晋西北不同植被类型土壤水分时空变化特征

郭 彪[1]，王尚义[1,2,3]，牛俊杰[2,3]，史建伟[3]，古文婷[3]，梁海斌[3]

(1. 山西大学 环境与资源学院，山西 太原 030006；
2. 太原师范学院，山西 太原 030012；3. 山西大学 黄土高原研究所，山西 太原 030006)

摘 要：[目的] 对晋西北黄土丘陵区不同植被类型不同季节土壤水分的动态进行研究，为今后该区域植被建设过程中选择适宜的树种提供理论依据。[方法] 以山西省岢岚县西北黄土丘陵区不同类型植被和撂荒地为研究对象，以当地 3 类有代表性的植被(乔木类小叶杨林、灌木类沙棘林及撂荒地)为研究对象，系统地对旱季(4 月)和雨季(9 月)不同植被剖面土壤水分含量动态变化规律进行分析。[结果] 各林地旱、雨季的土壤水分含量 9 月均明显大于 4 月，从土壤表层到 600 cm 深处呈现出先增加后减少再增加的变化趋势；而干燥化程度由强到弱依次表现为：小叶杨＞沙棘＞撂荒地；将 3 种不同植被类型在 0—600 cm 深度的土壤水分利用情况分为 3 个层次：土壤水分的微弱利用层、利用层(过渡层)和稳定层(调节层)。[结论] 晋西北黄土丘陵区在恢复重建植被的过程中，要调整土地利用利用结构，改善乔木、灌木和草的比例，实现植被的多样化，建立合理类型的混交林和复层林，分配好种群密度，构建一个相对平衡的植物群落，保证植物耗水和环境供水处于平稳的状态。

关键词：黄土丘陵区；土壤含水量；植被；垂直分布；土壤干层

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2015)01-0267-07 **中图分类号**：K903

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.049

Characteristics of Soil Moisture Variation Under Different Vegetation Types in Northwestern Shanxi Province

GUO Biao[1], WANG Shangyi[1,2,3], NIU Junjie[2,3], SHI Jianwei[3], GU Wenting[3], LIANG Haibin[3]

(1. *College of Environmental & Resource Sciences, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi* 030006, *China*; 2. *Taiyuan Normal University, Taiyuan, Shanxi* 030012 *China*; 3. *Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi* 030006, *China*)

Abstract: [Objective] Research on the dynamic characteristics of soil moisture under different vegetations in different seasons in loess hilly area of Northwest Shanxi Province in order to provide conferences for the selection of appropriate species of vegetation in this area in vegetation construction process. [Methods] This study takes the different types of vegetation and abandoned land in the Loess Hilly Area of Kelan County, Northwest Shanxi Province as the research subject. The author chose the three representative vegetation types in this area as the main object, which including *Populus simonii* as the representative of arbor, sea buckthorn as the representative of shrub, and abandoned land. The vertical dynamic variation of the soil moisture in the dry season(April) and rainy season(September) of these vegetation types from different surface was systematically analyzed. [Results] The soil moisture of the three vegetation types in September was significantly greater than in April, showing the overall trend was increased, then reduced and increased again from the depth of the surface to 600 cm. The order of soil moisture content of each woodland is: abandoned land＞ sea buckthorn＞ populus simonii. Soil dry layer standard of loess hilly region: mild dry layer, moderate dry layer and serious dry layer. [Conclusion] In the process of vegetation restoration and reconstruction in Northwest Shanxi Province, it is essential to adjust the structure of land utilization, improve the proportion of arbors, shrubs and grass, diversify the vegetation, establish a sustainable mixed and re-storied forests and

收稿日期：2014-03-04 **修回日期**：2014-03-30

资助项目：国家自然科学基金项目“晋西北生态重建优势种林地土壤水分研究”(41171423)

第一作者：郭彪(1986—)，男(汉族)，山西省长治市人，硕士研究生，研究方向为区域环境。E-mail:1395935507@qq.com。

通信作者：牛俊杰(1968—)，男(汉族)，山西省岚县人，博士，教授，硕士生导师，主要从事区域环境研究。E-mail:junjieniu@foxmail.com。

a relatively balanced plant communities with rational population density, and to ensure the water supply by the environment and water consumption of the vegetation is in a stable state.

