

宁南黄土丘陵区荒坡地土壤水分 分布与运行特征

穆兴民 陈国良 郭宝安 赵克学*

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要

用土钻法连续5年对荒坡地不同坡向、坡位的土壤水分进行了定位测定,表明不同坡向土壤水分差异显著,南坡和北坡相比,0~2m土层北坡含水量高,但1~2m土层南坡比北坡土壤含水量高。荒坡地耗水深度南坡2.3m,北坡1.3m。坡地蒸散平均305~335mm,其中90%来自大气降水。

关键词 宁南黄土丘陵区 土壤水分分布 运行特征

1 引 言

宁南黄土丘陵区位于黄土高原西部,宁夏回族自治区南部。地貌以梁峁丘陵为主,少量的台塬和川坝地分布其间,沟壑纵横,构成了复杂多样的土地类型。长期以来,对天然牧荒坡地土壤水分的系统的、长期定位观测研究极少。E. H. 罗曼诺娃^[1]对苏联坡地土壤水分、蒸发等做了较为系统的综合研究。在我国,么枕生^[2]等在50年代“黄土高原综合考察”中仅作过短期的测定分析,傅抱璞^[3]在其研究著作中对土壤水分也只有简短的描述。自然地貌、气候条件下的天然荒坡草地土壤水分的研究是其它研究的基础,在丘陵山地分布甚广的我国,研究坡地、特别是天然荒坡地土壤水分资源的数量和分布特征,不论在理论上还是在生产实际中都有重大意义,基于此,我们开展了这项工作。

2 研究方法及其研究区气候概况

试验设在宁夏固原县上黄村。选择有代表性的平直坡面进行长期定位观测。各坡面的坡向、坡度如表1。每个坡面从上至下每隔20m、40m和60m各选一测点代表坡的上

表1 坡地土壤水分测点的坡向和坡度

坡 向	南坡(S)	东坡(E)	西坡(W)	北坡(N)
方 位	偏西 20°	偏北 20°	正 西	偏东 30°
坡 度	19°	15°	18°	15°

注:除东坡早晨有山遮挡0.5h左右外,其余坡向无遮挡

收稿日期 1992-05-30

* 赵克学系宁夏回族自治区固原县科委工作

部、中部和下部三个坡位(如图1),测定时间,每年从4月—11月每月测定一次2m土层的土壤含水量。测定方法为土钻法。本文资料年限为1985年6月—1989年底。

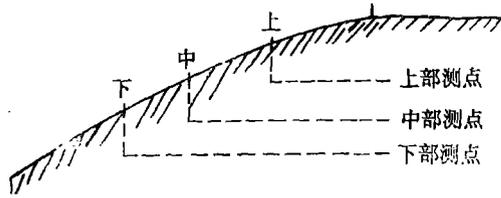


图1 坡地土壤水分测定位置示意图

表2 试验年与历年平均降水比较

年代	春季 (mm)	夏季 (mm)	秋季 (mm)	冬季 (mm)	年	
					量(mm)	与平均比(%)
1985	(114.4)	209.2	166.5	—	490.1	—
1986	37.9	204.8	39.5	2.5	284.8	59.6
1987	63.4	167.5	91.1	2.8	324.6	67.9
1988	118.6	255.5	54.6	9.9	438.6	91.7
1989	68.3	209.5	62.9	16.9	358.3	74.9
历史平均*	81.0	264.7	124.8	7.6	478.2	100

* 固原气象站1958—1989年资料

由表可见,除1985年年降水较丰,1988年为平水年外,其余各年均均为欠水年,尤以1986年降水最少。表明,试验期内分别有旱、平、丰三种不同降水年型。

3 结果分析

本研究在堆积深厚的丘陵牧荒坡地细黄土上进行。地下水多在200m以下。0~200cm土层的土壤容重南坡为 $1.21\text{g}/\text{cm}^3$,北坡 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$,南坡比北坡高 0.03 。0~100cm土层容重,南坡 $1.19\text{g}/\text{cm}^3$,北坡 $1.14\text{g}/\text{cm}^3$ 。深层100~200cm南坡和北坡均为 $1.23\text{g}/\text{cm}^3$ 。由此构成的土壤凋萎湿度6%(占干土重%)左右,田间持水量20%左右。表明坡地土壤的基本水文性质差异不大。

3.1 牧荒坡地年平均土壤含水量的空间分布

3.1.1 土壤含水量随坡向的分布 不同坡向中部年均土壤含水量如表3。表明:

