

甘肃半干旱黄土丘陵沟壑区人工植被土壤水分研究

莫保儒¹, 蔡国军¹, 赵廷宁², 王俊杰¹, 柴春山¹, 王子婷¹

(1. 甘肃省林业科学研究院, 兰州 730020; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要:在 2007 - 2008 年期间,通过对定西市岷口林场不同人工林及当地的主要退耕还林模式和农田的土壤水分进行定点定期监测,研究分析了生长季节的土壤储水量、土壤水分亏缺量、变化量及土壤水分的垂直变化。研究结果显示:阳坡柠条林和阳坡侧柏林 0 - 200 cm 的土壤含水量曲线呈现出“<”形状,形成明显浅层土壤干层。隔坡林带土壤储水量无论是季节变化还是垂直变化,均高于其他人工植被类型,说明隔坡林带土壤水分利用的叠加效应明显。此研究将为该地区在植被恢复过程中,综合考虑生态系统水分利用效率,采用合理的群落密度,合理控制群落生产力,保持植物蒸腾耗水和土壤水分补偿之间的水分平衡,维持群落的持续稳产、高产,充分发挥其生态和经济效益提供了科学依据。

关键词:黄土丘陵沟壑区;人工植被;土壤储水量

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)06-0125-04

Study on Soil Moisture of Artificial Vegetation in Semiarid Loss Hilly and Gully of Gansu Province

MO Bao-ru¹, CAI Guo-jun¹, ZHAO Ting-ning², WANG Jun-jie¹, CHAI Chun-shan¹, WANG Zi-ting¹
(1. Gansu Academy of Forestry Science, Lanzhou 730020, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the regular monitoring soil moisture on the plantation, conversion of cropland to forestry and farmland in Demonstration Forestry Centre at Chankou from 2006 to 2007, the soil moisture storage, deficit state, the quantity of variety and the variety on soil profile were studied. The result is the soil moisture storage is appeared from high to low as level trench land > alfaalfa - land > crop - land > caragana - land > pine - land > almond - land > arborvita - land in 0 - 200 cm soil layer. The soil moisture storage of level trench land is higher than other vegetations about the season and soil profile variety, so it showed that the level trench land have a great reutilizing soil moisture effect. The variety of *Caragana microphylla* and *Platycladus orientalis*'s soil moisture appears the “<” type and obvious soil drying - layer at sunny slope. This paper also gives a scientific guide on the process of renewing the vegetation, the utilization of soil moisture on the ecosystem, keeping the soil moisture balance of artificial vegetation, adopting the suited community density, and reasonable controlling the community productivity in order to keep the sustainable, stable, and high - effective community development, and realize the ecological and economical benefits in this district.

Key words: loss hilly and gully areas; artificial vegetation; soil moisture storage

黄土高原水土流失严重,植被覆盖率低,干旱加剧,生态环境失调,生态系统抗御自然灾害的能力差,极大地限制了区域经济的可持续发展^[1]。土壤水已被作为专门的议题来进行探讨和研究^[2],且已经成为全球变化研究的重要焦点之一^[3],目前,对黄

土高原及其他区域土壤水分动态的研究认为水分条件是植被生存、生长的首要条件,高效利用降水资源,提高土壤水分利用率显得尤为重要^[4-6]。而植被又是影响土壤水分最活跃最积极的因素,在黄土高原对土壤水分影响较大的主要是一些多年生人工林

* 收稿日期:2009-05-10

基金项目:国家“十一五”国家科技支撑计划林业项目专题(2006BAD03A1201);国家“十一五”科技攻关课题(2006BAC01A06)

