

# 半干旱半荒漠地区沙柳周边土壤 水分分布规律研究

赵磊<sup>1</sup>, 张丹蓉<sup>1</sup>, 黄金廷<sup>2</sup>, 金晓媚<sup>3</sup>, 杜璇璇<sup>1</sup>, 田玺泽<sup>1</sup>

(1. 河海大学 水文水资源学院, 南京 210098; 2. 西安地质矿产研究所, 西安 710054;

3. 中国地质大学(北京) 水资源环境学院, 北京 100083)

**摘要:** 土壤与植被是土壤-植物-大气连续体 (SPAC) 系统中两个相互依存和影响的重要因素。土壤水分是影响沙地植被稳定性的决定因素之一。通过对半干旱半荒漠地区主要植被沙柳根系发育区域内土壤水分的测定, 分析了植被周围土壤含水量在水平、垂直方向的变化规律以及土壤含水量与日照、降雨、沙坡位置等因子的关系。结果表明: 降雨引起沙地表层土壤含水量增加; 65 cm 深度土壤含水量偏小; 根系的分布使得植株下方土壤含水量减少; 土壤水分和植物根系存在相互作用的关系。

**关键词:** 沙地; 沙柳; 土壤含水量; 土壤水分分布; 水分影响因素

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0063-04

## Research on soil water distribution around *Salix psammophila* in the semi-arid and semi-desert area

ZHAO Lei<sup>1</sup>, ZHANG Danrong<sup>1</sup>, HUANG Jinting<sup>2</sup>, JIN Xiaomei<sup>3</sup>, DU Xuanxuan<sup>1</sup>, TIAN Xize<sup>1</sup>

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China; 3. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences in Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Soil and vegetation are two interdependent and important components of SPAC (Soil-Plant-Atmosphere Continuum) system. The soil moisture is one of determinants affecting vegetation stability in the sandy land. Through measuring the soil moisture content of the root growth region around *Salix psammophila* which is the main vegetation in the semi-arid and semi-desert area, the change of soil moisture content in horizontal and vertical directions and the relations of soil moisture content and environmental factors such as sunshine, rainfall and landscape slope position were analyzed. The results show that rain fall increases soil moisture content near the land surface; soil moisture content at 65cm depth is relatively lower; the growth of root reduces the soil water content underneath the plant; interaction exists between soil water content and vegetation root system.

**Key words:** sandy land; *salix mongolica*; soil moisture content; soil water distribution; influence factor of soil water

一个地区的土壤水分状况的变化, 主要受大气降雨和温度影响<sup>[1-4]</sup>, 但在半干旱或干旱地区, 植物也是影响土壤水分含量的主要因素之一<sup>[5-6]</sup>, 同时植物的分布和生长又受到土壤水分的制约。近年来, 国内外许多学者对于干旱半干旱区域的土壤水分与植被分布的机理以及关系进行了深入研究。王子婷<sup>[7]</sup>对定西龙潭流域7种植被类型进行土壤水分定

位观测, 证实了该流域不同植被类型土壤水分的显著性差异性, 并在垂直方向层次上将土层划分为土壤水分弱利用层、主要利用层和调节层, 对在干旱半干旱区以植被建设为主的生态环境建设工程具有重要意义。叶冬梅<sup>[8]</sup>通过对乌兰布和沙漠流动沙地土壤水分动态的研究发现沙土含水量的时空变化与降雨季节和降雨量的关系, 得出土壤的活跃层深度,

收稿日期: 2012-05-16; 修回日期: 2012-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(51209064); the Asia Facility for China Project "Partnership for research and education in water and ecosystem interactions" (10025990); 中央高校基本科研业务费专项资金(2010B01014)