(1) 0~2m土层平均土壤含水量(占干土重%,下同):东坡(11.0%)>北坡(10.6%)>南坡(10.2%)>西坡(9.3%)。干旱的1986年各坡向的土壤含水量差异最小。(2) 0~1m土层土壤含水量随坡向的分布与0~2m土层含水量随坡向分布基本一致;1~2m土层土壤含水量:南坡最高,不同年份均是如此,西坡最低(除1986年外)。5年平均,南坡(11.4%)>东坡(10.3%)>北坡(10.1%)>西坡(9.5%)。东坡比北坡略高。(3) 上层与下层土壤含水量差异随坡向分布。东坡和北坡下层(1~2m)平均含水量比上层(0~1m)低,与农田土壤水分分布情形一样,而南坡和西坡下层土壤含水量比上层(0~1m)高。

土壤含水量随坡向和不同土层的这种分布特征的形成是地理条件、坡地小气候和天

然植被条件综合作用的结果。①南坡和西坡的辐射平衡比北坡和东坡高,蒸发力强,土壤失水多,土壤含水量低,生产上称之为“早阳坡”或“干旱坡”。②由于干旱和人为破坏致使南坡和西坡植被稀疏,土壤水分消耗以土壤蒸发为主,植物蒸腾耗水甚微,而北坡和东坡

表3 天然草坡地年平均土壤含水量

年代	南 坡			北 坡			东 坡			西 坡		
	0~2 (m)	0~1 (m)	1~2 (m)									
1985	12.9	12.3	13.4	13.5	15.0	11.9	14.3	16.3	12.4	11.7	11.7	11.7
1986	11.2	9.3	13.1	12.0	12.3	11.7	11.9	12.2	11.6	11.0	10.0	12.0
1987	9.0	7.9	11.0	9.7	9.2	10.1	9.2	8.6	9.7	8.3	7.4	9.2
1988	9.6	8.9	10.2	9.3	10.0	8.6	10.3	11.4	9.1	8.0	8.6	7.4
1989	8.4	7.3	9.5	8.6	9.0	8.1	6.5	10.4	8.5	7.3	7.5	7.1
平 均	10.2	9.0	11.4	10.6	11.1	10.1	11.0	11.8	10.3	9.3	9.0	9.5

植被盖度相对较大,植物蒸腾较南坡和西坡大。土壤蒸发依靠土壤毛管作用传输水分,主要消耗上层水分,蒸腾靠根系吸收水分,具有较强抗旱性的天然植被吸收了深层土壤贮水,导致北坡和东坡深层贮水减少,土壤含水量相对较低。

3.1.2 土壤含水量随坡位的分布(如表4)表明:(1)0~2m土层平均土壤含水量,南坡、北坡从坡的上部至下部逐渐降低,东坡和西坡则是上部和下部含水量高,中部含水量低。(2)不同土层各坡位土壤含水量变化特征:0~1m土层与0~2m土层含水量变化趋势基本一致。1~2m土层含水量南坡、北坡及西坡由坡的上部至下部逐渐降低,东坡与此相反。总之这里的变化比较复杂,并不象E. H 罗曼诺娃^[1]分析的从上至下由于径流作用,含水量有规律的增加。

表4 天然牧荒坡地不同坡位土壤含水量

年代	土层 (m)	南 坡			北 坡			东 坡			西 坡		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1985	0~2	13.0	12.1	11.9	13.6	12.3	12.5	14.3	13.9	14.7	11.7	11.9	12.0
	0~1	12.6	11.6	12.2	15.3	12.3	13.1	16.2	15.3	16.1	11.7	12.0	13.1
	1~2	13.4	12.6	11.6	11.9	12.2	11.9	12.4	12.5	13.2	11.7	11.7	10.9
1986	0~2	11.3	11.1	10.5	12.0	11.1	10.4	12.0	12.0	12.7	11.0	10.6	10.9
	0~1	9.3	8.8	9.0	12.3	10.8	10.1	12.3	11.9	12.9	10.0	9.3	10.2
	1~2	13.3	13.3	12.0	11.7	11.4	10.6	11.6	12.1	12.5	12.0	11.9	11.5
1987	0~2	9.1	9.1	8.2	9.2	8.9	8.1	9.2	8.9	9.8	8.4	8.2	8.3
	0~1	7.2	6.8	6.8	8.3	8.3	7.5	8.7	8.2	9.3	7.5	7.0	7.4
	1~2	10.9	11.4	9.5	10.1	9.5	8.7	9.7	9.6	10.3	9.3	9.3	9.2
平均	0~2	11.1	10.6	10.2	12.0	10.8	10.3	11.8	11.6	12.4	10.4	10.2	10.4
	0~1	9.7	9.1	9.3	12.0	10.5	10.2	12.4	11.8	12.8	9.7	9.4	10.2
	1~2	12.5	12.1	11.0	11.9	11.0	10.4	11.2	11.4	12.0	11.0	11.0	10.5

