

不同植被和土壤类型下土壤水分剖面的分异

邹俊亮¹, 邵明安^{2,3}, 龚时慧¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 中国科学院 水土保持与生态环境研究中心 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘要:为研究不同土壤类型下土壤水分的垂直分布特征及变异情况,在位于黄土高原水蚀风湿交错带的六道沟小流域选取坝淤土、黄绵土和风沙土 3 种土壤类型为研究对象,测定了 0—600 cm 土壤水分含量,利用经典统计学方法进行分析。结果表明:坝淤土土壤水分剖面呈有规律的波动型变化,黄绵土剖面土壤水分基本呈微弱的波动型变化,风沙土土壤水分剖面变化类型属于降低型;植被覆盖为柠条或小叶杨时,不同土壤类型对 0—100 cm 间土壤水分含量影响不明显,而对 100—600 cm 土壤水分含量影响显著($P < 0.05$);柠条覆盖下 0—600 cm 平均土壤水分均呈现:黄绵土 > 坝淤土 > 风沙土,小叶杨覆盖下 0—600 cm 平均土壤水分均呈现:风沙土 > 坝淤土 > 黄绵土;对 3 种土壤类型而言,同一土壤类型下植被类型的不同主要对深层土壤水分的垂直分布产生影响,总体上,农地和草地下的土壤水分状况好于灌木和乔木。这对于指导干旱区农业生产以及植被恢复中水分的合理调控具有积极的意义。

关键词:土壤类型; 土壤水分; 植被类型

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0012-06

Effects of Different Vegetation and Soil Types on Profile Variability of Soil Moisture

ZOU Jun-liang¹, SHAO Ming-an^{2,3}, GONG Shi-hui¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to identify the vertical distribution and variation of soil moisture in different soil types, the soil moisture along depth of 0—600 cm profile under three soil types in the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau, i. e., check dam soil, loessial soil, sandy soil, were measured and analyzed. The results showed that the soil moisture in different soil types exhibited different vertical distribution. The soil moisture in 100—600 cm was affected significantly by different soil types, and the soil moisture of 0—100 cm was affected insignificantly by soil types when they covered by *Caragana Korshinskii* or *Populus simonii*. The trend of soil moisture in 0—600 cm profile under *Caragana Korshinskii* was: loessial soil > check dam soil > sandy soil, while under *Populus simonii* the trend was: check dam soil > sandy soil > loessial soil. For the three soil types, different vegetation types mainly affected the variation of deep soil moisture. The soil moisture under farmland and herbs was better compared with that under the shrubs and trees. These results were of great importance for the proper use of water in arid and semi-arid regions.

Key words: soil types; soil moisture; vegetation types

土壤水分是土壤的重要组成物质,也是影响土地生产力的基本因素之一^[1]。在黄土高原干旱半干旱区,土壤水分是生态农业建设的重要基础物质,也是决定该区生态系统结构和功能的关键因子^[2]。长期

以来,土地不合理开垦造成了土壤水分过度利用与水资源总量减少,严重限制了生态农业的建设。为合理选择土地利用类型,研究不同类型土壤水分剖面变化很有必要。土壤水分作为水文模型中的重要变量之

收稿日期:2011-06-22

修回日期:2011-07-13

资助项目:中国科学院、国家外国专家局创新团队国际合作伙伴计划项目(流域水过程模拟);国家自然科学基金项目(41071156)

作者简介:邹俊亮(1987—),男,江西宜春人,硕士生,主要从事土壤物理研究。E-mail:jlzou@live.cn

通信作者:邵明安(1956—),男,湖南常德人,研究员,博士生导师,主要从事土壤物理研究。E-mail:mashao@ms.iswc.ac.cn

一,前人对其做了大量卓有成效的研究。Chulsang Yoo 等人^[3]采用土壤水分动态模型和降雨模型估算了降雨和地形对土壤水分时空变化的影响。王国梁等^[4]研究认为农田土壤水分显著高于林地、灌木地和草地下的土壤水分;坡面土壤水分的空间分布主要受坡度和坡位的影响;土地利用结构对土壤水分的空间分布也有一定影响^[1];刘志鹏^[5]等在黄土高原水蚀风蚀交错带的研究表明,农地和退耕后自然恢复的荒草地的平均土壤水分含量高于人工苜蓿和柠条地的土壤水分含量。此外,不同植被^[5-7]、土壤类型^[8]下土壤水分的动态变化、分布特征以及相互循环机理也具有显著差别。在黄土高原小流域尺度上,坡度、坡向等地形因子也对土壤水分含量有一定影响,但并不是主要因素^[9],所以应主要考虑土壤性质、植被类型等因素对土壤水分的影响。

