

黄土丘陵区不同林地土壤水分动态变化

王晶, 朱清科, 刘中奇, 邝高明, 赵荟

(北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:研究黄土丘陵区不同林地的土壤水分变化,对于改善黄土高原生态环境建设有着重要的意义。采用定点监测的方法,对陕西省吴起县不同林地土壤水分动态变化进行了研究。结果表明:不同林地在生长季中土壤蓄水量具有显著差异,其顺序为:沙棘林>河北杨林>油松林>山杏林;林地的土壤蓄水量变化具有明显的季节性,根据生长季内土壤蓄水量的变化,可以将土壤水分变化分为3个时期:土壤水分恢复期、土壤水分消耗期、土壤水分补充期;各林地0—200 cm土层土壤水分变异系数从小到大为:山杏林>河北杨林>沙棘林>油松林;在雨水入渗、蒸发、蒸散的共同作用下山杏林地在0—60 cm土层含水量的变化明显大于其它林地。研究结果揭示了不同林种对土壤水分消耗和补给的影响,为当地造林结构配置和植被恢复与重建工作提供一定参考依据。

关键词:黄土丘陵区;不同林地;土壤水分

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0220-04

Dynamics of Soil Water Content under Different Forestland in the Loess Hilly Region

WANG Jing, ZHU Qing-ke, LIU Zhong-qi, KUANG Gao-ming, ZHAO Hui

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification

Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: Soil water content is crucial to vegetation rehabilitation on the hilly loess plateau. Using fixed-point dynamic monitoring methods, dynamics of soil water content under different forest were studied in forest or grass lands converted from farmlands in loess hilly region. Results showed that different forestland has a significant differences on soil water storage capacity in the growing season, in terms of soil water, forest species may be ranked in the descendant order of sea buckthorn, hebei poplar, Chinese pine, prunus armeniaca; forestland soil water storage has obvious seasonal change, according to growing season changes in soil water storage, soil moisture changes can be divided into three period: recovery period of soil moisture, consumption period of soil water, replenishment period of soil moisture; in the 0—200 cm soil layer, the variation coefficient of soil water in forestland may be ranked in the descendant order of prunus armeniaca, hebei poplar, sea buckthorn, Chinese pine. In the action of rain-water infiltration, evaporation, transpiration, soil water of prunus armeniaca are larger than other forestland in the 0—60 cm soil layer. The results of this study reveal the water consumption and water replenishment of different forest and give useful information to local forest structure and vegetation rehabilitation.

Key words: loess hilly region; different forest; soil water

黄土高原是世界上水土流失最严重与生态环境最脆弱的地区之一,近年来在黄土高原地区不断开展退耕还林、植被恢复与建设以改善生态环境^[1]。而在干旱半干旱的黄土丘陵区,土壤水分是该区最宝贵的自然资源之一,也是影响作物生长和植被恢复的主导因子。土壤水分受降雨、地形、土壤、植被和不同土地利用方式等因素的影响,同时也影响地表蒸发、地表

径流、植被蒸腾和土壤内的水分交换等^[2-4]。通过了解土壤水分状况,掌握土壤水分动态,提高土壤水分的利用效率,对于改善干旱半干旱地区的生态环境有着极为重要的意义。目前众多学者对干旱半干旱区的土壤水分进行了研究,而对于黄土丘陵区退耕还林地的不同植被恢复土壤水分的研究还很少。本文通过对退耕还林地的不同植被下的土壤水分动态特征

的研究,旨在为黄土丘陵沟壑区退耕还林地合理地进行植被恢复与配置、提高土地生产力、充分发挥该区域的生态和经济效益提供理论基础。

1 研究区概况

陕西省吴起县位于东经 107°38′57″—108°32′49″,北纬 36°33′33″—37°24′27″,属黄土高原梁状丘陵沟壑区,海拔 1 233~1 809 m,总面积 3 791.5 km²,水土流失面积 3 702.2 km²,占土地总面积的 97.16%。气候属暖温带大陆性干旱季风气候,春季干旱多风,夏季旱涝相间,秋季温凉湿润,冬季寒冷干燥,年均气温 7.8℃,无霜期 96~146 d,多年平均降雨量 478.3 mm,年际变化大、季节分配不均,64%以上集中在 7—9 月,多年平均陆地蒸发量 400~450 mm,属干旱、半干旱地区。土壤类型为黄绵土,质地为轻壤。

