

不同利用方式下土壤水分 循环规律的比较研究

李洪建 王孟本 陈良富 柴宝峰

(山西大学黄土高原地理研究所·太原市·030006)

摘 要 根据 1992~1994 年的定位观测资料,对晋西北黄土丘陵沟壑区砂壤土在 3 种利用情况(柠条灌丛、农田和天然荒地)下的土壤有效水分变化规律、土壤水分循环的特点、类型及其补偿、消耗规律等进行了研究。

关键词 不同植被 土壤水分循环 补偿特征

Comparative Study on the Soil Water Cycle Under Different Vegetation Conditions

Li Hongjian Wang Mengben Chen Liangfu Chai Baofeng

(Geographic Institute of Loess Plateau, Shanxi University, 030006, Taiyuan Municipality)

Abstract Based on the field monitoring data in loess hilly and gully area in northwest Shanxi province from 1992 to 1994, the available water, the water cycle model and water compensation of the soil under different vegetation conditions — *Caragana korshinskii* shrubbery, cropland and wasteland, are studied.

Keywords different vegetation; cycle of soil water; characteristics of water compensation

王孟本等^[1~4]曾对晋西北黄土区各类人工林的土壤水分特征进行了研究;王改兰等^[5~7]、赵艺学等^[8]曾对该区梯田农作物的土壤水分规律进行了研究。但是由于各自研究的侧重面不同,同时受各自研究区的地形、土壤质地等因素的限制,其土壤水分规律的纵、横向可比性较差。为此,我们选择了土壤质地、坡度、坡向均相同,但其利用方式不同的小区进行了 3 年的定位观测,对其土壤水分生态条件进行了比较研究,目的是为土壤水分的合理利用提供依据。

1 试验区概况及研究方法

1.1 试验区自然条件

试验区位于晋西北河曲县砖窑沟流域,为典型黄土丘陵沟壑区。年平均气温 8.8℃,最高月平均气温 23.9℃。年平均降水量 447.5mm;其中 4~10 月 416.9mm。无霜期 166.5d。年平均相对湿度 48%。

1.2 试验小区概况

试验小区位于砖窑沟流域中部沙坪村北。3 个小区平行排列,坡向朝北,坡度 15°,水平面积各为 100m²,分别为 20 年以上生柠条灌丛,天然荒地和农田。小区土质均一,机械组成为:粒径 0.2~0.02mm 的占 93.6%;0.02~0.002mm 占 1.1%;<0.002mm 占 3%。土壤质地为砂壤土,容重 1.50g/cm³。

1.3 试验方法

试验于 1992~1994 年进行测定。测定项目及方法如下:

1.3.1 土壤含水率 采用烘干法,测深 0~300cm,测深下限分别为 10,20,40,60,80,100,120,150,200,250,和 300cm。每年生长期 4~10 月每月 20 日左右测定一次,雨季适当增加测定次数,每层每次 3 个重复,在径流小区中测定。

1.3.2 降水量及地表径流量 降水量用简易雨量筒测定;地表径流量雨后在各小区的集水池中测定。

1.3.3 土壤水分特征曲线测定 用压力膜法测定土壤脱水过程曲线。

2 结果分析

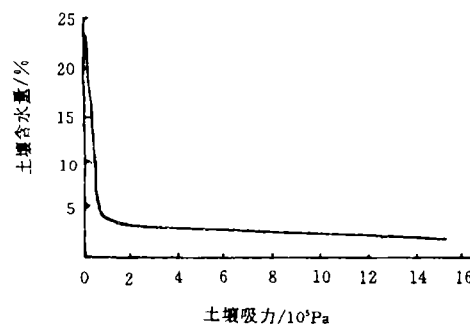
2.1 土壤的持水性能和有效水分分类

2.1.1 土壤的持水特征曲线 附图为试验小区土壤的脱水过程特征曲线。以土壤吸力 ψ (绝对值,kpa),土壤含水率 Q (干土重,%)为因变量进行拟合,其关系式为

