

陕北毛乌素沙地土壤水分时空变异规律研究

孙建华¹, 刘建军², 康博文², 黄 海¹, 孙尚华¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对陕北毛乌素沙地流动、固定、半固定沙丘的土壤水分进行的长期动态观测结果表明, 含水量排序为流动沙丘(8.47%)>半固定沙丘(8.40%)>固定沙丘(8.39%)。沙地含水量随土壤深度的变化存在着分布上的差异, 随着深度的增加呈现先增加再减少的趋势, 在 0~60 cm 土层, 流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.08%、8.00% 和 8.03%, 差异不显著; 在 60~200 cm 土层, 流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.65%、8.57% 和 8.53%, 差异显著 ($P>0.05$), 其中 60~140 cm 层, 流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.76%、8.62% 和 8.54%, 差异极显著 ($P>0.01$)。固定沙丘、半固定沙丘大部分背风面的土壤含水量高于迎风面的含水量, 但在流动沙丘上迎风面的土壤含水量却明显比背风面的高。在沙丘的不同部位含水量也存在差异, 土壤含水量坡顶部<坡中部<坡底部, 在沙丘下部的丘间土壤含水量明显高于丘顶部。另外, 沙地水分还受季节变化的影响, 具有明显的季节变异性。

关键词: 毛乌素沙地; 沙地类型; 土壤水分; 时空变异

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0244-04

在干旱区沙地, 土壤水分状况是沙地生态系统的重要生态因素, 决定着沙地土壤的发生、演化和土地生产力^[1]。其水分分布状况及量值更是植物生长的主要环境因子, 直接影响到沙地退化生态系统的恢复与重建^[2]。沙地土壤水分的变化不仅受土壤机械组成、地形和植被的影响, 对降雨也有很强的依赖性, 而且随着沙地地理位置的不同, 水分状况分异也很大^[3,4]。长期以来, 土壤水分动态及其水分空间变异性问题是沙地土壤水分研究的重要内容。在以往的研究中, 对沙地水分状况及其动态特征有了较多的认识, 但大多数研究围绕不同土地利用方式、不同植被类型及其对沙地水分的影响, 对不同类型沙地土壤水分的空间变异规律研究却较少^[5]。沙地土壤水分的研究, 可以为干旱、半干旱沙漠化地区合理利用水分、保证植物正常生长和防治沙漠化提供科学依据。本文通过对陕北毛乌素沙地不同沙丘类型以及沙地微地形对沙地土壤水分运动影响的分析, 旨在揭示该区沙丘水分的时空分布特征, 以为沙质困难立地条件下的植被恢复和保护提供科学依据。

1 试验区概况及研究方法

1.1 试验区概况

试验区设在陕西省榆林市榆阳区巴拉素林场,

该场位于毛乌素沙地南缘, 介于北纬 37°48'15"~38°55'14", 东经 108°56'09"~110°24'03"之间。该区属于中温带大陆性季风气候。年平均气温 7.6℃~8.6℃, 极端最高气温 40.1℃, 极端最低气温 -32.7℃, $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 3 524℃~4 541℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 2 847℃~4 148℃, 年降雨量 316~450 mm, 年蒸发量 2 092~2 506 mm, 是降雨量的 5~6 倍; 无霜期平均 134~169 d, 最短仅有 102 d; 气温日较差大, 年平均日较差 11.4℃~13.9℃; 日照充足、光能资源丰富, 各地年辐射总量 $5.389 \times 10^9 \sim 6.071 \times 10^9 \text{ J/m}^2$, 年日照时数 2 594~2 914 h, 年平均日照百分率 59%~66%。土壤为风沙土, 地带性植被属于干草原, 主要草木及灌木种类有: 沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*)、刺沙蓬 (*Salsola ruthenica*)、沙竹 (*Psammichloa villosa*)、寸草 (*Carex sthenophylla*)、冰草 (*Agropyron cristatum*)、苦马豆 (*Swainsonia salsula*)、黑沙蒿 (*Artemisia ordosica*)、白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、沙柳 (*Salix cheilonhila*)、沙棘 (*Hippophae fhamnoides*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*)、花棒 (*Hedysarum scoparium*) 等, 主要乔木树种有: 旱柳 (*Salix matsudana*)、小叶杨 (*Populus simonii*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、樟子松 (*Psylvestris var mongolica*) 等。

