

黄土高原沟壑区农田土壤水分动态变化分析

陈洪松¹, 郝明德¹, 宋孝玉²

(1. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;
水利部

2 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 以黄土高原沟壑区径流小区为研究对象, 分析了雨季、旱季缓坡农田土壤水分动态变化以及坡位对农田土壤水分动态变化的影响。结果表明: 雨季、旱季农田土壤水分动态变化趋势相同, 但浅层(10~30 cm)土壤水分变化幅度较大, 尤其是降雨产流时; 土壤水分的补偿和恢复主要取决于雨强适中、历时长且雨量大的降雨过程, 与土壤前期水分剖面特征、作物覆盖度以及作物耗水特性密切相关, 而坡度几乎没有影响; 坡位对农田土壤水分动态变化也有一定的影响, 观测期末雨季、旱季土壤蓄水增量为坡上< 坡中< 坡下, 坡的中下部土壤储水量也较坡上部大。

关键词: 黄土高原沟壑区; 农田; 土壤水分; 动态变化

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)01-0092-03

Dynam ic Change of Farm land Soil Water in the Loess Tableland Gully Region

CHEN Hong-song¹, HAO M ing-de¹, SON G Xiao-yu²

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi China; 2. College of Water Conservation and Architectural Engineering, Northwest A & F University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the field data of runoff plots in the Loess tableland gully region, the dynamic change of farm land soil water was analyzed during rainy and dry time respectively, and the effects of slope position on soil water change were discussed. The results showed that the dynamic changes of soil water in every layer were similar, but the shallower the depth was, the bigger the change trend of soil water was, especially after runoff took place. The compensation and resumption of soil water was primarily dependent on the precipitation with reasonable intensity and long time, and had a close relation with the previous soil water profile, crop cover ratio and water consumption characteristic, but the effect of slope gradient could be omitted. The slope position had a small effect on the dynamic change of soil water, and the increase of soil water for 10~50 cm layer during rainy time and 10~60 cm layer during dry time was in the order of top< middle< foot. In addition, the stored water in the middle and lower parts was larger than that in the upper part of the farm land.

Key words: the Loess tableland gully region; farm land; soil water; dynamic change

黄土高原沟壑区位于干旱半干旱地区, 年平均降水量多在 400~600 mm, 水资源缺乏是该区农林牧业发展的主要限制性因子。由于区内沟谷下切, 无良好的储水条件, 更兼地下水埋藏很深, 开发利用代价甚高, 因而增加降雨入渗是发展该区旱作农业的一条重要途径^[1]。坡地(农田)表层土壤水分的动态变化因对径流的形成有极大影响^[2], 因而日益受到有关专家的重视。本文以黄土高原沟壑区中部长武县王东沟小流域径流小区为研究对象, 分析农田表层土壤水分动态变化过程, 以期对农田水分的优化调控和水土保持措施的合理配置提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区自然条件

(见本期郝明德“长武试验示范区高效农业生态经济系统研究”)。

1.2 小区布设及研究方法

试验径流小区位于试区塬面, 为东西坡向, 土壤容重均为 1.3 g/cm³, 其基本情况见表 1。小区周围用单砖浆砌, 高出地面 15 cm, 防止小区内的径流流出和区外径流流入。小区下方设有包括集水槽、输水槽以及集水桶在内的测流、测

* 收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 国家科技攻关(2001BA508B18)。

作者简介: 陈洪松(1973-), 男, 湖北通山人, 在读博士生, 主要从事土壤物理和水土保持方面的研究工作。

沙装置。由于采用撒播,无畦、垅影响,在同一作物种植条件下坡面差异不大。

雨季农田土壤水分观测主要在 1996 年 7~9 月,旱季农田土壤水分观测主要在 1997 年 4~6 月。土壤容积含水量用 TDR 逐日定位测定,降雨过程和降雨量用自记雨量计测定,水面蒸发量用蒸发皿逐日测定。每个径流小区从坡顶到坡脚每隔 5 m 分别布设一组测点,每组测点分别沿垂直地表方向在地表下 10、20、30、40、50、60 cm 处埋入波导线。测定土壤水分时,按固定顺序沿坡顶到坡脚从上到下逐个观测。

