

毛乌素沙地南缘灌丛沙丘土壤水分与粒度特征研究

唐艳¹, 刘连友², 杨志鹏¹, 杜建会¹, 孟祥亮³

(1. 北京师范大学 减灾与应急管理研究院, 北京 100875; 2. 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 3. 山东省环境监测中心站, 济南 250013)

摘要: 土壤水分与土壤粒度是影响灌丛沙丘植被与沙丘演变的重要因子。通过对毛乌素沙地南缘典型灌丛沙丘土壤粒度以及4月、7月的土壤水分的测定, 揭示了沙丘各部位土层土壤含水量的时空变化特征与粒度分布规律: 由于是降雨1 h后采样, 丘间地与丘顶0–10 cm土层7月土壤含水量均随深度变化骤减。丘间地自表层至70 cm深度范围的土层, 受植被、降雨、太阳辐射等外界环境因子影响较大。丘顶四月表层被灌木老枝覆盖, 从一定程度上抑制丘顶0–30 cm土层土壤水分的蒸发, 同时增加粗糙度, 降低下垫面起沙起尘率, 从而为维持水分平衡、防沙治沙提供手段; 30–80 cm间的土层7月土壤含水量较4月土壤含水量丰富, 是由于7月正值雨季, 雨水下渗土壤含水量较高。风况、植被条件、沙面活动程度决定各部位土壤含水量的变化幅度, 根系分布与植被决定沙丘土壤水分的动态变化与拐点出现的土层深度。迎风坡、丘顶、背风坡、丘间地沉积物粒度特征相似, 均以细砂为主, 垂直结构中细砂、极细砂含量较高, 其次为粉砂。黏土、中砂、粗砂、极粗砂含量随土层深度的增加变化不大, 极细砂、细砂含量随土层深度增加变化起伏较大。

关键词: 灌丛沙丘; 土壤水分; 粒度; 时空特征

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)02-0006-04

Soil Moisture and Grain Size Characteristic of Typical Nebkhas in South Edge of Mu Us Sandland

TANG Yan¹, LIU Lian-you², YANG Zhi-peng¹, DU Jian-hui¹, MENG Xiang-liang³

(1. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environment Change and Natural Disaster, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Environmental Monitoring Station in Shanddong, Jihnan 250013, China)

Abstract: Soil moisture and particle size are important for the vegetation and evolvement of nabkhas. Based on the measurement of particle size and soil moisture in April and July of typical nebkhass in the Mu Us Sandland, the paper reveals the spatial-temporal characteristics of soil moisture at different position of the nebkhass, and the distribution law of particle size: Due to the measurement that was made 1 hour after the rainfall in July, soil moisture fell with the depth in 0–10 cm soil layer of interdune and dunetop. Soil layer of interdune from 0 cm to 70 cm was influenced by environmental factors such as vegetation, rainfall and solar radiation. At the dunetop, the topsoil was covered by old wattle of shrub, which restrained the evaporation of soil moisture in 0–30 cm soil layer, increased roughness, reduced wind speed and sand blown activity, and supplied a method to maintain water balance; in 30–80 cm soil layer, soil moisture was richer in July than in April, because July was in rainy season, rainwater infiltration lead to rich soil water. Wind condition, vegetation and dune activity decided the soil moisture change at different position. Root distribution and vegetation decided soil water dynamic and the depth that inflexion occurred. The particle size characteristic was similar that fine sand content was the highest at windward, duntop, leeward and interdune. In vertical structure, fine sand and very fine sand were high and silt was latter. Clay, medium sand, sand content changed little with the depth, very fine sand and fine sand content changed a lot with the depth.

Key words: nebkhass; soil moisture; grain size; spatial-temporal characteristic

* 收稿日期: 2008-09-21

基金项目: 十一五国家科技支撑课题(2006BAD20B02); 国家自然科学基金面上项目(40771021); 十一五国家科技支撑课题(2006BAD26B07)

