期的土壤水份资料,这时正是麦田耗水最大的时期,接近于大型水面的蒸发。农作物的不同发育阶段,可能蒸散量应有显著的差别。联合国粮农组织(FAO)推荐的不同作物发育阶段的订正算式^[4]如下:

$$ET_m = K_c ET_0 \quad (4)$$

式中 ET_m 为作物需水量, K_c 为作物系数, ET_0 为参考作物蒸散量。其中 K_c 值在不同的发育期取值不同,播种一出苗(冬小麦返青一起身)为 0.3,出苗一开花从 0.3 线性递增至 1.15,开花一乳熟期为 1.15,乳熟期一成熟期递减至 0.25。

FAO 提出的 K_c 值因式(4)中的 ET_0 与本文中的 E_0 估算方法不同,作物种植方式也不同,不一定符合鲁西南的情况。为了找出 K_c 的取值范围,利用菏泽市气象局和曹县气象局 1995~2002 年 4 月份的土壤水份观测资料进行了一些分析和计算。菏泽市气象局的观测地段种植小麦,4 月份是拔节—抽穗阶段,可代表 K_c 值最大的时期;曹县气象局的观测地段种植春直播的棉花,4 月份是播种一出苗阶段,恰可代表 K_c 值的最小时期。把降水量和灌溉量均考虑在内,分别

统计 4 月份 0~50cm 土层的失墒量(3 月 28 日和 4 月 28 日土层含水量的差值再加上降水灌溉量),求得菏泽平均为 87mm,曹县平均为 52mm,两者相对差值在 0.6~1.0 之间,可以此作为 K_c 的取值范围。鲁西南种植制度为一年两熟,小麦于 10 月初播种,6 月初成熟,蒸腾最大的时期在 4 月份。夏播作物有玉米、大豆等,6 月份播种或 5 月份麦田套种,蒸腾最大的时期在 7、8 月份。春播作物极少,棉花绝大部分为麦田套种。考虑到麦田套种的比例较大,6 月份的 K_c 值提高到 0.8。小麦播种期间考虑到农民普遍耕翻,失墒较多,而且播期并不十分集中, K_c 值也略加提高。确定各月的 K_c 值如表 1。

表 1 鲁西南各月份的 K_c 值

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_c 值	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8

2 降水量与农田需水量的供求状况分析

2.1 农田需水量的一般分布特征

用以上确定的估算方法,对鲁西南 9 县市都分别计算了历年各月的农田需水量。将 9 县市平均的近 30 年(1971~2000 年)状况列于表 2。鲁西南平均农田需水量以夏季(6~8 月份)最多,冬季(12~2 月份)最少,与降水量的季节分布一致。春季(3~5 月份)的

表 2 鲁西南农田需水量分布特征

月份	累年平均 /mm	最多年份 /mm	最少年份 /mm	相对变率 /%
1	17.3	22.4	12.6	10.9
2	25.8	33.7	19.3	10.8
3	54.0	67.0	39.9	9.9
4	89.7	110.5	76.4	7.1
5	104.5	131.2	81.7	9.2
6	101.1	119.9	81.7	9.0
7	117.2	149.7	97.2	7.2
8	106.8	132.5	86.2	8.8
9	70.3	84.5	53.8	7.6
10	38.2	48.6	28.3	9.9
11	23.5	28.9	17.0	10.3
12	15.2	20.2	11.9	11.6
全年	763.5	836.1	689.4	4.5

农田需水量明显大于秋季(9~11月份),与降水量的季节分布相反。各时段农田需水量的相对变率明显小于降水量。

2.2 农田需水量与有效降水量的差值分析

把土壤水份平衡式(2)中的主要收入项($R - q_1$)作为有效降水量。为求得有效降水量,需要由径流系数求得径流量 q_1 。根据菏泽市水文部门1986年以前的测算,全市年平均径流系数为0.129^[5]。随着近年来降水量的减少,径流系数应有所减小,但目前尚无新的测算值。本文在计算有效降水时,仅将3~11月的降水量减去由径流系数算得的径流量(冬季不考虑径流),以此对径流系数的减小略加订正。

由近30年平均农田需水量、有效降水量的差值来看,鲁西南全年平均差值为209.4mm,最大年份可为420.7mm。各月份的分布情况,除7、8月份有效降水量略有盈余以外,其余月份均为亏缺。亏缺最多的时段为3~6月份,其中以4月份亏缺最多,达62.2mm。鲁西南近30年(1971~2000年)平均农田需水量、有效降水量及差值的分布见图1。

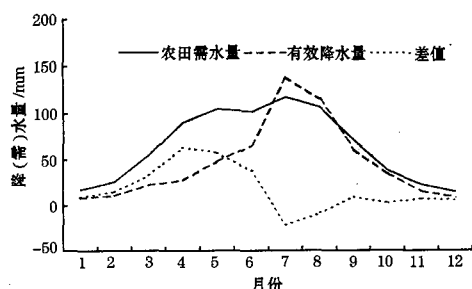


图1 鲁西南近30年平均农田需水量、有效降水量和差值的分布

由以上结果以及菏泽市2000年的统计耕地面积695508hm²,不难算出菏泽市平均每年需要灌溉用水 $1.46 \times 10^9 \text{ m}^3$,最多年份需要 $2.93 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