2 结果与分析

2.1 雨季土壤水分动态变化

选择 1996 年 7 月 21 日至 8 月 4 日持续降雨时期来分析雨季农田土壤水分动态变化,在此期间,2、3 区可视为裸地。将 1~3 区各深度处坡上、坡中、坡下土壤含水量平均,绘出各区全坡面平均土壤含水量动态变化过程线如图 1 所示。

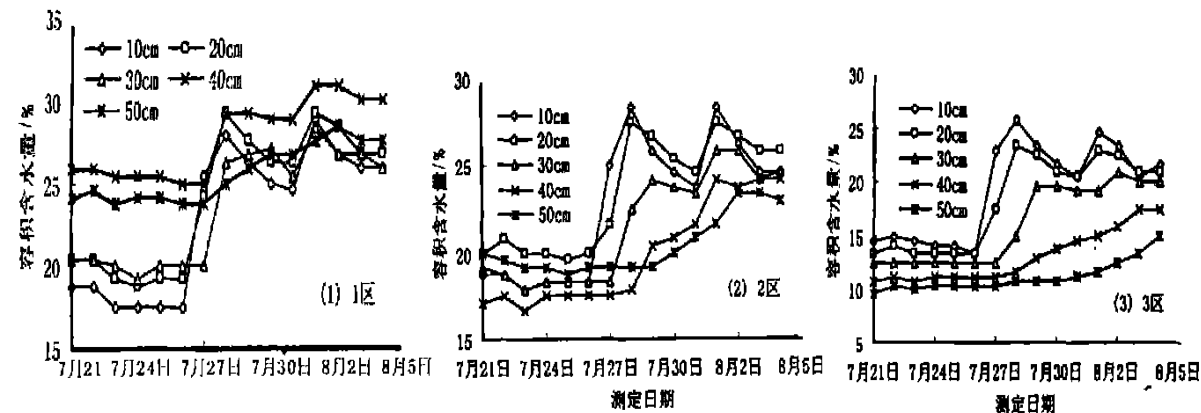


图 1 雨季农田土壤水分动态变化

如以 10~50 cm 土层来进行分析,观测期间 1 区土壤平均含水量变化范围为 20.83%~29.14%,增大 8.31%,增加幅度为 39.88%,土壤蓄水量增加了 21.12 mm;2 区土壤平均含水量变化范围为 18.2%~25.73%,增加 7.53%,增加幅度为 41.34%,土壤蓄水量增加了 23.24 mm;3 区土壤平均含水量变化范围为 12.27%~19.64%,增加 7.37%,增加幅度为 60.08%,土壤蓄水量增加了 28.56 mm。显然,10~50 cm 土层蓄水增量是 1 区<2 区<3 区。这主要是由于观测期间 2、3 区土壤前期含水量较低,因而降雨入渗较 1 区多^[3],

由图 1 可知,雨季土壤水分动态变化过程与降水和蒸发的变化情况密切相关,不同深度处土壤水分的变化趋势相同,但由于土壤水分入渗和蒸发向深层传递的滞后性,浅层(10~30 cm)土壤水分变化的幅度大于较深层(表 2)。在较大降雨且产流时,浅层土壤水分变化幅度更加明显,土壤水分先是急剧上升,然后又急剧下降(图 1)。在观测期间,7 月 27 日、28 日以及 31 日均降雨产流且雨量较大,表明土壤水分的补偿和恢复主要取决于雨强适中、历时长且雨量大的降雨过程。

表 1 径流小区基本情况

区号	坡度	投影面积 /m ²	作物	
			1996 年	1997 年
1	30°	5×20	玉米	麦茬地
2	1°	5×20	裸地	玉米
3	3°	5×20	裸地	玉米

注:2、3 区 1996 年 8 月 1 日后有糜子长出。

同时 1 区玉米蒸腾耗水较多可能也是原因之一。

为进一步说明上述结论,现以同为裸地而仅坡度有差异的 2 区和 3 区进行对比分析。2 区(1°坡度)小于 3 区(3°,2 区前期土壤含水量为 18.2%,大于 3 区前期土壤含水量 12.27%,但蓄水增量 2 区小于 3 区。这表明,降雨前土壤水分剖面特征对土壤蓄水增量的变化起决定作用,而坡度影响较小(对缓坡农田而言)。即土壤蓄水增量与土壤前期含水量呈反相关关系,土壤前期含水量越大,降雨后土壤水分入渗就越慢,土壤蓄水增量也就越小。

