

黄土高原坡耕地土壤水分主要受控因子研究

赵晓光 吴发启 刘秉正 刘世海

(西北林学院水土保持系·陕西杨陵·712100)

摘要 通过对 0~25 坡耕地 240 cm 以上土层 1 a 内各层土壤水分状况每周的观测,结合同期降水资源,研究土壤水分在 5-9 月份的变化情况,从而得出土壤含水量随坡度增大呈减少趋势;距分水岭 30 m 处土壤含水量最高(9% 坡度);土壤水分含量随雨量增大而增大;中等雨强降雨对土壤水分影响最大;高茬覆盖有利于增加土壤含水量,5-9 月份,土壤月平均含水量呈正弦曲线变化的规律。

中图分类号: S152.7

关键词: 土壤水分 坡耕地 受控因子

Effects of Primary Factors on Soil Moisture in Cultivated Slopeland

Zhao Xiaoguang Wu Faqi Liu Bingzheng Liu Shihai

Department of Soil and Water Conservation, Northwest Forestry College, Yangling, Shaanxi, 712100, PRC)

Abstract By measuring soil moisture within various layers (above 240 cm depth) in the cultivated slopeland with 0~25° during one year, a monthly change in soil moisture from May to September was discussed considering rainfall information. The results indicated that soil moisture decreased as gradient increased. The highest soil moisture occurred at a place where is 30 m far away from the ridge line. Soil moisture increased with increasing rainfall. The effect of a moderate rainfall intensity on soil moisture was significant. Soil moisture was increased by high residue mulch. The change of monthly mean soil moisture from May to September was nearly a sine curve.

Keywords: soil moisture; cultivated slopeland; factors

黄土高原光照充足,温度、湿度、土壤等因素均能满足作物生长需要,限制作物生长的一个主要因素就是土壤水分含量。搞清楚土壤水分状况受哪些因素的影响和控制,采取相应措施,提高水分利用率,对提高本区粮食生产水平有重要意义。

1 研究方法

1.1 试验地选择

试验地选择在陕西省淳化县泥河沟流域上游塬面,土壤为黄土壤土,属粉砂质粘土或粉砂质壤土(25%),以种植小麦为主,土壤的有关物理性指标可参看文献[1]。

1.2 测试项目

根据分析^[2-6],对可能影响土壤水分状况的地表坡度 α 、观测点到分水岭的距离(以下简称坡长 L)、降水量 P 、降水强度 I 及土地利用按规范^[7-8]进行系列观测,时间从 1993 年 9 月-1994 年 11 月,土壤水分明显发生变化在 5-9 月份,故以 5-9 月资料分析。

1.3 土壤水分观测

在试验地中竖直埋设用于中子水分仪观测的铝合金管,最深 240 cm,从距地表 30 cm 处每隔 10 cm 为 1 个观测点,测量土壤体积含水量,地表土壤(0~30 cm)采用人工取样烘干称重方法测其含水量,每周观测 1 次。

