

黄土丘陵区不同土地利用方式下土壤水分分析^{*}

张北赢¹, 徐学选¹, 白晓华²

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 甘肃省科学院滑坡灾害研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 采用定位监测法, 对地处黄土丘陵区的延安燕沟不同植被类型下土壤水分状况进行了对比分析。结果表明: 农林草地土壤水分剖面(0~4 m)存在显著差异, 平均土壤含水量由高到低依次为: 旱农坡地>草地>柠条灌丛>果园>黄刺玫灌丛>刺槐, 与旱农坡地对照分别相差2.04%、2.27%、4.75%、4.8%和5.68%; 刺槐、柠条和黄刺玫的土壤水分垂直分布呈现较一致的趋势, 表现为上层水分高于下层且差异显著, 水分较明显的分界点在100 cm左右, 其100 cm以上平均土壤湿度分别为10.12%、13.58%和11.89%, 100 cm以下分别为8.79%、12.16%和9.07%; 同时, 不同植被类型下土壤剖面低湿层不同, 乔灌地低湿层深度较农地和草地深; 土壤水分剖面形态与分层特征受植被利用影响作用显著。

关键词: 土壤水分; 土壤水分垂直分布; 植被; 黄土丘陵区

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0096-04

充分认识各种土地利用条件下土壤的水分状况及其变化规律是科学利用土地资源的前提。前人对黄土高原不同植被类型的土壤水分特征进行了较系统的研究, 认为该地区主要的粮食作物在一定的产量水平下, 土壤水分在较长时间尺度上基本可以维持平衡^[1~4], 而大多数人工林草植被对土壤水分的需求量大于降雨补给量, 形成利用型“土壤干层”^[1,5~8], 有的地区甚至出现了造林种草效益低下的现象。因此, 研究土地利用变化对土壤水资源储量的影响, 探讨可维护土壤—植被系统健康稳定的土地利用模式及其对区域环境的修复作用, 可以进一步合理利用土地, 协调以区域为单元的水分利用平衡, 并对区域水土保持中林草措施配置与布局有指导意义。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区选在黄土高原丘陵沟壑区第Ⅱ副区的延安燕沟, 位于延安市南10 km处。选择该流域支沟之一的康沟头小流域作为主要研究对象, 其流域面积4 km², 土地利用类型多样。流域处于暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡带, 年平均气温9.8℃, 多年平均降水量为558.4 mm, 其中, 6~9月份降水量占全年降水量的70%以上, 且多以暴雨形式出现, 年际变化也很大; 年蒸发量1 000 mm左右。2002年降雨量为538.5 mm, 略低于多年平均水平, 为正常降雨年

份。

流域内成土母质为黄土, 山地和沟坡地主要为新黄土和次生黄土所覆盖, 并成为主耕作土壤, 其中黄绵土占90%以上。

1.2 研究方法

运用土钻法实行定位监测: 在南坡、北坡、西坡3个大断面测定农、林、草、灌土壤水分, 布设28个采样点。定位监测每月1次(4~10月), 其中, 4月和10月测深为400 cm, 5~9月测深为200 cm。0~1 m每10 cm取样, 1 m以下每20 cm取样。土样用烘箱在105~110℃下烘干计算水分, 用重量百分比(干土重%)表示。

2 土地利用方式引起的土壤水分差异分析

天然降水是黄土丘陵区土壤水分储量的惟一补给源, 因此林草系统的水分特征主要决定于年内降水的季节性变化, 但土壤的雨季与气候上的雨季并不是同步的, 出现季节的非同一性^[9]。

2.1 土壤水分季节差异

2.1.1 平均含水量的季节差异 2002年4月降水量(27 mm)小于10月降水量(50.7 mm), 但土壤含水量的大小与降水量并不一致。从表1所列数据可以看出, 从整个土壤剖面上来看, 旱农坡地雨季末土壤水分有一定恢复, 表明农作物在收获后水分消耗量与林草地相比明显降低, 在降雨补充下, 土壤水分