表 1 样地基本基本情况

林种	林龄/a	坡度	坡位	均高/cm	胸/基径	盖度/%	林分密度/ (株·hm ⁻²)	形成类型	整地方式
油松	17	22°	中部	4.2	17.2	71	1600	人工	水平阶
河北杨	18	19°	下部	7.5	21.5	57	750	天然	无
沙棘	10	23°	中部	1.7	4.2	75	3000	人工	水平阶
山杏	17	22°	中部	3.6	12.5	66	1600	人工	水平阶

3 结果与分析

3.1 不同林地生长季的土壤蓄水量

从表 2 可以看出,0—200 cm 土层中沙棘林地的

表 2 不同林地的生长季的平均蓄水量

mm

林地类型	土层/cm										
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200	0—200
河北杨	20.91	19.69	20.45	23.36	26.12	27.93	28.74	28.99	29.48	29.39	255.06
油松	18.71	22.33	23.76	21.97	21.83	22.34	23.29	25.51	26.29	26.53	232.55
沙棘	22.90	22.13	19.75	22.84	26.60	27.67	28.17	28.84	29.34	29.60	257.84
山杏	17.27	18.19	22.02	21.31	20.10	18.70	18.70	19.74	20.06	20.12	196.21

对于乔木林河北杨和油松地不同深度土层的蓄水量(表 3)进行分析可见:河北杨地 0—200 cm 土层的蓄水量为 255.1 mm,油松林地的蓄水量只有 232.6 mm,油松林比河北杨林多消耗 22.5 mm。而在 0—40 cm、0—60 cm 和 0—80 cm 土层中油松林的蓄水量大于河北杨林的蓄水量,河北杨林和油松林 0—100 cm 土层的蓄水量分别为 110.5 mm 和 108.6 mm,可见油松林和河北杨林消耗的土壤水分相差较小,仅为 1.9 mm,0—120 cm 土层河北杨林和油松林的蓄水量分别为 138.5 mm 和 130.9 mm,油松林比河北杨林多消耗 7.5 mm 的土壤水分,因此可以认为 0—200 cm 土层中油松林比河北杨林多消耗的 22.5 mm 土壤水分主要是消耗深层(100 cm 以下)土壤水

2 研究方法

在退耕还林流域选取典型植被油松、沙棘、山杏和河北杨进行生长季土壤水分动态的研究,样地基本情况如表 1 所示。

2008 年 5—10 月,采用时域反射仪进行定位监测土壤体积含水量,每月 5 日、15 日、25 日各测定一次,每遇降雨天气则单次向后推迟 1~2 d,测定深度 2 m,测定时按地表以下每 20 cm 分为一层,每层测定重复 3 次,每次之间 TDR 探头旋转 120°,进行人工记录和仪器自动记录结合,以保证数据完整保留。土壤蓄水量按下式计算:

$$W=h\cdot\theta_v\times10/100$$

式中:W——土壤储水量(mm);h——土层深度(cm); θ_v ——土壤体积含水量(%)。

平均体积含水量最高,达 12.9%,蓄水量可达 257.8 mm,河北杨林和油松林地次之,其中河北杨林地的蓄水量大于油松林地的蓄水量,而山杏林地最低,平均体积含水量仅有 9.8%,蓄水量只有 196.2 mm。