2 结果与分析

2.1 坡度

坡度选择为 0°、8°、15°、25° 其中 5-9 月份土壤水分变化幅度最大。不同坡度下月平均含水量及不同深度平均含水量变化见图 1, 图 2。

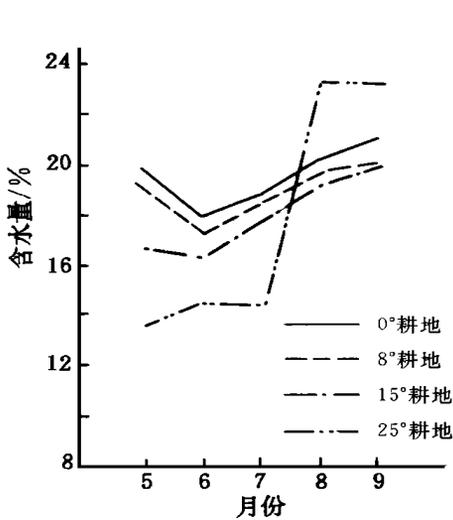


图 1 不同坡度耕地土壤月平均含水量变化曲线

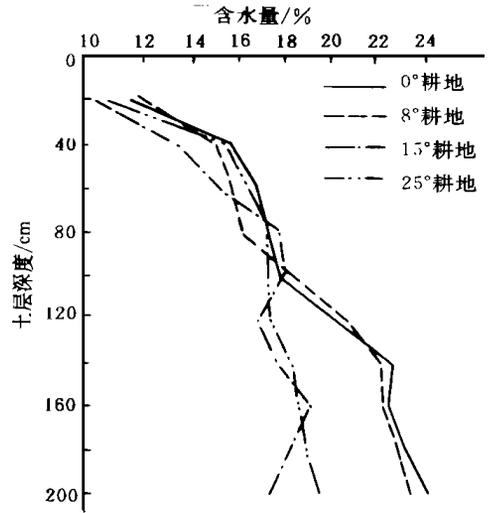


图 2 不同坡度耕地土壤剖面水分变化曲线

从图 1 可以看出,随坡度增大,土壤月平均含水量减小,从 8 月份开始,25 坡耕地土壤平均含水量增加幅度猛增,在 9 月份高于其余坡度土壤含水量,原因可能是由于 25 坡耕地位于塬边沟坡位置,整个雨季由于大量降水从塬面入渗,导致塬边沟坡土壤含水量增大^[10],加上 25 坡耕地本身接受降水入渗补给,故土壤含水量由两个方面的入渗补给,其值高于单方面接受降水补给的耕地。同样,从图 2 可以看出,不同深度平均含水量随坡度增大呈减小趋势,特别在 100 cm 以下土层内。浅层不明显的原因是夏季蒸发影响较强烈,土层含水量主要受土壤结构及质地影响,试验地土壤结构及质地相近,故蒸发量相近,导致浅层(100 cm 以上)土壤含水量相差较小。

2.2 坡长

在坡度 9% 的耕地上,从分水岭开始沿坡向下每隔 10 m 布设 1 个水分观测管,共 6 个观测点。各点月平均土壤含水量变化曲线见图 3。从图 3 可以看出,土壤月平均含水量随坡长不同呈现较复杂变化,当坡长较短时(10 m, 20 m),整个季节内含水量呈增加趋势;坡长中等时(30 m),8 月份以前含水量较稳定,8 月份以后呈增加趋势;坡长较长时(40~60 m),含水量在 8 月份以前逐渐减小,在 8 月份达到最低,然后猛增。这个结果的产生是由于高强度暴雨一般发生在 7-8 两个月,随坡长增大,坡面径流量猛增,径流对地表产生冲刷,携带的小颗粒粘度堵塞土壤下渗孔隙及通道,加之表层塌陷,造成水分下渗受阻^[11],使土壤含水量低于短坡长测点。9

月份尽管降水总量较大,但由于无暴雨,且多以连阴雨的形式出现,大多入渗到土壤中。中型强度降水有时可产生较小地表径流(视土壤初始含水量状况),当降水停止后,地表径流继续入渗,增大了距分水岭较远点的土壤水分含量,出现了图 3 所示现象。就整个雨季不同深度的平均含水量来看(图 4),在 0~60 m 范围内,以 30 m 为最大,其次是 60 m,20 m,40~50 m,最小为 10 m 处土壤含水量。说明坡长对土壤水分含量的影响受控于降水因子,与降雨强度关系密切。同时就整个雨季而言,坡度 9% 的耕地 0~60 cm 土层中水分含量以 30 m 处为最大。

