

毛乌素沙地不同沙丘土壤水分的时空变异*

吕贻忠 胡克林 李保国

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

THE SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF SOIL WATER
IN SAND DUNES IN MOWUSU DESERT

Lü Yizhong Hu Kelin Li Baoguo

(College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

关键词 沙丘; 土壤水; 时空变异; 毛乌素沙地

中图分类号 S152.75

文献标识码

A

在毛乌素沙地, 其主要地貌为各种大小不一的流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘。沙丘高度一般在 5~10 m 之间, 大小因沙丘类型不同而不同, 地形起伏不大。不同沙丘类型以及沙地微地形对沙地土壤水分运动影响很大^[1,2]。固定程度不同的沙丘, 植被的生长状况不同, 对水分的消耗不同, 使不同类型沙丘的土壤水分存在明显的差异, 从而造成景观异质性变大^[3]。

水分在毛乌素沙地的油蒿灌丛植被演替过程中起着关键的作用。钱鞠等对腾格里沙漠沙丘的水分动态研究表明, 土壤剖面上各层土壤水分状况变化有明显的差异^[2]; 董学军等研究了毛乌素沙地灌丛植被沙地柏的水分生态, 发现沙丘顶部沙地柏的水分胁迫比沙丘顶部的沙地柏大^[3]; 郭柯等^[4]和 Li 等^[5]研究了沙地植被恢复过程中的土壤水分的变化; 一般在高含水量的沙地, 风蚀作用较弱^[6], 而降雨可以改变沙地土壤水分的空间分布^[7]; 赵文智^[8]研究了人工植被对科尔沁沙地土壤水分分异的影响。但关于沙地土壤水分时空变异的研究较少, 了解沙地土壤水分的时空间分布规律有助于揭示沙地生态景观的空间结构与演变。

1 研究地点和方法

采样地点选择在中科院植物研究所鄂尔多

斯沙地草地生态研究站(以下简称沙地生态站)(北纬 39°29', 东经 110°10')附近, 行政区划上属于伊金霍洛旗霍洛乡石灰庙四队。2001 年在沙地生态站各选一固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘作用考察对象, 在各沙丘的中部挖掘典型土壤剖面, 用烘干法测定剖面各层土壤的含水量。在半固定沙丘和固定沙丘上以 5 m × 5 m 的间距各取 1 m 的长方形网格, 测定表层 0~30 cm 土壤含水量(部分土壤水分数据采用 TDR 测定, 由于 TDR 仪器故障, 改用烘干法测定, 为了便于比较, 根据沙丘 0~30 cm 土壤的平均容重, 将 TDR 测定的容积含水量值换算成质量含水量值)。由于沙丘的外形呈带状, 考虑沙丘的形状, 网格的布局主要以顺风向来布置, 取样网格点分布于沙丘的迎风面和背风面。春季采样时间为 2001 年 4 月 18 日, 夏季为 2001 年 7 月 20 日。

固定沙丘植被以油蒿为主, 覆盖度为 50%; 半固定沙丘以油蒿和人工种植的沙柳为主, 覆盖度为 25%; 流动沙丘无植被覆盖。固定沙丘表面有 1 cm 厚的结皮, 半固定沙丘有微弱的结皮, 部分地方仍有风蚀作用。

固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘均为风沙土, 粒径在 0.5 mm 以下的砂粒的含量在 80% 以上, 土壤质地均一, 容重 1.5~1.6 g cm⁻³。

* 国家自然科学基金重大项目(39990490)资助

作者简介: 吕贻忠(1965~), 男, 河南洛阳人, 博士, 副教授。主要研究方向是土壤化学、土壤退化等。E-mail: lyz@cau.edu.cn

收稿日期: 2004-06-22; 收到修改稿日期: 2004-10-20

2 结果

2.1 不同类型沙丘上土壤水分的分布差异

(1) 沙丘的不同坡面上土壤水分的差异(表 1)

不同的坡向对沙丘土壤水分的空间变异有明显的影响。半固定沙丘和固定沙丘大部分背风面(阴面)的含水量比迎风面的含水量高,且在沙丘下部的丘间部位含水量均明显比丘顶高。董学军等^[3]对毛乌素沙地柏的水分生态研究也表明丘顶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。认识流动沙丘迎风面和背风面水分的差异,对在流沙上种植人工植物进行固沙有鲜明的指导意义。从水分的有效性来看,在不进行人工灌水的情况下,在迎风面种植人工植物要比在背风面更易成活。