Keywords: loess hilly region; soil moisture content; vegetation; vertical distribution; soil desiccation

晋西北黄土丘陵区处于中国干旱和半干旱的环境过渡带,也是农牧交错的生态脆弱区。由于气候干燥,降水稀少,蒸发强烈,水资源成为决定该区生态系统结构和功能的关键因子,而土壤水分状况决定着生态建设中植被的类型和结构,是植物生长和恢复的主要影响因素[1-3]。其中降水是该地区土壤水分及作物生长需水的主要来源,然而降雨在季节分配上的显著差异,使得土壤水分与季节降雨量的变化紧密相关[4],并且与降雨的季节性变化规律基本一致[5]。在一年中,秋冬季是土壤水分缓慢累积阶段、春末夏初是土壤水分强烈消耗阶段,夏季则是土壤水分的波动阶段[6],而黄土高原大部分地区的植被土壤普遍存在干化问题,部分垂直深度甚至出现重度干层[7]。土壤干层形成的原因很多,包括植株密度大、降水较少、气候暖干化和水土流失等[8-9],但人们普遍认为干旱半干旱区的土壤干层是蒸发作用导致的,气候干旱则是主要原因。因此,充分认识各种土地利用条件下土壤水分变化状况和水分利用情况,研究土壤水分垂直空间变异特征的干湿季变化,是科学利用土地资源和治理黄土丘陵区生态环境的前提[10],对改善黄土高原土壤干层有重要的科学价值。

目前,国内外已相继开展了相关研究,牛俊杰等[11]对晋西北不同植被类型深层土壤水分问题进行了研究。李瑜琴[12]对人工植被的土壤干化问题进行了探讨,研究表明,人工林可以将深层土壤水分利用到极限,从而形成"干层",导致深层土壤完全失去对植物生长的水分调节功能[13-15]。然而,关于季节性降水对晋西北深层水分影响的研究却很少。本文拟以山西省岢岚县高家会乡羊圈会村西北黄土丘陵区不同类型植被和撂荒地为研究对象,对其 0—600 cm 垂直深度范围内的土壤水分动态变化规律、土壤干层等方面进行深入研究,并重点分析干湿季土壤水分的空间变异特征及形成的主要原因。由于研究区位于山西省岢岚县北川防风固沙林区,靠近太原卫星发射中心所在地,所以对该区人工林土壤水分利用状况,土壤干层分布特征,降水的季节变化规律的研究尤为重要,为进一步探究晋西北黄土丘陵地区干湿季土壤水分、植物生长及空间变异相关性的影响等方面提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概述

研究区地处山西省忻州市岢岚县高家会乡羊圈会村,地理坐标介于 111.381°—111.382° E,38.461°—38.462°N。该区气候属中温带大陆性季风区,冬季寒冷少雪,春季干燥多风,夏季炎热,秋季天高气爽,具有四季分明,光照充足,气温低,降水少,蒸发量大,无霜期短等特点。年平均降水量仅有 493.2 mm,年际变化在 251.6～816.2 mm,降水主要集中在夏末秋初,7—9 月降水量占全年降水量的 57%,春冬季降水量仅占全年降水量的 11.7%。平均蒸发量为 2 260.2 mm,年平均气温为 6.2 ℃,≥10 ℃的年平均积温为 2 646.9 ℃,平均无霜期约为 120 d,全年日照总时数为 2 751.6 h。该区土壤为黄土状淡栗褐土,土层较厚,坡面平缓[16]。

本文以撂荒地作为对照,主要针对岢岚县高家会乡羊圈会村西北黄土丘陵区两种林地进行研究。各样地概况如表 1 所示。

表 1 各样地的基本情况

植 被	胸径/cm	冠幅/m	行距/m	高度/m	长势	地貌类型	海拔/m
小叶杨	12.35	7.5	4	8～12	良好	低缓坡地	1 436
沙 棘	—	5.5	1.2	1～4	良好	低缓坡地	1 435
撂荒地	—	—	—	—	较差	低缓坡地	1 440

1.2 研究方法

采用野外调查与实验室数据分析相结合,先在野外实地取得土壤样品,然后在实验室进行土壤水分含量的测定及分析。

1.2.1 样地的选择 由于土壤水分动态的变化,在一定程度上可以反映出该区植被对土壤水分的利用现状,作用规律和强度。因此选择了 3 类有代表性的植被进行比较,即乔木类小叶杨林,灌木类沙棘林及撂荒地。

