

黄土丘陵区湾塌地乔灌林 土壤水分动态监测

侯喜禄 白岗栓 曹清玉

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 湾塌地乔灌幼林生长季土壤水分变化规律,一般丰水年水分活跃层和次活跃层的含水量高低随降雨多少而变化,6~7月为最低值,9~10月达最大值,土壤水分恢复补偿。早年亏缺。幼林郁闭前密度对土壤水分影响不明显,而5年生刺槐林和4年生沙棘林土壤水分发生分异。乔灌郁闭成林生长季始末土壤水分变化规律同幼林。且4月份土壤水分受前一年降雨的影响,而汛期降雨则影响生长季末土壤水分的恢复或亏缺。一般全剖面可恢复补偿80%左右,早年严重亏缺。沙棘林的相对稳定层水分偏高3%~7%。

关键词 黄土丘陵区 湾塌地 乔灌林 土壤水分

Dynamic Observation of Soil Moisture on Arbor and Shrubbery in Sinking Lands in Loess Hilly Region

Hou Xilu Bai Gangshuan Cao Qingyu

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The change rule of soil moisture of the young growth of arbor and shrub in sinking lands during growing season is that the moisture content of soil-moisture active and sub-active layers in rich Precipitation year will vary with precipitation amount, getting to minimum from June to July, and maximum from September to October when soil moisture could be restored. But in drought year the soil moisture deficit will appear. The planting density have not obvious influence on soil moisture before young growth closing, while soil moisture in 5-year-old *Robinia pseudoacacia* forest or 4-year-old *Hippophae rhamnoides* shrubbery will differ from onetanother. In changing rule of soil moistuer during from one another. In changing rule of soil moisture during growing season, arbor and shrubbery on closing is alike with its young growth. Moreover the soil moisture in April is affected by the rainfall in former year, and the rainfall of flooding season influences recovery or deficit of soil moisture at the end of growing season. Generally in the whole vertical section the soil moisture may be restored to 80% or so. The soil moisture is deficient seriously in drought year. The

soil moisture of the relatively stable layer in Hippophae rhamnoides shrubbery is 3%~7% slightly higher than others.

Key words loess hilly region sinking land arbor and shrubbery soil moisture

陕北黄土丘陵沟壑区地处半干旱地区,据多年试验观测,本区人工林地土壤水分经常处于亏缺状态,并且土壤深层存在永久低湿层,对林木生长极为不利。因此土壤水分成为影响林木生长的主导因子,而湾塌地土壤水分条件较好。湾塌地是本类型区一种独特的侵蚀地貌类型,其成因是滑坡为主的侵蚀结果。在试验区的安塞县湾塌地240.77km²,其中发育稳定的56个,发育基本稳定的70个,发育不稳定的84个。为了摸清湾塌地乔灌木土壤水分动态,探求乔灌木较高生产量,自1987年至1994年,在安塞县寺岷岷行政村的回回塌,对刺槐、白柠条和沙棘从幼林到郁闭成林的土壤水分动态及林木生长量进行了定位监测。

1 试验区自然概况及研究方法

1.1 试验区自然概况

试验区地处陕北黄土丘陵沟壑区,气候属暖温带半干旱区,年平均气温8.8℃,极端最低气温-23℃,≥10℃积温3283℃。年平均降雨量531.2mm,但分布不均,多集中在7~9月,降雨量占年降雨的61.1%,且多暴雨。年蒸发量1463mm。地带性土壤为黑垆土,主要土壤类型为黄绵土。植被地带属陕北森林草原区。

1.2 研究方法

土壤水分用打钻取土烘干法测定。1987~1990年对刺槐林1.5m×1.5m,1.5m×2m和2m×2m 3个密度;柠条林1m×1.2m的密度;沙棘林1m×1m,1m×1.5m和1.5m×1.5m 3个密度。土层深度0~300cm,时间3~11月。1991~1994年对刺槐林1.5m×2m的密度,柠条林1m×1.2m的密度,沙棘林1m×1.5m的密度,土层深度0~500cm,时间4,7,9,11月进行土壤水分测定。