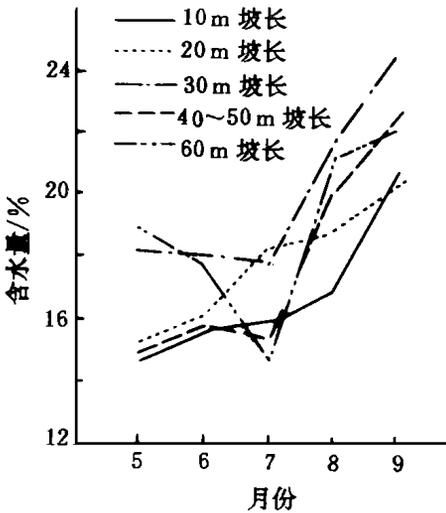


图 3 不同坡长耕地土壤月平均含水量变化曲线

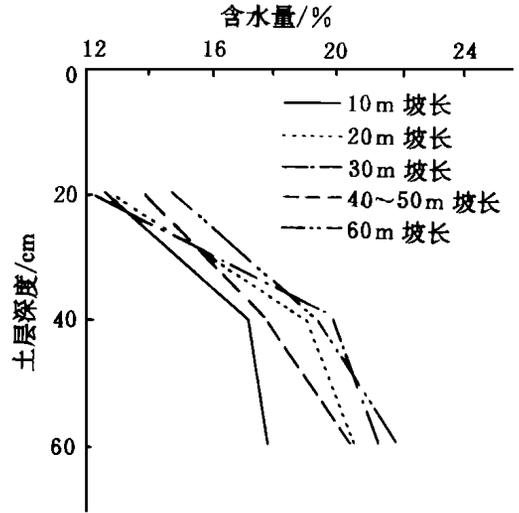


图 4 不同坡长耕地土壤剖面水分曲线

2.3 降雨量

从上述分析中可以看出,降雨量对土壤含水量有一定影响。从 1996 年 6—8 月的降水资料中摘出 3 种出现频率较高而雨强比较接近的降水做一分析,其特征见表 1。

表 1 雨强相近的 3 次降雨特征

降雨日期 (月·日)	降雨量/ mm	起讫时间 (时:分)	降雨 历时/h	平均雨强/ (mm·h ⁻¹)
0603	36.9	20:12—7:12	11.00	3.35
0716	13.9	10:46—14:29	3.72	3.71
0803	26.9	8:06—15:58	7.86	3.43

降雨前后坡度为 8°;措施为顺坡犁耕的耕地土壤含水量见表 2。从表 2 可以看出,平均雨强为 3.35~3.71 mm/h 的降雨,土壤 0~160 cm 土层含水量变化受最大一次降雨影响最大。中等降雨影响最小,主要原因是因为土壤在降雨初期含水量较高,土壤基质势 ψ 较小,降低了水势,影响水分的入渗。6 月和 7 月两次降水,雨前土壤含水量相近,降雨后土壤含水量变化之比(2.53)与降雨量之比(2.65)很接近,说明在雨强相近的情况下(中、小雨)土壤含水量的增加与降雨量成正比。

2.4 雨强

在 2.2 中我们分析得出土壤含水量的变化与雨强有关,从 1996 年 7—9 月降水资料中选取降雨量相近、而雨强相差较大的 3 次降水对 8 坡耕地土壤含水量影响做一分析,3 次降雨特征见表 3。降雨前后 8 坡耕地土壤含水量见表 4。

从表 4 可以看出: 当降雨量相同, 土壤水分含量受中等强度降雨影响最大, 即土壤含水量变化率最大; 较大强度降雨反而影响小, 小强度降雨影响也较小。这主要是由于强度较大的降雨, 雨滴击溅易引起土壤下渗孔隙堵塞, 造成下渗水量减小^[11], 而小强度降水由于历时长(62 h), 且对气温影响小, 故降雨期间蒸发量大, 影响到土壤含水量的变化。中强度降水居于二者之间, 土壤下渗孔隙通畅, 又由于历时较短(36.5 h), 故对气温有一定影响, 蒸发强度降低, 蒸发量相应减小, 有利于水分入渗。同时还有一个原因就是土壤前期含水量较低, 土壤入渗水势较大, 也有利于水分入渗。