收稿日期: 2008-07-15

基金项目: 国家林业局 948 项目 (2006-4-10)

作者简介: 孙建华 (1980-), 男, 安徽省利辛县人, 在读硕士, 从事森林生态方面的研究。E-mail: s_jh01@163.com。

通讯作者: 刘建军 (1962-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事生态学方面的研究。E-mail: lij@nwsuaf.edu.cn。

1.2 样地的选取

选择固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘等 3 种不同的沙地类型各一个, 分别在各沙丘的迎风面的底部(T1)、中部(T2)、背风面的底部(T4)、中部(T5)和顶部(T3)布设测定点(如图 1 所示), 并在测定点埋置长度为 200 cm、内径为 50 mm 的 PVC 管。

植被以黑沙蒿和人工栽植的旱柳为主, 盖度约为 50%, 表面有结皮现象; 半固定沙丘以黑沙蒿和白沙蒿为主, 盖度约为 30%, 表面有微弱结皮; 流动沙丘仅在顶部有极少数几株白沙蒿(如表 1)。

1.3 研究方法

本研究采用中子仪野外长期定位观测和烘干法室内测定分析相结合的方法对土壤水分进行观测分析。从 2006 年 7 月 5 日开始分别在 7 月、8 月、9 月、10 月、11 月和 2007 年 5 月份利用中子仪每隔 10 d 对土壤水分进行 1 次测量, 测量从地表向下, 每隔 20 cm 为一层, 一直到 200 cm 深度。用室内烘干法对中子仪进行标定, 在距测点 20 cm 处挖 200 cm 深的土壤剖面, 每 20 cm 为一层用环刀取土样, 带回实验室用烘干法测定土壤容重和土壤含水量。利用公式求出沙地土壤重量含水量, 然后将其换算成容积含水量并与中子仪读数相对应。采用一元回归方法求得回归方程为:

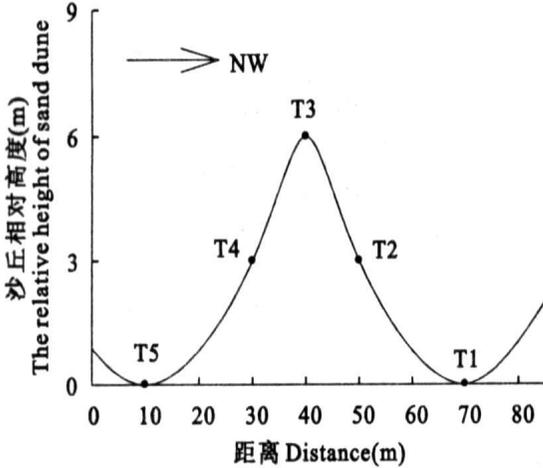


图 1 沙丘剖面及测点位置图

Fig.1 Sand dune section and locations of the measuring points

沙丘相对高度都在 6 m 左右, 土壤均为风沙土, 质地均一, 容重 1.4~1.6 g/cm³, 其中固定沙丘

$$y = 22.526x + 6.9043$$

其中: y 为土壤容积含水量; x 为中子仪计数率比, 对回归方程进行检验, 当 $\alpha = 0.05$ 时, 查 F 分布表 $F_{0.05}(1, 32) = 4.15$, $F = 399.63 > 4.15$, 所以回归方程显著。

