

黄土丘陵区小流域横断面土壤水分的空间分布特征

赫晓慧^{1,2}, 温仲明¹, 李锐¹, 卜耀军³

(¹中国科学院水利部水土保持研究所 陕西杨陵 712100; ²中国科学院研究生院 北京 100039;

³西北农林科技大学资源环境学院 陕西杨陵 712100)

摘要:以黄土丘陵区的纸坊沟小流域为研究对象,研究了横断面上土壤水分空间变化特征,得出如下规律:①从总体来看,土壤水分含量大致是阴坡高于阳坡,坡下高于坡上,地形起着决定性作用,但植被的影响也非常重要。②在小流域断面水分分布中,乔木林地的平均含水量最低,灌木林次之,草本植被最高。表明丘陵区最适宜的植被应是草本植被和灌木群落。③植被的生长弱化了断面地形变化的影响,刺槐的阴阳坡、上下坡的土壤水分含量趋于接近,柠条的生长良好时的大耗水量也使阴坡和坡下的水分优势减弱,长势良好的草本群落使梁峁坡上的土壤水分状况优于其他坡位。④纸坊沟小流域除阴坡草本植被外,全部有土壤干层的存在,但并不影响植被的正常生长,因此,在植被恢复良好的地区,干层的产生是正常的。

关键词:黄土丘陵区;横断面;土壤含水量;土壤干层

Soil Water Diversification Character in a Cross Section of Small Watershed in Loess Hilly Area

He Xiaohui^{1,2}, Wen Zhongming¹, Li Rui¹, Bo Yaojun³

(¹Institute of soil and water conservation, Chinese academy of sciences and ministry of water resources, Yangling Shaanxi

712100; ²Graduate school of Chinese academy of sciences, Beijing 100039; ³College of Resources and Environmental

Sciences, Northwestern Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100)

Abstract: According to the study on the Soil water diversification character in a cross section in Zhifang small watershed in loess hilly area, the following conclusions was drawn: ①As a population, the content of water in shady slope is higher than in sunny slope and in the lower slope is higher than in the up slope, so the landform is the deciding factor, while the vegetation is also important. ②The content of water in arboreal grounds is the lowest, the shrub ground's is better and the grass ground's is best. So the feasible vegetations are grass ground and shrub ground in loess hilly area. ③The growing of vegetations weaken the effect of slope's change. The contents of *robinia pseudoaccia* are similar in shady slope and sunny slope, lower slope and up slope. The great water consumption of well grown *caragana korshinskii* make the content of water in shady slope and lower slope lower, and the grass community in sloping land have a higher water content. ④There are dried soil layer in Zhifang small watershed except the grass vegetation in shady slope, but the vegetation can grow well, so the dried soil layer is very normal in well vegetation recovery area.

Key words: Loess hilly area, Cross section, Soil water, Dried soil layer

制约黄土高原生态环境建设的主要因子是水资源的亏缺问题,这在半干旱黄土丘陵区表现得尤为突出^[1]。黄土高原丘陵沟壑区沟深坡陡,被面较长,不同断面部位,不同坡位、坡向等立地因素是黄土高原降

水和热量的再分配因子,地形直接影响降雨入渗量和蒸发量,从而带来土壤水分的差异,坡向对热量影响较大,进而带来土壤储水能力不同。加之不同的植被覆盖,因此研究该地区流域内土壤水分空间分布特征

很有意义^[2-4]。

土壤水分含量及其剖面分布随横断面发生变化,在遵循普遍规律的同时,不同地区、不同时段的具体表现,仍有不同。在进行小流域综合治理时,首先应寻找影响植物生长的主要因素及其变化规律,从而达到依照自然规律合理配置各项水土保持治理措施,获得最佳效果之目的^[5]。笔者选取纸坊沟流域为研究对象,经过20多年植被的恢复重建,该流域人工和自然植被都得到了很大的恢复,呈现出植物多样性的初期景象,该流域也已成为国家攻关试验示范区。对该小流域加以测定与分析,则可进一步丰富对黄土丘陵区以至整个黄土高原土壤水分状况与水分生态环境的认识与了解^[6,7]。