3.1.3 坡地与平地(荒地)土壤含水量 同期坡地与平地(荒地)土壤含水量如表5。表明:3年平均0~2m土层含水量平地低于坡地,1~2m土层亦是如此;0~1m土

层含水量北坡和东坡高于平地，南坡和西坡低于平地。一般平地蒸发力比南坡和西坡低，比北坡和东坡高^{[1][8]}，平地人为破坏小，植被生长比坡地旺盛，导致上层土壤含水量平地高于南坡和西坡，而低于北坡和东坡，深层贮水平地低于所有坡向坡地。

3.2 坡地土壤含水量垂直分布

以南坡和北坡为例。图2为1986—1989年月平均土壤含水量随深度的分布图。表明：

(1) 南坡各月(4—11月)土壤含水量随深度分布可用

$$W = A + B \times H + C \times H^2 \quad (1)$$

拟合(C > 0)。W表示土壤含水量(%),H为土层深度,A,B,C为参数,可用最小二乘法取得。北坡土壤含水量随深度变化则不很规则。

(2) 草地土壤耗水深度,南坡在2.0m以下,模拟推算为2.3m左右,北坡在1.7m左

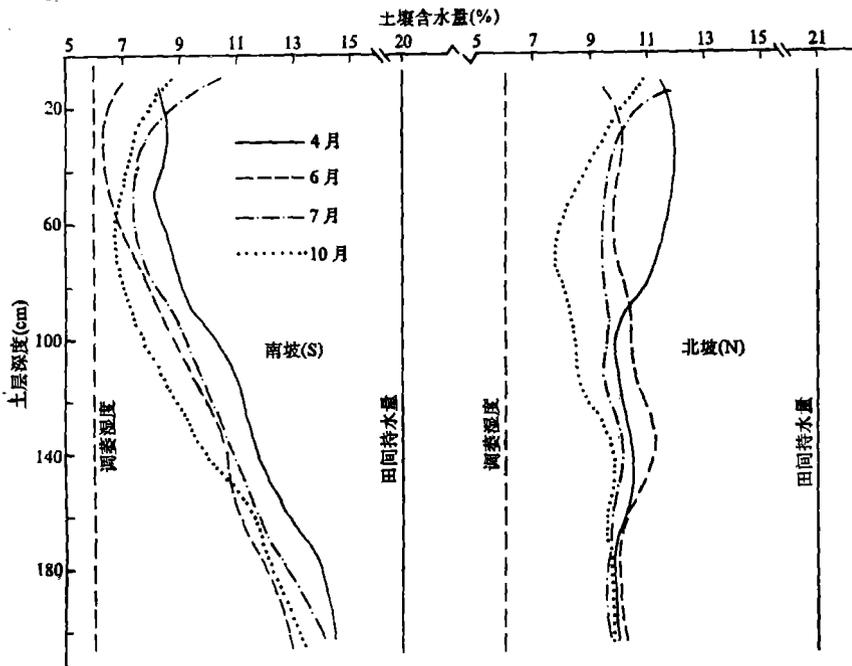


图2 坡地土壤含水量时间变化

右。由于根系集中于50cm土层,南北坡最干旱土层都在50cm左右。

(3) 土壤深层储水南坡高于北坡,2m土层内,北坡普遍低于11%,约相当于田间持水量的55%,南坡在0~1.4m土层内低于11%,1.4~2.0m高于11%。

(4) 土壤含水量垂直变化特征。表6为坡地不同土层土壤含水量的年平均值和变异系数。变异系数(CV. %),南坡大于北坡。根据图2(N,S)和表6,0~200cm土层内各土层含水量随时间变化特征,北坡可分为4层,南坡可分为3层。即:

