毛乌素沙地几种灌木生长季土壤水分动态特征*

张友焱[1],周泽福[1],程金花[2],党宏忠[1],李 卫[1]
(1. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所,北京 100091;2. 北京林业大学 水土保持学院,北京 100083)

摘 要:土壤水分是影响沙漠植物生长的主要因素之一,该文以毛乌素沙地 3 种灌木为研究对象,分析了其生长季土壤水分变化特点,并采用 Brown - Forsythe 检验方法比较几种灌木覆盖下土壤表层(0 - 20 cm)水分含量与裸沙地的差异。结果表明:土壤水分的变化受到根系深度和降雨特征的影响较大。不同灌木地下 30 - 50 cm 处土壤水分含量波动明显,是由于根系吸水导致。2004 年灌木地土壤含水量在 8 月最大,而 2005 年为 7 月底最大,是由于降雨特征不同导致。油蒿与裸沙地土壤表层含水量差异显著(Sig = 0.04 < 0.05),而沙地柏、杨柴与裸沙地土壤表层含水量差异不显著(Sig 值分别为 0.239 和 0.308,均大于 0.05),即油蒿对保持沙地土壤表层水分含量效果显著。

关键词:土壤水分;Brown - Forsythe 检验;毛乌素沙地
中图分类号:S152.7 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-3409(2010)02-0160-04

Variation of Soil Moisture of Several Shrubs in Mu Us Sandland During Growing Season

ZHANG You-yan[1], ZHOU Ze-fu[1], CHENG Jin-hua[2], DANG Hong-zhong[1], LI Wei[1]
(1. *Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forest, Beijing* 100091, *China;* 2. *College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Soil moisture is one of the main factors affecting the growth of plants in sandland. Taking 3 shrubs in Mu Us sandland as study objectives, this paper analyzed the variation of their soil moisture, and tested the difference of soil moisture in top layer between shrubs and bared sandland by Brown - Forsythe method. The results show that the variation of soil moisture is affected largely by root depth and rainfall characteristics. The soil moisture in the depth of 30 - 50 cm varied obviously because of the water uptake of roots. Soil moisture is the highest in August in 2004, and July in 2005. *Artemisia ordosica* has significant effect on top soil moisture (Sig = 0.04 < 0.05), and *Sabina vulgaris* and *Hedysarum mongolicum* have no siginificant difference with bared sandland (Sig value is 0.239 and 0.308 respectively), which means that *Artemisia ordosica* can keep the moisture of topsoil.

Key words: soil moisture; Brown - Forsythe test; Mu Us sandland

土壤水分条件是沙漠植物生长、繁衍的主要限制因素。了解不同植被土壤水分基本特征、变化动态,能够为沙漠区植物种的配置、密度调控、造林时机等提供重要依据。干旱区不同植被覆盖条件下土壤水分变化动态一直是人们关注的热点,以往研究包括毛乌素沙地沙柳表层土壤水分变化、荒漠人工植被区浅层土壤水分空间变化特征、典型地形断面土壤水分动态研究,不同沙丘土壤水分的时空变异、不同地形条件对沙漠植物生长和沙地土壤水分的影响[1-6],并得出了适用于各自研究地区的土壤水分变化特征。同时,研究学者也对植被覆盖对土壤生物结皮及其下层土壤理化特性的影响、土壤水分、氮、碳的小尺度空间异质性等进行了分析[7-8]。另外,毛乌素沙地土壤水分特征曲线及不同群落地下水位的变化也得到了研究[9-10]。以往研究人员在分析不同植被类型覆盖下沙地土壤水分动态变化时,一般采用经典统计学方法,这种方法对数据要求比较严格,如符合正态性、方差齐等。但通常情况下很多实验数据很难达到这种要求。因此,在分析毛乌素沙地几种主要灌木土壤水分基本特征基础上,以裸沙地

* 收稿日期:2009-10-29
基金项目:国家科技支撑课题(2006BAD26B06);国家农业节水专项 (2002AA2Z4271)
作者简介:张友焱(1975 -),男,博士,湖南岳阳人,助理研究员,主要从事植被恢复研究。E-mail:youyanzh@caf.ac.cn

为对照,分析几种主要灌木地土壤水分年内及年际变化动态,并以 SPSS13.0 软件为工具,采用更适用于短期实验数据的 Brown - Forsythe 检验方法比较几种灌木覆盖下土壤表层水分含量与裸沙地的差异,从而探讨不同植被对沙地土壤水分的影响。