不同土壤因质地不同对水分的涵养能力存在差别,但关于不同土壤类型对土壤水分的影响鲜有报道。基于此,本研究以神木六道沟小流域 3 种典型土壤类型为研究对象,分析不同土壤类型下的土壤水分剖面特征,揭示不同土壤类型下土壤水分的变异规律,以期为该区水土资源合理利用提供参考。

1 研究区概况

研究区选在中国科学院水利部水土保持研究所

神木侵蚀与环境试验站所处的六道沟小流域。该流域位于神木县以西 14 km 处,北依长城,地处毛乌素沙漠的边缘,属于黄土高原水蚀风蚀交错区的强烈侵蚀区。流域面积 6.89 km²,东经 103°00′—113°53′,北纬 35°25′—40°38′,属于典型的半干旱地区,平均干燥度为 3.1。多年平均降水量为 426 mm,6—9 月降雨量可占全年降水量的 70%~80%。该区地貌类型为片沙覆盖的黄土丘陵,主要组成物质以第四纪黄土沉积物为主,主要土壤类型有坝淤土、黄绵土、风沙土等^[10]。

2 材料与方法

2009 年 8 月对全流域土壤类型做典型抽样调查,共选取 3 个典型样地分别对应 3 种土壤类型,即坝淤土、黄绵土、风沙土,每个样地选取 3~4 个主要优势种,对优势种下土壤水分进行采样,共计 11 个样点。土壤水分采样深度 600 cm(其中坝淤土大豆因为在 530 cm 处已见水,故采样深度只达到 530 cm),用直径 5 cm 土钻自地表垂直向下每隔 10 cm 取一次样,每个样点做 3 次重复,取样点每层 3 个重复的算术平均值作为样点该层的土壤水分含量。土壤水分采用烘干法(105℃)测定,用质量百分比表示。容重测定采用环刀法,分 0—20 cm 和 20—40 cm 两层,每层做 5 次重复,取算术平均值。各样地的基本属性特征详见表 1。

表 1 样地基本情况

土壤类型	植被类型	土壤容重/(g·cm ⁻³)		盖度/%	海拔/m	经度	纬度
		0—20 cm	20—40 cm				
坝淤土	大豆(<i>Glycine max</i>)	1.24	1.36	75	1160	110°21′48.7″	38°47′43.1″
	柠条(<i>Caragana Korshinskii</i>)	1.50	1.46	65	1157	110°21′53.9″	38°47′39.3″
	猪毛蒿(<i>Artemisia scoparia</i>)	1.47	1.39	90	1160	110°21′48.9″	38°47′42.8″
	小叶杨(<i>Populus simonii</i>)	1.59	1.53	65	1157	110°21′55.8″	38°47′38.7″
黄绵土	大豆(<i>Glycine max</i>)	1.59	1.62	80	1232	110°21′50.3″	38°47′28.1″
	柠条(<i>Caragana Korshinskii</i>)	1.54	1.62	70	1212	110°21′49.2″	38°47′33.7″
	猪毛蒿(<i>Artemisia scoparia</i>)	1.43	1.68	85	1191	110°21′52.8″	38°47′36.4″
	小叶杨(<i>Populus simonii</i>)	1.49	1.57	70	1181	110°21′53.6″	38°47′35.1″
风沙土	沙蒿(<i>Artemisa arenaria</i>)	1.62	1.67	75	1193	110°21′56.0″	38°47′32.6″
	柠条(<i>Caragana Korshinskii</i>)	1.62	1.64	85	1199	110°21′55.5″	38°47′31.9″
	小叶杨(<i>Populus simonii</i>)	1.57	1.63	85	1187	110°21′56.6″	38°47′31.5″