表 2 降雨量对 8 坡耕地土壤含水量的影响

%

土层深度/cm	13.9 mm			26.9 mm			36.9 mm		
	雨前	雨后	变化	雨前	雨后	变化	雨前	雨后	变化
40	17.93	17.03	-0.90	19.57	19.81	0.24	16.36	22.05	5.69
60	18.78	19.73	0.95	18.90	18.95	0.05	15.90	25.26	9.36
80	19.46	22.07	2.61	17.14	17.37	0.23	17.35	23.09	5.74
100	20.14	23.47	3.33	19.91	19.78	-0.13	20.67	22.44	1.77
120	20.13	21.22	1.09	22.64	21.98	-0.66	22.66	22.70	0.04
140	20.88	22.20	1.32	21.56	22.10	0.54	23.34	24.29	0.75
160	21.47	22.25	1.08	21.80	21.64	-0.16	22.79	22.95	0.16
平均	19.82	21.18	1.36	20.22	20.23	0.01	19.89	23.25	3.36

表 3 降雨量相近的 3 次降雨特征

降雨日期 (月·日)	降雨量/mm	起讫时间 (时:分)	历时/ h	雨强/ (mm·h ⁻¹)
0707~9	24.7	20:07—8:52	36.75	0.67
0824~27	24.0	18:47—8:52	62.08	0.39
0916~17	22.5	20:25—4:36	8.18	2.74

表 4 雨强对 8 坡耕地土壤含水量的影响

%

土层深度/cm	0.39 mm/h			0.67 mm/h			2.74 mm/h		
	雨前	雨后	变化	雨前	雨后	变化	雨前	雨后	变化
40	19.12	15.47	-3.65	12.60	18.55	5.95	16.48	17.36	0.88
60	19.20	17.47	-1.73	14.49	18.82	4.33	16.25	18.49	2.24
80	20.40	18.91	-1.49	14.89	18.07	3.18	16.62	17.84	1.22
100	20.60	19.43	-1.17	15.42	19.74	4.32	16.80	16.52	-0.28
120	22.49	19.70	-2.79	16.70	19.40	2.70	17.69	18.70	1.01
140	22.07	21.60	-0.47	17.68	21.20	3.52	20.72	20.49	-0.32
160	22.55	21.90	-0.65	17.29	21.40	4.11	20.84	21.82	0.98
180	22.80	21.22	-1.58	18.85	21.42	2.57	20.27	21.59	1.32
200	22.52	22.53	0.01	18.66	22.00	3.34	21.43	21.21	-0.22
220	22.83	22.11	-0.72	18.73	22.87	4.14	21.51	22.19	0.68
240	21.51	22.27	0.76	18.61	21.24	2.63	22.07	22.74	0.67
平均	21.55	20.24	-1.31	16.72	20.43	3.71	19.15	19.90	0.75

2.5 土地利用

考虑到黄土高原现有林地以刺槐居多, 其生长状况普遍较差, 林地稀疏, 故选择 8 小麦收割后留高茬(40 cm) 顺坡犁耕和林地(刺槐林, 胸径 6~8 cm, 郁闭度 63%) 进行观测。结果见图 5, 图 6。由图 5 可知, 土壤水分含量从高到低依次为高茬地> 顺坡犁耕地> 稀林地。从图 6 可以看出, 高茬和顺坡犁耕地在 90 cm 以下各层水分含量相差近似为常数 4%, 这是因为二者入

渗水量相近, 差值主要是高茬产生的覆盖效果, 减小了土壤蒸发所致。而对于林地, 从 90 cm 土层往下, 减小幅度逐渐增大, 可能与树木根系吸收水分有关^[5]。表层则主要受蒸发因素影响。