^{*} 收稿日期: 2005-07-20
基金项目: 国家自然科学基金(40471126, 90202011); 国家十五科技攻关(2004BA508B14); 中科院西部之光人才培养计划资助。
作者简介: 张北赢(1981—), 女, 甘肃兰州人, 硕士, 主要研究方向为流域水资源评价。
中国知网 <http://www.cnki.net>

得到补偿。草地、林地、果园土壤水分均表现为4月水分大于10月水分,对于林草地来说,雨季后的土壤含水量并没有显著提高,甚至还低于旱季土壤含水量。农林草地土壤水分的季节性差异表明:土地利用方式对土壤水分利用具有显著作用。

表1 不同植被类型下土壤水分剖面差异										
Table 1 The differences of soil moisture profile under various vegetations										
植被类型 Vegetations	土层深度 Soil depth(cm)									
	0~50		0~100		100~200		0~200		0~400	
	4月 Apr	10月 Oct	4月 Apr	10月 Oct	4月 Apr	10月 Oct	4月 Apr	10月 Oct	4月 Apr	10月 Oct
刺槐林地 Forestland (<i>Robinia p eseuodacacia</i>)	10.94	11.95	11.52	10.12	12.19	9.34	11.72	9.95	—	9.32
柠条灌丛 Shrub land (<i>Carangana korshinskii</i>)	15.18	15.29	15.49	13.58	15.82	13.04	15.54	13.46	14.10	12.73
黄刺玫灌丛 Shrub land (<i>Rosa xanthina</i> Lindl)	19.56	15.97	17.24	11.89	10.17	8.72	14.82	10.92	12.21	10.20
黄蒿草地 Pasture land (<i>A .frigida</i>)	13.07	11.74	13.13	10.69	14.29	12.07	13.55	11.25	13.98	12.96
旱农坡地 Dry farmland	12.07	14.80	12.88	14.60	14.30	15.99	13.38	15.15	12.85	15.00
苹果园 Apple orchard	10.71	10.13	11.25	9.06	13.75	8.88	12.16	9.09	13.82	10.25

2.1.2 不同层次季节差异 不同植被土壤不同层次也存在季节差异且差异程度不同。从表1可以看出,刺槐林地和苹果园在0~200 cm剖面上,4月和10月的土壤水分含量相差达3.85%和4.87%。黄刺玫灌丛和黄蒿草地4月和10月土壤水分差异较大的层次位于0~100 cm,相差分别为5.45%和2.44%,深度明显比乔木浅;旱农坡地在0~50 cm土层表现出10月含水量明显高于4月(相差2.73个百分点),这和不同植被的根系活动深度有密切关系。

2.2 不同植被类型土壤水分差异

如表1所示,以土壤含水量相对稳定的10月为例,0~4 m土壤垂直剖面上的平均土壤含水量由高到低的顺序依次是:旱农坡地>草地>柠条灌丛>果园>黄刺玫灌丛>刺槐,以农坡地为对照,差值依次为2.04%、2.27%、4.75%、4.8%和5.68%。农地水分明显好于乔灌草地,说明作物耗水明显小于乔灌草。柠条灌丛的土壤水分含量和黄蒿草地的水分非常接近,是由于柠条灌丛的长势不好,植被覆盖度较低造成的。植被类型、生长状况塑造了土壤水分剖面,导致产生了土壤水分利用型差异。

3 不同植被类型土壤水分的垂直分布特点

本文着重以雨季后的10月份为例,讨论土壤水分的垂直分布特点。图1~3所示的是不同植被类型10月份土壤水分剖面。

3.1 不同植被类型的土壤水分低湿层

一般来说,剖面土壤水分低湿层与植物根系活

跃层是一致的。由图1可以看出,0~4 m深的土壤垂直剖面上,旱农坡地的土壤含水率一直在13%以上。土壤含水量的低湿层出现在0~50 cm和50~100 cm,与其前期作物谷子的主要根系分布相一致。