土壤水分突变层(0~20cm土层),该层土壤含水量随降水的发生和量的大小,增降起伏剧烈,其变异系数在40%以上。

土壤水分易变层(20~40cm土层),它受大气降水和蒸发影响相对较小,其变异系数

表5 天然牧荒坡地与平地土壤含水量

年 代	土层(m)	南 坡	北 坡	东 坡	西 坡	平 均	平 地
1986	0~2	9.9	10.7	9.9	9.8	10.3	7.9
	0~1	7.3	10.0	8.8	8.1	9.1	7.2
	1~2	12.4	11.3	11.0	11.4	11.5	8.6
1987	0~2	9.2	9.8	9.2	7.9	9.0	8.4
	0~1	6.6	9.0	8.5	6.6	7.7	8.1
	1~2	11.7	10.5	9.8	9.1	10.3	8.6
1989	0~2	8.4	8.6	9.5	7.3	8.5	8.4
	0~1	7.3	9.0	10.4	7.5	8.6	9.3
	1~2	9.5	8.1	8.5	7.1	8.3	7.5
平 均	0~2	9.2	9.7	9.5	8.3	9.2	8.2
	0~1	7.1	9.3	9.2	7.3	8.4	8.2
	1~2	11.2	10.0	9.8	9.2	10.0	8.2

表6 天然牧荒坡地年平均土壤含水量及变异系数

坡 向	南 坡										北 坡										
	1986年		1987年		1988年		1989年		平均		1986年		1987年		1988年		1989年		平均		
	\bar{X}	CV.																			
深度 (cm)																					
0~20	8.0	39	8.4	54	13.0	26	3.9	58	9.6	44	11.2	23	6.2	87	14.3	24	8.9	58	10.2	48	
20~40	8.2	35	7.3	46	8.2	28	6.9	29	7.7	35	12.6	27	9.4	15	9.7	18	6.9	29	9.7	22	
40~60	9.0	30	5.8	9	7.0	17	5.9	9	7.0	16	12.8	25	8.0	14	8.2	8	5.9	8	8.7	14	
60~80	10.0	20	6.4	10	7.2	13	6.5	14	7.5	14	12.9	29	8.5	20	7.6	9	6.5	13	8.9	18	
80~100	11.3	20	7.9	16	7.5	13	7.5	19	8.6	17	12.2	7	9.5	17	7.8	8	7.5	19	9.3	13	
100~120	11.8	18	8.8	20	8.4	12	8.0	13	9.3	16	12.0	6	9.7	18	8.5	7	8.0	13	9.6	11	
120~140	12.5	12	9.8	15	9.4	12	8.6	8	10.1	12	11.9	4	10.7	16	8.5	7	8.6	8	9.9	9	
140~160	12.5	13	10.9	15	10.3	12	9.5	5	10.8	11	11.9	8	10.4	15	8.8	8	9.5	5	10.2	8	
160~180	14.0	12	11.9	8	12.1	12	10.2	9	12.1	10	11.7	8	9.7	4	8.8	8	10.2	9	10.1	5	
180~200	14.8	9	13.3	11	10.2	10	11.2	13	12.4	11	11.0	5	10.1	6	8.8	6	11.2	13	10.3	8	

北坡 20% 左右, 南坡 30% 左右。

第 3 层为土壤水分不稳定层, 其土层南坡为 41~200cm, 北坡为 41~130cm 土层, 含水量的变化受大气降水、蒸发力和植被生长状况综合作用, 含水量变化的随机性减小, 季节性增大, 其变异系数为 10%~20%。

第 4 层为土壤水分相对稳定层, 北坡为 131~200cm, 南坡无第 4 层。土壤含水量相对比较稳定, 变异系数小于 10%。

3.3 土壤含水量季节变化

坡地土壤含水量季节变化动态如图 3 (A, B)

(1) 各个时期 0~1m 土层含水量, 北坡、东坡高于南坡和西坡, 东坡含水量最高, 深层(101~200cm) 贮水量南坡最高, 其次是东坡、北坡, 西坡最低。

(2) 土壤含水量季节变化。以 5 月至 6 月土壤水分减小最多, 月平均土壤耗水 20mm 左右, 东坡最高达 30mm, 北坡次之 15mm 左右。春季多东北风, 夏初东坡、北坡含水量

