

# 陕北黄土丘陵沟壑区旱地土壤水分动态

李开元 韩仕峰 曹雄飞 杨开保

(中国科学院水利部西北水土保持研究所) (陕西省黄土高原综合治理研究所)

## 提 要

陕北黄土丘陵沟壑区旱地土壤水分动态具有如下特征: (1) 土壤入渗快、蒸发快。雨季时土壤湿度迅速增高, 雨季过后土壤湿度骤降; 即使在丰水年, 到11月底时, 雨季降水已基本损失殆尽。土壤在经过四个阶段的循环后, 开春时其湿度仍保持在田间稳定湿度左右。

(2) 降水和蒸发同步。降水量最大的时段, 正是蒸发强度最大的时段。(3) 土壤蒸发时, 水分整体移动性较强, 在旱季0~2m土层上下层之间土壤湿度无明显差异, 土壤湿度剖面比较均一。(4) 作物耗水绝大部分或全部来自生育期降水, 土壤对生育期内降水起调节和再分配作用。

关键词: 土壤湿度 土壤水库效应 旱地土壤水分动态 黄土丘陵

陕北黄土丘陵沟壑区地下水资源贫乏, 以旱作农业为主。农作物所需水分主要依靠自然降水, 土壤作为一个贮水库, 可使不均匀的降水过程转化为对作物均匀的供水过程<sup>[1,2]</sup>。探索旱作农区土壤水分动态, 对于发挥土壤水库效应、充分利用土壤水分资源具有重要意义。本文根据1988年至1990年第一季度连续的田间试验结果, 对该区域的旱地土壤水分动态特征做一讨论。

## 一、研究地区自然条件

本研究地区为陕北黄土丘陵沟壑区, 年降水量400~500mm, 60%~70%集中于7、8、9三个月, 年水面蒸发量达1500mm以上, 属温带半干旱森林草原气候带。这一地区有梁、峁、沟多种地貌类型, 农田以人工梯田和坡地为主, 土壤为黄绵土, 质地轻壤, 土层深厚疏松, 有利于土壤水分的保蓄和运移; 田间持水量和凋萎湿度均较低, 有效水范围相对较宽, 土壤田间持水量为18.0%, 凋萎湿度5.7%。

## 二、试验方法

采用田间定位观察为主的方法, 试验地设在米脂县泉家沟村。有裸地和作物地两种。测定立

地土壤水分动态的裸地有：崩顶、阳梯田、阴梯田和川地，测定作物耗水动态的地块有洋芋和谷子地，均设在阳坡梯田。梯田宽度5~6m，肥力属当地中上等水平。耕种和管理措施按当地大田进行。每隔半个月测定一次土壤水分，测深2m，用烘干法测定。

### 三、结果与分析

#### (一) 裸地土壤水分季节性动态

根据土壤水分的收支平衡，可将研究地区土壤水分的季节性动态分为四个阶段：第一阶段为春季缓慢蒸发阶段（2~4月）；第二阶段为夏季蓄水增墒阶段（5~8月）；第三阶段为秋季强烈蒸发损耗阶段（9~10月）；第四阶段为冬季相对稳定阶段（11~翌年1月）。裸地土壤水分季节性动态基本和降水动态趋于一致。雨季时土壤湿度增高，雨季过后土壤湿度逐渐降低，冬季和初春阶段由于降水少、气温低，土壤蒸发缓慢，土壤湿度变化平缓；晚春初夏阶段降水增多、气温升高，土壤湿度随降水高低波动。

由图1和表1土壤水分数字变化可得到两点认识。一是该区土壤入渗快、蒸发快。雨季时土壤湿度迅速增高，雨季过后土壤湿度骤然降低，到11月底时，土壤湿度基本和雨季前的5月持平。

1988年属丰水年，6月下旬至8月下旬两个月降水高达300mm，到11月20日测定时，雨季贮蓄的水量也已损失殆尽，其土壤湿度和雨季前持平。二是无论何种水文年份，年周期土壤水分动态相同。表1是1988和1989年两年的试验结果。1988年降水量482.7mm，高于常态水文年份60.7mm，代表丰水年；1989年降水量