作者简介:莫保儒(1974 -),男,甘肃白银人,助理研究员,主要从事林业生态恢复研究工作。E-mail:mobaoru1010@sina.com

草植被,在大气降水不足的时候,由于蒸腾对土壤水分的强烈消耗,使得土壤水分严重亏缺,往往接近凋萎水分条件。系统的研究土壤储水量动态变化,在一定程度上可以反映出该区域植被对水分的利用现状、作用规律与强度。在半干旱黄土高原丘陵沟壑区。油松、侧柏、柠条、山杏以及近几年退耕还林模式是该区域的主要人工植被类型,在该区生态环境恢复、保持水土、涵养水源等方面发挥着重要作用。研究这些人工植被土壤储水量及利用状况,可为该区域的植被恢复、林木合理经营,提高林地生产力,充分发挥林地的生态效益提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于定西市安定区岷口镇龙滩流域,地理坐标为 104°27' - 104°32' E, 35°43' - 35°46' N。属于半干旱黄土高原丘陵沟壑区,海拔 1 967 ~ 2 168 m,年平均气温 6.8℃,1 月平均气温 - 7.9℃,极端最高温 38.5℃,气温日较差在 14 ~ 19℃之间,年平均相对湿度 72%,干燥度为 1.9。土壤以灰钙土类的淡灰钙土为主,有机质含量少,土壤贫瘠,pH 值为 7.5 ~ 8.5,呈现弱碱性。

表 1 2006 - 2008 年及多年平均蒸发量和降水量

mm

年份	月份	月份												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
历年	蒸发量	37.9	53.4	97.5	165.8	205.1	195.7	193.7	178.8	126.7	83.1	59.8	41.4	1438.8
	降水量	5.0	6.0	14.7	30.9	59.0	59.6	80.8	97.0	42.3	29.5	5.3	2.3	432.3
2006	蒸发量	31.1	35.4	119.3	175.4	204.4	226.8	221.8	180.3	88.8	109.7	71.5	27.6	1492.1
	降水量	3.3	21.8	11.2	7.7	77.2	50.9	60.2	122.3	61.4	23.5	7.3	5.4	452.2
2007	蒸发量	35.5	69.1	96.4	156.1	243.6	195.1	156.7	162.2	105.3	52.1	54.3	34.0	1360.5
	降水量	3.6	1.0	45.6	22.0	11.5	92.9	57.9	69.7	67.5	80.6	3.8	1.5	457.6
2008	蒸发量	22.8	39.9	125.4	165.0	217.6	210.7	225.5	171.0	92.5	81.8	47.3	42.7	1442.2
	降水量	8.1	3.8	4.1	15.7	18.0	45.3	53.4	110.2	139.8	25.8	0	0	424.2

2 研究思路与方法

在选择取样点时,为了避免不同地貌部位和地形等对土壤水分的影响,均选地貌、坡向和坡度相近的同一个直型山坡上的上、中、下 3 个样点。每一个样点都测定了 0 - 1 m 的土壤容重,土壤容重用环刀法^[34]。随着土壤深度的增加,土壤容重的差异逐渐减小。所以不同植被类型 1 m 以下土壤水分含量的差异主要受植被类型的影响。

2.1 土壤水分观测样地

观测样地分别选择:油松林(阴坡),林龄 42 a,密度 2 730 株/hm²、平均高度为 4.39 m;山杏林(半阳坡),林龄 42 a,密度为 990 株/hm²,平均高度为 3.76 m;柠条林(阳坡),林龄 27 a、密度 1 680 丛/hm²、高度为 1.66 m;柠条林(半阳坡),林龄 25 年,密度 1 440 株/hm²、高度为 1.86 m;侧柏林(阳坡),林龄 44 a、平均密度 1 335 株/hm²、平均高度 3.73 m;隔坡林带(半阳坡),物种配置为山毛桃/侧柏/干蒙怪柳-紫花苜蓿,林龄 6 a,株距 1.5 m,隔坡宽度 9 m;农田(半阳坡),2006 年、2007 年种植马铃薯,2008 年种植小麦。

2.2 土壤水分观测方法

采用烘干称重法,取样深度为 200 cm,测层分别为 0 - 40,40 - 80,80 - 120,120 - 160,160 - 200 cm。

2.3 数据整理与分析

$$\text{土壤储水量: } W_i = w_i r_i h_i, W = \sum W_i$$

式中:W_i——每层土壤储水量(mm);W——土壤储水量(mm);w_i——土壤质量含水量(%);h_i——分层厚度,为 40 cm;n_i——干容重(g/cm³)。