刺槐、柠条、沙棘林地上部生物量用称重法测定。

2 刺槐、沙棘幼林土壤水分动态

刺槐、沙棘幼林是指林分郁闭前的林地,即1~5年生刺槐林,1~4年生沙棘林。此阶段林分处在幼龄林,林分郁闭度由小变大,地被物层在逐步形成,林地土壤水分表现出一定特征。

2.1 刺槐幼林土壤水分变化规律及适宜造林初植密度

在黄土丘陵沟壑区,刺槐、沙棘造林的初植密度多大最适宜。陈丽华从树种要求郁闭年限的树冠投影面积和要求达到的郁闭度,计算得出刺槐合理初植密度为2230株/hm²,即株行距大于2m×2m。一般的刺槐造林的初植密度为上述3种密度,造林时操作简便容易。我们又从上述3种造林密度的地上部生物量与土壤含水量比较研究,推出适宜的造林初植密度。

2.1.1 刺槐幼林生长季季节土壤水分变化规律 图13~4年生刺槐幼林,密度3335株/hm²,即株行距1.5m×2m,在1988年和1989年生长季土壤水分变化曲线。

根据王孟本等把林地土壤剖面水分分布分为活跃层、次活跃层和相对稳定层3个层次。1988年丰水年柠条林活跃层0~100cm,次活跃层100~120cm,相对稳定层120~300cm;1989年欠水年分别为0~60cm,60~100cm和100~500cm。