分引起的,即油松林比河北杨林相比消耗更多的深层土壤水分。

对于灌木林沙棘和山杏地不同深度土层的蓄水量(表 3)进行分析可见:沙棘林地 0—200 cm 土层的蓄水量为 257.8 mm,山杏林地的蓄水量只有 196.2 mm,山杏林比河北杨林多消耗 61.6 mm。沙棘林和山杏林 0—60 cm 土层的蓄水量分别为 64.7 mm 和 57.5 mm,山杏林比沙棘林多消耗 7.3 mm 的土壤水分,0—100 cm 土层沙棘林和山杏林的蓄水量分别为 114.2 mm 和 98.9 mm,山杏林比沙棘林多消耗 15.3 mm 的土壤水分,因此可以认为 0—200 cm 土层中山杏林比沙棘林多消耗的 61.6 mm 土壤水分主要是消耗 80 cm 以下土层的土壤水分引起的。

表 3 各林地不同土层的蓄水量

林地类型	土层/cm									
	0—20	0—40	0—60	0—80	0—100	0—120	0—140	0—160	0—180	0—200
河北杨	20.91	40.60	61.05	84.41	110.53	138.46	167.20	196.19	225.67	255.06
油松	18.71	41.04	64.80	86.77	108.60	130.94	154.23	179.74	206.03	232.56
差值	2.20	—0.44	—3.74	—2.36	1.93	7.52	12.97	16.45	19.64	22.50
沙棘	22.90	45.03	64.78	87.62	114.22	141.89	169.06	197.90	227.24	257.84
山杏	17.27	35.46	57.48	78.79	98.89	117.59	136.29	156.03	176.09	196.21
差值	5.63	9.57	7.30	8.83	15.33	24.30	32.77	41.87	51.15	61.63

3.2 不同林地土壤水分月动态特性

在不同月份间,植被的土壤水分变化具有明显的季节特征,土壤蓄水量变化具有相似性,这是植物生长规律和当地物候特点共同作用的结果。5—7 月植被的土壤蓄水量变化与降雨变化相一致,土壤蓄水量随着雨水的增加(减少)而增加(减少);8 月植被进入生长旺季,同时气温也逐步升高,植被蒸腾和土壤蒸发强度也随之增加,尽管这时期有降雨补给土壤,但土壤水分蒸散量大于补给量,此时植被的土壤蓄水量均达到最低值。9—10 月植被进入生长末期,雨水补给量大于植被蒸腾和土壤蒸发,土壤蓄水量逐步增加,10 月达到最大值。

图 1 显示了生长季中不同植被下的土壤蓄水量变化,由图 1 可以看出不同植被下的土壤蓄水量大小顺序为:沙棘林>河北杨林>油松林>山杏林,这与黄奕龙等研究结果基本一致^[6],河北杨高于油松和山杏林地,是因为河北杨林地处于较低坡位,而对于黄土区来说,低坡位处会因为土壤水分垂直向下运动而得到聚集,使其含水量得到长时间持续补充^[7-10];沙棘林和山杏林的土壤蓄水量变化趋势较明显,河北杨林和油松林的土壤蓄水量变化趋势较平缓,说明沙棘林和山杏林对土壤水分利用强度大,河北杨林和油松林对土壤水分利用强度相对较小。

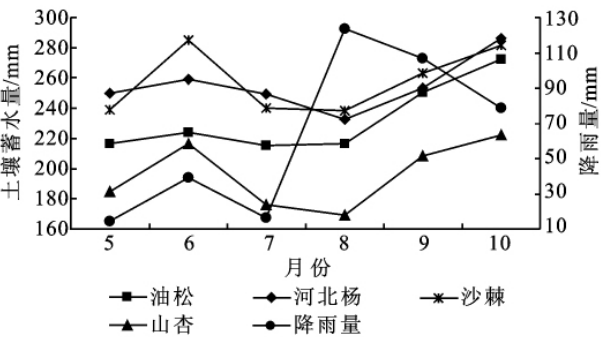


图 1 生长季不同林地的蓄水量及降雨量变化

从不同林地 5—10 月 0—200 cm 土层蓄水量的动态变化(表 4)可以看出,不同林地表层(0—60 cm)蓄水量的最低值出现的时间并不一致,油松林和山杏林的蓄水量 6 月最低,河北杨林的蓄水量 7 月最低,沙棘林的蓄水量 5 月最低,这主要是由于 6 月降雨