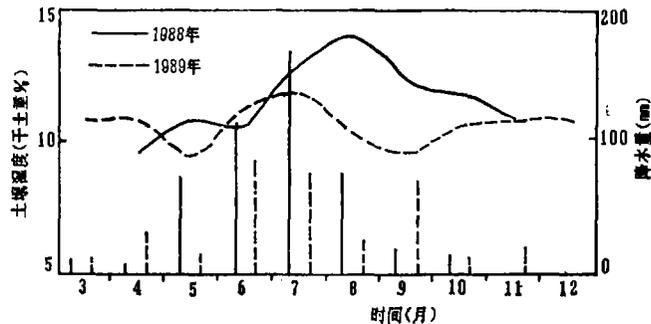


图1 阳梯田裸地土壤水分季节动态(2m土层)

表1 不同时期裸地土壤水分测值(2m土层干土重%)

地 块	1988年				1989年					1990年
	4月20日	5月20日	8月20日	11月20日	3月20日	4月20日	5月20日	7月20日	11月20日	3月12日
阳梯田	9.6	10.8	14.0	11.0	10.9	10.9	9.3	12.0	11.0	10.8
阴梯田	/	8.7	14.2	9.6	9.6	9.2	7.1	11.2	10.3	9.9
崩 顶	10.0	10.9	14.0	10.2	10.6	10.5	9.3	11.1	10.3	10.3
川 地	/	12.0	17.0	12.6	13.5	12.4	10.6	12.8	11.8	11.3

354.4mm，低于常态水文年份67.6mm，代表干旱年；到11月20日，两年的土壤湿度均降至10%~11%。由此说明，降水在这一地区无论何种年型均不可能被土壤保蓄至下一年为作物利用。

在历年的土壤水分动态中发现，降雨和蒸发同步，即降雨最多的时段，正是蒸发强度最大的时段（见表2）。1988年在蓄水增墒阶段，0~2m土层贮水量增加117.0~148.0mm，日耗水强

度达到2.54~2.81mm, 均是全年最高值。1989年也有同样结果。

表2 农田土壤蒸发强度

(mm/日)

土地类型	第一阶段		第二阶段		第三阶段		第四阶段	
	1988年	1989年	1988年	1989年	1988年	1989年	1988年	1989年
阳梯田	0.62	1.07	2.75	1.75	1.23	0.83	0.43	0.29
阴梯田	0.21	0.86	2.54	1.39	1.69	1.38	0.22	0.09
峁顶地	0.52	0.80	2.82	1.47	1.35	1.46	0.41	0.14
川地	0.60	0.95	2.85	1.58	1.39	1.25	0.48	0.05

上述土壤水分动态特征, 是由这一地区的气候特征和土壤特性所决定的。黄绵土质地偏轻、土质疏松; 在田间持水量条件下0~2m土层的蓄水量达468mm, 相当于常态水文年份降水量的110%, 有效水贮量为320mm。农田降水可以全部入渗贮蓄, 因而, 雨季土壤湿度迅速增高。同时, 黄绵土在高湿度阶段有较高的导水率, 加之这一地区较高的大气蒸发力, 雨后土壤水分又极易蒸发损失。因此, 做好农田雨后保墒工作十分重要。

## (二) 土壤水分垂直变化规律

土壤水分的垂直变化规律主要受向下的入渗再分布和向上的蒸发移动两个过程所支配; 而这两个过程又受土壤物理性质和气候特征所影响。研究地区土壤水分的垂直变化规律主要有以下两个特征。

1. 在干旱季节, 0~2m土层上下层土壤湿度差异不明显, 土壤湿度剖面比较均一, 几乎无水分变化梯度, 上下层土壤含水量均在9%~11%之间(0~30cm土层除外)。表3的土壤湿度是11月份测值, 虽然土壤在雨季时接纳了较多的降水, 但到11月时, 深层土壤并没有比上层土壤保蓄较多的水分, 而上下层土壤湿度剖面趋向均一。其原因可能与土壤水分整体移动性较强有关<sup>[3,4]</sup>。