1.2.2 季节因素选择 由于研究区属中温带大陆性

季风区，具有冬、春季寒冷少雪，干燥多风；夏秋季炎多雨，全年降水集中在夏末秋初，7—9 月降水量达全年降水量的 57%，冬春季降水量只占全年降水量的 11.7%。因此，选择 2013 年 4 和 9 月作为冬春旱季与夏秋雨季研究的代表月份进行采样。

1.2.3　野外取样　在研究样地内，根据 W 形路线在距离植被基部 1 m 左右处布设取样点，每一样地布设 3 个取样点，采用土钻取样，取样深度为 600 cm，取样间距为 10 cm。所取土样装入铝盒内，为避免水分散失，铝盒用胶带密封包装，并遮光保存。

1.2.4　样品分析与数据处理　实验室分析采用烘干称重法进行土壤水分含量测定，将样品及时用分析天平称重后，置于电热恒温鼓风干燥箱，在 105 ℃高温条件下，连续烘干 24 h，达到恒重后称重。

土壤含水量的计算公式为：

$$W=(g_1-g_2)/(g_2-g)\times 100\%$$

式中：W——土壤含水量(%)；g——铝盒重量(g)；g_1——铝盒加湿土重(g)；g_2——铝盒加干土重(g)。

对于获得的数据使用 Excel 软件进行处理。

1.3　研究目的

(1) 了解不同植被类型林地 0—600 cm 垂直深度范围内的土壤水分动态变化规律。

(2) 重点研究旱、雨季土壤干层变异特征及形成的主要原因。

(3) 分析不同植被类型林地 0—600 cm 垂直深度水分利用的分层情况。

2　结果与分析

2.1　不同植被旱季、雨季土壤水分含量变化特征

土壤水分状况受季节、地形、植被蒸腾、土壤渗透性、潜水水位等因素的综合影响[17]，是生态系统中物理、化学和生物过程的主控因素之一，其量的大小、时空分布不仅决定着相关水文生态过程及效应，还对生态环境的质量、生态—经济—社会耦合系统的发展具有重要影响。

为充分反映土壤水分季节间的变化，体现出不同类型植被在年际降水差异较大下的规律，将 4 和 9 月 3 种样地同一深度土壤水分进行分析，比较土壤经过旱季和雨季后不同地表植被土壤水分的变化情况，结果如图 1—2 所示。