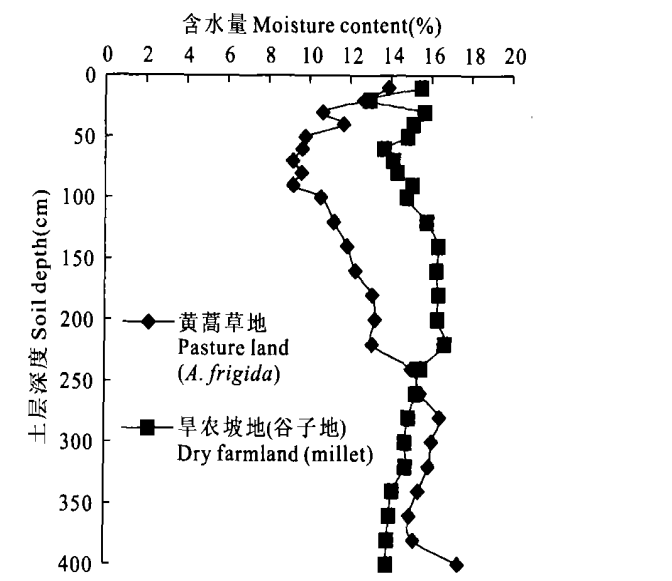


图1 旱农坡地 and 黄蒿草地 10 月份土壤水分剖面
Fig.1 Soil moisture profile of farmland and pasture land in Oct.

由于草地根系延伸较作物深,其土壤水分低湿层应该比作物深,天然草地对土壤水分的利用深度还和生长年限有关,有研究显示1~2龄苜蓿和1年生的禾谷类作物用水深度一样^[10]。从图1可以看出,黄蒿草地的土壤剖面上含水量较低的层次出现在50

~100 cm, 和旱农坡地相差不大, 这是因为本研究中所选择的草地退耕年限短。

图2、3所示的是灌木和乔木林地10月份的土壤水分剖面。可以看出, 柠条、黄刺玫和刺槐的土壤水分低湿层即根系活动层比农、草地为深, 一般都深入

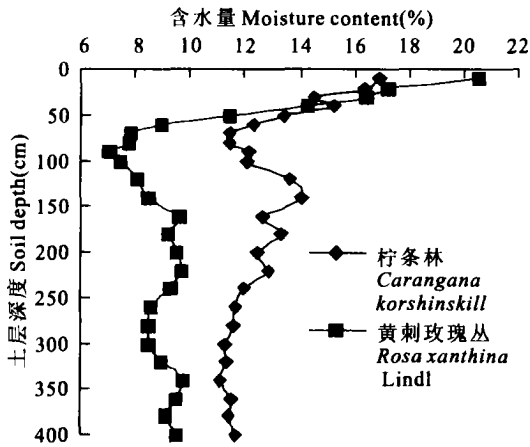


图2 灌丛10月份土壤水分剖面

Fig.2 Soil moisture profile of shrub land in Oct.

3.2 不同植被类型土壤剖面水分梯度

降水下行入渗和土壤蒸腾、蒸发的双向作用形成了土壤剖面的水分梯度。土壤剖面水分梯度可能有4种不同的情况:上下土层水分含量相等, 梯度为零;上层水分含量低于下层, 梯度为正;下层土壤含水量并非总大于上层, 梯度正负不确定;上层水分含量高于下层, 梯度为负。王军等^[12]根据这4种土壤水分的剖面变化特征, 将它们分别命名为稳定型、增长型、波动型和降低型。

图1~3为不同植被类型生长季末土壤水分剖面曲线。乔灌植被的土壤水分剖面曲线表现为上层水分含量>下层, 水分梯度<0(均以200 cm为上下部分界点);而黄蒿草地、苹果园和对照旱农坡地土壤上层水分含量≤下层, 水分梯度≥0(黄蒿草地和苹果园以200 cm为界, 旱农坡地以100 cm为界)。土壤的剖面水分梯度<0, 主要是因为降水渗透浅, 且植被耗水造成根层土壤水分大量消耗, 抑制了土壤水分的下渗。水分梯度为正的黄蒿草地(其前身是耕地且退耕时限较短)、苹果园和对照旱农坡地的共同特点是受人为耕作活动的影响, 表层土壤疏松, 坡度平缓, 更有利于降水的垂直入渗, 且深层根系活动也较少, 故上层土壤含水量小于下层。