表3 11月份裸地土壤水分测值

测时	土地类型	20 (cm)	40 (cm)	60 (cm)	80 (cm)	100 (cm)	120 (cm)	140 (cm)	160 (cm)	180 (cm)	200 (cm)
1988年 (11月20日)	峁顶	6.7	10.4	10.2	11.1	12.3	12.3	11.5	11.1	11.0	11.6
	阳梯田	9.4	11.8	10.7	10.6	11.2	11.4	12.1	11.3	11.7	12.0
	阴梯田	6.2	8.0	8.7	9.2	10.6	10.0	10.3	10.8	11.3	12.0
1989年 (11月5日)	峁顶	10.0	9.7	9.6	10.2	9.6	9.8	9.6	9.5	9.4	9.3
	阳梯田	10.0	10.3	11.4	11.5	11.3	11.6	11.6	12.7	11.9	11.0
	阴梯田	8.6	9.3	9.7	9.6	9.5	9.2	8.9	8.9	9.2	9.5

2. 土壤水分的垂直变化可分为两大层次: 0~100cm土层, 土壤水分动态和降水动态吻合, 降水高峰即是土壤湿度高峰; 100~200cm土层, 土壤水分动态滞后于降水动态, 如图2所

示, 1988年6月20日至7月10日降水最多, 7月10日0~100cm的土壤湿度最高, 但100~200cm土层的土壤湿度在8月22日测定时才达最大值, 相比降水时间滞后40余天, 由此说明土壤分水向下再分配可持续较长的时间。

### (三) 不同立地类型裸地

#### 土壤水分动态

由于立地条件和小气候的差异, 各类地块在年周期中土壤水贮量有一定差异, 其顺序是(见表4): 阴梯田>川地>阳梯田和峁顶。阳梯田和峁顶的保墒工作比阴梯田更为必要, 尤其在干旱年要引起高度重视。

表4 各阶段土壤贮水量变化值

mm

地 块	第一阶段		第二阶段		第三阶段		第四阶段		年 周 期	
	1988年	1989年	1988年	1989年	1988年	1989年	1988年	1989年	1988年	1989年
阳梯田	-10.4	-28.6	124.8	-26.0	-78.0	33.8	-18.2	5.2	18.6	-15.6
阴梯田	-5.2	-15.6	148.2	18.2	-119.6	0.0	5.2	26.0	28.6	28.6
峁顶地	-13.0	-13.0	117.0	7.8	-88.4	-10.4	-15.6	20.8	0.0	5.2
川 地	0.0	-39.0	130.0	-5.2	-91.0	7.8	-23.4	59.8	15.6	23.4

注: 正值为贮水量增加, 负值为减少。

### (四) 作物地土壤水分状况

陕北黄土丘陵沟壑区的谷子和洋芋作物, 一般在5月底或6月初播种, 10日初收获, 生育期140~150天。作物地土壤水分状况有以下几点:

1. 作物耗水量绝大部分或全部来自生育期降水, 土壤供水很少。由表5看出, 两年内两种作物耗水量275.5~393.3mm, 其中土壤最大供水量只有2.6~10.7mm, 仅占0.7%~3.7%。土壤只对生育期内降水起调节和再配作用, 以便使不均匀的降水过程转化为对作物均匀的供水过程。

2. 作物生育前期土壤贮水, 后期土壤供水。由图3看到, 作物播种后, 一般降水增多, 很快进入雨季。所以作物生长前期, 降水既满足作物需水, 又可使土壤贮水量增加, 土壤水分动态和裸地土壤水分动态相同。雨季时土壤贮水量达到312~364mm, 有效储水164~216mm, 雨季过后, 作物需水量增大, 主要依靠土壤在雨季时贮存的水分来满足其耗水, 此时作物地土壤湿度急骤下降, 最低时土壤湿度为6.0%~6.5%, 和播种前保持一个水平。

3. 作物收获后的土壤贮水量少, 土壤湿度很低, 但不同年型有所差异。图4的土壤湿度剖面表明, 丰水年留下较高的土壤湿度剖面, 干旱年则留下较低的土壤湿度剖面。在田间稳定湿度