表1 不同深度土层土壤容重变化

土层深度(cm)	0~100	100~150	200~300	300~500
平均容重(g/cm ³)	1.29	1.31	1.24	1.28

1 研究区概况及研究方法

研究区域设在安塞县纸坊沟流域(北纬36°51'30",东经109°19'30")属黄土丘陵沟壑区,植被区划上属于森林草原区,流域面积8.27km²。年日照总

时数为2415h,年辐射总量为493KJ/cm²,年均气温8.8℃,≥0℃的积温3733.5℃,≥10℃的积温3160.2℃,年均降水量为549.1mm,降水年际变率大,枯水年只有300mm左右,丰水年可达700mm以上,且年内分配不均,7—9月份占全年降水的61.1%,年蒸发量大于1463mm。土壤为黄绵土。土壤水分物理特征:凋萎湿度4.5%,田间最大持水量18.4%,毛管断裂水含量10%,不同深度土壤平均容重见表1。

在纸坊沟选取一横断面,其梁峁顶部与沟道之间相对高度约150m,无常流水。在横断面上,由地形部位和利用条件选取12个测点,其中乔木样地5个,灌木样地4个,草本样地3个。每隔一个月,监测土壤水分含量与动态,对每一样地的立地条件和植物特征进行描述记录(包括生物量),调查时间为2004年6—10月。样地号按照从梁峁阳坡—沟谷阳坡—沟谷阴坡—梁峁阴坡的完整断面序列排序。

土壤含水量用烘干法(105℃)测定,各乔灌草地测定深度均为500cm,其中狼牙刺200cm;自地表向下每20cm取样一次。测定时间为2004年6—10月,与调查同步进行。

表2 群落样地描述

样地号	群落	坡度	坡向	坡位	盖度	海拔(m)	样地号	群落	坡度	坡向	坡位	盖度	海拔(m)
1	刺槐(27a)	30°	南	坡上	0.7	1261	7	狼牙刺	25°	南	坡下	0.5	1119
2	刺槐(25a)	26°	东	坡上	0.7	1204	8	刺槐(23a)	25°	西	坡下	0.6	1101
3	刺槐(25a)	30°	东南	坡中	0.7	1200	9	猪毛蒿-芨芨	13°	北	坡下	0.4	1192
4	柠条(27a)	25°	西	坡中	0.8	1197	10	芨芨-铁杆蒿	20°	北	坡中	0.4	1219
5	柠条(15a)	36°	南	坡中	0.55	1184	11	铁杆蒿-长芒草	25°	半阴	梁峁坡上	0.55	1219
6	果园	20°	南	坡中下	0.5	1169	12	柠条(25a)	23°	半阴	梁峁坡上	0.65	1227

表3 不同立地条件下的5—10月平均土壤水分含量

土层深度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0~100cm	7.37	8.75	8.29	9.22	6.92	12.59	8.32	10.02	11.26	11.11	12.12	12.39
100~200cm	5.03	6.93	7.20	6.77	6.10	10.89	8.02	6.87	11.80	12.91	13.61	11.30
200~300cm	5.78	6.70	6.80	5.51	6.79	10.85	6.09	6.09	12.65	15.52	15.76	8.54
300~400cm	5.89	7.06	6.41	5.55	6.33	8.74	5.99	5.99	13.43	17.11	16.41	7.28
400~500cm	5.47	5.79	5.44	5.60	6.25	7.47	5.89	5.89	16.01	16.82	15.91	7.07
平均含水量(%)	5.91	7.05	6.83	6.53	6.48	10.11	8.17	6.97	13.03	14.69	14.76	9.32
土层储水量(mm)	378	451	437	419	414	647	212	447	834	939	944	560
相当田间持水量(%)	32.1	38.3	37.1	35.5	35.2	54.9	44.4	37.9	70.8	79.8	80.2	50.7

2 结果分析与讨论

2.1 断面土壤水分总体状况分析 表3为纸坊沟断面序列的不同立地条件下的5—10月平均土壤水分状况值。纸坊沟流域土质均一,土层深厚且地下水埋藏很深,因此土壤水分变化主要受降雨、地形和植被的影响,从表中可以明显看出,随着坡向、坡位、坡度以及植被群落的不同,土壤水分呈现有规律的变化。