3.3 土壤水分的垂直分布

3.3.1 不同植被土壤水分垂直分布的共同特点
从图2、3可以看出, 刺槐、柠条和黄刺玫的土壤水分垂直分布均有上高下低, 上下过渡剧烈的共同特点。

到地下400 cm。柠条林的强烈耗水层在2.5~4 m之间^[11], 故250 cm以下土壤水分明显降低。刺槐在400 cm的土壤含水量在7%左右, 下层有更低趋势, 说明刺槐对土壤水分的利用深度可能更深。

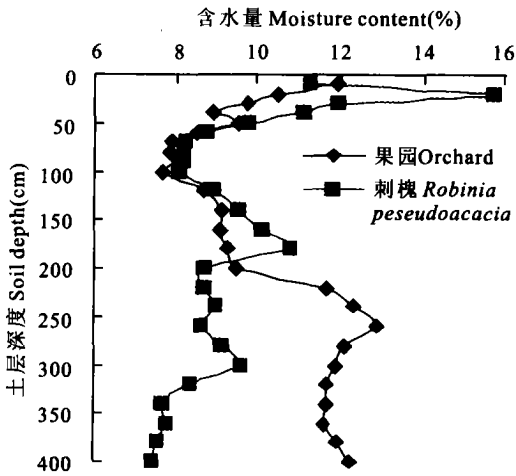


图3 乔木10月份土壤水分剖面

Fig.3 Soil moisture profile of arbor land in Oct.

三者土壤水分明显的分界线在100 cm处(该处存在明显拐点), 其100 cm以上平均土壤湿度分别为10.12%、12%、13.58%和11.89%, 100 cm以下分别为8.79%、12.16%和9.07%。造成这种趋势的原因是林地和灌丛能够利用较深层次的土壤水分, 虽然降雨对深层土壤有一定的补偿作用, 但这种补偿作用的效果并不是十分明显, 上下土壤水分含量仍然差距较大。而农地由于较少消耗深层土壤水分, 加之降水的适当补偿作用, 土壤垂直剖面上含水量的变化相对比较平缓。黄蒿草地和果园200 cm以下土壤含水量高于上层, 黄蒿草地尤为明显。这是因为黄蒿草地为退耕地, 且年限较短, 其前花农地土壤含水量较好, 而退耕后的植被还未较大程度地消耗土壤水分。

3.3.2 不同植被土壤水分垂直分布的差异性
虽然刺槐、黄蒿草地和灌木林地的土壤水分垂直分布有着共同点, 但它们之间的差异也是明显的, 这种差异主要表现在以下3个方面:

第一, 1 m以上土壤剖面的含水量, 灌木林地最高, 分别为13.58%和11.89%, 刺槐林地最低, 平均为10.12%, 黄蒿草地介于二者之间, 平均10.69%。这是因为灌木地表植被覆盖情况好, 减少了降雨径流和地面蒸发, 而刺槐林地地表覆盖度小, 地面蒸发大。

第二, 刺槐地在50 cm以下土壤水分基本低于9%, 变动于7%~10%, 且在300 cm以下出现水分低于9%的连续层, 说明刺槐对深层土壤的水分有强

烈的消耗作用,雨季降水的补给并没有缓解深层土壤水分较低的状况。黄蒿草地和灌木林地的水分低湿层出现的深度较刺槐浅,一般在 50~200 cm 之间,说明草地和灌丛对土壤剖面上部的的水分利用较强烈。

第三,约在 300 cm 以下剖面上的土壤湿度,黄蒿草地>柠条灌丛和黄刺玫灌丛>刺槐林地,平均湿度分别为 15.85%、11.37%、9.20%和 8.07%,黄蒿草地和刺槐林地的土壤水分差异显著,说明对土壤深层水分利用强度的大小,乔木大于灌木,灌木又大于草地。