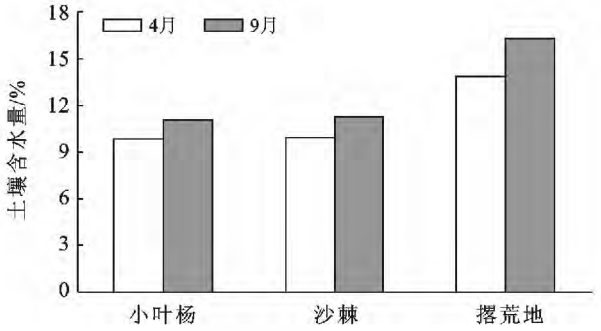


图 1　不同植被及撂荒地平均土壤水分含量比较

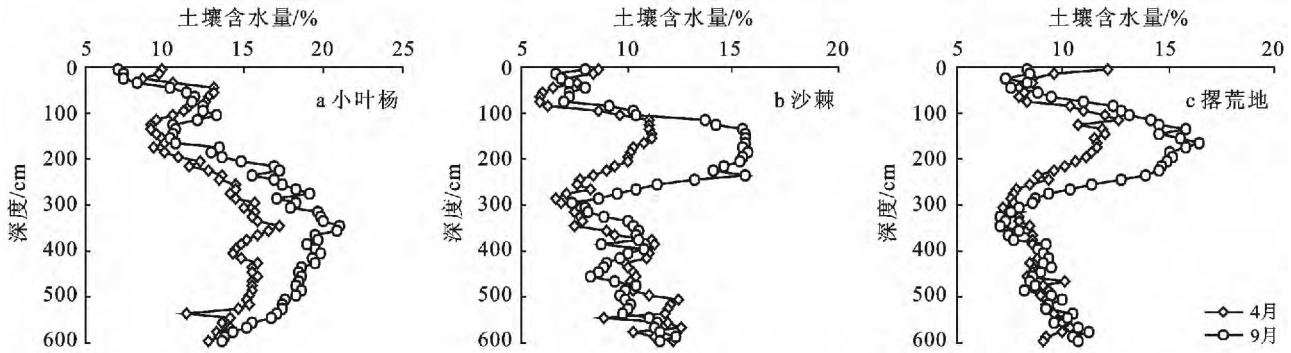


图 2　4 和 9 月同一深度不同地表植被土壤水分的变化

因植被类型的不同，土壤水分的土壤垂直分布状况也不同。从图 1 中可以看出，各林地的土壤水分含水量表现为：撂荒地＞沙棘＞小叶杨。

小叶杨 4 月土壤平均含水量为 9.38%，含水量的变化范围在 7.19%～12.64%，最小值和最大值分别出现在 310 与 120 cm 处；9 月份土壤平均含水量为 10.54%，含水量的变化范围在 6.98%～16.45%之间，最小值和最大值分别出现在 350 与 170 cm 处。

沙棘 4 月土壤平均含水量为 9.48%，含水量的变化范围在 5.85%～12.61%之间，最小值和最大值分别出现在 70 与 570 cm 处；9 月土壤平均含水量为 10.74%，含水量的变化范围在 6.62%～15.76%，最小值和最大值分别出现在 80 与 190 cm 处。

撂荒地 4 月土壤平均含水量为 13.25%，含水量的变化范围在 8.66%～17.19%，最小值和最大值分别出现在 30 cm 与 350 cm 处；9 月土壤平均含水量为 15.54%，含水量的变化范围在 7.05%～21.02%，最小值和最大值分别出现在 10 与 350 cm 处。

综上分析可得，3种植被类型的土壤含水量9月均明显大于4月，其中撂荒地差异最为明显，相差2.29%。而小叶杨和沙棘因9月处于生长期，变化略小，分别为1.16%和1.26%。因小叶杨和沙棘的根系分布深度不同，4和9月其土壤含水量的最大值和最小值分布深度亦不同：(1) 小叶杨根系集中分布在150—250 cm土层深度范围内，由于植物生长消耗大量水分，4和9月土壤水分含量最低值处于根部以下310和350 cm，9月正处小叶杨迅速生长期，耗水增加，其土壤含水量最低值垂直分布深度比4月加深。另外，小叶杨4和9月的土壤水分含量最大值则分布在植物根系以上120和170 cm处，因夏季降雨量远大于春季降雪融水量，所以，9月土壤水分下渗深度大于4月。(2) 沙棘的根系集中分布在50—120 cm土层深度内，4和9月其土壤水分含量最低值处于根系繁密的70和80 cm土层深度处，土壤含水量受植物的生长和蒸散影响较大。4和9月最高值则分布在根部以下下570和190 cm处，分别受冬季土壤下层储水和夏季降水入渗深度变化影响。(3) 撂荒地4和9月土壤含水量最低值处于表层30和10 cm土层深度处，并受外界降水和大气温度的影响明显，而土壤水分含量最高值由于受到的外界影响因素相同，都处于350 cm处。

对研究区不同林地土壤含水量的测定分析表明(图2)，小叶杨、沙棘和撂荒地在4和9月从土壤表层到600 cm深处总体呈现先增加后减少再增加的变化趋势。

小叶杨在0—50 cm的地表土壤层之间，4月土壤含水量大于9月，这一土壤层，9月虽然为雨季，但因天气干燥，日照强烈，土壤蒸发量大，表层土壤水分含水量较低；而4月经过冬春旱季，虽然降水量少，但天气温低，蒸发量小，土壤含水量反而大于9月。在50—310 cm的土壤层之间，9月土壤水分大于4月，在这一土壤层，小叶杨9月经过雨季，降水充裕，雨水下渗，土壤水分充足，在170 cm左右剖面土壤含水量达到顶峰，而170 cm以下，因为夏秋季节正处小叶杨快速生长期，加之气候炎热，这一土壤层被树木的生长和大气的蒸腾消耗掉大量的水分，土壤水分下渗缓慢降低；而4月气候寒冷，树木停止生长，大气蒸散量少，然而经过冬季少量降雪，融化下渗，土壤水分含量在120 cm达到最高值，之后减缓。在310—600 cm的土壤层之间，9与4月基本相同，这一土壤层由于在降水入渗以下没有水分补给，小叶杨根系不断吸水的作用，形成比较稳定的生物利用型的土壤干层。