作者简介: 赵磊(1988-), 男, 山西长治人, 硕士研究生, 研究方向: 流域水土保持与生态修复。

通讯作者: 张丹蓉(1972-), 女, 江苏南京人, 副教授, 博士, 从事水生态及水环境研究和教学工作。

流动沙丘和丘间地土壤水分垂直变化趋势。包梅荣<sup>[9]</sup>通过对乌兰布和沙漠东北部土壤水分变化的特征,研究了乌兰布和沙漠东北部流动沙地及固定沙地的土壤水分时空变化特征。牛海<sup>[10]</sup>研究发现,根系生物量垂直分布与其对应土壤含水率有明显相反的关系,土壤含水率的变化与根系生物量的变化趋于相反,当土壤含水率增大时相应区域根系生物量减小。张文军<sup>[11]</sup>对毛乌素沙地土壤水分规律进行了分析,提出了确定毛乌素沙地合理植被覆盖率的基本原则。榆林-鄂尔多斯一带是黄土高原与毛乌素沙漠的过渡地段,有着丰富的矿产资源,正面临着资源的开采引起的水资源格局改变、城市化、覆被变化等种种不确定因素。沙柳为该地区代表性植被之一<sup>[12]</sup>,本文探讨沙柳周围不同深度土壤含水量和土壤深度、降雨、植被根系、沙坡位置等因子的关系,认识沙地土壤水分分布规律和沙地植物利用土壤水分的特点,为合理有效的选取植被物种、种植位置提供依据,对该地区沙丘固定和沙生植物群落的恢复和重建具有重要的意义。

## 1 研究区域概况

实验在鄂尔多斯高原海流兔河流域开展。海流兔河流域为黄河一级支流无定河的一条支流。海流兔河流域集水面积为 2 645 km<sup>2</sup> (38°06′ ~ 38°50′N, 108°37′ ~ 109°15′E)。流域地表覆盖固定、半固定沙丘。所在区域为典型的半干旱气候,1961-2006年平均温度为 8.1℃,最高日平均温度为 38.6℃,最低日平均温度为 -32.7℃,分别发生在 1953 和 1954 年。年平均日照时数为 2 962 h。年平均降水量为 340 mm (1985-2008),最大年降水量为 616.3 mm (2002 年),最低年降水量为 164.3 mm (1999 年),降水量主要发生在 6-9 月。多年平均蒸发量为 2 184 mm (200 mm 蒸发皿)。月蒸发量从 4 月开始显著增高,5-7 月份达到最高值,并从 8 月份开始降低。所在流域区域地质条件为,表层为第四纪风积沙、下伏砂岩或泥岩。含水层为,上部萨拉乌苏含水层,下层为砂岩,萨拉乌苏组为主要的含水层,两层含水层之间无明显的隔水层。目前,区域用水主要为农田灌溉和农村居民用水。

## 2 研究方法

在研究区域内根据株高 ( $H$ ) 以及地形地貌选定南北方向的一排沙柳。于 2011 年 7 月 27 日和 8 月 12 日,利用 TDR 测定东西方向上距沙柳植株

0 H、0.5 H、1 H、2 H (即 0、1.2、2.5、3.7、4.9 m) 各处,垂向深度为 5、35、65、95、125 cm 五个深度的土壤体积含水量,同时采集土样进行土壤颗粒分析。

## 3 结果分析与讨论

通过对代表株所在区域内 60 个土样进行颗粒分析,发现土壤以砂质土为主,砂粒含量在 57.80% ~ 99.39% 之间,均值为 89.90%,粉粒含量在 0.35% ~ 38.38% 之间,均值为 8.74%,粘粒含量在 0.25% ~ 3.81% 之间,均值为 1.36%。根据美国土壤质地分类标准,40 个土样为砂土,其余为壤砂土。说明土壤质地基本均匀。试验点降雨资料见表 1,基本情况及植被特征见表 2。根据所测的土壤体积含水量,绘制土壤含水量随深度变化曲线,见图 1 ~ 图 4。