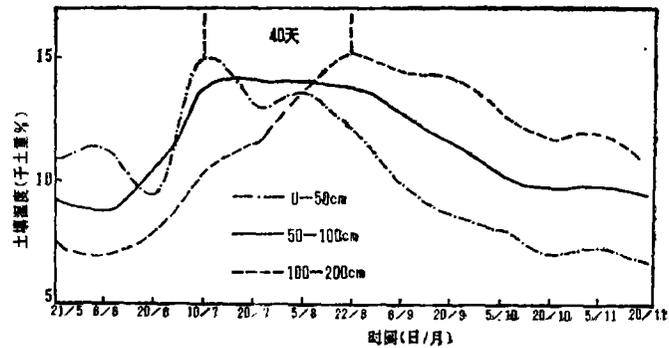


图2 阴梯田裸地不同层次土壤湿度动态(1988年)

表5 作物耗水量组成

年 份	作 物	土壤供水量 (mm)	降 水 量 (mm)	耗 水 量 (mm)
1988年	洋 芋	2.6	390.7	393.3
	谷 子	-83.2		307.5
1989年	洋 芋	0.0	275.5	275.5
	谷 子	10.7		286.2

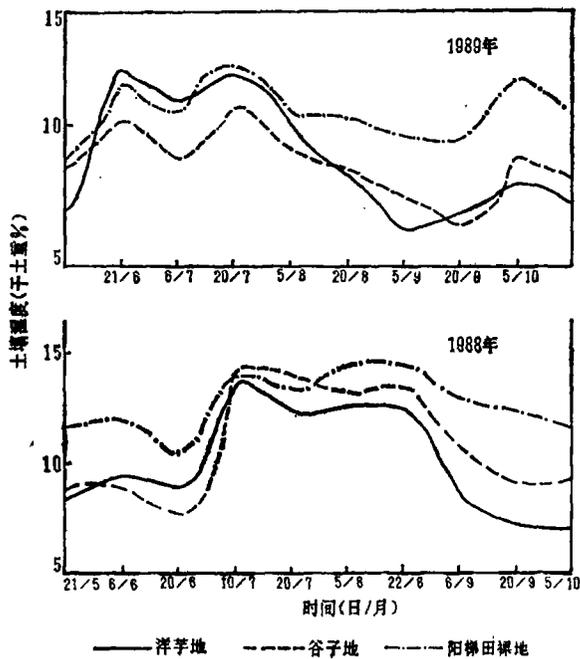


图3 作物地土壤水分动态(2m土层)

以上的水分,将在强烈蒸发过程中无效消耗,以下水分比较稳定地存在于土壤中,直到翌年播种。休闲期土壤储水的调节作用,丰水年土壤留水对第2年播种有利;早年因土壤湿度很低无作用,作物播种供水只有靠降水,或其它抗旱措施。

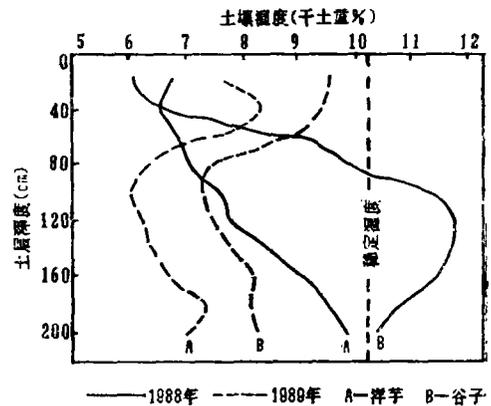


图4 作物收获时土壤湿度剖面

### 四、结 论

(1) 陕北黄土丘陵沟壑区土层深厚,质地轻壤,有较大的持水容量,雨季降水可以全部入渗贮蓄。但土壤蒸发强烈,雨季后土壤湿度骤降,到11月底时,土壤湿度基本和雨季前的5月持平,保持到田间稳定湿度水平。不论什么年型,年周期土壤水分动态相同。

(2) 降水和蒸发同步,降水量最大的时段,正是蒸发强度最大的时段。

(3) 土壤水分的变化可分为两层: 0~100cm土层,土壤湿度动态和降水动态吻合; 100~200cm土层则滞后于降水动态。

(4) 干旱季节,2m土层内上下层土壤湿度无明显差异,土壤湿度剖面比较均一,其原因与土壤蒸发时水分整体移动性较强有关。

(5) 作物耗水量绝大部分或全部来自生育期降水,土壤只在生育期内对有限降水起调节和再分配作用。