表 1 不同沙丘春季和夏季不同坡向的土壤含水量 θ_m (%)

沙丘类型	春季		夏季	
	迎风面	背风面	迎风面	背风面
固定沙丘	2.13	2.32	3.59	3.71
半固定沙丘	1.87	2.47	4.20	3.60
流动沙丘	3.02	1.47	4.51	3.12

(2) 不同坡位上沙丘表层土壤水分含量的差异

在沙丘的不同部位,含水量也有明显的差异。通过对半固定沙丘网格数据进行分类分析,发现从沙丘迎风面的坡顶—坡腰—坡脚,表层土壤的含水量依次升高。

通过对各部位的含水量值进行单因素的方差分析,各部位含水量之间除阴坡脚与阴坡腰、沙丘顶部与阳坡之间的差异不显著外,其他各部位之间的差异呈显著水平($\alpha=0.05$)。方差检验的结果见表 2。

表 2 半固定沙丘夏季不同部位表层土壤水分含量的差异性检验

差异源	F	$F_{0.05}$
I、II	1.109	4.149
I、III	12.300	4.130
I、IV	10.281	4.130
II、III	4.510	4.130
II、IV	4.163	4.130
III、IV	0.020	4.130

注: I-阴坡脚土壤含水量, II-阴坡腰土壤含水量, III-阴坡肩部土壤含水量, IV-阳坡土壤含水量

2.2 春季、夏季不同类型沙丘表层土壤含水量的空间变异性

由图 1~ 图 4 可知:固定沙丘和半固定沙丘春季表层土壤含水量的半方差函数均呈球状模型。固定沙丘表层土壤水分含量的块金值为 0.118,其独立间距分别为 18.86 m,表明由随机因素引起的空间

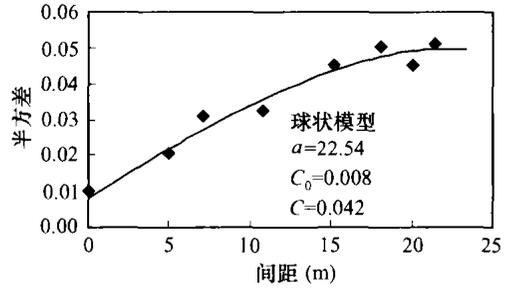


图 1 半固定沙丘春季表层土壤水分半方差函数

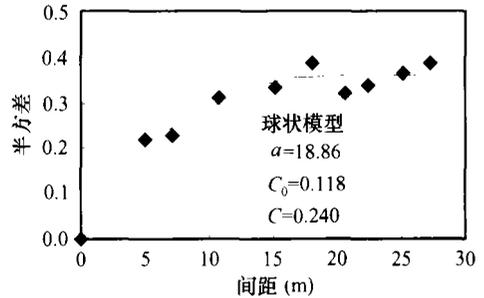


图 2 固定沙丘春季表层土壤水分半方差函数

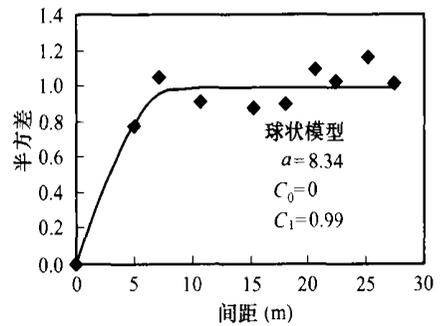


图 3 夏季半固定沙丘表层土壤水分的半方差

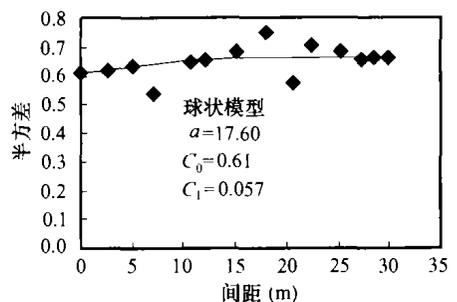


图 4 夏季固定沙丘表层土壤水分的半方差

异质程度占总空间异质性的 33%；半固定沙丘表层土壤水的块金值为 0.008，其独立间距为 22.54 m，由随机因素引起的空间异质程度占总空间异质性的 16%。固定沙丘上随机因素引起的空间异质性是半固定沙丘的 2 倍，土壤水分的相关距离也比半固定沙丘小，说明固定沙丘上表层土壤水分的空间变异性比半固定沙丘大。固定沙丘表面的结皮和植被对土壤水分状况也产生明显的影响^[9]。