3 降水量和农田需水量的变化趋势

根据1961~2002年各月降水量资料以

及估算得到的农田需水量,求得9个县市的平均值,形成鲁西南各月份和全年降水量和农田需水量的历史序列。为了反映这些序列的变化趋势,对每个序列都进行线性拟合。拟合方程形式如下:

$$y = ax + b \quad (5)$$

式中 y 为降水或需水的毫米数, x 为年代序号(1~42), a 、 b 为回归系数,其中 a 为直线方程的斜率,反映了每年的变化量($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$),这里称作变化率。拟合所得变化率见表3,年需水量、年降水量以及差值序列绘制成图2。

表3 鲁西南降水量和农田需水量的变化率/ $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$

月份	降水量	需水量
1	0.14	-0.10**
2	0.05	-0.03
3	0.13	-0.20**
4	-0.78	-0.16
5	0.68	-0.53**
6	-0.08	-0.65**
7	-1.15	-0.54**
8	-1.16	-0.50*
9	-1.02	-0.10
10	-0.02	-0.11
11	-0.17	-0.07
12	0.09	-0.09**
全年	-3.37*	-3.05**

注:*和**分别表示回归方程通过0.05和0.01信度检验。

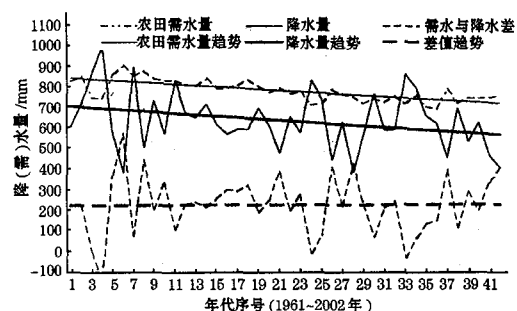


图2 鲁西南年农田需水量、降水量及农田需水与有效降水差值变化趋势

3.1 降水量的变化趋势

鲁西南的年降水量呈显著的递减趋势

(图2),平均每年减少3.37mm。各月份的降水量因变率较大,拟合的回归方程达不到显著标准,但从回归系数反映的变化率来看,似可说明冬季和早春的降水量没有减少,减少最多的时段在7~9月份。

3.2 农田需水量的变化趋势

农田需水量也呈显著的递减趋势(图2),平均每年减少3.05mm,略小于降水量。农田需水量的减少可能与近年来日照减少、风速减小以及相对湿度增大有关。分析鲁西南气象台站小型蒸发皿蒸发量的历史序列也有这种变化趋势。各月份的农田需水量也均为递减,以5~8月份递减率最大。

3.3 农田需水量与有效降水量差值的变化

降水量的变化率虽略大于农田需水量,但二者较为接近,尚不能说明差值有增大趋势。另外从图2可见,农田需水量和降水量多峰值、谷值相对应,这样使差值的变率较大,可说明不同年份农田水份的亏缺量有较大差别。

4 小 结

(1)鲁西南地区平均年农田需水量在760mm左右,与有效降水量相比,平均每年亏缺约200mm,最大年份可亏缺420mm。

(2)鲁西南的年降水量呈逐年递减趋势,农田需水量也呈逐年递减趋势。未来的干旱可能没有仅考虑变暖和降水减少所估计的情况严重。

(3)农田需水量的估算仅考虑了鲁西南的常规粮食作物,时段上也仅考虑到月份,具体应用中还须加以订正。

参考文献

- 1 冯秀藻,陶炳炎.农业气象学原理.北京:气象出版社,1991:156~157.
- 2 裴步祥,邹耀芳.三种计算可能蒸发方法的比较.气象,1986,12(7):26.
- 3 陶祖文,裴步祥.农田蒸散和土壤水份变化的计算方法.气象学报,1979,37(4).
- 4 Martin Smith. CROPWAT a Computer Program for Irrigation and Managment. FAO Irrigation and Drainage paper,1992:46.
- 5 楚家茂等.菏泽地区综合农业区划.菏泽地区区划委员会办公室,1986:24~26.

Change Trend of Precipitation and Supply and Demand of Farmland Water in Southwest of Shandong Province

Liu Liaofan Kong Fanzhong Wu Leizhu
(Heze Meteorological Office, Shandong Province 274000)

Abstract

Based on the data of last 42 years, using Penman method and consideration of the modification of different crop's growth phases, the farmland water demand is estimated in the Southwestern part of Shandong Province. By dispersion analysis between farmland water demand and valid precipitation, the assessment of water supply and demanding condition is given. The results show that their changing trend are decreased and the rate is so close as well.

Key Words: farmland water demand precipitation supply and demand change trend Penman method