表 2 径流小区各层土壤水分变化幅度(1996 年)

区号	各层土壤容积含水量变化幅度									
	10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm	
	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅
1	17.5~ 28.75	64.3	18.75~ 29.17	55.56	19.17~ 28.33	47.83	25.0~ 30.83	23.33	23.75~ 28.33	19.3
2	17.92~ 28.33	58.14	19.58~ 27.5	40.43	17.92~ 25.83	44.19	16.67~ 24.17	45.0	18.75~ 23.33	24.44
3	13.33~ 25.83	93.75	13.33~ 23.33	75.0	12.5~ 20.83	66.67	10.83~ 17.5	61.54	9.58~ 15	56.52

2.2 旱季农田土壤水分动态变化

旱季土壤水分的观测资料选在久旱蒸发条件下 1997 年 5 月 13 日至 5 月 31 日,以两天为间隔绘出全坡面平均土壤水分动态变化过程线,以种植玉米的 3 区为例进行分析(图 2)。由图 2 可知,由于植被蒸腾和土壤蒸发,旱季各层土壤含水量随时间逐渐减小,但只有浅层土壤水分变化幅度较大,从 5 月 13 日至 5 月 31 日,10、20、30、40、50、60 cm 处土壤容积含水量分别减少 22.4%、13.04%、12.0%、9.67%、

6.82%和 6.21%。同时由于土壤蒸发向深层传递的滞后性,深层土壤水分的递减也具有滞后性。即土层越深,土壤水分开始减少的时间也越迟。如在观测期间,30、60 cm 处土壤容积含水量开始减少时间分别比 10 cm 处滞后 7 d 和 10 d。

对 10~60 cm 土层,在观测期间,土壤平均含水量从 19.54%降至 17.5%,减少了 2.04%,减少幅度为 10.44%,土壤蓄水量减少了 8.05 mm,而此期间蒸发皿实测的水面蒸发量高达 159.9 mm。这表明,深厚的黄土如同地下水库,能

保证作物旱季生长对水分的需求。所以,应尽量强化降雨就地入渗,一方面增加土壤蓄水量,保证作物旱季生长需求;另一方面还可以减少水土流失量。

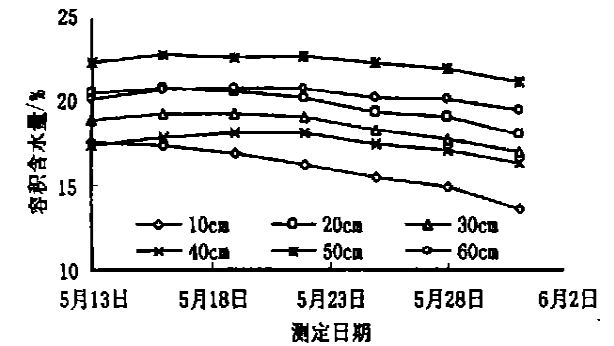


图 2 旱季农田土壤水分动态变化

2.3 坡位对土壤水分动态变化的影响

以上分析雨季和旱季土壤水分动态变化时,仅考虑了全坡面平均含水量的变化情况,没有考虑坡位的影响,实际上坡位对土壤水分的变化也有一定的影响^[3, 4]。对雨季、旱季,本文分别以种植玉米的 1、3 两区为例,分析土壤水分动态变化在坡面位置的差异(表 3、4)。

由表 3、4 可知,雨季、旱季坡位对各层土壤水分动态变化的影响没有明显规律,这与土壤水分空间变异性和农田土壤水分运动的多维性有关。对 10~50 cm 土层,雨季观测期

间坡上、坡中、坡下土壤平均容积含水量分别从 21.93%、21.25% 和 19.4%,增加到 27.21%、30.57% 和 29.38%,分别增加了 24.11%、43.87%、51.41%,土壤蓄水增量分别为 17.32、22.6、23.2 mm。显然,土壤水分变化幅度、土壤蓄水增量是坡上< 坡中< 坡下。这可能是坡下玉米生长发育耗水较多,导致前期土壤含水量较低^[3];同时随着坡长的增加,降雨产流时地表积水时间、积水深度增大,从而坡下土壤水分增加较大的缘故^[4]。