半固定沙丘春、夏季表层含水率的半方差结构都为球状模型，春季的独立间距为 22.54 m，夏季为 8.34 m，这说明春季表层土壤中的水经过漫长冬季的运移，在较大的尺度内具有明显的相关性，而夏季

降雨后土壤水分再分布的时间短，加上植物及地表状况的差异，表层土壤含水率在较小的尺度内具有较大的相关性；但前者的变异系数也比后者大，基台值和块金值也较后者大。固定沙丘也有类似的情形，独立间距春季为 18.86 m，夏季为 17.60 m，夏季比春季的独立间距略小，但固定沙丘表层土壤水分的半方差的块金值很高， $C_0/(C_0 + C_1)$ 值高达 91%，块金效应极强。该固定沙丘的灌丛下和灌丛间土壤水分蒸散量不同，从而使网格内部存在较小尺度的水分变异，导致采样尺度下土壤水分空间变异的块金效应较大。

春夏两季沙丘的表层土壤水分统计情况见表 3。

表 3 固定沙丘和半固定沙丘春季和夏季表层土壤水分统计特征值

季节	沙丘	样点数	均值	标准差	方差	变异系数	最小值	最大值
春季	半固定沙丘	60	2.53	0.43	0.045	0.170	2.02	2.78
	固定沙丘	66	3.32	0.57	0.318	0.172	2.30	5.86
夏季	半固定沙丘	72	4.05	1.04	1.06	0.262	1.63	6.30
	固定沙丘	66	3.55	1.06	1.10	0.450	1.80	8.40

3 结 论

1) 不论是春季还是夏季，均以流动沙丘的含水量最高，而固定沙丘的含水量最低，半固定沙丘的水分状况较好。

2) 不同的坡向和部位对沙丘土壤水分的空间变异有明显的影响。流动沙丘不同坡面的水分状况有明显的差异，迎风面的水分条件一般比背风面好，有利于植物的成活。

3) 不同沙丘的土壤水分也具有明显的空间结构，其独立间距一般不超过沙丘的直径，说明鄂尔多斯沙地土壤水分的空间变异受沙丘分布及其性质的影响，土壤水分在空间上存在着较强的空间异质性。从变异函数的分析结果看，固定沙丘和半固定沙丘表层土壤水分都可以用球状模型拟合。固定沙丘的空间变异程度比半固定沙丘高。不论固定沙丘和半固定沙丘，其表层土壤水分含量表现出一定的各向异性。

参 考 文 献

- [1] 张国盛, 王林和, 董智, 等. 毛乌素沙区风沙土机械组成及含水率的季节性变化. 中国沙漠, 1999, 19(2): 145~150
- [2] 钱鞠, 马金珠, 张惠昌, 等. 腾格里沙漠西南缘固定沙丘水分动态. 兰州大学学报(自然科学版), 1999, 35(1): 218~224
- [3] 董学军, 陈仲新, 阿拉腾宝, 等. 毛乌素沙地沙地柏的水分生态初步研究. 植物生态学报, 1999, 23(4): 311~319
- [4] 郭柯, 董学军, 刘志茂. 毛乌素沙地土壤含水量特点——兼论固定沙丘上油蒿的衰退原因. 植物生态学报, 2000, 24(3): 275~279
- [5] Li X R, Ma F Y, Xiao H L, *et al.* Long-term effects of revegetation on soil water content of sand dunes in arid region of Northern China. Journal of Arid Environments, 2004, 57: 1~16
- [6] Marie H R, Catherine M F. Influence of high water levels on Aeolian sand transport upper beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, northern France. Geomorphology, 2004, 60: 73~87
- [7] Berndtsson R, Nodomi K, Yasuda H, *et al.* Soil water and temperature patterns in an arid desert dune sand. Journal of Hydrology, 1996, 185: 221~240
- [8] 赵文智. 科尔沁沙地人工植被对土壤水分异质性的影响. 土壤学报, 2003, 39(1): 113~119
- [9] 崔燕, 吕贻忠, 李保国. 鄂尔多斯沙地土壤生物结皮的理化性质. 土壤, 2004, 36(2): 197~202