表 1 试验点降雨特征

表 1 试验点降雨特征						mm
日期	07-11— 07-19	07-20	07-21	07-22	07-23	07-24
降雨	持续无雨	0.8	1.0	0.8	无雨	2.0
日期	07-25	07-26	07-27— 08-04	08-05	08-06	08-08— 08-12
降雨	0.4	0.2	持续无雨	0.6	4.0	持续无雨

土壤体积含水量受到降雨、日照、土壤质地、气候、植被等各方面综合因素的影响与制约。研究区域处于干旱半干旱地带,气温、水汽压和风速等条件都有利于蒸散发,降水稀少,所以各个深度的土壤含水量观测值都较小。观测值在 1.5% ~ 8.5% 之间,平均值为 5.2%。对沙柳、旱柳各深度水平方向土壤含水量数据进行处理,见图 1 ~ 图 4。并对坡度、深度、降雨、根系分布对土壤含水量的影响进行分析。

### 3.1 土壤深度的影响

7 月 27 日观测的 5 ~ 125 cm 各深度的平均土壤含水量分别为:5.6%、5.9%、4.9%、5.2% 和 5.8%,对应的 8 月 12 日的土壤含水量分别为:4.5%、4.6%、4.2%、5.0% 和 5.4%。说明在无降雨的情况下,由于植物蒸腾和地表的蒸发作用,5 ~ 65 cm 深度土壤含水量小于 95 和 125 cm 深度的土壤含水量。而少量的降雨改变了 65 cm 深度以上的土壤含水量。结合图 1 和图 2,可以看出在 65 cm 深度附近,平均土壤含水量最低。原因是上层土壤水分受到降雨下渗的补给,下层土壤受到地下水位以上毛管作用的影响。

表 2 试验点及植被基本性质

m

类型	位置	质地	冠幅 $L$	株高 $H$	立地条件	植物生长情况
沙柳	E109°05'31" N38°20'13"	砂土	4.9	2.45	所选沙柳处于 -35°左右的东坡	南北方向成排生长