沙棘在0—40 cm的地表土壤层之间，4月土壤水分略微大于9月，这一土壤层受季节因素明显。而在40—380 cm的土壤层之间，9月土壤水分大于4月，在这一土壤层，由于沙棘的根系集中分布于40—110 cm的土层中，9月土壤含水量受雨水下渗、植物的生长和蒸散影响较大，从110—240 cm的土壤含水层，除植物吸收和蒸散作用后，雨水下渗深度逐渐达到最大值，在240—380 cm之间因补给深层土壤水分减弱，趋于平缓。而4月树木处于生长停滞期，大气蒸散量少，这一土壤层中，含水量变化不大。在380—600 cm的土壤层之间，9月沙棘林根系水分的吸收，底层土壤水分向上运移，因此整体上含水量略微低于4月。

撂荒地在0—80 cm的地表土壤层中，9月土壤水分小于4月，这一土壤层，撂荒地受季节性降水、大气温度和蒸散等外界因素影响明显。在80—600 cm的土壤层之间，9月土壤水分明显大于4月，这是因为9月为雨季，降雨量大，降水入渗强烈，加上气温高，土壤水分运移明显；4月气候干旱，但气温低，大气蒸散量更少，水分入渗率低。

2.2 不同植被土壤干层的垂直分布

何福红等[18]对黄土高原沟壑区土壤干层进行分级，认为含水量在12%～14%为轻度干层，含水量在10%～12%为中度干层，含水量在10%以下为严重干层。依此对该研究区内各试验地块的不同土层进行土壤干层划定，可以看出3种不同类型的土地干层分级，结果如表2所示。

从表层土壤看，4月撂荒地0—50 cm为中度干层、50—110 cm为轻度干层，沙棘地0—120 cm为严重干层，小叶杨地0—100 cm为中度干层；9月撂荒地0—40 cm为严重干层，40—60 cm为中度干层，60—130为轻度干层，沙棘地0—90 cm为严重干层，90—130 cm为中度干层，小叶杨地0—80 cm为中度干层，80—110 cm轻度干层。这是因为撂荒地表层土壤干层变化影响因素单一，主要受降雨和蒸发因素影响，随着深度的增加干燥化程度降低。沙棘相比小叶杨冠幅较小，受外界影响相对明显，加之根系的分布深度集中于0—100 cm左右，因此两个月份表层土壤均为严重干层。小叶杨表层土壤在4月蒸发缓慢，均为中度干层，9月蒸发强烈，但降雨充分，随着深度的增加到80—110 cm干燥化程度减缓为轻度干层。

从中部土壤层看，4月撂荒地110—210 cm为中度干层，210—260 cm为轻度干层，沙棘地120—180 cm为轻度干层，180—260 cm为中度干层。小叶杨地100—200 cm为轻度干层，200—260 cm为中度

干层。9 月份撂荒地 130—180 cm 为中度干层,180—210 cm 为轻度干层。沙棘地 130—140 cm 为轻度干层,140—240 cm 无干层。小叶杨地 110—230 cm 为无干层,230—260 cm 为轻度干层。在这一土壤层,3 种不同类型的土壤干层影响因素较多且复杂,但其各自的植被类型又有不同的规律:4 和 9 月的撂荒地因季节降雨差异,水分下渗深度不同,随着深度增加而干燥化程度减小。沙棘地在 4 月经过冬春旱季,除少量降雪补给外,植物生长水分主要补给方式为地下水的向上运移,因此 180—260 cm 范围内出现重度干层。9 月经过雨季雨水充分补给,140—240 cm 范围内出现无干层现象。小叶杨地 4 和 9 月份的整体趋势因根部吸收,水分运移,出现随着深度的增加干燥化程度也逐渐增强。

表 2　不同植被及撂荒地土壤干层的分级

类 型	干层含水量/%		月份	不同植被类型土壤干层深度/cm		
	平均	最低		小叶杨	沙棘	撂荒地
无干层型	＞14	＞14	4	无	无	＞260
			9	110—230	140—240	＞210
轻度干层	12～14	11～14	4	100—200	120—180	50—110
					＞510	210—260
			9	80—110	130—140	60—130
				230—260	250—280	180—210
中度干层	10～12	8～11	4	0—100	180—260	0—50
				200—260		
				360—600	370—510	110—210
			9	0—80	90—130	40—60
				260—30		
				380—600	＞280	130—180
严重干层	10	＜8	4	260—360	0—120	无
					260—370	
			9	300—380	0—90	0—40