1　研究区概况

试验地选择在内蒙古乌审旗,地处北纬 38°57′,东经 109°17′,该地位于毛乌素沙地腹地,属北温带极端大陆性季风气候,其特点是干旱少雨,风大沙多,年均降水量 347.5 mm,年平均蒸发量 2 591.9 mm;年平均气温 21.8～22.6 ℃,年日照时数 2 886 h 左右,无霜期 120～135 d。试验地 2004 - 2005 年 5 - 8 月降雨情况见图 1。

试验地土壤类型以沙土为主,粒径较粗,土壤质地均一,物理性黏粒(< 0.01 mm)和有机质含量很少,土壤持水率弱,渗透能力强,保水性差,试验地土壤容重为 1.57 g/cm^3,田间持水量 16.85 %,最大持水量 20.82 %,表层稳渗速率 3.8 mm/min。

乔木树种以合作杨(*Populus* ×*xiaozhuanica*)、旱柳(*Salix matsudana*)、榆树(*Ulmus pumila*)为主;灌木树种以沙柳(*Salix psammophila* C. Wang et Ch. Y. Yang)、柠条(*Caragana intemedia*)、沙地柏(*Sabina vulgaris*)、杨柴(*Hedysarum mongolicum*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)为主;草本主要有沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.)、草木樨(*Melilotus alba*)、苜蓿(*Medicago sativa*)等。

2　研究方法

2004 - 2005 年选取毛乌素沙地主要自然生长灌木沙地柏、油蒿、杨柴进行土壤水分观测,并将观测结果与裸沙地观测结果相对比,分析不同灌木地植被对土壤水分的影响。依据地形特点及植被覆盖情况,选取裸沙地、沙地柏、油蒿和杨柴 10 m ×10 m 样地各 2 块。每块样地设 3 个测点,样地基本情况见表 1。

表 1　样地基本情况

灌木种	盖度	高度/m	类型
沙地柏	0.9	0.5	天然
油 蒿	0.5	0.6	天然
羊 柴	0.5	1.1	天然

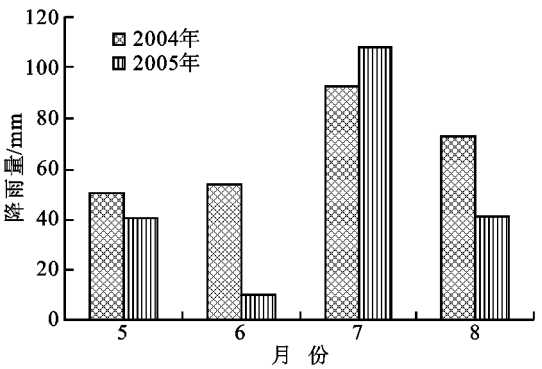


图 1　2004 - 2005 年 5 - 8 月降雨量

2.1　土壤水分测定

采用 AP 土壤水分测定仪(AquaPro Soil Moisture Sensors)测定,在样点自表土层往下每 10 cm 测定一次,于 2004 年、2005 年 6 - 9 月在试验地进行,测定时间为每隔 7 天 1 次。

2.2　裸沙地与灌木覆盖下土壤水分差异检验

以 SPSS13.0 软件为工具,以 2004 - 2005 年测定土壤水分数据为依据,采用单因素方差分析中 Brown - Forsythe 检验方法比较几种灌木覆盖下土壤表层(0 - 20 cm)水分含量与裸沙地的差异。Brown - Forsythe 检验方法适用于短期实验数据,可以在样本不符合正态性、方差齐等条件时使用,使得分析结果对数据的适应性更强[11-12]。