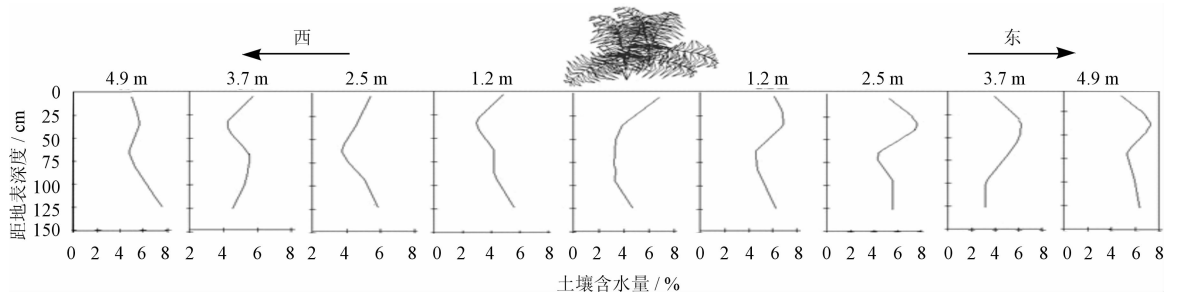


图 1 7月27日沙柳周围不同深度土壤含水量

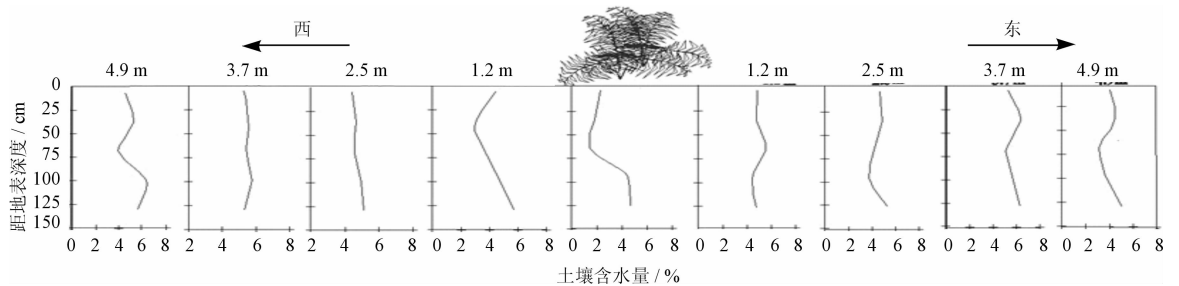


图 2 8月12日沙柳周围不同深度土壤含水量

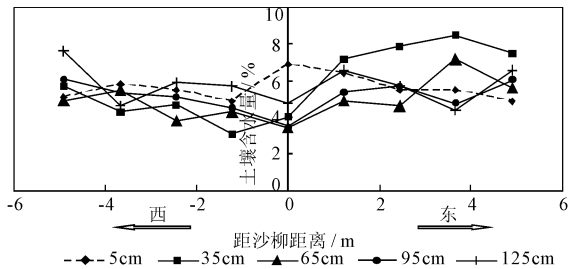


图 3 2011年7月27日沙柳周围不同深度土壤含水量

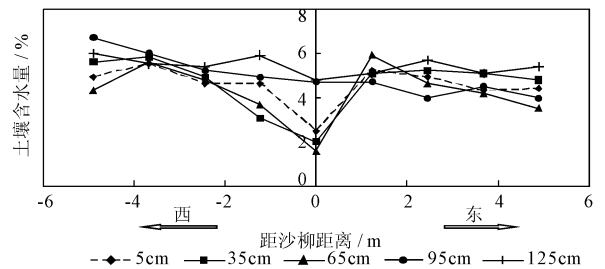


图 4 2011年8月12日沙柳周围不同深度土壤含水量

### 3.2 降雨的影响

由不同天气日土壤含水量的比较可知:由于7月27日前三日分别有2、0.2、0.4 mm降雨,7月27日土壤含水量的各深度和各采样点的平均值为5.5%,而8月12日的平均土壤含水量为4.8%。而降雨对沙柳西侧的土壤含水量的影响集中在5 cm深度以下的土壤,而在沙柳东侧,距离越远,降雨影响的深度越大,在沙柳东4.9 m,降雨影响的深度达到125 mm。

### 3.3 坡度的影响

由图4可以看出:以沙柳为中心,对所有样本进行统计,发现相同距离的土壤含水量值,东边略高于西边(分别为5.4%和5.1%)。其中7月27日的数据中这种趋势比较明显(东、西的平均含水量分别为6.1%和5.1%)。这是由于在存在前期降雨导致

重力水情况下,东面地势较低,重力作用下水分向坡脚处运移,使得东边的土壤含水量较高。而在8月12日的数据中5~65 cm深度基本无差别(都为4.8%),而在95和125 cm深度上西侧土壤含水量大于东侧土壤含水量(分别为5.7%和4.8%)。这与张友焱等在毛乌素沙地不同沙丘部位几种灌木地土壤水分动态<sup>[12]</sup>以及张进虎等在毛乌素沙地西南缘不同植被下的土壤水分时空变化研究<sup>[13]</sup>中的研究成果一致。而在持续无雨的情况下,地表土壤水分少,地势影响不明显。

### 3.4 根系分布与土壤水分关系

杨峰等在毛乌素沙地不同地貌下沙柳根系分布特征研究<sup>[14]</sup>中指出:垂直方向上,沙丘上的沙柳根系主要分布在0~30和80~120 cm的土层范围内,根量占总根量的72%。对同属无定河流域风沙草

滩地的本研究区域,在开挖剖面时我们发现距沙柳越近,根系越发达,主要分布在0~30和80~120 cm这两个土层,与他们研究结果一致。同时发现在0~35 cm土层,沙柳东面根系生长情况优于西面;65 cm以下土层,沙柳西面根系生长情况优于东面。沙柳根生长情况的这一现象验证了植被根系和水分条件的相关关系。