1988年丰水年刺槐幼林生长季土壤水分变化规律为:活跃层土壤水分除4月份土壤解冻时

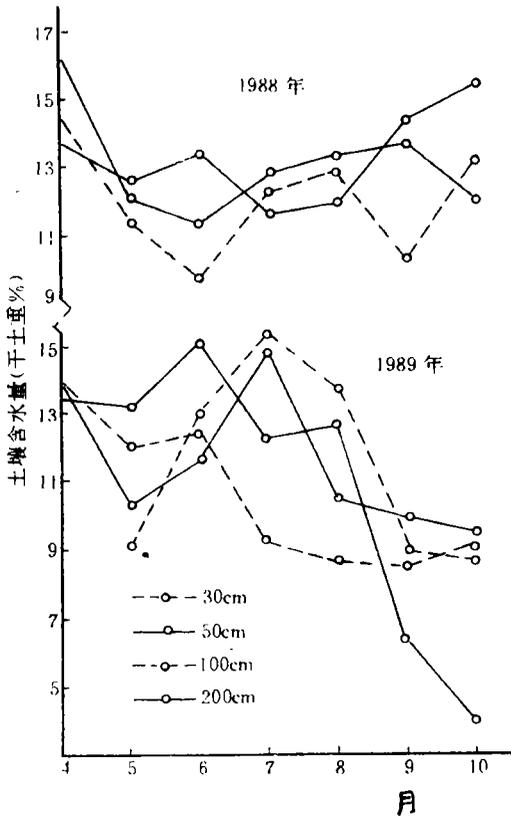


图1 刺槐幼林地土壤水分季节变化

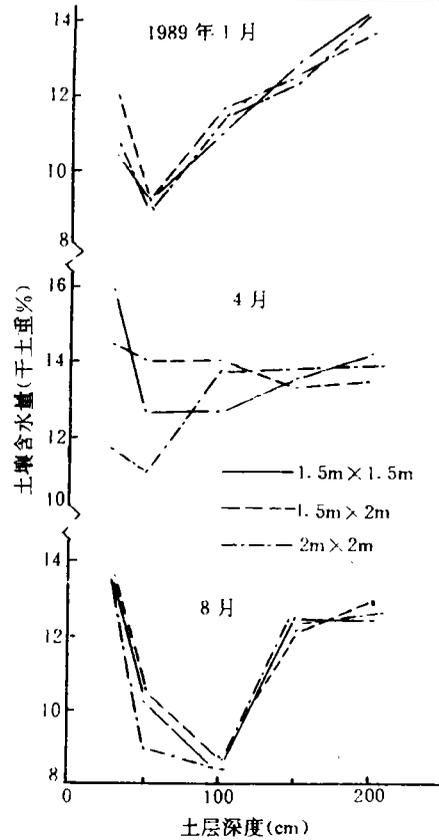


图2 不同密度刺槐幼林土壤水分变化

林地土壤水分含量最高外,其余月份随降雨量多少而变化。6月份达最低值,7~9月为雨季,降雨量迅速增加,3个月降雨量510.8mm。林地土壤含水量随降雨的增加而提高,9月份达最大值。次活跃5~6月较高,7~8月最低,9~10月最高。200cm 土层土壤含水量达14.3%~15.2%,为田间持水量的78.6%~83.5%,土壤水分得到恢复补偿。

表1 各年逐月降雨量统计 单位:mm

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
1987年	0	4.7	7.9	58.7	27.1	62.2	77.8	50.4	30.4	72.3	13.3	0	404.8
1988年	2.1	7.7	30.0	7.6	53.8	100.5	174.8	259.0	77.7	13.9	0.1	2.0	729.2
1989年	18.9	16.5	9.5	52.9	14.7	68.9	168.8	47.7	104.2	10.6	25.6	4.9	543.2
1990年	5.4	24.8	28.5	53.3	50.4	33.8	137.4	103.8	92.2	30.4	19.0	3.2	580.2
1991年	11.0	23.3	27.9	30.4	92.3	78.1	71.9	81.8	73.1	38.3	16.5	0	544.6
1992年	4.9	10.1	9.3	26.1	42.2	47.2	36.9	193.1	43.1	24.8	8.4	0	446.1
1993年	14.9	6.6	14.3	5.4	39.3	44.3	152.2	165.0	22.0	59.9	26.5	0	551.0
1994年	3.2	26.0	0	90.2	6.2	59.4	72.9	137.1	78.5	69.2	12.1	3.6	558.5

1989年欠水年(表1),由于降水偏少,活跃层30cm 土层受降雨的影响最明显。7月份降雨量最多,土层含水量最高,其余月份低。100cm 土层较低。次活跃层受降雨影响也很明显,如6~7月降雨量多,林地土壤水分较高,最高值6月份土壤含水量达15%左右。8~10月降雨量少,土壤含水量迅速下降,10月达最低值,仅有4.4%,降到凋萎湿度值,林地土壤水分严重亏缺。

2.1.2 不同密度刺槐幼林土壤水分变化及适宜造林初植密度 图2为3种初植密度4年生刺槐幼林,在1989年1、4、8月林地土壤水分曲线。由图可见,3种密度的刺槐幼林土壤含水量基本相近,说明刺槐幼林的初植密度对土壤水分影响不明显。就造林密度与林分地上部生物量的关系

(表2),3种初植密度的4年生刺槐幼林的生物量看出,前两种密度的地上部生物量较高而相近,第3种密度较低。因此刺槐幼林适宜的初植密度应是株行距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 或 $1.5\text{m} \times 2\text{m}$,即4 447株/ hm^2 或3 335株/ hm^2 。

表2 不同密度刺槐、沙棘林生物量比较

林分	树龄	密度(株行距)/生物量(kg/hm^2)		
刺槐林	4	$1.5\text{m} \times 1.5\text{m}/7275$	$1.5\text{m} \times 2\text{m}/7140$	$2\text{m} \times 2\text{m}/4380$
沙棘林	3	$1\text{m} \times 1\text{m}/9165$	$1\text{m} \times 1.5\text{m}/6000$	$1.5\text{m} \times 1.5\text{m}/4380$