整体而言,土壤水分由梁峁阳坡—沟谷阳坡—梁峁阴坡—沟谷阴坡呈增加趋势。在浅层土壤(0~100cm)水分分布中,大致是阴坡高于阳坡,坡下高于坡上;平均含水量的这种趋势更加明显,位于阴

坡的样地平均含水量为12.95%,高出阳坡44%。阳坡坡顶的刺槐林地样1平均含水量最低,仅为5.91%,处于阴坡坡下的猪毛蒿-芨芨样地9土壤平均含水量则较高,为13.03%。但是,由于植被及微地形的影响,土壤水分也并不是完全符合坡下高于坡上的趋势,其中阳坡坡上部位的样地平均含水量6.48%,坡中7.49%,坡下7.57%,坡下水分含量高出于坡上14%,基本符合规律;但是阴坡坡上部位的样地平均含水量12.04%,坡中14.69%,坡下13.03%,坡下反而低于坡中11%。又如,位于阴坡坡上的样11生长着铁杆蒿-长芒草群落,由于草地耗水量较低,枝叶的近

地表分布又有效阻止了地面的水分蒸散,其平均含水量最高。这表明,在小流域断面水分分布中,地形起着决定性作用,但植被的影响也非常重要^[8]。

从表3还可以看出,在陕北黄土高原半干旱大陆性气候条件下,现有的人工乔灌林地水分供需关系失衡,即使经雨季补充后,土壤含水量仍然亏缺,其含水量多在田间持水量75%以下,最低接近萎蔫含水量,形成了土壤干层。作为一条综合治理取得显著成效的小流域,其土壤干层的产生和对植被的影响值得探讨。

2.2 横断面上不同地形与植被下土壤水分变化分析
由于影响土壤水分地面分布的因子主要包括地形和植被两部分,因此,尽量在植被一致的前提下,重点探讨断面上的地形变化对土壤水分分布的影响。从图1可以看出,刺槐林的总体土壤水分含量最低,柠