3　结果与分析

3.1　裸沙地土壤水分变化

裸沙地 2004 - 2005 年土壤水分动态见图 2。

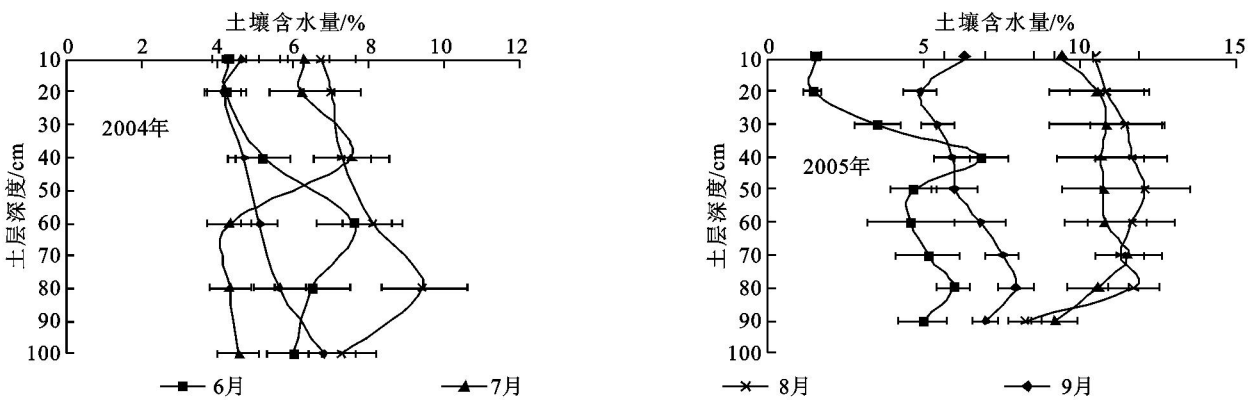


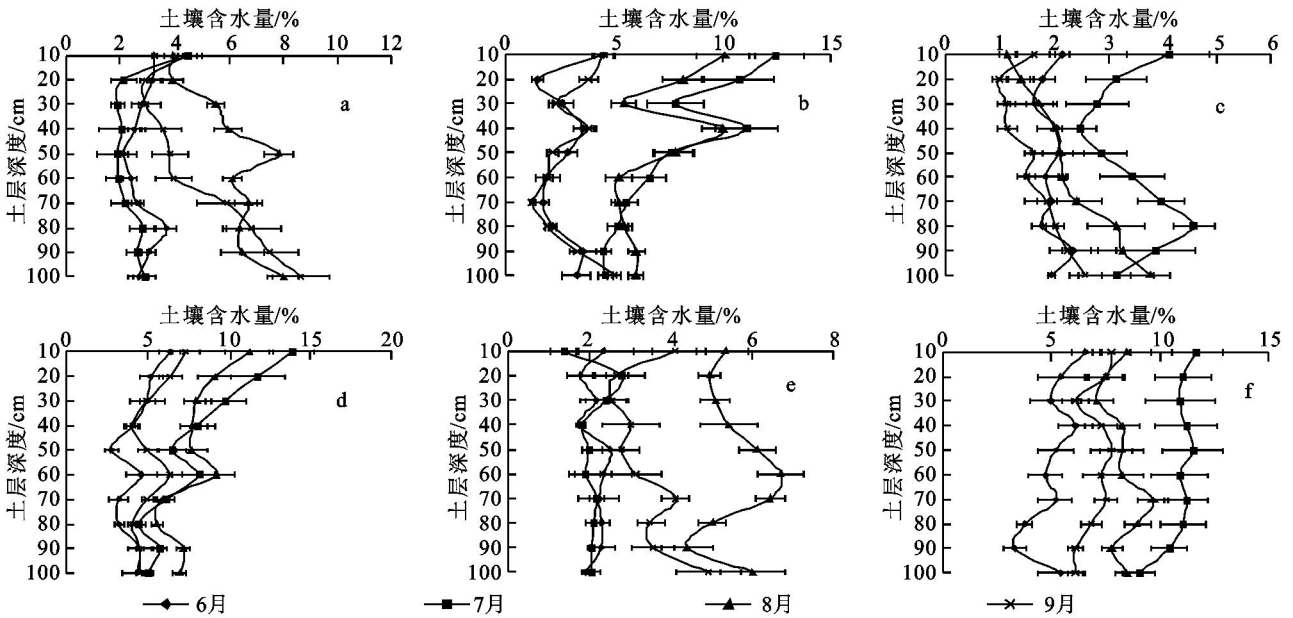
图 2　裸沙地土壤水分月变化

由图 2 可以看出,裸沙地土壤水分在土壤表层至地下 80 cm 处土壤含水量有逐渐增加的趋势,且裸沙地不同土壤层次含水量很少出现锯齿状变化,这是因为裸沙地的土壤水分变化主要受降水、土壤入渗、土壤蒸发 3 方面决定,而没有植被根系吸水的缘故。