后,油松林和山杏林的树冠截流作用明显,减少雨水入渗量,沙棘 5 月处于花期,从而更多地消耗了表层土壤水分。在外界气候变化与植被生理活动的共同影响下,各林地的深层(100—200 cm)相对稳定在一个动态的较低水平,说明林木根系对深层水分消耗很大,但其根系也增加了土壤入渗性能^[5],从而使林地深层土壤水分保持一定的活跃性。

3.3 不同林地土壤水分垂直变化

各林地土壤剖面水分变异系数见表 5,从表可以看出,0—200 cm 土层土壤水分变异系数大小依次为山杏林、河北杨林、沙棘林、油松林。在表层(0—20 cm)的土壤水分变异系数中,河北杨林地最大为 0.38,这可能是由于位于下部坡面,降雨时承接较多的雨水,而雨后由于植被蒸腾和土壤蒸发消耗表层的土壤水分。0—60 cm 土层中含水量的变化主要是由降水入渗、土壤蒸发、林木根系吸水造成的,因此,0—60 cm 土层含水量变化可以反映降水入渗、蒸发、蒸散对土壤水分的综合影响,由表 5 可以看出 0—60 cm 土层中山杏林的土壤水分变异系数与其它林地相同土层的变异系数较大。可见,在雨水入渗、蒸发、蒸散的共同作用下山杏林地在 0—60 cm 土层含水量的变化明显大于其它林地。油松林和河北杨林在 80 cm 以下的土层中土壤水分变异系数均小于 0.1,说明土壤水分处于稳定状态,土壤水分受外界条件的影响较小;沙棘林和山杏林在 80 cm 以下的土层中土壤水分变异系数均小于 0.2,说明土壤水分处于次活跃状态,外界条件的变化和根层活动对深层土层水分还是有一定的影响。

4 结 论

(1)不同林地在生长季中土壤蓄水量具有显著差异,其顺序为:沙棘林>河北杨林>油松林>山杏林。对于乔木林,油松林比河北杨林多消耗的土壤水分主要来自 100—200 cm 土层;对于灌木林,山杏林比沙棘林多消耗的土壤水分主要是消耗 80 cm 以下土层的土壤水分引起的,由此可见,乔灌林都消耗更多深层的土壤水分。