2.2 沙棘幼林土壤水分变化规律及适宜造林初植密度

2.2.1 沙棘幼林生长季土壤水分变化规律 图3可见,沙棘幼林生长季土壤水分变化规

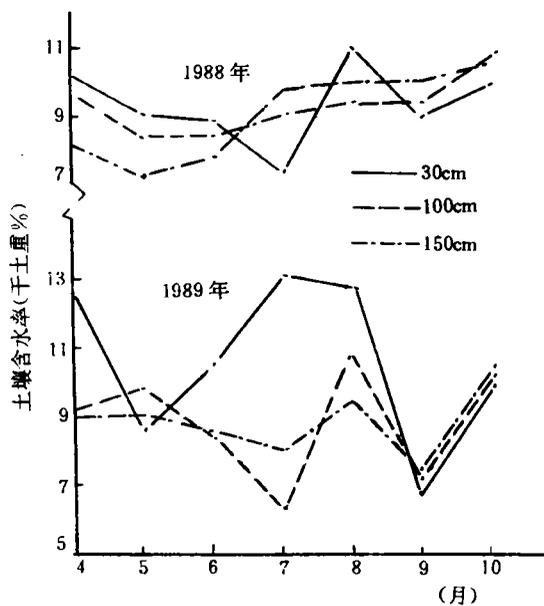


图3 沙棘林地土壤水分季节变化

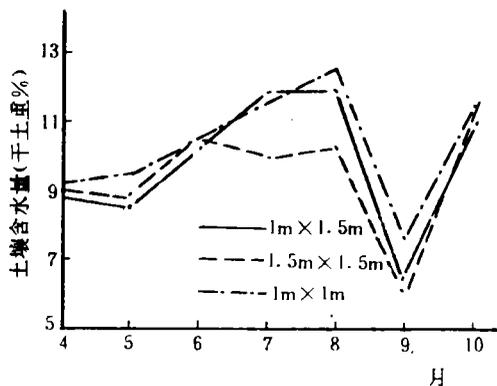


图4 不同密度沙棘林地土壤水分变化(1989年)

律基本同刺槐幼林。但因沙棘林的密度大,林地土壤水分较刺槐幼林低。如1988年2年生沙棘幼林的初植密度 $6\ 660$ 株/ hm^2 ($1\text{m} \times 1.5\text{m}$), $30 \sim 150\text{cm}$ 土层土壤含水量生长季变化范围为 $7.3\% \sim 11.0\%$ 之间。1989年4年生沙棘幼林 $30 \sim 150\text{cm}$ 土层土壤含水量变化在 $5.8\% \sim 13.0\%$ 之间。其原因除与降雨因素和沙棘密度比刺槐林大外,3年生以上的沙棘植株根蘖苗较多,更加大了林地的蒸腾耗水量。

2.2.2 不同密度沙棘幼林生长季土壤水分动态及适宜造林初植密度 图4为3年生沙棘幼林3种密度生长季节土壤水分变化曲线。在1989年生长季 $30 \sim 150\text{cm}$ 土层含水量的变化基本一致。从林分地上部生物量比较看(表2),沙棘林作为水土保持林或薪炭林,为了早郁闭成林并获得较高薪柴产量,应采用适宜的造林初植密度为株行距 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 即 $10\ 005$ 株/ hm^2 。

2.3 不同密度5年生刺槐林和4年生沙棘林土壤水分的分异性

2.3.1 不同密度5年生刺槐林土壤水分的分异 图5不同密度5年生刺槐林土壤水分曲线看出,1990年生长季4、7、9月,0~300cm 土层,3种密度刺槐林土壤水分发生了分异。4和7月株行距