表 1 试验样地概况

Table 1 Status of experimental plots

样地 Plots	植被平均高度(cm) Average vegetation height	盖度(%) Coverage	主要植物 Main plant	伴生植物 Accompanying plant
固定沙丘 Fixed dune	45	50	黑沙蒿 (<i>Artemisia ordosica</i>), 旱柳 (<i>Salix matsudana</i>)	苦马豆 (<i>Swainsonia salsula</i>), 冰草 (<i>Agropyron cristatum</i>), 沙打旺 (<i>Astragalus huangheensis</i>), 沙竹 (<i>Psammochoa villosa</i>) 等
半固定沙丘 Half-fixed dune	55	30	白沙蒿 (<i>Artemisia sphaerocephala</i>), 黑沙蒿 (<i>Artemisia ordosica</i>)	冰草 (<i>Agropyron cristatum</i>), 沙竹 (<i>Psammochoa villosa</i>) 等
流动沙丘 Mobile sand dune	60	1	白沙蒿 (<i>Artemisia sphaerocephala</i>)	沙蓬 (<i>Agriophyllum squarrosum</i>)

2 结果与分析

2.1 沙地土壤水分的空间变异

2.1.1 土壤水分随沙地深度变化特征 沙地土壤含水量随深度变化分布有很大差异, 在垂直方向上呈现出表层干沙层、剧烈变化层和相对稳定层的土壤水分变化特征^[6]。由图 2 可以看出: 0~60 cm 的土壤层由于易受大气温度和湿度的影响, 沙地水分极其活跃, 土壤含水量变化较大, 这种变化是沙漠地区高的蒸发量和低的降雨量以及沙地土壤特性综合作用结果^[7]; 60~140 cm 土层受地面因素干扰较

小, 土壤含水量变化不大, 相对比较稳定; 140~200 cm 随土层深度的增加, 土壤含水量随外界水分补给的减少而逐渐减少。实验结果表明, 随着深度的变化土壤含水量大都呈现先增加再减少的趋势, 其中, 流动沙丘土壤含水量 > 半固定沙丘 > 固定沙丘。

2.1.2 土壤水分随坡面、坡位变化特征 土壤水分随沙丘坡面、坡位的不同存在着很大差异。由图 3 可知: 半固定沙丘和固定沙丘大部分背风面的含水量比迎风面的含水量高, 沙丘坡下部土壤含水量 > 中部含水量 > 上部含水量, 土壤含水量随着坡位的升高而减小; 且在沙丘下部的丘间部位含水量均明

显比丘顶高。吕贻忠,董学军等^[8,9]的研究也表明沙丘顶部的土壤含水量明显低于丘间土壤含水量。在流动沙丘上,迎风面的含水量明显比背风面的含水量高。与固定半固定沙丘相比,流动沙地丘间低地土壤各层水分处于高含水量状态,说明固定沙地由于植物蒸腾和土壤蒸发,耗水量大于流动沙地丘间低地^[10]。

2.2 沙地土壤水分的时间变异

气候条件随季节变化呈周期变化,沙地水分也具有明显的时间变化规律^[10]。实验结果表明,在三种不同的沙地类型中,土壤体积含水量最大的为流动沙地,其次为半固定沙地和固定沙地。而土壤水分含量变化最大的为固定沙地,土壤水分含量变化最小的为流动沙地;说明固定沙地由于植物蒸腾和土壤蒸发耗水大于流动沙地。由图 4 可知:5 月、9~10 月沙地土壤含水量较大,这与该地区降雨多集

中于春秋季节有关,说明降雨是沙地土壤水分的主要补给方式。而 7~8 月沙地含水量较低,这是由于这一时期降雨量较小,而气温较高,蒸发量较大,造成土壤水分的散失量大,而又不能及时有效补给的缘故。