3 结果与分析

3.1 典型植被类型土壤储水量和土壤水亏缺量

对 2007 年和 2008 年生长季土壤水分数据分析认为:不同林地土壤储水量,可以反映出植被类型对其土壤水分环境的综合作用效果。对于相同植被类型,一般土壤储水量表现为阳坡 < 半阳坡 < 阴坡,上坡位 < 下坡位,年际土壤储水量变异程度随土壤深度的增加而减弱。由表 2、图 1 可以看出,不同植被类型 0 - 200 cm 土壤层内,土壤储水量表现为隔坡林带 196.69 mm > 苜蓿地 180.48 mm > 农田 172.69 mm > 柠条(半阳坡) 160.14 mm > 油松 150.14 mm > 山杏 144.61 mm > 柠条(阳坡) 133.47 mm > 侧柏 122.43 mm。不同人工植被类型土壤储水量在季节变化上趋于一致,土壤储水量在 7 月中旬出现低谷,在 8 月下旬之后稳定在一个比较高的水平。隔坡水平林带由于对降雨的集流作用,整个生长季节土壤储水量曲线变化相对平缓。柠条(阳坡)和侧柏(阳坡)整个生长季节土壤出水量保持在



一个比较低的水平,变化幅度比较小。不同植被类型土壤储水量的强烈消耗期从生长季初开始,尽管这一时期有一定的降水补偿(见表 1),但由于生

长季节初期地上植被强烈的蒸腾作用,使整个生长季土壤储水量逐渐下降,直到 7 月下旬降雨明显增加(见表 1),土壤储水量开始回升。

表 2 不同植被类型的各土层储水量及亏缺量变化

mm

土层/ cm	侧柏			油松			柠条(阳坡)			柠条(半阳坡)		
	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量
0 - 40	25.79	72.88	1.90	38.29	52.12	- 2.36	30.08	73.64	- 8.24	39.91	63.80	- 5.99
40 - 80	21.93	78.36	- 1.17	30.76	62.87	- 0.24	24.48	82.58	- 4.35	31.64	75.42	- 11.72
80 - 120	23.20	78.71	- 0.68	28.17	67.89	- 0.16	25.02	85.38	0.08	29.76	80.64	0.29
120 - 160	24.86	77.04	- 0.27	26.61	69.45	- 0.38	25.95	84.46	3.00	29.30	81.10	2.34
160 - 200	26.64	75.27	0.35	26.32	69.73	0.28	27.94	82.46	2.02	29.52	80.88	1.69
合计	122.43	382.26	- 1.77	150.14	322.07	- 2.86	133.47	408.52	- 7.48	160.14	381.85	- 13.39

土层/ cm	苜蓿			隔坡林带			山杏			农田		
	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量	储水量	亏缺量	变化量
0 - 40	43.71	46.78	- 1.09	45.97	53.33	- 10.16	33.94	57.93	- 5.60	49.97	44.06	1.57
40 - 80	37.25	57.35	- 14.65	42.01	62.84	- 15.80	28.36	65.90	- 11.52	40.16	58.68	- 7.36
80 - 120	35.00	63.71	- 10.64	38.06	71.41	- 5.66	27.52	69.14	- 3.98	35.79	65.29	- 3.56
120 - 160	32.79	65.93	- 1.68	35.60	75.06	- 1.81	27.97	68.68	6.41	33.55	67.39	7.13
160 - 200	31.73	66.98	1.19	35.04	75.62	1.02	26.82	69.83	1.90	31.94	67.94	5.41
合计	180.48	300.74	- 26.88	196.69	338.26	- 32.41	144.61	331.48	- 12.79	191.41	303.36	3.19