所得数据使用统计软件 SAS 8.01 进行分析,采用方差分析(Proc GLM)研究不同土壤类型及不同植被类型对土壤水分的影响,当 F 检验显著时,再对不同土壤类型和植被类型的均值进行 Duncan 多重比较。利用 SigmaPlot 10.0 软件进行图形的绘制。

3 结果与分析

3.1 不同土壤类型下土壤水分垂直分布特征

土壤水分在不同土壤类型下的垂直分布特征具

有明显差异(图 1)。总体上,0—20 cm 间坝淤土的土壤水分含量比黄绵土、风沙土的土壤水分含量高,主要因为坝淤土黏粒含量较高^[11],其土壤涵养水分能力相对较强。图 1A 中的坝淤土水分在 20—150 cm 间含量较低,该层大量分布着植被根系^[12-13],植物强烈蒸腾耗水导致该层水分含量较低,土壤水分的剖面分布特征与成土过程密切相关^[14],降雨产生的地表径流使得淤地坝中土壤的淤积层数增加,这种特殊的成土过程使 150—600 cm 坝淤土中土壤水分剖面呈

现有规律的波动型变化。由图 1B 可见,0—50 cm 土层黄绵土的水分含量呈先增大后减小的变化趋势;随土层加深,50—180 cm 黄绵土水分变化趋势趋于平稳,但在 180 cm 附近出现小幅突变,而在 350 cm 和 500 cm 附近又呈现出波动变化规律。黄绵土颗粒组成以粉粒为主,土壤透水性良好,蓄水能力较强^[14],土壤剖面中根系分布与地下水补充对土壤水分剖面的趋势影响较大。而风沙土砂粒含量较高,持水能力

较弱,如图 1C 所示,0—100 cm 土层的水分变化幅度较大,而在 100—600 cm 之间土壤水分随深度加深呈增加态势,变化幅度比上层小,水分均接近土壤凋萎湿度。根据王军^[15]、黄奕龙^[16]等人对土壤水分剖面变化情况的划分可知,坝淤土土壤水分剖面变化类型为波动型,黄绵土土壤水分剖面变化介于波动性型和降低型之间,本文将其归为微弱波动性型,而风沙土土壤水分剖面变化类型属于降低型。

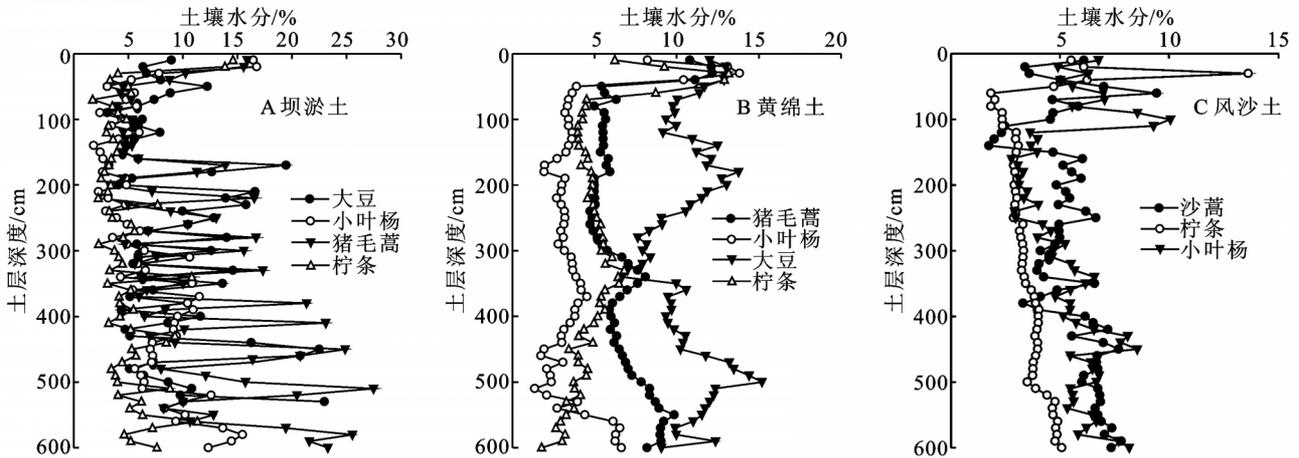


图 1 不同土壤类型下土壤水分的垂直分布

3.2 不同土壤类型下土壤水分垂直变异

在柠条植被下(图 2A),各土壤类型土壤水分在 0—100 cm 间波动剧烈,100 cm 以下开始出现稳定的增加态势;在 100—600 cm 黄绵土水分出现先增加后降低的趋势,且在 600 cm 处出现观测土层含水量的最低值,而风沙土的水分一直呈现随土层增加缓慢升高的趋势,但土壤水分含量均很低($<6\%$)。表 2 显