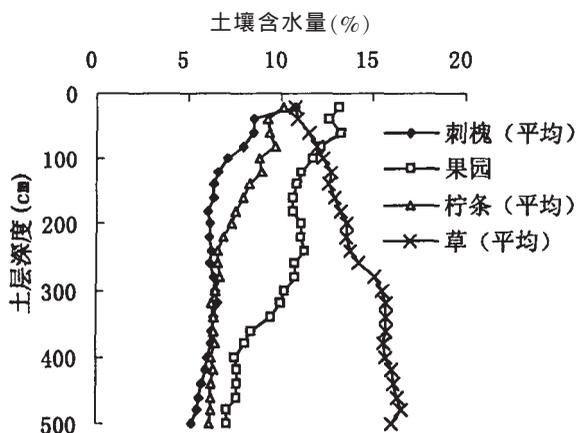


图1 不同植被土壤含水量剖面图

条林地土壤水分条件稍好,草本植物的土壤水分状况最好。

2.2.1 乔木林土壤水分变化分析 该纸坊沟小流域断面主要乔木林为刺槐和果园。图2表明果园的土壤含水量明显高于刺槐林,首先是因为苹果树本身耗

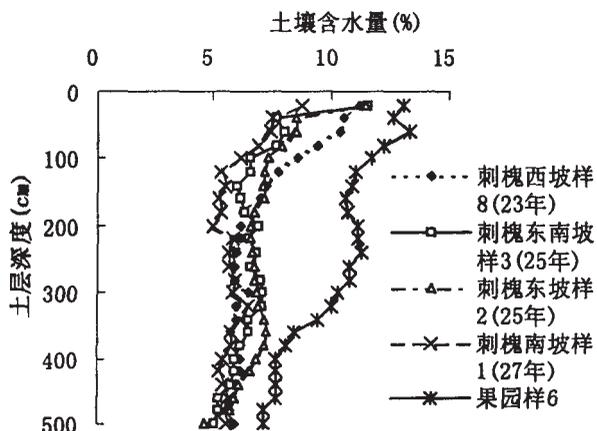


图2 乔木林土壤含水量剖面图

水量较刺槐低,其次是果园一般经过水平阶整地,且坡度较缓仅有20°,利于水分下渗。

对于同是刺槐林的样1、2、3和8,可以看出总体土壤水分含量低,自100cm以下有土壤干层出现,表明刺槐的耗水力较强。27年生刺槐样1平均含水量最低,达到5.91%,在200cm点处为最低含水量5.00%,自200~500cm一直维持在5%~6%之间,5m土壤储水量378mm,仅为田间持水量的32.1%,出现了严重的干层。25年生刺槐样2在四个样点中情况最好,平均含水量为7.05%,5m土壤储水量451mm,为田间持水量的38.3%,按照李玉山低于75%为干层的定义,表明土壤水量失衡,状态较差。样3和样8土壤储水量接近,但是样8的表层含水量明显高于样3和样2。但总体来看,在200cm之下,刺槐阴阳坡、上下坡之间并没有根本的水分差异,总体土壤水分状况都趋于低化。可能是由于土壤水分降低到一定程度后,限制了刺槐耗水的能力,导致水分稳定在一定范围内。

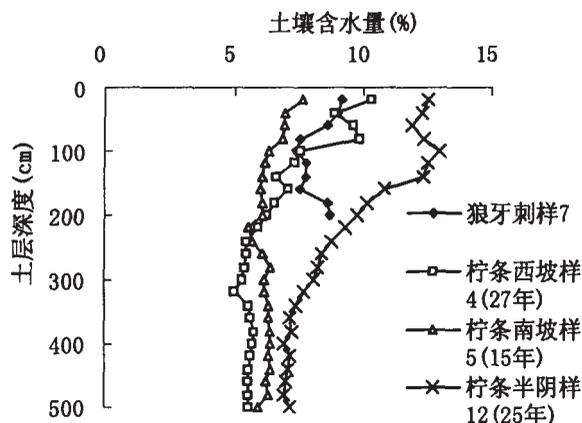


图3 灌木林土壤含水量剖面图

四个刺槐样地盖度基本一致,生长年限都在20年以上,其主要差异在于地形的不同。刺槐样地1位于阳坡坡顶,坡度30°,因此太阳辐射强烈,土壤温度且降雨随坡下流不容易储存,因此土壤含水量最低。样2同样位于坡上,但东坡接受太阳直射少,辐射相对于其他样地较低,加之具有一定的整地措施,利于水分下渗,因此比位于坡下部位的样8水分状况还好,样8虽位于西坡坡下部位,但坡度仍然很高为25°,储水条件没有大的改善,加之植株密度较大,导致下层土壤水分含量不高,但相对于样2和样3的表层(0~100cm)含水量还是明显增加的。这表明,坡位的影响虽大,但由于坡度较大,因此降雨入渗的影响集中在表层,下层补水困难。

从刺槐的生长状况看,虽然林下形成了土壤干层,

且延续至深层土壤,但总体生长状况良好,样地平均盖度 6.75,没有“小老头树”的出现。这说明,在人工乔木林建设中土壤干层虽在所难免,但对植被的影响并不大,只要种植密度适当,没有大的持续旱灾,植被完全可以正常生长。

2.2.2 灌木林土壤水分变化分析 从图 3 来看,阴坡柠条林样 12 较阳坡样 4 和 5 的平均水分含量高 2.8%,田间储水量多 26%,且 200cm 之上是一个高水分含量区,表明灌木林在阴坡有着较阳坡优越的水分环境,但 300cm 以下,由于柠条的根系延伸直至深层,耗水增大使阴坡的优势没有上层明显。阳坡中,样 4 平均含水量大于样 5,但 240cm 下水分含量小于样 5,这是由于样 4 位于西坡且坡度比样 5 小 11° ,因此表层水分含量高,但样 4 盖度为 0.8,柠条生长状况较样 5 良好,由此导致下层耗水量也较大。同时,样 4 和样 5 土壤含水量都仅相当于田间储水量的 35%,形成了土壤干层,但二者也没有衰败迹象,且样 4 柠条已生长 27a,再一次表明土壤干层的存在并不一定导致植被的衰败。狼牙刺的根系主要集中在上层,生长了 20a 的人工狼牙刺耗水量较柠条低,相当田间储水量为 44.4%,水分状况一般。

可见,在该区种植狼牙刺、柠条,是适宜的,但也要注意,由于断面阳坡的水分较差,因此在阳面尤其是坡上部位种植时最好进行一些整地措施,降低种植密度。

2.2.3 草本植物土壤水分变化分析 该断面所采集的三个天然草本群落均在阴坡坡上和坡中位置,这是由草本植物的生长特性决定的,这三种组合也是该区最常见的草本群落。从图 4 来看,草本植物的土壤