从下层土壤层看,4 月撂荒地 260—600 cm 无干层现象,沙棘地 260—370 cm 为严重干层,370—510 cm为中度干层,510—600 cm 轻度干层。小叶杨地 260—360 cm 为严重干层,360—600 cm 为中度干层。9 月撂荒地 210—600 cm 无干层现象。沙棘地 240—280 cm 为轻度干层,280—600 cm 中度干层。小叶杨地 260—300 和 380—600 cm 为中度干层,300—380 cm 为严重干层。4 和 9 月撂荒地底层土壤受外界因素影响较小,出现无干层现象。而沙棘林地和小叶杨情况相同,4 月植物生长缓慢,随着深度的增加土壤干层减轻,9 月植物正处于生长旺盛期,随着雨水下渗深度减少,底层土壤水分向上补给,出现中度甚至严重的土壤干层。小叶杨地的土壤干层深度和严重程度都远远大于沙棘地。

总之,由于植被类型的差异,其根系分布深度和密度也不相同,加之不同植被的蒸腾量和土壤的蒸发量不同,所以引起的土壤干燥化程度与土壤的干层深度也不尽相同,总体上看主要表现为:小叶杨＞沙棘＞撂荒地。由此可见,在以后的生态环境建设中,应充分考虑不同植被土壤干层的空间分布特征,选择合适的树种,为晋西北黄土高原区的植被恢复重建和土地合理利用做出正确的规划。

2.3　不同植被土壤水分分布分层的定量分析

依据王孟本等[19]用标准差和变异系数对黄土高原土壤的水分坡面进行层次划分:标准差＞1.5 为活跃层(土壤水分微弱利用层),1.5～1 为次活跃层(土壤水分利用层),＜1 为稳定层(土壤水分调节层),对 3 种不同类型的土壤用地垂直分布特征进行定量分析,结果如表 3—4 所示。

(1) 对 4 和 9 月的不同植被和撂荒地分别在各土层深度土壤水分含量进行定量分析比较表明,在 4 和 9 月的 0—100 cm 土层范围内各月表现为:平均含水量撂荒地＞小叶杨＞沙棘,标准差撂荒地＞小叶杨＞沙棘。这一土层为土壤水分的微弱利用层,土壤水分因受到自然条件的影响。如降水、温度、水分状况等,干湿变化显著,受外界因素影响剧烈。该层水分在夏秋雨季迅速增加,但因温度高,蒸发消耗更为明显,在冬春旱季虽降雨量很少,但温度低蒸发消耗相对小。这一土层对林木生长作用相对较小。

(2) 在 4 和 9 月的 100—300 cm 土层范围内各月表现。① 100—200 cm 范围。平均含水量:小叶杨＞沙棘＞撂荒地;4 月标准差:撂荒地＞沙棘＞小叶杨,

9 月标准差:沙棘>撂荒地>小叶杨。② 200—300 cm 范围。4 月平均含水量:撂荒地>小叶杨>沙棘。9 月平均含水量:撂荒地>沙棘>小叶杨。4 月标准差:撂荒地>小叶杨>沙棘。9 月平均含水量:沙棘>小叶杨>撂荒地。这一土层为土壤水分的利用层(过渡层)。该层受到降水的下渗,植被蒸腾耗水和林地蒸发的影响,也和林地生长情况及林地储水量有关,而土壤水分的多少直接影响植被的生长状态。