较高所致。一年之中，6月为土壤最干旱时期。至7月土壤贮水量又有所升高，南坡和西坡升高幅度比东坡和北坡大。7月进入雨季，又因南坡和西坡土壤比北坡和东坡干旱，吸

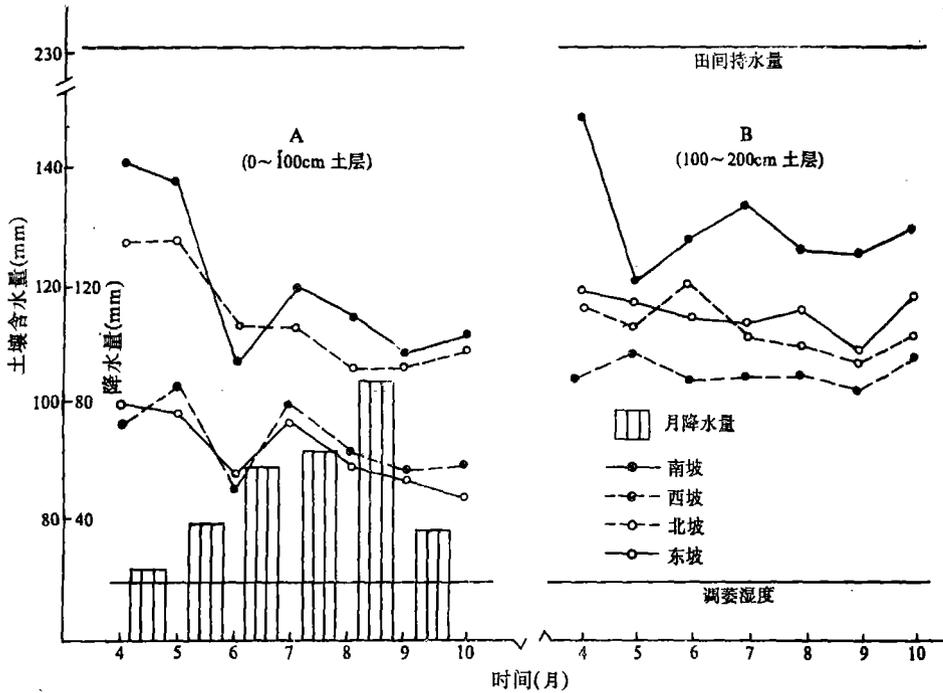


图3 不同深度坡地土壤含水量年变化(1986—1989年平均)

水力强，因此吸水较多。7—9月雨季降水虽较多，但蒸发力也大，1986—1989年干旱年份更是如此，故仍为失墒期，土壤含水量逐渐降低。9月到次年4月又略有升高。100~200cm土层含水量变化趋势与0~100cm土层基本一致，但其变化相对较稳定。

由于试验4年多为旱年和大旱年，1986—1989年平均降水356mm，而比历年平均降水478mm少122mm，土壤处于干旱状态，因此与固原历年平均土壤含水量季节变化(图4)相比，1986—1989年平均坡地土壤含水量季节变化不甚显著，尤其没有明显的增墒期。

3.4 坡地土壤水量平衡概算

因试验地段未设置径流观测，这里仅借助试区内有关径流实测结果，对坡地水量平衡进行概算，结果如表7。表明：

(1) 平均实际蒸散量南坡最大，北坡次之，西坡最小，变化于305~336mm之间，略

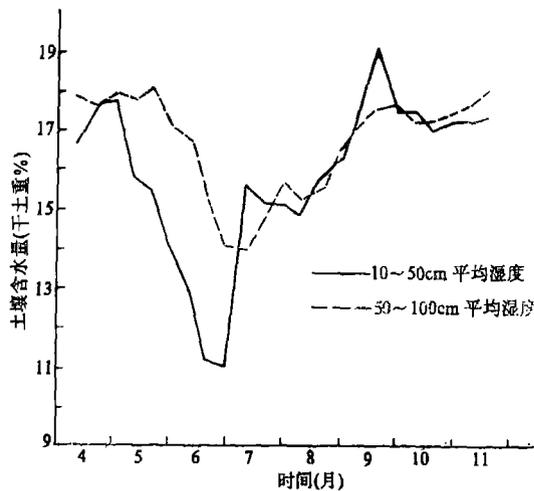


图4 固原(城郊)土壤湿度(%)年变化

高于季节降水量。

(2) 荒坡地实际蒸散中, 90% 来自大气降水, 10% 来自土壤底墒, 但不同年份差异较大, 如干旱的 1986 年, 因 1984—1985 年降水丰沛, 底墒足, 故在干旱且蒸发力大的 1986 年, 土壤耗水所占比重较大。