此外在前期无降雨的8月12日土壤含水量观测值中,沙柳植株正下方深度为5~125 cm处的土壤含水量分别为2.5%、2.0%、1.6%、4.7%和4.8%,均小于其他距离相应深度的平均土壤含水量:4.8%、5.0%、4.6%、5.0%和5.5%,其中5~65 cm深度差距明显。由于沙柳在此处浅层土壤存在大量的根系分布,植被蒸腾消耗水分,是土壤水分减少的主要原因。

## 4 结 语

根据实验和分析结果,可以得到如下结论:

(1) 通过对不同深度沙柳东西方根系的观测,发现在土壤水分条件较好处植物根系比较发达,沙柳植株正下方的土壤含水量明显偏小,说明植物根系促进了对土壤水分的吸收利用,从而影响土壤水分的分布,土壤水分和植物根系存在相互作用的关系。

(2) 在无前期降雨的情况下,由于植物蒸腾和地表蒸发,5~65 cm深度土壤含水量小于95和125 cm深度的土壤含水量。而降雨改变了浅层土壤含水量。在降水和坡度的共同作用下,沿着坡面向下,受降雨影响的土壤深度逐渐加大。相对于受到降雨下渗补给的上层土壤和受到地下水位以上毛管作用影响的下层土壤,在本试验点65 cm深度附近平均土壤含水量较低。

## 参考文献:

[1] Robert G, Kremer E, Raymond H J, et al. Simulating vegetational and hydrologic responses to natural climatic

variation and GCM, predicted climate change in a semiarid ecosystem in Washington, USA[J]. *Journal of Arid Environments*, 1996, 33: 23-38.

- [2] 张军涛,李哲,郑度. 温度与降水变化的小波分析及其环境效应解释[J]. *地理研究*, 21(1): 54-60.
- [3] 满志敏,葛全胜,张丕远. 气候变化对历史上农牧过渡带影响的个案研究[J]. *地理研究*, 2000, 12(2): 141-147.
- [4] 刘俊峰,苏英. 甘肃平凉地区约80万年以来的植被与气候变迁[J]. *地理研究*, 1994, 13(4): 90-97.
- [5] Grason R B, Western A W, Chiew F H S. Preferred states in spatial soil moisture patterns: local and non local controls[J]. *Water Resources Research*, 1997, 33: 2897-2908.
- [6] 罗哲贤. 植被覆盖度对干旱气候影响的数值试验[J]. *地理研究*, 1985, 4(2): 1-9.
- [7] 王子婷,于洪波,莫保儒,等. 定西龙滩流域不同人工植被类型土壤水分动态研究[J]. *甘肃林业科技*, 2009, 34(1): 14-19.
- [8] 叶冬梅,秦佳琪,韩胜利,等. 乌兰布和沙漠流动沙地土壤水分动态\_土壤水势特征的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2005, 19(3): 126-130.
- [9] 包梅荣,托亚,刘瑞军,等. 乌兰布和沙漠东北部土壤水分变化特征的研究[J]. *内蒙古农业大学学报*, 2006, 27(1): 64-68.
- [10] 牛海,李和平,赵萌莉,等. 毛乌素沙地不同水分梯度根系垂直分布与土壤水分关系的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(2): 157-174.
- [11] 张文军,胡小龙,阿腾格,等. 毛乌素沙地土壤水分的影响因素及消长规律[J]. *内蒙古林业科技*, 1996(3/4): 27-31.
- [12] 张友焱,周泽福,程金花,等. 毛乌素沙地不同沙丘部位几种灌木地土壤水分动态[J]. *东北农业大学学报*, 2010, 41(6).
- [13] 张进虎,贺康宁,段玉玺,等. 毛乌素沙地西南缘不同植被下的土壤水分时空变化研究[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(1): 96-102.
- [14] 杨峰,刘立,王文科,等. 毛乌素沙地不同地貌下沙柳根系分布特征研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 39(25): 15582-15583+15607.