示,0—100 cm 的土层中 3 种土壤类型平均水分差异不显著($P>0.05$),但 100—600 cm 间差异显著($P<0.05$),且坝淤土水分均值显著高于风沙土($P>0.05$)。在 0—600 cm 平均土壤水分黄绵土 $>$ 坝淤土 $>$ 风沙土,均值间差异显著($P<0.05$)。坝淤土土壤水分变异系数(51.76%)均大于黄绵土(41.47%)和风沙土(41.73%)。

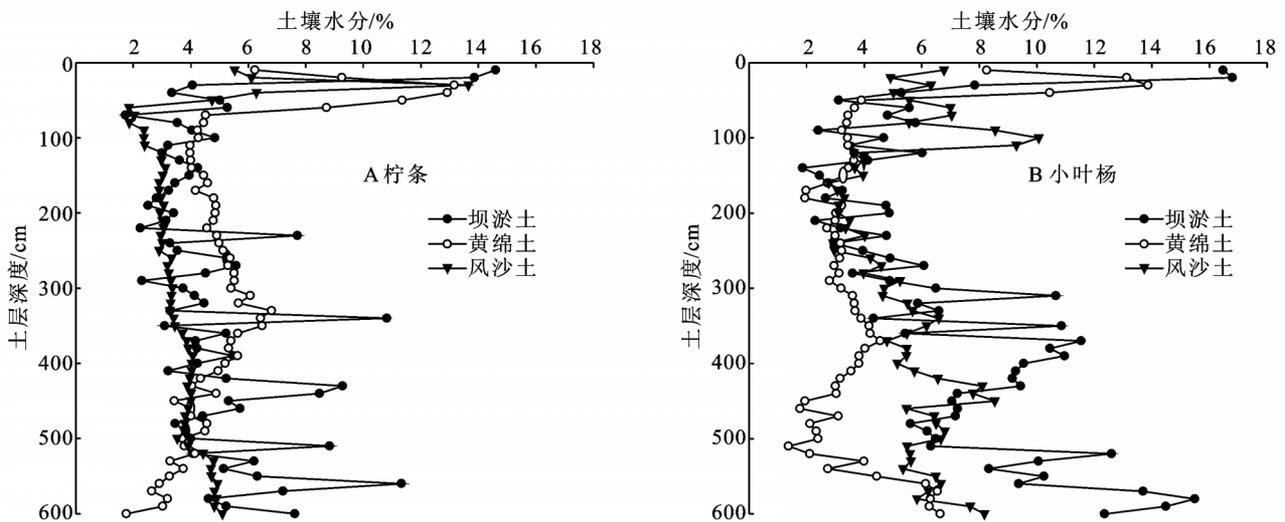


图 2 同一植被不同土壤类型的土壤水分垂直变异

当覆盖植被为小叶杨时(图 2B),0—100 cm 各类型土壤水分波动幅度较大,坝淤土表层水分最高;在 100—300 cm 各类型土壤的水分都处于较低值,说明

此时各类型土壤中的小叶杨根系耗水剧烈;300 cm 以下坝淤土继续较大幅度波动且水分有增加的趋势,黄绵土水分在 500 cm 左右缓慢降低后再升高,风沙

土水分波动不大,且随深度缓慢增加。在 0—100 cm 土层各土壤类型土壤水分差异不显著($P>0.05$),但在 100—600 cm 间各土壤类型的水分均值差异显著($P<0.05$)。0—600 cm 各土壤类型平均土壤水分表现为坝淤土>风沙土>黄绵土,均值间差异显著($P<0.05$)(表 2)。

无论是小叶杨还是柠条覆盖下,在 0—100 cm 处不同土壤类型对水分影响不大,但在 100—600 cm 土壤类型不同对水分影响极为明显,在 0—600 cm 土层平均土壤水分呈现坝淤土大于风沙土,黄绵土 0—600 cm 土壤水分受植被覆盖影响相对较大。土壤黏粒含量越高,粒间孔隙越小,吸水、保水性能就会越强^[18],因此不同土壤类型由于质地的差异对土壤水