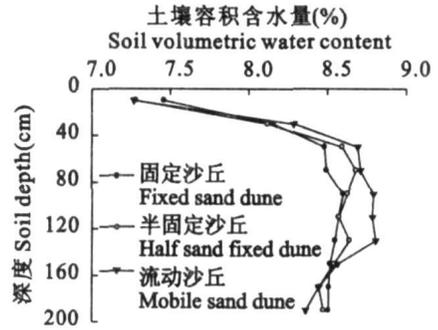


图 2 土壤含水量和深度的关系

Fig. 2 The relationship between soil water content and soil depth

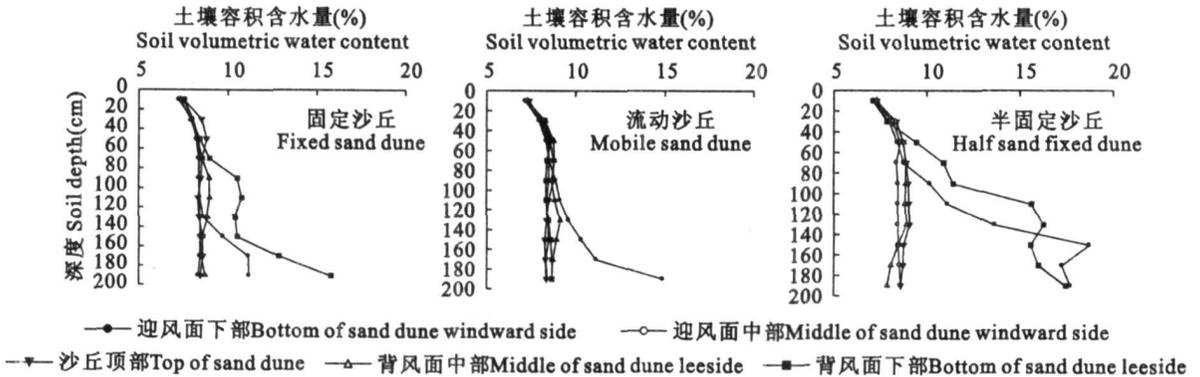


图 3 土壤含水量与坡面和坡位的关系

Fig. 3 The relationship of soil water content and aspect, slope position

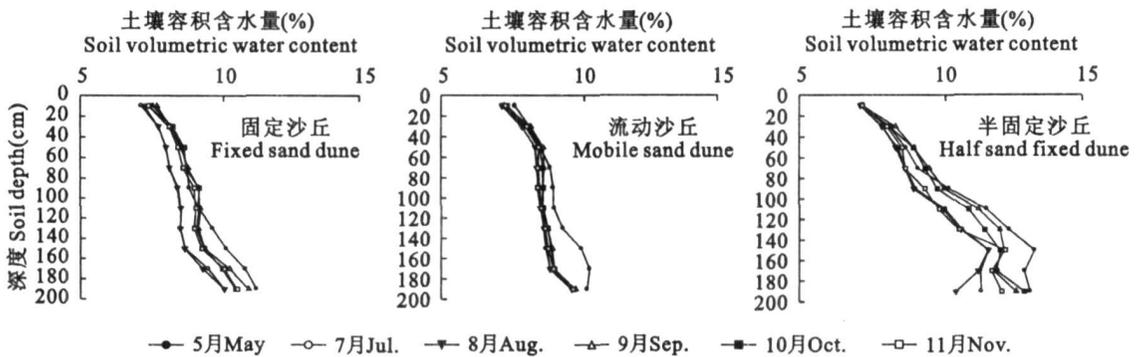


图 4 沙地不同时间土壤水分变化

Fig. 4 The dynamic state variety of sandy land soil water in different periods

3 结论和讨论

1) 不同类型的沙地含水量均随土壤深度的变化而存在着分布上的差异。流动、半固定、固定等不同类型沙丘之间其含水量的差异,随土层深度的增

加呈现不同的变化:在 0~60 cm 土层,流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.08%、8.00%和 8.03%,差异不显著;在 60~200 cm 土层,流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.65%、8.57%和 8.53%,差异显著 ($P >$

0.05), 其中 60~140 cm 层, 流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘土壤水分含量分别为 8.76%、8.62% 和 8.54%, 差异极显著 ($P > 0.01$)。在干旱沙漠区由于蒸发量远远大于降水量以及沙地土壤特性综合作用, 再加上植物的蒸腾作用, 在土壤水分分布上表现为流动沙丘含水量 > 半固定沙丘 > 固定沙丘。

2) 不同的坡面和坡位对土壤水分的空间变异有明显的影 响。固定和半固定沙丘大部分背风面的含水量比迎风面的含水量高, 而流动沙丘却恰恰相反, 迎风面的含水量明显高于背风面。土壤含水量随着坡位的升高而减小, 在沙丘下部的丘间土壤含水量明显高于沙丘顶部。由于沙层的变薄在沙丘底部 140 cm 左右深时出现了腐质化的泥土, 土壤水分出现了急剧变大的现象, 而流动沙丘背风面下部的测点由于沙层较厚并未出现此现象。