4 小 结

本文用 5 年天然荒坡地定位土壤水分观测资料, 对宁南黄土丘陵区土壤水分的数量和分布作了分析, 这几年资料以干旱和偏旱年为主。结果表明:

表7 坡地水量平衡初步分析

年代	坡向	土壤含水量		土壤耗水 (mm)	径流量 (mm)	降水量 (mm)	蒸散量 (mm)
		4月(mm)	10月(mm)				
1986	南坡	303	222	81	3.1	261.3	338.3
	北坡	321	243	78	3.1	261.3	335.3
	西坡	263	213	50	3.1	261.3	308.3
	东坡	330	222	108	3.1	261.3	366.3
1987	南坡	230	181	49	11.1	286.1	324.0
	北坡	228	209	19	11.1	286.1	294.0
	西坡	195	178	17	11.1	286.1	292.0
	东坡	218	206	12	11.1	286.1	287.0
1988	南坡	248	234	14	30.8	376.8	360.0
	北坡	202	220	-18	30.8	376.8	328.0
	西坡	164	195	-31	30.8	376.8	315.0
	东坡	229	251	-22	30.8	376.8	324.0
1989	南坡	205	207	-2	2.4	317.8	318.2
	北坡	218	168	50	2.4	317.8	370.2
	西坡	177	195	-18	2.4	317.8	302.2
	东坡	261	—	—	2.4	317.8	—
平均	南坡	247	211	36	11.9	310.5	335.6
	北坡	242	210	32	11.9	310.5	331.6
	西坡	200	195	5	11.9	310.5	304.8
	东坡	260	226	34	11.9	310.5	326.3

* 蒸散量 = $(W_1 - W_2) + \text{降水量} - \text{径流量}$

4.1 不同坡向土壤含水量变化特点

0~2m 土层含水量东坡>北坡>南坡>西坡; 但 1~2m 土层含水量是: 南坡>东坡>北坡>西坡; 此外, 4 个坡向中, 东坡、北坡 0~1m 土层含水量大于 1~2m 土层含水量, 南坡与西坡则相反。

4.2 土壤含水量坡地与平地的差异

0~2m 土层和 1~2m 土层是平地低于坡地; 但 0~1m 土层, 平地含水量高于北坡和东坡, 低于南坡和西坡。

4.3 坡地土壤含水量垂直变化

(1)南坡,土壤含水量(W)随深度(H)变化服从 $W = A + B \times H + C \times H^2$ 函数关系,而北坡则变化复杂;(2)耗水深度,南坡比北坡深,据推算南坡在 2.3m,北坡在 1.7m 左右,但最干旱土层在 50cm 左右;(3)深层(1.4m 以下)贮水南坡高于北坡;(4)根据含水量的变异系数等可把土壤含水量随深度变化南坡分为 3 层,北坡分为 4 层。

4.4 坡地蒸散平均 305~335 mm左右,南坡最大,西坡最小

其中 90% 来自大气降水,10% 来自土壤底墒。

参考文献

- [1] E H 罗曼诺娃[苏]. 基本气候要素的小气候变化. 北京: 科学出版社, 1981
- [2] 么枕生主编. 黄土高原小气候. 北京: 科学出版社, 1959
- [3] 傅抱璞著. 山地气候. 北京: 科学出版社, 1983

ANALYSIS OF THE SOIL WATER DISTRIBUTION AND MOVING CHARACTERISTICS ON THE PASTURING SLOPE LAND IN SOUTHERN NINGXIA LOESS HILLY REGION

Mu Xingmin Chen Guoliang Guo Baoan Zhao Kexue

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)*

Abstract

This paper has studied the soil moisture content of the slope land (for the different direction slopes, the different site of the slope). The data has been gotten by the soil auger method at the same pinpoint for 5 years (1985—1989). The soil moisture content of the different slopes are obvious difference. The soil moisture content of northern slope is more than the southern slope's in the 0—20cm soil layer, but the northern slope's is less than the southern slope's in the 100—200cm layer. The main depth of the consumed soil water is 2.3m at the southern slope and about 1.7m at the northern slope. The mean evaporation in the slope land are about 305—335mm, the ninety percent of the sum evaporation comes from rainfall.

Key words southern Ningxia Loess Hilly Region soil water distribution moving characteristics