剖面的垂直分布会造成较大影响。

3.3 不同植被类型下土壤水分的垂直分布特征

土壤中不同植物根系的分布状况、吸水能力各有差异,同时植物的地上部分,如植物叶片大小、植株高度、植株冠幅及枯枝落叶层等会影响降雨、径流对土壤水分的作用。不少学者研究了不同植被类型对土壤水分的影响,有人测量了 500—1 000 cm 土层间的土壤水分后发现平均含水率表现为农田>草地>灌木林>林地^[4],而有人对 200—400 cm 土层水分测量后显示土壤平均含水率为旱农耕地>草地>柠条灌丛>果园>黄刺玫灌丛>刺槐^[19]。为考察植被类型对不同深度土壤水分的影响大小,本文分析比较了同一土壤类型不同植被覆盖下土壤水分的垂直分布。

表 2 不同土壤类型下土壤水分的描述统计

土层 深度/cm	土壤 类型	柠条				小叶杨			
		最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数/%	最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数/%
0—100	坝淤土	1.73	14.60	6.03±4.44a	73.68	2.41	16.80	7.29±5.15a	70.73
	黄绵土	4.24	13.16	7.91±3.65a	46.15	3.22	13.86	6.68±4.35a	65.18
	风沙土	1.85	13.65	4.68±3.64a	77.82	4.91	10.07	6.68±1.62a	24.26
100—600	坝淤土	2.25	11.33	4.87±2.10a	43.13	1.86	15.49	7.07±3.47a	49.16
	黄绵土	1.76	6.81	4.56±1.03a	22.64	1.37	6.65	3.46±1.21c	34.84
	风沙土	2.40	5.10	3.66±0.68b	18.46	2.77	9.29	5.32±1.62b	30.42
0—600	坝淤土	1.73	14.60	5.06±2.62a	51.76	1.86	16.80	7.10±3.75a	52.82
	黄绵土	1.76	13.16	5.12±2.12a	41.47	1.37	13.86	4.00±2.36c	58.96
	风沙土	1.85	13.65	3.83±1.60b	41.73	2.77	10.07	5.55±1.69b	30.37

注:字母不同表示在 0.05 水平上显著性差异,下同。

3.3.1 坝淤土不同植被下土壤水分垂直分布差异

坝淤土 0—600 cm 土层平均含水量呈现猪毛蒿(11.15%)>大豆(9.50%)>小叶杨(7.10%)>柠条(5.06%),且均值间差异显著($P<0.05$)(表 3),可见草本、农地下水状况要好于乔灌木。在 0—20 cm 相比于其它植被下土壤水分含量,大豆平均水分含量最低,这跟农地的频繁翻耕,土壤疏松利于降雨的垂直入渗有关,同时土壤表层是大豆根系主要的分布层,且表层水分蒸发较快也使得大豆表层水分含量降低,在该层虽然 4 种植被类型平均含水率差异显著($P<0.05$),但小叶杨、猪毛蒿、柠条的平均水分含量却无显著性差异($P>0.05$),说明坝淤土下植被类型的不同对表土层土壤水分含量的差异影响较小。到了 20—200 cm 土层,测量的 4 种植物下土壤水分均出现了一个相对低湿层,柠条下平均含水量最低(3.62%),同时 4 种植被类型平均水分含量差异显著($P<0.05$),坝淤土水分随深度增加呈现波动型的变化趋势^[17],但该层的土壤水分波动幅度较小,且平均水分也是 0—600 cm 间最低的,说明该层中植物根系广泛分布,稳定的植物耗水使得水分含量处于较低水平。200—600 cm 土层

间 4 种植被类型下平均水分含量差异显著($P<0.05$),同时表现出小叶杨(7.93%)和柠条(5.25%)的平均水分小于大豆(10.73%)和猪毛蒿(13.19%)的水分,可见此时乔、灌木根系分布较农地和草地深。坝淤土不同植被下水分均值基本呈现从表层到深层先迅速降低后缓慢升高的趋势(图 3A),深层水分含量受降雨影响小,但可以得到地下水补充而升高。在 20—600 cm 间柠条和小叶杨下土壤水分相比其它两种植被下水分含量低,均值差异达到显著水平($P<0.05$),说明柠条和小叶杨根系在深层土壤中耗水厉害。