4 小 结

根据以上研究结果可以看出:不同植被类型下土壤水分含量总体水平由高到低依次是农地>草地>灌丛>乔木,农地明显高于其它植被类型,草地次之,但长势良好的灌丛(黄刺玫灌丛)和乔木的土壤水分差异不很明显。

刺槐、柠条和黄刺玫的土壤水分垂直分布呈现较一致的趋势,表现为上层水分大于下层且过渡较剧烈,水分较明显的分界点在 100 cm 左右。

乔、灌、草地的土壤垂直分布也存在明显差异,主要表现在表层土壤和深层土壤的水分状况,由此说明不同植被类型对土壤水分的利用深度存在差异,据此我们可采取因地制宜的林、灌、草配置方式,以实现土壤水与生物的合理配置,形成土壤水与生

物之间的最佳生态方式。同时也可采取适当的辅助补雨措施、工程雨水汇流措施等技术来保证土壤水分的可持续性,进而保证植被的可持续性。

参 考 文 献:

[1] 李玉山.黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响[J].生态学报,1983,3(2):91-101.
[2] 李代群,姜 军.安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J].水土保持研究,1996,3(2):66-74.
[3] 张孝中,韩仕峰,李玉山.黄土高原南部农田水量平衡分析研究[J].水土保持学报,1990,10(6):7-12.
[4] 李开元,韩仕峰.陕北黄土丘陵沟壑区旱地土壤水分动态[J].水土保持学报,1990,10(6):7-12.
[5] 徐学选,刘江华,高 鹏,等.黄土丘陵区植被的土壤水文效应[J].西北植物学报,2003,23(8):1347-1351.
[6] 侯庆春,韩蕊莲,韩仕峰.黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J].中国水土保持,1999(5):11-14.
[7] 王 力,邵明安,侯庆春.延安试区土壤干层现象分析[J].水土保持通报,2000,20(3):35-37.
[8] 杨文治,韩仕峰.黄土丘陵区人工林草地的土壤水分生态环境[J].中国科学院西北水土保持研究所集刊,1985,(2):18-28.
[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,2000,49-115.
[10] 胡 梦,刘文兆,赵姚阳.黄土高原农、林、草地水量平衡异同比较分析[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):113-116.
[11] 杨新民,杨文治.干旱地区人工林地土壤水分平衡探讨[J].水土保持通报,1990,10(1):32-37.
[12] 王 军,傅伯杰.黄土丘陵小流域土地利用结构对土壤水分时空分布的影响[J].地理学报,2000,55(1):84-91.

A study on soil moisture under different vegetations in loess hilly region

ZHANG Bei-ying,XU Xue-xuan,BAI Xiao-hua²

(Institute of Soil hazard,Gansu province Academy of sciences,Gansu,73000, china)

Abstract: Based on the data collected by random survey in loess hilly region,the characteristics of soil moisture under different vegetations were analyzed. The results showed that there were considerable differences of soil moisture profile (0~4m) among various land uses. According to the average value of soil moisture, the lands could be ranked as: farmland>pasture land>Carangana korshinskill land>orchard land>Rosa xanthina Lindl land>Robinia peseudoacacia land; the differences of soil moisture between farmland and the other 5 lands were 2.04%, 2.27%, 4.75%, 4.8% and 5.68% respectively. The vertical distribution of soil moisture of Robinia peseudoacacia land, Carangana korshinskill land and Rosa xanthina Lindl land was accordant, i.e., the soil moisture of the upper layer was markedly higher than that of the lower layer; the average moisture content in 0~100cm was 10.12%, 13.58% and 11.89% respectively, and that below 100cm was 8.79%, 12.16% and 9.07% respectively. At the same time, different land uses caused the differences of soil moisture profiles. The main differences of soil moisture existed between the surface layer and the deep layer, which showing that the types of land use and land coverage were the main reason affecting the depth of water use.

Key words: loess hilly region;soil moisture;vertical distribution of soil moisture;vegetation