表 3 不同植被和撂荒地土壤水分的分布

土层深度/cm	描述统计	小叶杨		沙棘		撂荒地	
		4 月	9 月	4 月	9 月	4 月	9 月
0—100	变异系数	0.157 7	0.209 4	0.157 2	0.148 5	0.140 1	0.223 7
	标准差	1.458 5	1.974 2	1.085 6	1.155 6	1.584 8	2.181 1
	均值/%	9.250 0	9.429 0	6.904 0	7.783 0	11.307 0	9.751 0
100—200	变异系数	0.637 8	0.063 2	0.052 6	0.117 3	0.059 7	0.117 9
	标准差	0.534 4	0.949 8	0.560 2	1.719 9	0.583 6	1.390 2
	均值/%	11.63 9	15.028 0	10.651 0	14.659 0	9.782 0	11.791 0
200—300	变异系数	0.126 2	0.217 2	0.135 7	0.244 8	0.088 7	0.073 5
	标准差	1.105 5	2.584 4	1.101 7	2.936 9	1.213 2	1.261 9
	均值/%	8.759 0	11.899 0	8.116 0	11.996 0	13.672 0	17.168 0
300—400	变异系数	0.064 8	0.097 1	0.174 7	0.112 1	0.054 6	0.048 2
	标准差	0.527 4	0.755 9	1.574 5	1.081 2	0.844 5	0.949 7
	均值/%	8.759 0	8.142 0	9.012 0	9.647 0	15.594 0	19.688 0
400—500	变异系数	0.056 0	0.052 5	0.040 1	0.071 0	0.030 6	0.027 7
	标准差	0.500 2	0.4681 0	0.418 2	0.669 2	0.470 4	0.520 7
	均值/%	8.933 0	8.921 0	10.436 0	9.419 0	15.376 0	18.780 0
500—600	变异系数	0.046 2	0.064 9	0.098 8	0.079 4	0.084 9	0.100 1
	标准差	0.442 8	0.660 9	1.142 0	0.867 6	1.171 7	1.585 8
	均值/%	9.575 0	10.190 0	11.562 0	10.922 0	13.796 0	15.8460

表 4 不同植被和撂荒地土壤水分剖面分布 cm

植被类型	活跃层深度		过渡层深度		稳定层深度	
	4 月	9 月	4 月	9 月	4 月	9 月
小叶杨	0—100	0—110	200—300	110—300	300—600	300—600
沙 棘	0—120	0—90	120—370	90—380	370—600	380—600
撂荒地	0—110	0—130	110—260	130—210	260—600	210—600

(3) 在 4 和 9 月的 300—600 cm 土层范围内各月表现。平均含水量:撂荒地>沙棘>小叶杨。标准差在 300—400 cm 范围:沙棘>撂荒地>小叶杨;400—500 cm范围 4 月为:小叶杨>撂荒地>沙棘。9 月为:撂荒地>沙棘>小叶杨;500—600 cm 范围:撂荒地>沙棘>小叶杨。这一土层为土壤水分的稳定层(调节层):因根系的减少和蒸腾耗水的减弱,该层土壤水分变化不明显,丰水年可以储蓄水分,在欠水年可以向植被输送水分。小叶杨在这一层土壤含水量很低,在 9 和 4 月的降水的临界深度分别为 360 和 380 cm,临界深度以下已经到凋萎湿度,存在明显的干层,调节功能非常弱,因此只有在特别干旱的年份或者降水特别丰沛的条件下对根系的水分吸收有微弱的调节作用。

3 结果与分析

本文对晋西北黄土丘陵区不同植被类型 0—600 cm土层的土壤水分从横向、纵向、定量分层 3 个方面进行细致研究,虽然国内外对于不同植被土壤水分研究较多,但对相同地区不同类型植被土壤水分研究却比较很少。首先,从横向研究结论表明与李洪建等[5]对一般年份 0—300 cm 土层中土壤水分动态 3 个时段:春末夏初土壤水分消耗期,夏末秋初土壤水分蓄积期和秋末冬初水分消耗期的研究结果相类似;

土壤的干、湿季与气候的干、湿季相一致,3 种不同类型植被的土壤含水量雨季均明显大于旱季。其次,从纵向方面对不同类型植被土壤干层的垂直分布进行细致分级、分层研究,在不同的土壤分层中不同植被土壤干层的级别也不尽相同,并且对相同植被类型在旱、雨季严重干层的范围深度和运移变化也进行了深度的剖析,这在国内外研究较少。由于本文仅是对不同类型植被在 4 和 9 月两个代表性季节的土壤水分时空变化的初步探讨,所得研究结果还需作进一步证实,同时也希望通过该研究能为该区域的植被恢复重建及其人工林管理提供一定的参考价值,来促进植被生态环境得到进一步的改善。