3.3.2 黄绵土不同植被下土壤水分垂直分布差异

0—600 cm 的黄绵土剖面上,平均土壤水分含量大豆(10.75%)>猪毛蒿(6.85%)>柠条(5.12%)>小叶杨(4.00%),且均值间差异显著($P<0.05$)(表 4),整体上,农地和草本地土壤水分含量高于乔灌木下土壤水分含量。

在 0—20 cm 的表层土壤,大豆田土壤水分含量最高(12.51%),因为大豆种植在梯田上,而梯田具有改变原始地形,汇集雨水径流的作用,使得土壤水分增加。在 20—200 cm 土层间,大豆地平均水分含量

(11.4%)仍处于最高,猪毛蒿和柠条地次之,小叶杨最低。在 200—600 cm 土层间,几乎没有大豆根系分布,因而大豆的平均水分(10.36%)最高,分别是猪毛蒿的 1.5 倍、柠条的 2.2 倍、小叶杨的 2.9 倍;而小叶杨和柠条植被下土壤水分在 200—600 cm 间逐渐降低并接近凋萎湿度,表明土壤水分处于亏缺状态。方差分析结果为黄绵土 0—20 cm 土层间各植被土壤水

表 3 坝淤土不同植被类型下土壤水分描述统计

土层深度/cm	植被类型	最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数/%
0—20	大豆	6.38	8.97	7.67±1.83b	23.88
	小叶杨	16.47	16.80	16.64±0.23a	1.40
	猪毛蒿	15.58	15.92	15.75±0.24a	1.51
	柠条	13.86	14.60	14.23±0.52a	3.68
20—200	大豆	3.07	19.48	7.48±3.92a	52.36
	小叶杨	1.86	7.85	4.21±1.58b	37.57
	猪毛蒿	3.31	13.91	6.12±2.93a	47.89
	柠条	1.73	5.27	3.62±0.88b	24.41
200—600	大豆	4.41	22.98	10.73±5.20b	48.61
	小叶杨	2.30	15.49	7.93±3.31c	41.77
	猪毛蒿	4.70	27.47	13.19±6.65a	50.46
	柠条	2.25	11.33	5.25±2.17d	41.44
0—600	大豆	3.07	22.98	9.50±4.92a	51.80
	小叶杨	1.86	16.80	7.10±3.75b	52.82
	猪毛蒿	3.31	27.47	11.15±6.56a	58.81
	柠条	1.73	14.60	5.06±2.62c	51.76

3.3.3 风沙土不同植被下土壤水分垂直分布差异
从图 3C 可见,3 种植被深层土壤水分含量均接近 5%,0—600 cm 土层平均土壤水分含量为小叶杨(5.55%)>沙蒿(5.52%)>柠条(3.83%),且均值间差异显著($P<0.05$) (表 5)。风沙土土壤颗粒较大,粒间孔隙利于雨水下渗,且持水能力较弱,导致水分含量相对较低,说明此时植被类型的不同对土壤水分垂直分布影响力度较大。0—20 cm 间小叶杨和柠条植被下平均土壤水分处于整个研究深度的最大值,而沙蒿则相对较低,这由于风沙土持水能力较低,降雨入渗快,植物根系为吸收更多水分向更深土层生长,使得下层土壤水分消耗剧烈,而沙蒿根系主要分布在 0—40 cm^[20],因此在浅层耗水较多;而方差分析显示沙蒿、柠条、小叶杨在 0—20 cm 土层间平均水分无显著性差异($P>0.05$),这说明植被不同对浅层风沙土土壤水分垂直分布影响相对较小。在 20—200 cm 间,3 种植被下土壤水分为整个观测土层的最低值,分别为小叶杨(2.77%)>柠条(1.85%)>沙蒿(1.76%);3 种植被下土壤水分含量在 20—200 cm 间差异不显著($P>0.05$),200—600 cm 间差异显著($P<0.05$)。可以认为风沙土浅层土壤水分垂直分