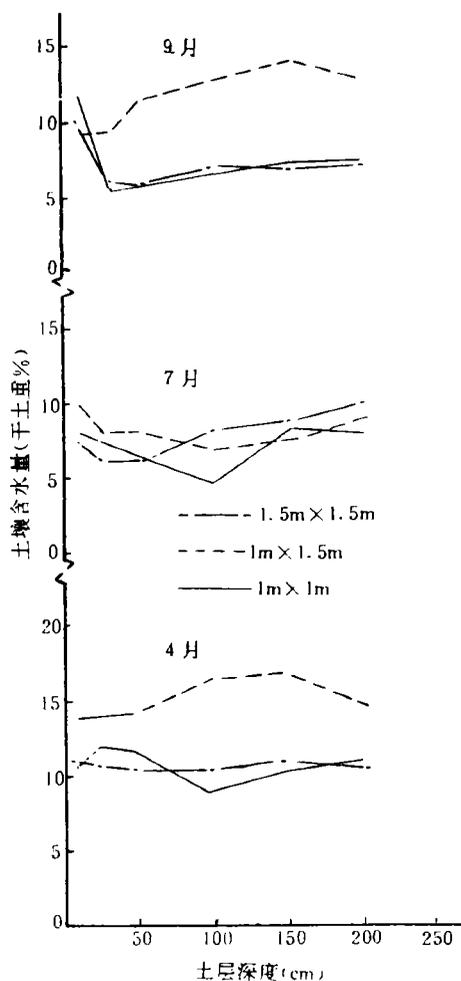
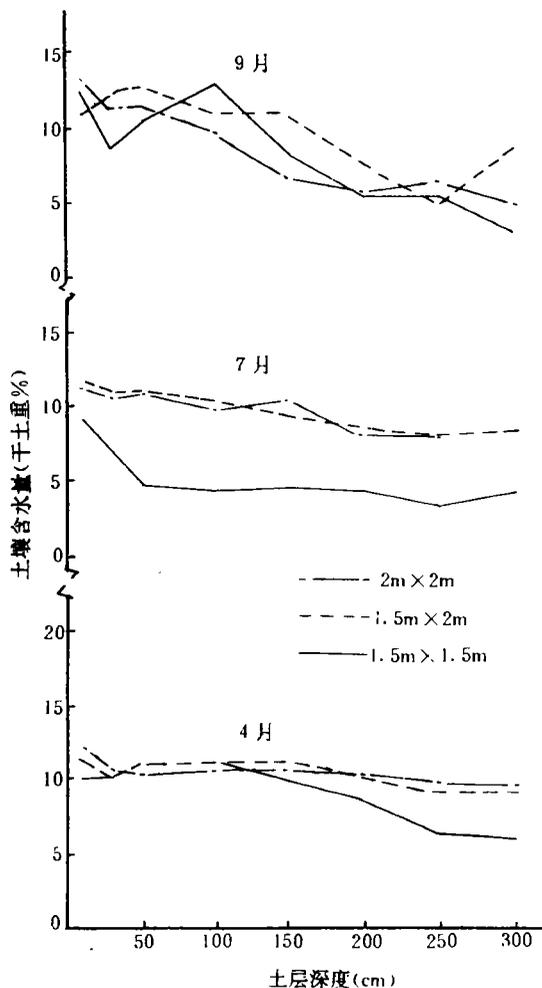


图5 不同密度5年生刺槐林土壤水分比较(1990年) 图6 不同密度4年生沙棘林土壤水分比较(1990年)

为1.5m×2m 和2m×2m 两种密度的林地土壤水分基本一致,而密度最大的株行距1.5m×1.5m 的林地土壤水分较前2种密度明显降低4%~5%。9月份为雨季末期,3种林地土壤水分虽比较接近,但密度最大的林地200~300cm 土层土壤含水量亦降低。

2.3.2 不同密度4年生沙棘林土壤水分的分异 图6看出,1990年4月和9月不同密度4年生沙棘林土壤水分的分异为,密度最大的和中等的林地土壤含水量变低,而较密度最小的林地土壤含水量降低5%~7%。7月份密度最大的林地在土层100cm 处土壤水分亦最低。

3 刺槐、柠条、沙棘郁闭成林土壤水分动态

3.1 6~9年生刺槐林生长季始末土壤水分动态

表3看出,6~9年生刺槐郁闭成林生长季始的4月土壤含水量与前年及本月降雨量有关;生长季末11月的土壤水分状况与当年降雨特别是雨季降雨量有关。

表3 6~9年生刺槐郁闭成林生长季始末土壤含水量(%)