2004 年 8 月表层至 80 cm 土壤含水量逐渐增加,然后又减少,即裸沙地一般距地表 80 cm 处土壤层次含水量较大。这是由于降雨后,土壤水分经过一段时间蒸发,上层土壤水分逐渐散失,故表层土壤含水量较少,而地表以下 70 - 80 cm 处土壤层水分蒸发量小,故其土壤水分含量较大。从 2005 年其它几个月的变化趋势也能看到这种水分分布规律。

3.2 不同植被覆盖下土壤水分动态变化

将测定得到的杨柴、油蒿和沙地柏 2004 年和 2005 年 6 —9 月的土壤含水量进行比较,对比其水分动态变化,测定结果见图 3。



注:a 为沙地柏 2004 年土壤水分情况, b 为沙地柏 2005 年土壤水分情况, c 为油蒿 2004 年土壤水分情况, d 为油蒿 2005 年土壤水分情况, e 为杨柴 2004 年土壤水分情况, f 为杨柴 2005 年土壤水分情况

图 3 不同灌木土壤水分变化动态

由图 3 可看出,2004 年和 2005 年不同灌木覆盖下土壤水分含量变化的共同规律为,不同灌木在地下 30 - 50 cm 处土壤水分含量发生明显变化,如沙地柏、杨柴覆盖下土壤水分表层至 30 cm 处为减少趋势,而 30 - 40 cm 为增加趋势。油蒿覆盖下土壤水分表层至 40 cm 处为减少趋势,而 40 - 50 cm 为增加趋势。这些深度是植被根系所处位置,因此推断根系吸水导致了这一深度的土壤水分含量降低。这也验证了潘颜霞等的研究结果,即植物根系是引起亚表层水分空间变异的重要因素[4]。

2004 年 3 种灌木土壤水分变化共同规律为不同层次含水量出现锯齿状变化,而且最底层含水量与表层含水量相差不多,甚至比表层含水量高。这与 2004 年气温较高,土壤表层蒸发量较大有关。

除油蒿外,其余 2 种树种 8 月土壤含水量在整个季节中最大,其中 2004 年 6 月杨柴和沙地柏林下平均含水量分别为 2.16 %和 2.84 %。7 月由于蒸发蒸腾量较大,灌木地土壤含水量有所减少,杨柴和沙地柏林下土壤平均含水量分别为 3.4 %和 2.5 %,8 月土壤水分有所上升,杨柴和沙地柏林下灌木地土壤含水量分别是:5.57 %和 6.10 %。9 月份降水减少,不同灌木地土壤水分下降迅速,油蒿、杨柴和沙地柏土壤含水量分别是 3.37 %、3.44 %、5.07 %。

2005 年不同灌木地土壤水分变化状况与 2004 年有所不同,虽然不同层次含水量也出现锯齿状变化,但表层含水量均比底层含水量高。

杨柴、油蒿和沙地柏土壤含水量最大为 7 月,推断其原因为 2005 年 7 月降水量远大于其它月份。2005 年 6 月杨柴、油蒿和沙地柏平均土壤含水量分别为:5.09 %、4.32 %、2.75 %。7 月由于降雨较多,土壤含水量有较大增长,不同灌木地平均土壤水分含量分别为 10.91 %、7.93 %和 7.64 %。8 月降水有所减少,加之蒸发量较大,不同灌木地土壤含水量均有所下降,杨柴、油蒿和沙地柏平均土壤含水量分别为:8.28 %、7.86 %、6.94 %。9 月不同灌木地平均土壤含水量较 8 月有较大幅度下降,不同灌木地平均土壤含水量分别为 7.06 %、5.20 %和 3.00 %。

3.3　不同植被覆盖下表层土壤水分与裸沙地差异

采用单因素方差分析中 Brown - Forsythe 检验方法分析几种灌木覆盖下土壤表层水分含量与裸沙地的差异。结果见表 2。

表 2　不同植被覆盖下表层土壤水分与裸沙地差异检验

灌木类型	均值	标准差	变异系数/ %	极差 最小值	极差 最大值
裸沙地	6.35	0.90	14.2	3.91	10.87
沙地柏	6.03	0.80	13.3	4.79	10.77
油 蒿	8.09	1.00	12.36	5.71	11.00
杨 柴	7.89	1.02	12.92	5.44	11.08