含量无显著性差异($P>0.05$),而在 20—200 cm、200—600 cm 间土壤水分差异显著($P<0.05$),可见黄绵土表层土壤水分受植被类型影响较小,而深层土壤水分受植被影响较大;同时 20—600 cm 间小叶杨的平均水分最低,大豆土壤水分含量在每层均处于较高水平,这与大豆和小叶杨根系分布层次差异及其根系耗水能力关系密切。

表 4 黄绵土不同植被类型下土壤水分描述统计

土层深度/cm	植被类型	最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数/%
0—20	猪毛蒿	10.81	12.15	11.48±0.94a	8.21
	小叶杨	8.26	13.13	10.70±3.44a	32.16
	大豆	12.01	13.00	12.51±0.69a	5.55
	柠条	6.23	9.25	7.74±2.14a	27.61
20—200	猪毛蒿	5.01	12.20	6.23±2.02b	12.20
	小叶杨	1.94	13.86	4.21±3.00c	71.18
	大豆	9.16	13.77	11.40±1.44a	12.59
	柠条	3.97	13.16	5.96±3.20b	53.60
200—600	猪毛蒿	4.74	9.87	6.89±1.47b	21.29
	小叶杨	1.37	6.65	3.57±1.30d	36.32
	大豆	6.68	15.20	10.36±1.95a	18.79
	柠条	1.76	6.81	4.61±1.14c	24.69
0—600	猪毛蒿	4.74	12.20	6.85±1.86b	27.13
	小叶杨	1.37	13.86	4.00±2.36d	58.96
	大豆	6.68	15.20	10.75±1.86a	17.27
	柠条	1.76	13.16	5.12±2.12c	41.47

异受植被影响较小,深层土壤水分受植被类型影响更大。

表 5 风沙土不同植被类型下土壤水分描述统计

土层深度/cm	植被类型	最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数/%
0—20	沙蒿	3.43	6.13	4.78±1.91a	39.90
	柠条	5.53	6.11	5.82±0.41a	7.07
	小叶杨	4.91	6.77	5.84±1.31a	22.42
20—200	沙蒿	1.76	9.45	4.78±1.90ab	39.68
	柠条	1.85	13.65	3.58±2.72b	75.99
	小叶杨	2.77	10.07	5.28±2.30a	43.59
200—600	沙蒿	3.34	7.84	5.89±1.23a	20.81
	柠条	2.90	5.10	3.84±0.63b	16.35
	小叶杨	2.92	8.54	5.65±1.38a	24.33
0—600	沙蒿	1.76	9.45	5.52±1.54a	27.88
	柠条	1.85	13.65	3.83±1.60b	41.73
	小叶杨	2.77	10.07	5.55±1.69a	30.37

综上,同一土壤类型下不同植被类型对土壤水分影响显著($P<0.05$)。由于表层(0—20 cm)土壤水分受植被根系消耗和蒸发的共同作用,加之深层(20—600 cm)土壤水分受根系影响相对较小,地下水有所补给,3 种土壤类型下土壤水分随土层加深基本呈现先迅速降低后缓慢增加的趋势(图 3)。