4　结 论

(1) 各林地的土壤水分含量在 4 和 9 月都表现为:撂荒地>沙棘>小叶杨。并且 3 种植被类型的土壤含水量 9 月均明显大于 4 月,呈现出从土壤表层到 600 cm 深处总体趋势先增加后减少再增加的变化趋势。

(2) 因植被类型的差异,其根系分布深度和密度也不相同,加之不同植被的蒸腾量和土壤的蒸发量不同,所以引起的土壤干燥化程度与土壤的干层深度也不尽相同。研究区不同植被土壤干燥化程度由强到弱排序依次为:小叶杨>沙棘>撂荒地。

(3) 根据 3 种不同类型的土壤水分垂直分布特征,将其土壤水分利用规律从 0—600 cm 大致分为 3 个层次:0—100 cm 为土壤水分的微弱利用层(活跃层),100—300 cm 为土壤水分的利用层(过渡层),300—600 cm 为土壤水分的稳定层(调节层)。

(4) 土壤干层的形成,在一定程度上会削弱土壤的供水能力,影响植被的生长,从而导致土壤理化性质发生变化,降低土壤的质量,使得土壤紧实度增加和土壤表层板结,甚至会影响到地下水位下降。因此,在以后的生态环境建设中,应考虑到土壤干层的时空分布特征,调整土地利用利用结构,改善乔木、灌木和草的比例,实现植被的多样化,建立合理类型的混交林和复层林,分配好群落密度,构建一个相对平衡的植物群落,保证植物耗水和环境供水处于平稳的状态,使得晋西北黄土丘陵区的植被群落能够稳定地可持续地发展,为植被恢复重建和土地合理利用提供科学的理论依据。

[参 考 文 献]

[1] 李海防,卫伟,陈利顶,等. 黄土高原林草地覆盖土壤水量平衡研究进展[J]. 水土保持研究,2013,20(1):287-293.

[2] 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[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):47-50.

[3] 李小英,段争虎. 黄土高原土壤水分与植被相互作用研究进展[J]. 土壤通报,2013,43(6):1508-1514.

[4] 张晶晶,王力. 黄土高原高塬沟壑区坡面表层土壤水分研究[J]. 水土保持通报,2011,31(1):93-97.

[5] 李洪建,王孟本. 晋西北人工林土壤水分特点与降水关系研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(4):60-65.

[6] 王健. 陕北黄土高原土壤水库动态特征的评价与模拟[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2008.

[7] 王尚义,牛俊杰,朱炜歆,等. 晋西北矿区、非矿区不同植被下土壤水分特征[J]. 干旱区研究,2013,30(6):986-991.

[8] 赵景波,孙桂贞,岳应利,等. 关中平原人工林地的干层及其成因[J]. 地理研究,2007,26(4):763-772.

[9] 陈洪松,邵明安,王克林. 黄土区深层土壤干燥化与土壤水分循环特征[J]. 生态学报,2005,25(10):2491-2498.

[10] 张北赢,徐学选,白晓华. 黄土丘陵区不同土地利用方式下土壤水分分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(2):96-99.

[11] 牛俊杰,赵景波,王尚义. 汾河流域上游人工林地深层土壤干燥化探讨[J]. 地理研究,2007,26(4):773-781.

[12] 李瑜琴. 西安地区不同降水年份人工林地土壤水分变化研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):143-147.

[13] Wang Yunqiang, Shao Mingan, Liu Zhipeng, et al. Investigation of factors controlling the regional-scale distribution of dried soil layers under forestland on the Loess Plateau, China[J]. Surveys in Geophysics, 2012, 33(2):311-330.

[14] Wang Yunqiang, Shao Mingan, Liu Zhipeng, et al. Changes of deep soil desiccation with plant growth age in the Chinese Loess Plateau[J]. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2012, 9(10): 12029-12060.

[15] 张义,谢永生,郝明德. 黄土高原沟壑区塬面苹果园土壤水分特征分析[J]. 土壤,2011,43(2):293-298.

[16] 岢岚县志编委会. 岢岚县志[M]. 北京:文化艺术出版社,1990.

[17] 秦耀东. 土壤物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2003.

[18] 何福红,黄明斌,党廷辉. 黄土高原沟壑区小流域土壤干层的分布特征[J]. 自然资源学报,2003,18(1):30-36.

[19] 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[J]. 生态学报,1995,15(2):178-184.