土壤水分亏缺量为土壤储水量低于田间持水量的值^[7]。由表 2 可以看出,各种植被类型均常年处于土壤水分亏缺状态,表现为柠条(阳坡) > 侧柏(阳坡) > 柠条(半阳坡) > 隔坡林带(半阳) > 山杏(半阳) > 油松(阴坡) > 农田(半阳) > 苜蓿地(半阳)。生长季末各植被类型土壤水分变化量为:农田 3.19 mm、侧柏 - 1.77 mm、油松 - 2.86 mm、柠条(阳坡) - 7.48 mm、山杏 - 12.79 mm、柠条(半阳坡) - 13.39 mm、苜蓿地 - 26.88 mm 及隔坡林带 - 32.41 mm。通常蒸发量和蒸腾量之和大于同期降雨量,必然导致该区土壤水分亏缺状态,而不同微地形条件、造林整地方式及地表植被状况就造成了该地区土壤水分的空间差异。由于黄土高原地区降水是唯一的水分输入项^[8-9],土壤调节水分能力较弱,难以满足其植物生理需水,土壤储水变化量的正、负补偿主要取决于同期降水量,即当地各植被类型的年生长主要依赖于当年生长季降水。对于整个生长季来说,虽然柠条(阳坡)和侧柏(阳坡)土壤水分亏缺量最为严重,但在测期土壤水分变化量相对其他人工植被类型降低幅度最小。分析认为:柠条根系发达,侧柏有较为发达的侧根系,尤其侧柏对于浅层水分的补充能够迅速有效的吸收利用,水分利用范围大于油松和山杏,对干旱的适应性强,所以在黄土高原半干旱区,要迅速建造植被,保持水土,促进生态环境良性发展,柠条和侧柏仍是首选树种,但在造林密度、造林整地方式、经营管理上要有科学的技术体系,以降低其蒸腾耗水量,增加土壤储水量,

从而缓和土壤干化层的上移。

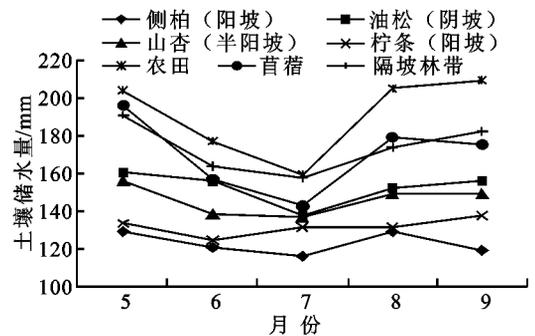


图 1 不同植被类型土壤储水量的季节变化

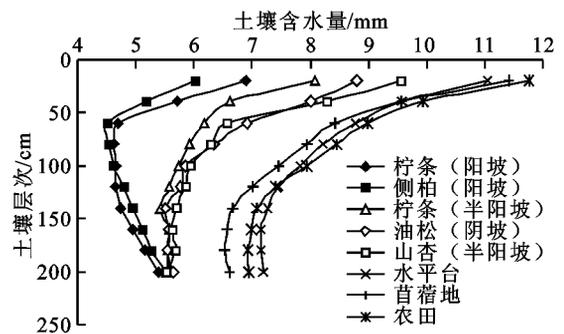


图 2 不同植被类型土壤含水量垂直变化

3.2 各植被类型土壤水分垂直变化

由图 2 可以看出,一方面不同坡向和整地方式对土壤水分表现出比较明显的差异性,梯田地和隔坡水平台平均土壤含水量最高,其次是半阳、阴坡反坡台整地造林的柠条、山杏和油松林地,土壤含水量最低的是阳坡反坡台整地造林的柠条和侧柏林地。另一方面不同植被类型土壤水分变化也比较显著,在 0 - 100 cm 土层深度受到降水、林木蒸腾耗水和

林地蒸发的影响,也和林木生长情况及林地储水量有关,其变化幅度侧柏(阳坡)为 4.52%~6.02%、柠条(阳坡)为 4.64%~6.89%、柠条(半阳坡)为 5.75%~8.10%、油松(阴坡)为 5.86%~8.81%、山杏(半阳坡)为 5.95%~9.56%、水平台为 7.84%~11.06%、苜蓿地为 7.48%~11.46%、农田为 7.95%~11.77%;100-200 cm 土层深度土壤含水量变化不大,侧柏(阳坡)为 4.79%~5.53%、柠条(阳坡)为 4.66%~5.36%、柠条(半阳坡)为 5.43%~5.59%、油松(阴坡)为 5.54%~5.77%、山杏(半阳坡)为 5.54%~5.86%、水平台为 7.15%~7.45%、苜蓿地为 6.53%~7.02%、农田为 6.93%~7.41%。油松林下枯落物较多,其水分的利用层应该高于柠条,但柠条抗旱性强,并且根系发达,5 a 生柠条根幅可达 0.5~1 m,根深达 2~4 m,其利用土壤水分的范围会扩大,实际情况是柠条的水分利用层次高于油松。作为阔叶林的山杏,其蒸腾消耗要大于油松。