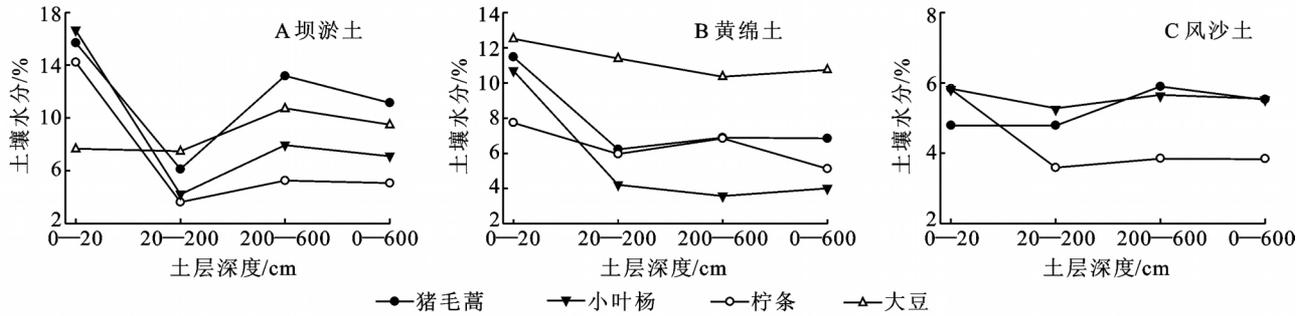


图3 不同土壤类型土壤水分含量分层比较

4 结论

(1) 土壤水分在不同土壤类型下的垂直分布特征具有明显差异。坝淤土土壤水分剖面呈现有规律的波动型变化, 土壤水分呈层状分布; 黄绵土浅层(0—100 cm)土壤水分含量呈先增大后减小, 随土层深度增加变化缓慢, 且水分含量低, 剖面基本呈微弱波动型变化; 而风沙土在0—100 cm 土层水分变化幅度较大, 在100—600 cm 之间土壤水分随深度加深而缓慢小幅增加, 整体土壤水分剖面变化类型属于降低型。

(2) 植被覆盖为柠条或小叶杨时, 不同土壤类型由于质地的差异对土壤水分剖面的垂直分布会造成较大影响。在0—100 cm 间不同土壤类型对水分影响微弱, 但100—600 cm 间的土壤水分受土壤类型影响极为明显; 同时0—600 cm 的土层深度, 平均土壤水分呈现坝淤土大于风沙土, 黄绵土土壤水分受覆盖植被不同而不同。

(3) 同一土壤类型下的土壤水分受植被类型的影响显著($P < 0.05$), 且植被类型的不同对表层(0—20 cm)土壤水分状况影响较小, 对深层(20—600 cm)土壤水分影响显著($P < 0.05$); 整体上, 3种土壤类型的农地和草地的土壤水分状况要好于灌木和乔木。

参考文献:

[1] 傅伯杰, 杨志坚, 王仰麟, 等. 黄土丘陵坡地土壤水分空间分布数学模型[J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(3): 185-191.

[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] Yoo C, Valdés J B, North G R. Evaluation of the impact of rainfall on soil moisture variability [J]. *Advances in Water Resources*, 1998, 21(5): 375-384.

[4] 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]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 31-35.

[5] 刘志鹏, 邵明安. 黄土高原小流域土壤水分及全氮的垂直变异[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 71-77.

[6] Ursino N, Contarini S. Stability of banded vegetation

patterns under seasonal rainfall and limited soil moisture storage capacity [J]. *Advances in Water Resources*, 2006, 29(10): 1556-1564.

- [7] 杨启红, 陈丽华, 张富, 等. 土壤水分变异对降雨和植被的响应[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(S2): 88-94
- [8] Hawley M E, Jackson T J, McCuen R H. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds [J]. *Journal of Hydrology*, 1983, 62(1/4): 179-200.
- [9] 白天路, 杨勤科, 申佳. 黄土高原丘陵沟壑小流域土壤水分垂直分布变异特征及影响因子[J]. 生态学杂志, 2009, 28(12): 2508-2514.
- [10] 唐克丽, 侯庆春, 王斌科. 黄土高原水蚀风蚀交错带和神木试区的环境背景及整治方向[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1993, 18: 2-15.
- [11] 赵培培. 黄土高原小流域典型坝地土壤水分和泥沙空间分布特征[D]. 陕西杨凌: 中国科学院水土保持研究所, 2010.
- [12] 成向荣, 黄明斌, 邵明安, 等. 神木水蚀风蚀交错带主要人工植物细根垂直分布研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(2): 321-327.
- [13] Jackson R, Canadell J, Ehleringer J, et al. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes [J]. *Oecologia*, 1996, 108(3): 389-411.
- [14] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 王军, 邱扬. 黄土丘陵区土地利用与土壤水分的时空关系[J]. 自然资源学报, 2001, 16(6): 521-524.
- [16] 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[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 334-342.
- [17] 王云强, 张兴昌, 韩凤朋. 黄土高原淤地坝土壤性质剖面变化规律及其功能探讨[J]. 环境科学, 2008, 29(4): 1020-1026.
- [18] 解文艳, 樊贵盛. 土壤质地对土壤入渗能力的影响[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(5): 537-540.
- [19] 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.
- [20] 王辉, 孙栋元, 刘丽霞, 等. 干旱荒漠区沙蒿种群根系生态特征研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 99-102.