作者简介: 唐艳(1983–), 山东平原人, 女, 博士研究生, 研究方向为干旱区地貌。E-mail: tangyan@ires.cn

在干旱、半干旱环境下,风沙流受灌丛阻挡,在灌丛周围堆积,从而形成一种独特的地貌类型——灌丛沙丘^[1-10],其产生和衰亡与土地退化、土地荒漠化密切相关,成为土壤风蚀和土地退化的标志^[1]。水分作为干旱、半干旱地区植被生长的主要限制因子,直接影响着植被的生存和生长^[11-14],土壤粒度对灌丛沙丘水分分布与形态演变也有着重要影响^[15-20],选取典型灌丛沙丘,通过对沙丘迎风坡、丘顶、背风坡、丘间地 4 个部位土壤含水量和粒度的对比分析,揭示灌丛沙丘各部位土层土壤含水量的时空变化特征与粒度分布特征,对于探讨灌丛沙丘演变规律、维持生态平衡,以及区域环境的恢复与重建具有重要价值。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省榆林市定边县境内,地处陕西省西北角,系陕、甘、宁、蒙四省的交界地,属黄土高原与鄂尔多斯荒漠草原的过渡地带,地理坐标为 107°15′ - 108°22′ E, 36°49′ - 37°53′ N。该区属温带半干旱大陆性季风气候,年平均风速为 3.3 m/s,盛行西北风,平均大风日数为 19.2 d,最大风速 24 m/s,多集中于冬春季节,且风沙活动频繁;年均温 7.9℃,年、日较差大,年均日照 2 743.3 h;年降水量为 316.9 mm,主要集中在 7-9 月,且雨量年际变化大,水资源匮乏;年平均无霜期 141 d,绝对无霜期 110 d。土壤贫瘠,植被稀疏,覆盖度低,固定和半固定沙丘上沙生植物为优势种^[21],以针茅(*Stipa plareosa*)、沙蒿(*Artemisia spheroccephala*)为主,灌丛沙丘普遍分布。

1.2 研究方法

1.2.1 土壤含水率的测定 选取典型的灌丛沙丘(长轴 9.4 m;短轴 7.2 m;高 1.1 m),于 2007 年 4 月与 2007 年 7 月分别进行分层取样,每层间隔 10 cm,每层取样 3 个重复,取样深度为 100 cm。4 月在丘顶、丘间地取样,7 月于降雨 1 h 后,在沙丘的迎风坡、丘顶、背风坡、丘间地取样。烘干法测定土壤含水量,计算公式见式(1)。

$$W = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_1 - W_0)} \times 100\% \quad (1)$$

式中:W——土壤含水量;W₂——铝盒与湿土重之和;W₁——铝盒与干土重之和;W₀——铝盒重。

1.2.2 土壤粒度分析 土壤粒度分析的样品采集工作于 2007 年 7 月进行,采取挖剖面采样法。选取典型沙丘(长轴 4.6 m;短轴 4.0 m;高度 0.85 m),在沙丘的迎风坡(深度 60 cm)、丘顶(深度 85 cm)、背风坡(深度 60 cm)、坡脚(深度 85 cm)分别自下而

上间隔 5 cm 进行取样,每次 3 个重复,取混合平均土样,共 58 个土壤样品。对采集的土样去除残留的枯落物后过 2 mm 筛,每种样品取土样 1~2 g,加水浸泡,加入 10% 的双氧水 5~10 ml 放于消煮,去除有机质;再加 5~10 ml 10% 的盐酸消煮,去除钙质,至无气泡产生;对样品溶液进行清洗,直至中性,然后采用马尔文激光粒度仪(Malvern 2000)测定样品粒度,其粒度范围为 0.2~2 000 μm。

2 结果与分析

2.1 沙丘土壤含水量的时间变化特征

从丘间地与丘顶土壤含水量的时间变化图(图 1)中得出,丘间地各土层含水量较相同月份丘顶各土层含水量丰富^[14],0-10 cm 的表层土壤含水量时间变化显著。

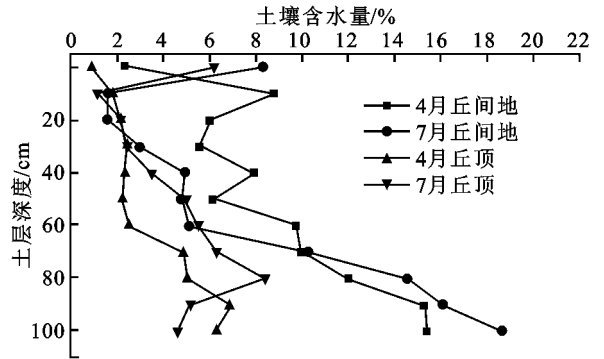


图 1 丘间地、丘顶土壤含水量的时间变化

丘间地 0-10 cm 土层 4 月的土壤含水量显著增加,从 2.34% 急剧增加至 8.84%,而 7 月由于降雨后不久采样,0-10 cm 土层的土壤含水量随土层深度的增加骤减,从 8.31% 骤减至 1.60%;10-70 cm 间的土层,4 月的土壤含水量高于 7 月的土壤含水量;70 cm 土层以下,7 月的土壤含水量高于 4 月的土壤含水量;90 cm 土层以下,土壤含水量进入稳定阶段。