由图 2 可以看出,阳坡柠条林和阳坡侧柏林 0-200 cm 的土壤含水量曲线呈现出“<”形状,其中柠条林 60-160 cm 土壤含水量小于 5%,侧柏 60-140 cm 土壤含水量小于 5%,出现比较明显的浅层土壤干层现象,在黄土高原地区,受降水量和温度的影响,植被呈现出地带性分布规律,不同地带生长不同的植被类型,植被建设必须符合这一规律,而现在的很多做法都违背了这一规律,在黄土高原的许多地区,干旱少雨,天然降水补充不足,由于栽植密度,种植的乔灌木为维持其正常的生长必然要通过根系吸收土壤内部的水分,由于耗水性乔灌木根系发达,土壤内部的水分被强烈吸收,在连续干旱条件下,被吸收的水分得不到补偿,最终导致土壤干化,形成浅层土壤干层。

从图 2 可以看出,总体上土壤含水量隔坡林带>农田>苜蓿地,从变化曲线来看,具有相似的变化趋势,且大于其他人工植被类型,从这一结果分析我们初步认为影响土壤含水量的主要因素是降雨的季节性分布及造林整地的工程措施,隔坡水平沟林草配置模式在生长季节 50-200 cm 土壤含水量平均值隔坡林带>农田>苜蓿地,无论从土壤水分的季节变化还是垂直变化,均说明隔坡林带土壤水分利用的叠加效应明显。隔坡水平沟整地模式,对地上植被状况分析结果表明:土壤水分条件除立地条件影响外,年净生物量、地上植被盖度与土壤含水量也有明显的相关性。

4 结论

(1) 在半干旱黄土高原丘陵沟壑区,土壤水分空间分布受地面因子的综合影响:一方面表现出微地形条件下的分异;即坡位、坡向、整地方式、土地类型等的分异。另一方面,不同植被类型土壤储水量表现为隔坡林带>苜蓿地>农田>柠条(半阳坡)>油松>山杏>柠条(阳坡)>侧柏。初步说明隔坡林带这种整地及物种配置模式在研究区域生态重建过程中有着重要的现实意义。

(2) 在半干旱黄土丘陵沟壑区的植被恢复中,不能只片面强调人工植被的保土、蓄水作用。依据当地的气候条件,综合考虑生态系统水分利用效率,采用合理的群落密度,合理控制群落生产力,保持植物蒸腾耗水和土壤水分补偿之间的水分平衡,维持群落的持续稳产、高产,充分发挥其生态和经济效益。柠条和侧柏作为该区域首选的造林树种,在造林密度、造林整地方式、经营管理上要有科学的技术体系,以降低其蒸腾耗水量,增加土壤储水量,从而缓和土壤层干化。据目前情况分析,在研究区域,柠条(阳坡)成林密度应小于 1 550 丛/hm²,侧柏(阳坡)成林密度小于 1 250 株/hm²,油松(阴坡)成林密度不超过 1 850 株/hm² 为宜。

参考文献:

- [1] ZHAO H Y, WU Q X, LIU G B. Studies on hydro-ecological effects of *Populus davidiana* Stand [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(4): 497-500.
- [2] 李海滨, 林忠辉, 刘苏峡. Kriging 方法在区域土壤水分估值中的应用 [J]. *地理研究*, 2001, 20(4): 446-452.
- [3] A Henderson - Sellers. Soil moisture: A critical focus for global change studies [J]. *Global and Planetary Change*, 1996, 13: 3-9.
- [4] 李洪建, 王孟本, 陈良富, 等. 不同利用方式下土壤水分循环规律的比较研究 [J]. *水土保持通报*, 1996, 16(2): 24-28.
- [5] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 30-114.
- [6] 韩仕峰, 李玉山, 汪正华. 黄土高原土壤水分性质及其分区 [J]. *中国科学院西北水土保持研究所集刊*, 1985(2): 1-17.
- [7] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究 [J]. *自然资源学报*, 2001, 16(5): 427-432.
- [8] 王孟本, 李洪建. 晋西北地区人工林土壤水分动态的定量研究 [J]. *生态学报*, 1995, 15(2): 178-184.
- [9] 杨维西. 试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题 [J]. *林业科学*, 1996, 32(1): 78-84.