$$Q = 44.84\psi^{-0.48} (r = 0.90 > r_{1.21}^{0.01} = 0.515)$$

二者为极显著相关。

2.1.2 土壤有效水分分类 根据土壤水分特征曲线将土水势 $-3 \times 10^4 \sim -1.5 \times 10^6 \text{Pa}$ 对应的土壤含水率视为植物的有效水范围,大于 $-3 \times 10^4 \text{Pa}$ 为重力水流出现范围,小于 $-1.5 \times 10^6 \text{Pa}$ 视为无效水。可得到试验小区土壤的各种水分含量范围:重力水 $> 17.74\%$;速效水 $17.74\% \sim 2.69\%$,迟效水 $2.69\% \sim 2.30\%$,无效水 $< 2.30\%$ 。



附图 土壤水分特征曲线

2.2 土壤水分的季节变化及有效水分状况

2.2.1 土壤水分季节动态变化 受降水及其分配规律的影响,不同植被条件下土壤水分的季节变化规律基本相同。1992 年降水量 484.3mm,为丰水年,其分配规律为前期少、后期多,以土壤水分的增加蓄积为主要特征;1993 年降水量仅 244.8mm,为贫水年,其分布也较均匀,而且由于受上一年生长期末土壤水分含量较高这一事实的影响,整个水分动态过程表现为土壤水分的消耗减少;1994 年降水量 334.9mm,接近正常年份降水量,其分布特征也属正常年份,降水主要集中在 7、8 两月,整个生长期表现为 7 月以前以土壤水分消耗为主,7 月以后土壤水分增加,继而又开始下降。

2.2.2 不同时期的土壤有效水分状况 根据生长期 0~300cm 土壤水分的加权平均值,可得出不同年份不同时期不同植被条件下土壤的有效水分状况(表 1)。由此可以看出,土壤有效水

分含量与降水的年际变化、降水季节动态和不同利用方式有关。1992 年降水量最多,土壤有效水分含量最高。各年份 7、8、9 三个月降水量大,土壤有效水分含量亦多。受不同利用情况影响,有效水分含量差异较大。柠条地有效水分最少,3 年的平均有效水分含量仅 1.13%;荒地和农田的平均有效水分含量接近,分别为 3.24% 和 3.28%。由此可见,柠条灌丛地的水分状况劣于农田和荒地,但从另一个侧面看,前者的水分利用率则高于后两者。

表 1 不同时期土壤(0~3m)有效水分含量 %

地类	年份 (年)	降水量 (mm)	月 份							平均
			4	5	6	7	8	9	10	
柠条地	1992	484.3	0.54	0.65	0.60	0.98	3.09	3.53	3.55	1.85
	1993	244.8	3.49		0.28		0.45		0.23	1.11
	1994	334.9	0.45	0.38	-0.33	0.31	1.44	0.35	0.34	0.42
荒地	1992	484.3	2.42	2.75	2.60	4.00	7.07	5.52	5.44	4.26
	1993	244.8	3.98		3.18		3.01		1.98	3.01
	1994	334.9	2.33	2.35	1.65	2.31	2.91	3.15	2.44	2.45
农田	1992	484.3	2.00	1.53	1.82	2.60	6.49	4.61	5.47	3.50
	1993	244.8	3.64		3.33		3.73		3.22	3.48
	1994	334.9	2.21	2.34	2.07	2.83	4.63	2.87	3.15	2.87

注:1. 降水量为各年 4 月 15 日至 10 月 15 日测值; 2. 土质均为砂土。

2.3 土壤水分循环特点

2.3.1 不同水文年土壤水分盈亏及循环类型 如前所述,根据 1992~1994 年 3 年生长期的降水量,3 个测定年份分别为丰水年、贫水年和近正常水年份。根据生长期初、末各类土壤水分状况(表 2)可看出,丰水年各类土壤水分收入大于支出;缺水年各类土壤水分均亏缺;正常水年份土壤水分趋于平衡。