丘顶 0-10 cm 土层 7 月土壤含水量显著降低,从 6.18% 降低到 1.16%;10-30 cm 土层 4 月与 7 月土壤含水量随深度变化不明显;30-80 cm 间的土层 7 月土壤含水量较 4 月土壤含水量丰富;80 cm 处,丘顶 7 月的土壤含水量出现转折;90 cm 以下,丘顶 4 月与 7 月的土壤含水量均趋于稳定。

2.2 沙丘各部位土壤含水量的垂直变化特征

由于 7 月是降雨后不久采样,植被截留部分降雨,迎风坡、丘顶、背风坡以及丘间地 0-10 cm 土层的土壤含水量随土层深度增加均降低,分别从 7.36%、6.18%、2.40%、8.31% 降低至 2.73%、1.16%、1.59%、1.60%,降低幅度分别达到 62.8%、81.3%、34%、81%。40 cm 以下各部位的土壤含水

量差异显著。丘间地随土层深度变化不大,迎风坡各部位受风况、植被等影响,土壤含水量随深度变化较大,丘顶、背风坡随土层深度较迎风坡各土层土壤含水量变化幅度小,这与沙丘不同位置的沙面活动程度有关^[22]。迎风坡、丘顶、背风坡土壤含水量的垂直变化均存在拐点:50、80 cm 处为迎风坡土壤含水量变化的拐点,80、70 cm 分别为丘顶、背风坡土壤含水量的转折点。丘间地土壤含水量随深度增加有增高的趋势,遵循土壤水分垂直变化的一般特征,90 cm 以下迎风坡、丘顶、背风坡的土壤含水量进入相对稳定层(图 2)。

2.3 沙丘各部位沉积物粒度分析

灌丛沙丘由于受植被、微生物、成土过程的影响,剖面没有明显的分层构造,迎风坡、丘顶、背风坡

与丘间地沉积物粒度特征相似,均以细砂为主,分别占 54.25%、60.19%、57.08%、58.90%,其次为极细砂,再次为粉砂,黏土、中砂含量很少,粗砂含量甚微,极粗砂含量为 0。