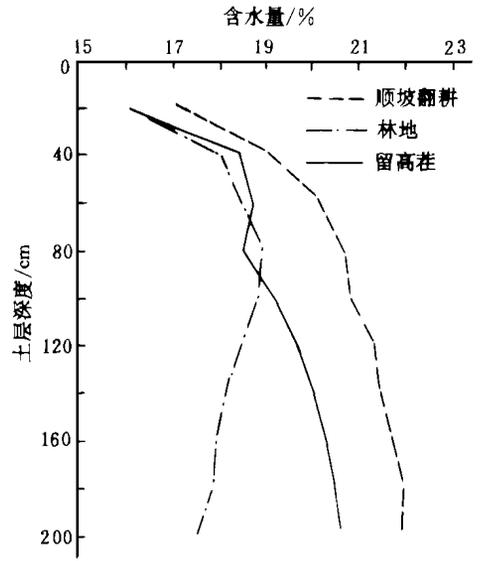
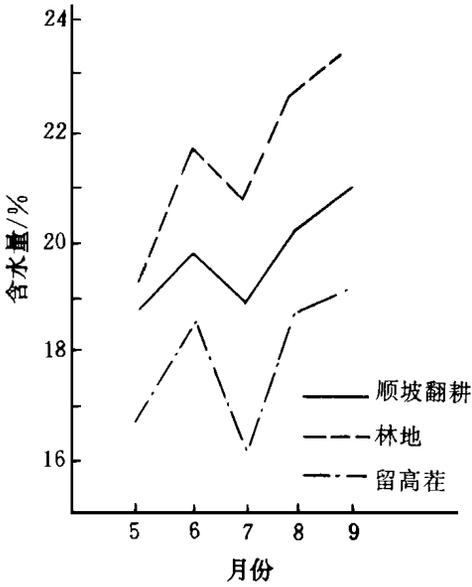


图 5 不同土地利用方式土壤月平均含水量变化曲线

图 6 不同土地利用方式土壤剖面水分变化曲线

2.6 月份

我们还可以从图 1, 图 3, 图 5 看出, 无论对于何种措施, 月份的影响总是很明显, 表现为 5 月份平均水分含量最低, 6 月份上升, 7 月份又有所下降, 8 月份又回升, 到 9 月份达到最大值的正弦曲线规律, 这种规律是由各月降水与蒸发因素共同作用形成的, 同时土壤前期含水量也有一定影响。

3 结 论

坡耕地土壤含水量除受蒸发因素影响外, 还受地形坡度、测点距分水岭的距离、降雨量、降雨强度、土地利用和月份影响。

坡耕地土壤含水量随坡度增大呈减小趋势; 坡长影响较复杂, 以 30 m 坡长土壤含水量最大(9%), 随着坡长增大或减小, 土壤含水量均降低; 在雨强一定情况下, 降雨量的大小与土壤含水量变化呈正比; 在雨量一定情况下, 以中雨强降水对土壤含水量影响最大, 过大或过小影响均较小; 不同土地利用方式中, 以高茬覆盖的坡耕地土壤水分含量最高。

在 5- 9 月雨季中, 从 5 月份开始, 土壤月平均水分含量以正弦曲线方式变化, 即 5 月份较低, 到 6 月份增大, 7 月份又减小, 8 月份又有所增大, 9 月份达到最大值。同时, 土壤前期含水量对土壤含水量的变化也产生一定影响。

西北林学院水土保持专业 97 届学生赵晓宏参与了部分工作, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 李光录, 赵晓光. 水土流失对土壤物理性质的影响. 西北林学院学报, 10(增刊), 1995. 22- 27
- 2 Mein R G, Larson C L. Modeling infiltration during a steady rain. Water Resour. Res., 1973, 9(2)
- 3 Sherman L K. Stream flow rainfall by the unit-graph method. Eng. New-Rec., 1932(108)
- 4 沈冰. 国外产流研究简介. 水文, 1987(3)