(2)林地的土壤蓄水量变化具有明显的季节性, 根据生长季内土壤蓄水量的变化,可以将土壤水分变化分为 3 个时期:土壤水分恢复期、土壤水分消耗期、土壤水分补充期。

表 4 不同林地 5—10 月各土层蓄水量 mm

林地类型	月份	土层深度/cm									
		0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200
油松	5	15.80	18.50	20.73	20.87	22.27	21.93	22.13	24.33	24.73	25.00
	6	12.40	14.73	19.27	20.07	20.93	24.40	25.67	27.53	29.27	29.42
	7	14.07	16.47	18.93	19.73	21.87	22.07	23.00	25.43	26.87	27.16
	8	14.87	18.07	19.73	20.60	21.60	21.87	22.87	25.33	25.72	26.08
	9	26.40	30.00	28.73	21.67	21.87	22.00	23.00	25.33	25.70	26.02
	10	28.73	36.20	35.13	28.87	22.47	21.80	23.07	25.07	25.46	25.50
河北杨	5	20.60	20.80	22.60	25.20	26.20	26.40	26.53	27.04	27.54	27.20
	6	18.80	18.47	16.13	17.60	25.07	30.73	32.53	33.47	33.13	33.14
	7	11.48	17.74	14.43	18.87	26.31	30.69	31.53	32.64	32.83	32.66
	8	14.27	11.67	16.87	22.67	26.20	27.60	28.60	27.93	28.44	28.26
	9	28.60	20.60	20.20	22.40	25.00	26.40	27.27	26.93	27.94	27.98
	10	31.73	28.87	32.47	33.40	27.93	25.73	26.00	25.93	27.02	27.10
沙棘	5	16.80	18.00	16.00	20.93	25.07	28.13	29.33	28.60	27.93	28.22
	6	22.80	19.93	18.80	22.47	29.00	31.67	34.13	35.13	35.47	35.52
	7	17.16	19.36	17.09	19.82	23.76	25.91	27.64	29.04	29.82	30.31
	8	17.53	17.87	16.60	20.47	24.47	26.40	27.40	28.47	29.33	29.74
	9	32.80	31.00	23.20	20.73	23.67	24.93	25.33	26.07	27.67	27.90
	10	30.33	26.60	26.80	32.60	33.67	29.00	25.20	25.73	25.80	25.90
山杏	5	16.73	15.07	20.13	21.53	21.40	18.67	17.00	17.87	18.20	18.00
	6	11.33	13.20	15.87	20.00	23.47	25.33	25.67	27.00	27.40	27.38
	7	14.07	12.23	17.50	18.03	19.08	18.95	17.45	19.18	19.82	20.00
	8	11.20	14.07	17.78	18.93	18.67	16.33	17.27	18.07	18.38	18.56
	9	24.20	25.93	27.93	22.27	18.80	16.53	17.47	18.20	18.36	18.52
	10	26.07	28.67	32.80	27.07	19.20	16.40	17.33	18.13	18.22	18.26

表 5 各林地土壤剖面水分变异系数特征值

土层/cm	油松	河北杨	沙棘	山杏
0—20	0.374	0.379	0.310	0.374
20—40	0.388	0.284	0.245	0.394
40—60	0.281	0.322	0.219	0.308
60—80	0.157	0.241	0.213	0.152
80—100	0.025	0.041	0.150	0.096
100—120	0.045	0.080	0.089	0.185
120—140	0.052	0.094	0.117	0.183
140—160	0.042	0.111	0.117	0.182
160—180	0.061	0.093	0.113	0.182
180—200	0.060	0.094	0.111	0.180
0—200	0.149	0.174	0.168	0.223

(3)各林地 0—200 cm 土层土壤水分变异系数从小到大为:山杏林>河北杨林>沙棘林>油松林。在雨水入渗、蒸发、蒸散的共同作用下山杏林地在 0—60 cm 土层含水量的变化明显大于其它林地。油松林和河北杨林在 80 cm 以下土层土壤水分受外界条件的影响较小,处于稳定状态;沙棘林和山杏林在 80 cm 以下的土层土壤水分处于次活跃状态。

参考文献:

[1] 陈丽华,鲁绍伟,张学培. 晋西黄土区主要造林树种林地

土壤水分生态条件分析[J]. 水土保持研究,2007,14(4): 394-397.

[2] 王国梁,刘国彬,党小虎. 黄土丘陵区不同土地利用方式对土壤含水率的影响[J]. 农业工程学,2009,25(2):31-35.

[3] 胡良军,邵明安. 黄土高原植被恢复的水分生态环境研究[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1045-1048.

[4] 陈洪松,邵明安,王克林. 黄土区荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1853-1857.

[5] 勃海锋,刘国彬,王国梁. 黄土丘陵区退耕地植被恢复过程中土壤入渗特征的变化[J]. 水土保持通报,2007,27(3):1-5.

[6] 黄奕龙,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵小流域植被生态用水评价[J]. 水土保持学报,2005,19(2):152-155.

[7] 胡伟,邵明安,王全九. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J]. 水科学进展,2006,17(1):74-81.

[8] 徐学选,刘文兆,高鹏,等. 黄土丘陵区土壤水分空间分布差异性探讨[J]. 生态环境,2003,12(1):52-55.

[9] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京:科学出版社,2000:128-130.

[10] 李裕元,邵明安,张兴昌. 侵蚀条件下坡地土壤水分与有效磷的空间分布特征[J]. 水土保持学报,2001,15(2):41-44.