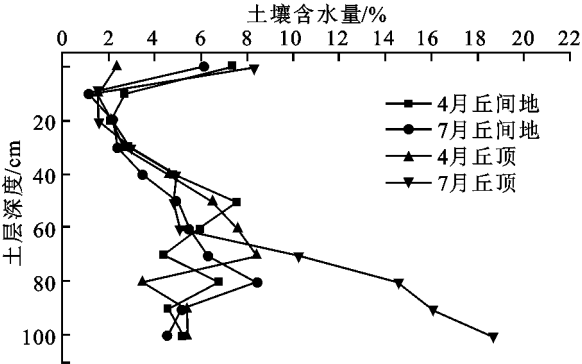


图 2 7 月沙丘各部位土壤含水量的垂直变化

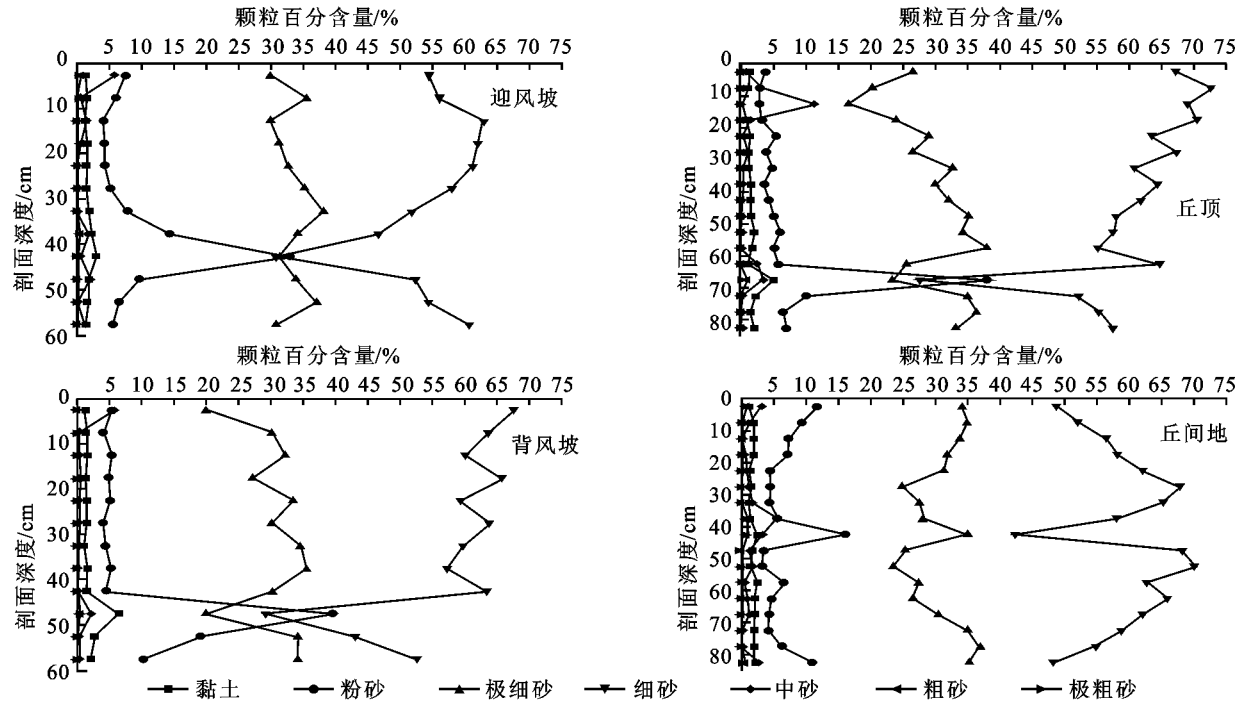


图 3 沙丘各部位粒度的垂直分布

迎风坡、丘顶、背风坡、丘间地沉积物垂直结构的粒度分析显示(图 3),细砂、极细砂含量最高,其次为粉砂。黏土、中砂、粗砂、极粗砂含量随土层深度的增加变化不大,大都低于 5%,极细砂、细砂含量随土层深度增加变化起伏较大,且迎风坡、背风坡、丘间地的黏土、粉砂、极细砂、细砂、中砂含量均在 45 cm 左右的土层变化最为剧烈,45 cm 粉砂含量增至最高点,分别为 32.99%、39.53%、16.06%,细砂含量则骤减至最低点,分别为 30.95%、29.09%、42.24%,接近极细砂含量,45 cm 土层以下,迎风坡与丘间地的粉砂、极细砂、细砂含量逐渐恢复至初始水平。

丘顶沉积物的粒度垂直分布与迎风坡、背风坡、丘间地沉积物的粒度分布具有差异性,黏土、粉砂、

极细砂、细砂、中砂含量均在 65 cm 左右的土层发生剧烈变化,深度较迎风坡、背风坡、丘间地深,且变化趋势与背风坡沉积物粒度分布较为一致。

3 结论与讨论

(1)7 月由于是降雨 1 h 后采样,丘间地与丘顶 0-10 cm 土层土壤含水量均随深度变化骤减。

丘间地 4 月无植被覆盖,0-10 cm 土层土壤含水量随深度骤增;10-70 cm 土层间,4 月的土壤含水量高于 7 月的土壤含水量;70 cm 土层以下,7 月的土壤含水量高于 4 月的土壤含水量;90 cm 土层以下,土壤含水量进入稳定阶段,表明丘间地自表层至 70 cm 深度范围的土层,受植被、降雨、太阳辐射等外界环境因子影响较大。

丘顶 0–30 cm 的表土层 4 月土壤含水量随深度变化不明显, 是由于 4 月的表层被灌木老枝覆盖, 从一定程度上抑制了表层土壤水分蒸发, 另一方面增加了地表粗糙度, 降低下垫面起沙起尘率, 从而为维持水分平衡、防沙治沙提供手段; 30–80 cm 间的土层 7 月土壤含水量较 4 月土壤含水量丰富, 是由于 7 月正值雨季, 雨水下渗, 土壤含水量较高; 80 cm 处, 丘顶 7 月的土壤含水量出现转折, 表明生长旺盛的植被根系大致分布在 80 cm 左右, 截留了大量的土壤水分; 90 cm 以下, 丘顶 4 月与 7 月的土壤含水量均趋于稳定。

(2) 由于 7 月是降雨后 1 h 采样, 植被截留部分降雨, 迎风坡、丘顶、背风坡以及丘间地 0–10 cm 土层的土壤含水量随土层深度增加均降低。沙面活动程度影响沙丘不同位置土壤含水量的变化幅度^[22], 风况、植被条件对含水量变化也具有一定作用。根系截留大量的土壤水分用于植被的生长需要, 其分布范围决定了沙丘土壤水分的动态变化^[4], 但由于植被生长种类的不同, 出现拐点的土层深度具有差异性。