表 2 生长期始末(0~300cm)土层储水量盈亏 mm

地类 名称	1992 年			1993 年			1994 年		
	生长期初	生长期末	盈亏量	生长期初	生长期末	盈亏量	生长期初	生长期末	盈亏量
柠条地	27.40	263.75	136.35	225.67	113.57	-112.10	123.06	118.08	-4.98
荒地	210.15	346.59	136.44	281.09	190.68	-90.41	206.56	211.65	5.09
农田	154.08	348.39	194.15	282.93	246.90	-36.03	201.08	243.27	42.19

根据生长期土壤水分的变化特征,3 个测定年份的土壤水分年周变化可分为三种类型:即“积累型”、“消耗型”和“平衡型”。3 种类型的表现是降水入渗补给和蒸腾蒸发两个相反过程相互制约的结果。“积累型”以 1992 年为代表,由于生长期后期降水量明显大于正常年份,生长期末土壤水分积累较多。1993 年受上一年生长期末土壤水分高储量的影响,加之当年降水量偏少,分布均匀,整个生长期土壤水分入不付出,生长期水分表现为“消耗型”。1994 年降水量正常,分布近乎一般正常年份,整个生长期土壤水分变化过程为“减少—增加—减少”型,水分变化基本为“平衡型”。

2.3.2 土壤水分循环水平及深度 3 个测定年柠条地、农田和荒地土壤(0~300cm)湿度的加权平均值分别为 3.43%、5.58% 和 5.54%。说明柠条地的土壤水分循环水平明显小于荒地和

农田。从不同植被条件下土壤水分的垂直动态实测资料分析看,丰水年各类土壤水分上部(150cm以上)大于下部;其它年份柠条地上部土壤水分亦明显大于下部,而农田和荒地则上下趋于一致。同时柠条地下部存在着明显的土壤水分“低湿层”,不同年份“低湿层”深度不同,其土壤水分循环主要在上部进行,其循环深度小于农田和荒地。这一点与我们根据生长期各次所测的不同深度土壤水分含量值的标准差所划分的土壤水分活跃层、次活跃层和相对稳定层^[3]的结果(表3)相一致。灌木林地的稳定层上限明显高于农田和荒地的稳定层上限,亦就是说农田和荒地的入渗深度明显大于灌木林地的入渗深度。而且随降水量增加,活跃层和次活跃层深度增加。

表3 生长期土壤水分分布分层

cm

水分分层	1992年			1994年		
	柠条地	荒地	农田	柠条地	荒地	农田
活跃层	0~150	0~200	0~200	0~60	0~80	0~80
次活跃层	—	200~300	200~250	—	80~100	—
相对稳定层	150~300	—	250~300	60~300	100~300	80~300

2.3.3 土壤水分的补偿与消耗 本区土壤水分的补偿有两个特点。一是靠中、下层(100~300cm)水分对表层土壤输送水分的补给作用;二是伏秋降水对土壤上层水分的补偿。植被不同其土壤水分的补充消耗作用不尽相同。第一种土壤水分补充作用,在农田和荒地中表现明显。在春末夏初土壤失墒期,土壤的蒸散失墒主要来源于中、下层土壤水分。中、下层土壤水分的好坏直接影响着植物的生长状况。如1993年尽管当年降水量很少,但由于中、下层水分充足并补给上层作物消耗,农作物产量并没受到很大影响。相反由于灌木林地中下层存在着明显的土壤水分“低湿层”,缺乏对上层水分的补偿作用,使植物生长受到强烈制约。伏秋降水对土壤水分的补充、恢复和平衡有着重要意义,特别是对柠条地来说更为重要。因为灌木林地下部存在明显的土壤水分“干层”,缺乏土壤水库的调节作用,上一年末储存的土壤水分在夏初即消耗殆尽,生长季中、后期的蒸散耗水主要靠伏秋雨水供应,同时这种补偿作用决定土壤底墒的好坏,也决定来年土壤水分对植物的供应状况,因此抓住伏秋降水并最大限度地将其拦蓄到“土壤水库”中去,对保证植物的正常生长是非常重要的。