由表 2 可以看出,虽然只从均值上看各灌木地表层平均含水量与裸沙地表层平均含水量有一定区别,但经 Brown - Forsythe 检验后发现,只有油蒿与裸沙地土壤表层含水量差异显著($P < 0.05$) 。说明油蒿覆盖对土壤表层含水量影响较大,有利于增加沙地土壤表层水分含量。其他植被虽然也表现出了一定的差异,但 Brown - Forsythe 检验显示沙地柏和杨柴覆盖对改善土壤表层水分含量没有显著效果。这与姚月峰、潘颜霞等在毛乌素沙地得出的结论一致[1,4],也支持赵文智在科尔沁沙地得出的结论,即灌木林土壤水分高于乔木及撂荒地[14]。

4　结论与讨论

不同灌木地下 30 - 50 cm 处土壤水分含量波动明显,沙地柏、杨柴覆盖下土壤水分表层至 30 cm 处为减少趋势,而 30 - 40 cm 为增加趋势。油蒿覆盖下土壤水分表层至 40 cm 处为减少趋势,而 40 - 50 cm 为增加趋势。这些变化是由于植被根系吸水所导致。这与潘颜霞等的研究结果一致。

沙地柏、油蒿和杨柴土壤含水量 2004 年总的趋势是生长季前期比较小,含水量在波动中逐渐上升,7 月底土壤含水量接近所测定几个月的最小值。2005 年 3 种灌木地土壤含水量均有不同程度增加,最高值出现在 7 月底。这是由于 2004 年和 2005 年降雨特征不同导致。

经 Brown - Forsythe 检验,油蒿与裸沙地土壤表层含水量差异显著(Sig = 0.04 < 0.05) ,而沙地柏、杨柴与裸沙地土壤表层含水量差异不显著(Sig 值分别为 0.239 和 0.308,均大于 0.05) 。即油蒿对增加沙地土壤表层水分含量效果显著。

本文对毛乌素沙地 3 种灌木地及裸沙地土壤水分变化特点及其差异方面进行了初步分析,在其影响因素、变化规律方面还需进行深入研究。

参考文献:

[1] 姚月锋,满秀玲. 毛乌素沙地不同林龄沙柳表层土壤水分空间异质性[J]. 水土保持学报,2007,21(1):111-116.

[2] 杨佩国,李保国,吕贻忠. 毛乌素沙地典型地形断面土壤水分动态[J]. 干旱区研究,2004,21(4):333-337.

[3] 吕贻忠,胡克林,李保国. 毛乌素沙地不同沙丘土壤水分的时空变异[J]. 土壤学报,2006,43(1)152-154.

[4] 潘颜霞,王新平. 荒漠人工植被区浅层土壤水分空间变化特征分析[J]. 中国沙漠,2007,27(2):250-257.

[5] 石莎,冯金朝,邹学勇. 不同地形条件对沙漠植物生长和沙地土壤水分的影响[J]. 干旱区地理,2007,30(6):846-851.

[6] 包梅荣,托亚,刘瑞军. 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.

[7] 赵哈林,郭轶瑞,周瑞莲. 植被覆盖对科尔沁沙地土壤生物结皮及其下层土壤理化特性的影响[J]. 应用生态学报,2009,20(7):1657-1663.

[8] 白永飞,许志信,李德新. 内蒙古高原针茅草原群落土壤水分和碳、氮分布的小尺度空间异质性[J]. 生态学报,2002,22(8):1215-1223.

[9] 张强,孙向阳,黄利江. 毛乌素沙地土壤水分特征曲线和入渗性能的研究[J]. 林业科学研究,2004,17(增刊):9-14.

[10] 温国胜,王林和,吉川贤. 毛乌素沙地臭柏群落地下水位的变化[J]. 自然资源学报,2005,20(2):266-271.

[11] Arthur J, R. Robust Trend Tests Derived and Simulated: Analogs of the Welch and Brown - Forsythe Tests[J]. Journal of the American Statistical Association, 1983,384: 972-980.

[12] Guillermo Vallejo. Modified Brown-Forsythe Procedure for Testing Interaction Effects in Split-Plot Designs[J]. Multivariate Behavioral Research, 2006, 41(4): 549-578.

[13] 秦佳琪,托亚,叶冬梅. 乌兰布和沙漠不同沙地类型土壤水分特征的研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2004,25(2):23-26.

[14] 赵文智. 科尔沁沙地人工植被对土壤水分异质性的影响[J]. 土壤学报,2002,39(1):113-119.