(3) 灌丛沙丘剖面无明显分层构造。迎风坡、丘顶、背风坡、丘间地沉积物粒度特征相似, 均以细砂为主, 其次为极细砂, 再次为粉砂, 黏土、中砂含量很少, 粗砂含量甚微, 无极粗砂。这主要是由于该研究区位于黄土高原与鄂尔多斯荒漠草原的过渡地带。垂直结构的粒度显示, 细砂、极细砂含量最高, 其次为粉砂。黏土、中砂、粗砂、极粗砂含量随土层深度的增加变化不大, 极细砂、细砂含量随土层深度增加变化起伏较大, 且迎风坡、背风坡、丘间地、丘顶的黏土、粉砂、极细砂、细砂、中砂含量变化最为剧烈的土层深度有所差异, 初步推断是由于根系分布深度不同, 对颗粒的粘结作用深度不同, 需在以后的实验中验证。

参考文献:

- [1] Tengberg A. Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso [J]. *Journal of Arid Environment*, 1995, 30: 265–282.
- [2] 武胜利, 李志忠, 肖晨曦, 等. 灌草丛沙堆的研究进展与意义[J]. *中国沙漠*, 2006, 26(5): 734–738.
- [3] Cooke R U, Warren A, Goudie A S. *Desert Geomorphology* [M]. London: UCL Press, 1993: 526.
- [4] Tengberg A, Deliang Chen. A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso [J]. *Geomorphology*, 1998, 22: 181–192.
- [5] Khalaf F I, Misak R, Al-Dousari A. Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia [J]. *Journal of Arid Environment*, 1995, 29: 267–292.
- [6] Hesp P A. The formation of shadow dunes [J]. *Sedimentary Petrology*, 1981, 51: 101–112.
- [7] Magdy I. El-Bana, Ivan Nijs, et al. Microenvironmental and vegetational heterogeneity induced by phytogenetic nebkhas in an arid coastal ecosystem [J]. *Plant and Soil*, 2002, 247: 283–293.
- [8] Bahre C J, Shelton M L. Historic vegetation change, mesquite increases and climate in southeastern Arizona [J]. *Journal of Biogeography*, 1993, 20: 489–504.
- [9] York J C, Dick-Peddie W A. Vegetation changes in southern New Mexico during the past hundred years [C]//Ginnies W G, Goldman B J. *Arid Lands in Perspective*, 1969: 156–157.
- [10] De Soyza A G, Whitford W G, Van Zee J W, et al. Early warning indicators of desertification examples from the Chihuahuan Desert [J]. *Journal of Arid Environments*, 1998, 39: 101–112.
- [11] 何其华, 何永华, 包维楷. 干旱半干旱山地土壤水分动态变化[J]. *山地学报*, 2003, 21(2): 149–156.
- [12] 韩胜利, 叶冬梅, 秦佳琪, 等. 乌兰布和沙漠白刺灌丛土壤水分及物理特性的研究[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(4): 506–510.
- [13] 李红丽, 董智, 王林和. 浑善达克沙地流沙与 4 种植物群落土壤水分时空变化的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(3): 169–174.
- [14] 格日乐, 张力, 刘军, 等. 库布齐沙漠人工梭梭林地土壤水分动态规律的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(6): 173–177.
- [15] Bagnold R A. The size-grading of sand by wind. *Proceeding of the Royal Society of London* [M]. The Royal Society, London, 1937, 163: 250–264.
- [16] Bagnold R A, Barndorff-Nielsen O E. The pattern of natural size distributions [J]. *Sedimentology*, 1980, 27: 199–207.
- [17] Tsoar H. Two-dimensional analysis of dune profiles and the effect of grain size on sand dune morphology [M]//EL-Baz F, Hassan M H A. *Physics of Desertification*. Martinus Nijhof, The Hague, 1986: 94–108.
- [18] Pye K, Tosar H. *Aeolian Sand and Sand Dunes* [M]. London: Unwin Hyman, 1990: 396.
- [19] Lancaster, N. *Geomorphology of Desert Dunes* [M]. London: Routledge, 1995: 290.
- [20] Wang Xunming, Dong Zhibao, et al. Grain size characteristics of dune sands in the central Taklimakan San Sea [J]. *Sedimentary Geology*, 2003, 161: 1–14.
- [21] 王蕾, 王志, 刘连友, 等. 沙柳灌丛植株形态与气流结构野外观测研究[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(11): 2007–2011.
- [22] 兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所. 包兰铁路沙坡头段固沙原理与措施 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1991: 22–31.