土层深度 (cm)	1991年		1992年		1993年		1994年	
	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日
0~5	15.4	4.5	4.8	5.8	9.7	13.3	10.7	12.9
5~10	15.2	9.0	9.5	11.6	9.2	13.8	10.2	12.3
10~15	14.8	9.1	8.9	12.6	9.6	13.9	9.7	13.0
15~30	14.5	9.4	8.3	12.1	10.8	13.7	17.6	11.4
30~50	14.1	9.4	8.1	12.0	10.7	13.5	9.6	9.6
50~70	12.6	9.0	7.9	12.1	10.5	13.6	17.2	5.7
70~100	13.2	7.7	6.5	12.3	10.3	13.5	16.4	5.0
100~150	14.9	5.1	4.3	13.1	9.9	15.0	17.3	7.5
150~200	10.3	4.6	4.7	12.3	10.0	15.0	17.9	4.9
200~250	10.8	4.8	4.1	11.6	9.1	15.8	16.2	4.8
250~300	10.8	5.3	3.9	13.0	10.2	13.8	16.2	5.7
300~350	—	7.3	4.7	10.8	9.9	13.2	15.2	5.0
350~400	—	7.5	4.4	8.2	10.0	13.0	14.2	4.8
400~450	—	7.9	4.8	7.5	9.9	13.5	13.1	4.4
450~500	—	8.0	5.0	5.3	9.5	13.2	11.7	5.0
0~500	458.4	398.2	302.9	613.2	620.2	872.1	926.4	345.4
贮水量								

注:刺槐苗龄1年生。

表4 5~8年生柠条成林生长季始末土壤含水量(%)

土层深度 (cm)	1991年		1992年		1993年		1994年	
	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日
0~5	16.4	3.5	5.3	4.6	7.7	12.7	10.4	9.1
5~10	15.6	7.9	10.6	9.3	8.2	13.2	10.6	12.4
10~15	14.8	8.6	7.3	9.6	9.1	13.8	10.1	11.3
15~30	13.7	8.7	6.8	10.1	8.2	14.1	9.6	11.5
30~50	9.6	7.5	9.6	10.3	9.3	13.4	9.2	10.3
50~70	12.9	6.2	9.6	9.7	9.8	13.4	17.7	3.4
70~100	12.1	4.3	9.4	12.4	9.9	12.9	17.1	6.1
100~150	8.4	6.3	11.4	13.6	10.2	14.8	17.5	5.6
150~200	8.2	7.4	11.4	14.4	10.6	15.4	15.7	5.6
200~250	7.5	11.6	11.6	8.6	10.8	16.4	16.7	4.9
250~300	8.3	12.5	11.5	10.0	10.4	14.2	15.9	3.9
300~350	—	11.4	11.2	10.6	10.5	13.2	15.7	5.3
350~400	—	10.4	12.0	10.4	10.4	13.0	15.1	5.4
400~450	—	13.4	10.6	14.6	10.7	10.1	12.7	4.1
450~500	—	8.4	13.1	14.4	10.4	13.7	12.2	5.3
0~500	394.5	555.9	650.4	709.1	640.5	859.8	930.8	363.8
贮水量(mm)								

1991年虽是平水年,4月份林地土壤水分状况,因1990年降雨量多,为580.2mm,雨季降雨365.2mm,4月份降雨30.4mm,致使林地水分活跃层和次活跃层土壤含水量较高为12.6%~15.4%,为田间持水量的67.7%~84.6%;相对稳定层也较高为田间持水量的59.3%。0~300cm土层储水量458.4mm,亏缺213.2mm。11月份林地土壤水分因本年降雨量少,仅544.6mm,雨季304.9mm,导致活跃层土壤含水量较低,为9.0%左右,次活跃层和相对稳定层更低为4.4%~8.0%,全剖面0~500cm储水量398.2mm,亏缺值721.0mm,土壤水分严重亏缺。

1993年也是平水年,4月份林地各层次土壤含水量均不高,这与1992年为旱年有关。0~500cm土层水分亏缺值499mm;11月份全剖面土壤含水量较高为13%~15.8%,恢复到田间持水量的71.4%~86.8%。0~500cm储水量926.4mm,亏缺值192.8mm。这是由于本年雨季特别是7~8两月降雨量多所致(317.2mm)。