产,但投入与产出比率因微喷时间和喷水量的不同而有差异。除 3 月 9 日露地微喷 $150\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的表现为增产而不增收外,其余均呈增产增收趋势。以返青期喷 $288\text{ m}^3/\text{hm}^2$,与抽穗期喷 $450\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的 2 个处理产投比率最高,达到 1.2:1.6(见表 3),而且是补水量越大产量越高。

表 3 小麦微喷补水经济效益

补水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	增产粮食/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	增粮折款/ ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$)	投资/ ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$)	每 1 m^3 水增粮/ kg	投产比/ 元
150	195	273	375	1.3	0.728
225~240	480	672	501	2	1.34
275~300	500.25	700.35	562.5	1.67	1.24
450	909	1272	795	2.02	1.60

3 初步结论

小麦越冬期微喷补水后,由于此时温度低,土壤蒸发缓慢,即使补水量不大,也可使土壤水分有一个明显的增加,而且入渗深度可达 80 cm 。经过冬季消耗,到翌年春, $0\sim 50\text{ cm}$ 土层补水与不补水已基本处在同一水平,但 $50\sim 80\text{ cm}$ 土层含水量补水田明显高于对照,平均高 2.57% ,生长后劲明显大于对照田。小麦返青后由于此时温度已逐渐回升,土壤蒸发增强,加之麦田生物群体加大,耗水增多,微喷补水影响土层明显向浅层推移,比较明显的差异在 $0\sim 30\text{ cm}$ 土层,平均比对照高 3.39% 。

以塑管渗灌技术为基础发展起来的简易微喷灌技术,除具有渗灌的优点外,还具有可移动、投资小、简便灵活、适应性广等特点。1997-1998 年度特殊干旱条件下,不同补水时期的增产效应为抽穗期>拔节期>返青期。补水量在 $450\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 以内,随补水量的增加,增产幅度增大。地膜覆盖加补水穗数增加 $10.5\sim 50.3\text{ 万}/\text{hm}^2$,穗粒数增加 $3.1\sim 10.9$ 粒,千粒重提高 $1\sim 2\text{ g}$,产量增加 $366.0\sim 1324.5\text{ kg}/\text{hm}^2$,增产率为 $25.0\%\sim 90.4\%$ 。裸地麦田补水可使穗数增加 $39.7\sim 41.7\text{ 万}/\text{hm}^2$,穗粒数增加 $0.5\sim 3.9$ 粒,千粒重提高 $1.9\sim 3.9\text{ g}$,产量增加 $315.0\sim 701.6\text{ kg}/\text{hm}^2$,增产率为 $22.5\%\sim 50.2\%$,产投比为 $1.2\sim 1.6$ 。实践证明该技术可操作性强,具有广阔的推广应用前景。

参加本项工作的还有万荣县塑管厂王礼和万荣县农技中心张万元 2 位同志。

参 考 文 献

- 1 牛西午,等.旱地苹果园渗灌补水加覆盖技术研究与应用.干旱地区农业研究,1996(4):52-55

(上接第 14 页)

- 5 蒋定生,等.地面坡度对降雨入渗的模拟试验.水土保持通报,1984(4):10-13
- 6 中野秀章,著.李云森译.森林水文学.北京:中国林业出版社,1988
- 7 中华人民共和国水利水电行业标准.降水量观测规范.北京:水利电力出版社,1990
- 8 中华人民共和国水利电力部标准.水土保持试验规范.北京:水利电力出版社,1988
- 9 梁学田.水文学原理.北京:水利电力出版社,1992.97-102
- 10 霍崇仁,王禹良.水文地质学.北京:水利电力出版社,1984
- 11 淮河流域水土保持训练班讲义.水土保持原理与技术措施.水利电力部治淮委员会农水处编
- 12 王佑民,刘秉正.黄土高原防护林生态特征.北京:中国林业出版社,1994.101-151