同理,在旱季以 10~60 cm 土层来分析,观测期间坡上、坡中、坡下土壤平均含水量分别从 16.77%、20.26% 和 21.74%,降至 14.0%、18.19% 和 20.3%,分别减少了 16.52%、10.24% 和 6.6%,土壤蓄水量分别减少了 9.56、6.96 和 2.76 mm。显然,土壤水分减少的幅度、土壤蓄水减少量是坡上< 坡中< 坡下,这与土壤前期含水量越大蒸发越强从而蓄水量减少越多相矛盾。这可能是虽然坡下土壤前期含水量较高,土壤蒸散发量较大,但是深层土壤补充水分较多,从而其蓄水量降低较少,也可能是分析时间较短的缘故。由于表层土壤蒸发和深层土壤水分补充机理的复杂性,这方面今后还需要进一步深入研究。

由上可知,不论雨季还是旱季,观测期末坡的中下部土壤水分交换最活跃,土壤储水量最大。因此,从因地制宜、充分利用降水资源的角度出发,山顶宜种植抗逆性较强的牧草或灌木,需水较多的农作物或果树宜配置在坡的中下部。

表 3 坡位对 1 区各层土壤水分变化幅度的影响(1996 年)

坡位	各层土壤容积含水量变化幅度											
	10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm			
	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅	变化范围	增幅
坡上	18.75~31.0	65.33	20.42~28.33	38.78	19.17~25.83	34.78	25.0~28.75	15.0	25.42~28.33	11.48		
坡中	19.17~31.67	65.22	17.5~30.42	73.81	21.25~30.42	43.13	25.0~31.25	25.0	23.33~28.75	23.21		
坡下	14.58~27.08	85.71	18.75~27.08	57.78	17.5~28.33	61.9	23.33~31.67	38.19	22.08~29.58	33.96		

表 4 坡位对 3 区各层土壤水分变化幅度的影响(1997 年)

坡位	各层土壤容积含水量变化幅度											
	10 cm		20 cm		30 cm		40 cm		50 cm		60 cm	
	变化范围	减幅	变化范围	减幅	变化范围	减幅	变化范围	减幅	变化范围	减幅	变化范围	减幅
坡上	17.31~13.46	22.22	19.23~15.77	18.0	16.54~13.46	18.6	16.15~13.46	16.67	16.92~14.62	13.63	15.0~13.46	10.26
坡中	19.85~14.62	26.36	21.15~18.08	14.54	19.23~16.92	12.0	16.92~15.38	9.09	27.54~26.15	5.02	24.23~23.08	4.76
坡下	15.54~12.69	18.32	21.92~20.0	8.77	21.92~20.38	7.01	21.15~20.0	5.45	23.46~22.31	4.9	22.69~21.54	5.08

3 结 论

雨季土壤水分动态变化过程与降雨和蒸散发的变化情况密切相关,由于土壤水分入渗和蒸发向深层传递的滞后性,浅层(10~30 cm)土壤水分变化幅度大于深层土壤,在降雨产流时表现尤为明显。旱季土壤水分亏缺的补偿和恢复,主要取决于雨季雨强适中、历时长且降雨量大的降雨过程,微雨和暴雨的作用较小。缓坡农田降雨入参与前期土壤水分

剖面特征、作物覆盖度以及作物耗水特性紧密相关,而坡度的影响可以忽略不计。深厚的黄土如同地下水库,能满足旱季作物对水分的要求,但作物的过度耗水会造成下伏干燥化土层的产生,反而不利于作物的生长^[5]。在同一作物种植条件下,坡位对浅层土壤蓄水增量也有一定的影响,观测期末雨季(10~50 cm)、旱季(10~60 cm)土壤蓄水增量为坡上< 坡中< 坡下,坡中下部的储水量较坡上部大。

参考文献:

[1] 李玉山, 苏陕民. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究[M]. 北京: 科学技术出版社, 1991.
[2] 沈冰, 王文焰. 降雨条件下黄土坡地表层土壤水分运动[A]. 见: 沈晋等. 动力水文实验研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991. 177- 189.
[3] 蒋定生, 等. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 198- 206.
[4] 康绍忠, 张书函, 晁光镛, 等. 内蒙古敖包小流域土壤入渗分布规律的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(2): 38- 46.
[5] 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响[J]. 生态学报, 1983, 3(2): 91- 101.