3) 随着气候的变化, 沙地土壤水分具有明显的季节变异性。春秋季降水期土壤水分达到了最大补给量, 土壤含水量明显高于其他季节。在三种不同的沙地类型中, 土壤体积含水量最大的为流动沙地, 其次为半固定沙地和固定沙地。而由于植物蒸腾和土壤蒸发耗水, 土壤含水量变化最大的为固定沙丘, 变化最小的是流动沙丘。5 月、9 月~10 月沙地土壤含水量较大, 这与该地区降雨多集中于春秋季节有关, 说明降雨是沙地土壤水分的主要补给方式。

而 7 月~8 月沙地含水量较低, 这是由于这一时期降雨量较小, 而气温较高, 蒸发量较大, 造成土壤水分的散失量大, 而又不能及时有效补给的缘故。因而, 在干旱沙漠化地区进行人工造林时, 应选择春秋季节土壤含水量较大的时期进行。

参考文献:

- [1] 刘元博, 陈荷生, 高前兆. 沙地水分动力学研究新视角[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 95-98.
- [2] 黄利江, 于卫平, 张广才, 等. 盐池沙地水分与植被恢复关系的研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(增刊): 148-151.
- [3] 何志斌, 赵文智. 半干旱地区流动沙地土壤湿度变异及其对降水的依赖[J]. 中国沙漠, 2002, 22(4): 359-362.
- [4] 陈有君. 内蒙古浑善达克沙地土壤水分状况的分析[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(1): 80-85.
- [5] 赵学勇, 左小安, 赵哈林, 等. 科尔沁不同类型沙地土壤水分在降水后的空间变异特征[J]. 干旱区地理, 2006, 29(2): 275-281.
- [6] 冯 起, 程国栋. 我国沙地水分分布状况及其意义[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 225-236.
- [7] 刘发民. 荒漠地区柽柳人工固沙林土壤水分动态研究[J]. 西北植物学报, 2000, 21(5): 937-947.
- [8] 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.
- [9] 董学军, 陈仲新, 阿拉腾宝, 等. 毛乌素沙地柏的水分生态初步研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(4): 311-319.
- [10] 秦佳琪, 托 亚, 叶冬梅, 等. 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.

Studies on the spatio-temporal variation regularity of soil water in MuUs sandy land in north Shaanxi Province

SUN Jian-hua¹, LIU Jian-jun², KANG Bo-wen², HUANG Hai¹, SUN Shang-hua¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Long-term dynamic observation was made to monitor the soil water of mobile sand dune, fixed dune and half-fixed dune in MuUs sandy region. The results of the study showed that: the soil water content of different types of sandy land was in the order: mobile sand dune (8.47%) > half-fixed sand dune (8.40%) > fixed sand dune (8.39%). The distribution of soil water of sandy land was different with the change of soil depth, they all showed the same trend that the soil water content increased at first and then decreased with the increasing of soil depth. In 0~60 cm soil layer, the soil water content of moving dune, semi-fixed dune and fixed dune was respectively 8.08%, 8.00% and 8.03%, and the differences were not significant in this soil layer. In 60~200 cm soil layer, the soil water content of moving dune, semi-fixed dune and fixed dune was respectively 8.65%, 8.57% and 8.53%, and the differences were more significant than those in 60cm layer. In 60~140 cm soil layer, the soil water content of moving dune, semi-fixed dune and fixed dune was respectively 8.76%, 8.62% and 8.54%, and the differences were significant. The soil water content of fixed dune and half-fixed dune in leeward side was higher than that in windward side, but the situation was adverse for mobile sand dune. In addition, the soil water was also in diversity in different positions of sand dune as the order of: top of dune < middle of dune < bottom of dune, and it was significant that the soil water difference between sandy land among the dunes and sand dune tops. The study also revealed that the soil water was affected by seasons, presenting obviously seasonal variability.

Key words: MuUs sandy land; sandy land type; soil water; spatio-temporal variability