2.4 不同利用条件下的蒸散耗水量

2.4.1 地表径流量 地表径流量不仅受植被影响,而且与降水量、降水强度、土壤含水率等因素有关。3年的测定表明,地表径流均发生在7,8两月。径流总量占总降水量的比重并不大,从柠条地的1%左右到农田和荒地的6%左右。从径流总量看,农田和荒地的径流量是柠条地的2~5倍(表4)。由此可见柠条在保持水土中的重要意义。

表4 不同植被条件下土壤的蒸散耗水量*

mm

	1992年			1993年			1994年		
	柠条地	荒地	农田	柠条地	荒地	农田	柠条地	荒地	农田
P	484.3			244.8			344.9		
$W_a - W_b$	-136.35	-136.44	-194.15	122.1	90.41	36.03	4.98	-5.09	-42.19
R	8.1	25.3	21.2	1.2	6.1	7.0	8.5	18.8	14.0
ΔE	339.85	322.56	268.95	365.7	329.11	273.83	331.38	311.01	278.71

* 表中符号: P ——同期降水量; R ——同期地表径流量; W_a, W_b ——分别为生长初、末3m期土层的储水量; ΔE ——蒸散耗水量。

2.4.2 蒸散耗水量 试验区黄土深厚,地下水埋藏很深,降水与地下水交换的可能性甚微(特别是柠条林地)。因此根据水量平衡原理,蒸散耗水量按下式计算:

$$\Delta E = (W_a - W_b) + (P - R)$$

式中: ΔE ——蒸散耗水量; W_a, W_b ——分别为生长期初末3m土层的储水量; P ——同期降水量; R ——同期地表径流量。由表4可以看出,柠条地的蒸散耗水量明显大于农田;农田的蒸散耗水明显低于荒地。其原因可能是农田土壤肥力较差,作物长势不好,因而蒸腾耗水小于柠条地;而农田植被特别是生长中、后期具有保护作用,使其土壤水分物理蒸发量小于荒地。

3 小 结

通过以上对晋西北不同利用方式下土壤水分循环规律的分析,可归纳出以下几点结论:

(1)不同植被条件下的土壤水分动态规律基本一致。但有效水分含量差异较大,柠条地的有效水分最少,荒地和农田接近。柠条地的水分利用率高于荒地和农田。

(2)根据土壤水分年周变化规律,土壤水分循环类型可分为“积累型”、“消耗型”和“平衡型”3种。

(3)柠条地的地表径流量是农田和荒地径流量的1/3左右,其蒸散耗水量明显大于农田和荒地,说明柠条灌丛具有良好的水保效益和较高的水分利用率。

参 考 文 献

- 1 王孟本,李洪建.晋西北河北杨林水分生态的研究.生态学报,1991,11(4):313~317
- 2 王孟本,李洪建.柠条林蒸腾状况与土壤水分动态研究.水土保持通报,1990,10(6):86~90
- 3 王孟本,李洪建.晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究.生态学报,1995,15(2):178~184
- 4 王孟本,李洪建.柠条林土壤水分生态环境研究初报.中国科学院·水利部西北水土保持研究所集刊,1989,(10):155~160
- 5 王改兰,段建南等.砖窑沟流域旱地土壤水分状况与糜子耗水特征.水土保持通报,1990,10(6):30~33
- 6 王改兰,段建南等.砖窑沟流域农田水分变化规律与主要农作物耗水特征研究.山西大学学报(自),1990(增刊):46~52
- 7 王改兰,段建南等.砖窑沟流域旱地农田土壤水分平衡研究初报.中国科学院·水利部西北水土保持研究所集刊,1989,(10):149~154
- 8 赵艺学,杨淑婷等.糜子生育期土壤水分变化规律的研究.水土保持通报,1990,10(6):34~38