3.2 5~8年生柠条成林生长季始末土壤水分变化规律

5~8年生柠条成林的土壤水分变化规律(表4),同刺槐成林。由于未平过茬,植株分枝少盖度小,故林地土壤水分的亏缺和补偿程度稍好于刺槐林。

3.3 5~8年生沙棘郁闭成林生长季始末土壤水分变化规律

表5看出,5~8年生沙棘郁闭成林生长季始末土壤水分变化规律基本同刺槐成林。但林地水分活跃层、次活跃层水分稍低于刺槐林,而相对稳定层水分高于刺槐林3%~7%。这与沙棘为浅根性树种有关。

表5 5~8年生沙棘郁闭成林生长季始末土壤含水量(%)

土层 备注 (cm)	1991年		1992年		1993年		1994年	
	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日	4月20日	11月20日
0~5	13.1	4.7	5.5	3.8	10.3	13.8	10.6	12.1
5~10	13.6	9.3	11.0	7.6	10.5	13.9	10.2	11.5
10~15	14.4	9.1	10.1	11.3	9.4	13.3	9.8	9.9
15~30	15.6	7.8	10.0	11.6	10.2	14.2	9.7	9.6
30~50	13.1	7.1	10.1	9.5	9.9	13.6	9.3	11.0
50~70	12.6	7.1	8.9	11.6	9.7	13.4	17.5	5.2
70~100	11.1	6.4	7.8	14.3	9.2	14.3	16.2	5.0
100~150	10.2	8.4	8.6	14.3	11.5	13.2	16.6	4.6
150~200	10.3	8.9	9.1	8.6	9.1	14.8	15.9	5.2
200~250	10.9	9.3	9.5	13.6	10.2	16.6	17.0	4.6
250~300	7.9	11.2	11.0	9.8	11.6	12.5	16.4	5.3
300~350	—	11.2	11.4	11.6	11.4	13.2	15.3	5.3
350~400	—	11.8	11.8	7.5	11.5	14.0	15.7	4.9
400~450	—	12.4	12.4	9.7	11.3	13.2	12.7	5.2
450~500	—	7.9	12.6	12.4	11.4	13.4	11.4	5.1
0~500	403.3	649.5	647.6	641.3	689.7	899.1	963.8	349.8
贮水量(mm)								

4 土壤水分条件与林木生长的关系

4.1 湾塌地土壤水分条件

据杨文治等对寺岷岷村塌地土壤水分的测定,在杏子河流域下游的寺岷岷村,基岩部位较高,岩面滞水作用强,因此塌地土壤湿度很高。在凸形塌地上,其测值与田间持水量相近,而在凹形塌地上,其测值超过田间持水量,达到毛管饱和水状态。由于塌地所处部位一般较低,地面坡度较缓,土壤水分条件一般优于其它地块。即高于崩坡4.7%~11.2%,高于崩顶7%~15.6%。

4.2 湾塌地与沟坡、梁崩坡刺槐、柠条和沙棘林土壤水分比较

表6看出,湾塌地与沟坡地、崩盖地刺槐林地不同土层深度土壤水分相比,以湾塌地最高,亏缺值最小,沟坡地与崩盖地相近。杨文治测定的杏子河流域非湾塌地林地土壤存在的持久低湿层(表7),是由于水分负补偿引起的。如杏子河乡前庙岷岷的14年生刺槐林和茶坊蟠龙山8年生

表6 不同类型刺槐林土壤水分

土层深度 (cm)	湾塌地		沟坡地		岭盖地	
	储水量 (mm)	亏缺值 (mm)	储水量 (mm)	亏缺值 (mm)	储水量 (mm)	亏缺值 (mm)
0~50	66.1	45.8	62.4	53.3	60.4	55.5
50~100	68.5	43.4	46.7	71.1	50.4	67.4
100~200	126.6		94.4	150.3	94.4	150.3
200~300	153.4		87.8	156.9	83.8	160.9
300~400	118.7		73.2	171.5	71.8	172.9
0~400	533.3	89.2	364.5	603.3	360.8	607.0

表7 人工林不同土层平均土壤湿度(干土重%)