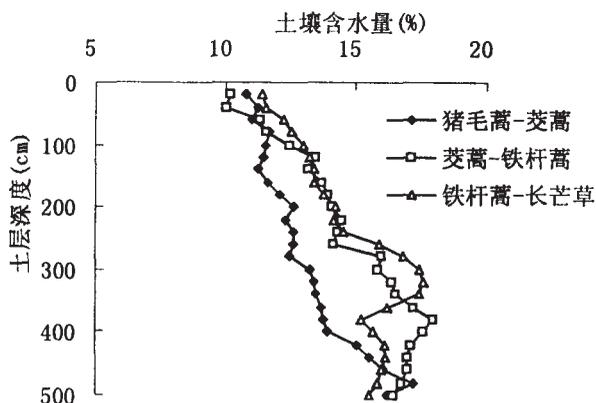


图 4 草本植被土壤含水量剖面图

水分状况最好,平均含水量都在 13%以上,整个土壤垂直剖面也没有强烈耗水层的存在,只有样 9 产生了微弱的土壤干层。三个群落的生长状况较好,其中样 9 和样 10 盖度 0.4,样 11 盖度 0.55,样 11 平均含

水量达到 14.76%,虽然位于梁峁坡上,但是良好的盖度有效减少了地面蒸发,表明多年生长的草本群落的确可以改善土壤水分状况,并不一定会产生干层,影响后继的植被发展,但前提是遵循草本植物的天然特性,如铁杆蒿-长芒草是阴坡上的一种稳定群落,种植在阳坡就可能产生干层。邹厚远等认为以上群落在水分较好时易于向灌丛发展,样 11 在 20a 的演变后已经出现部分达乌里胡枝子,再一次证明这个推测的正确,表明该区最适宜的应是草本植被和灌木群落。

3 结论

(1)从总体来看,土壤水分含量大致是阴坡高于阳坡,坡下高于坡上,地形起着决定性作用,但植被的影响也非常重要。平均含水量最低的是阳坡坡顶的 27 年生刺槐林地样 1,平均含水量最高的是位于阴坡坡上的生长铁杆蒿-长芒草群落样 11。

(2)在小流域横断面水分分布中,乔木林地的平均含水量最低,灌木林次之,草本植被最高。表明黄土丘陵区最适宜的植被应是草本植被和灌木群落。

(3)植被的生长弱化了断面地形变化的影响,刺槐的阴阳坡、上下坡的土壤水分含量趋于接近,柠条的生长状况良好时的大耗水量也使阴坡和坡下的水分优势减弱,长势良好的草本群落使梁峁坡上的土壤水分状况优于其他坡位。

(4)纸坊沟小流域除阴坡草本植被外,全部有土壤干层的存在,但并不影响植被的正常生长,因此在植被恢复良好的地区,干层的产生是正常的,重点是要遵循植被的自然规律,维持人工植被的水分相对平衡。

参考文献

- 1 梁一民.黄土高原植被建设.郑州:黄河水利出版社,2003,109~112
- 2 黄奕龙,陈利顶,傅伯杰,等.黄土丘陵小流域地形和土地利用对土壤水分时空格局的影响.第四纪研究,2003,23(3):334~342
- 3 何福红,黄明斌,党廷辉.黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征.水土保持通报,2002,22(4):6~9
- 4 谢云,刘宝元,伍永秋.切沟中土壤水分的空间变化特征.地球科学进展,2004,17(2):278~282
- 5 贾志清,宋红竹,陈涛.黄家二岔小流域土壤水分空间分布特征.北京林业大学学报,1999,21(5):88~91
- 6 张超,王会肖.黄土高原丘陵沟壑区土壤水分变化规律的研究.中国生态农业学报,2004,12(3):47~50
- 7 何其华,何永华,包维楷.干旱半干旱区山地土壤水分动态变化.山地学报,2003,21(2):149~156
- 8 邱杨,傅伯杰,王军,等.黄土丘陵区小流域土壤水分的空间异质性及其影响因子.应用生态学报,2001,12(5):715~720