土层深度(cm)	刺槐林		柠条林		沙棘林
	杏河前庙峡峁	茶坊蟠龙山	杏河边咀崩梁	沿河湾茶坊	五里湾枕大梁
0~50	13.8	13.2	13.2	10.2	14.8
50~100	9.4	13.8	9.5	10.5	13.1
100~150	4.0	12.0	4.0	10.4	6.3
150~200	4.5	8.0	4.6	8.1	4.9
200~250	3.5	6.6	4.1	9.6	5.1
250~300	3.8	6.5	5.2	10.4	5.2
300~350	3.7	6.4	5.7	11.2	6.5
350~400	3.9	6.5	6.8	13.3	6.7

刺槐林地, 100~400cm 土层土壤湿度可降低到凋萎湿度左右。其中14年生刺槐林地土层干燥度更为强烈, 从而在持久低湿层上形成复合干层。

在柠条和沙棘地也有复合干层的存在, 但其深度一般在100~350cm 的范围内, 干燥强度稍弱于人工乔木林地。

表8 湾塌地林木生长及生物量

年份	树龄 (a)	刺槐林			白柠条林			沙棘林		
		树高 (m)	胸径* (cm)	生物量 (kg/hm ²)	树高 (m)	冠幅 (cm)	生物量 (kg/hm ²)	树高 (m)	地径 (cm)	生物量 (kg/hm ²)
1987	1	1.1	0.7*	372.0	0.31	6×7	210.0	0.31	0.5	369.0
1988	2	2.3	1.7*	969.0	0.47	17×12	586.5	0.67	1.1	1149.0
1989	3	3.9	2.6	2566.0	0.78	33×32	1741.5	1.19	1.3	2529.0
1990	4	4.9	3.4	4144.0	1.19	55×52	2658	1.84	1.5	3910.5
1991	5	5.6	4.4	5536	1.32	71×69	3693	2.35	1.8	7316.0
1992	6	6.8	5.1	7142	1.57	87×80	3820.5	3.10	2.3	8517.0
1993	7	7.7	5.8	10525	1.68	94×86	—	3.60	4.5	8596.0
1994	8	9.1	7.1	12525	1.85	94×86	—	3.80	4.7	8637.0

注: * 为地径。

在人工林下, 在持久低湿层上形成的这种复合干层。其上限位置常因各年降水丰欠, 土壤湿润深度而异。但在一般情况下, 这种低湿状态难以得到恢复。林木生长所需的水分供应就只能依赖于天然降水, 而深层储水的补给能力就异常微弱了。

前文表4~6湾塌地刺槐、柠条和沙棘林土壤水分未发现持久低湿层和复合干层。

4.3 湾塌地林木生长量和林分地上部生物量

湾塌地刺槐、柠条和沙棘林地土壤水分状况(表3~5)和湾塌地及梁峁坡、沟坡刺槐、柠条和沙棘生长量、生物量及蓄积量(表8、表9)看出,由于湾塌地营造的乔灌林土壤水分条件优于沟坡地、梁坡地,因此湾塌地乔灌林木的生长量、生物量和蓄积量高于沟坡地和梁坡地。

表9 不同土地类型刺槐林生长量

土地类型	海拔(m)	坡向	坡度	密度(株/hm ²)	树龄(a)	树高(m)	胸径(cm)	蓄积量(m ³ /hm ²)	备注
梁峁坡	1280	S15°E	25°	2850	14	8.4	6.6	2.64	
梁峁坡	1291	W	33°	1215	11	8.8	7.7	1.65	
沟坡	1250	S15E	26°	1485	14	10.1	8.7	3.06	
湾塌地	1230	W30°N	15°~25.5°	1110	13	11.2	11.4	3.91	
湾塌地	1230	E20°S	12°~24°	1215	13	12.3	12.9	4.62	刺槐×杨树

参考文献

- 1 杨文治等. 黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持. 陕西科学技术出版社, 1986, 185~189
- 2 陈丽华. 晋西黄土区合理造林密度的确定. 林业科技通讯, 1995, (1)
- 3 侯喜禄等. 黄土丘陵沟壑区水土保持林体系建设及效益分析. 西北水土保持研究所集刊, (4), 1991, 130~132