

青海湖防沙工程措施区土壤水分及入渗特征初步研究

展秀丽¹, 严平², 王宁³, 杨典正², 齐彪²

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021;

2. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 3. 青海省农林科学院, 西宁 810000)

摘要:选取青海湖沙区(克土和湖东种羊场)的草方格沙障,主要研究防沙措施的实施对该地区沙土物理性质的影响,采用烘干法和张力入渗仪对其土壤重量含水率及饱和导水率进行了测定。研究表明:克土和湖东种羊场的土壤含水率随深度变化都基本符合先增加后下降的趋势;土壤饱和导水率在克土区表现为半流动沙丘>丘间低地>坡底草方格>封沙育草区,湖东种羊场表现为:迎风坡中部草方格>坡底草方格。坡底沙土的入渗较迎风坡中部慢,主要与土壤粒度和含水率有关。粗砂含量较高、土壤水分较低的土壤表层渗透较快,而植被盖度较高并且有结皮的土壤表层渗透较慢。

关键词:草方格; 土壤水分; 饱和导水率; 青海湖沙区

中图分类号:S152.7+2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0033-04

Preliminary Study on Soil Water and Permeability Characteristics of Desertification Combating Areas Exerted by Engineering Measures around Qinghai Lake

ZHAN Xiu-li¹, YAN Ping², WANG Ning³, YANG Dian-zheng², QI Biao²

(1. School of Recourses and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal

University, Beijing 100875, China; 3. Qinghai Academy of Agriculture and Forestry, Xi'ning 810000, China)

Abstract: This study selected straw sand-barriers in Qinghai Lake areas, to study desertification combating measures how to influence sandy soil, measuring soil water by drying method and saturated hydraulic conductivity by tension infiltration. The preliminary results were obtained: in Ketu area, soil water content of the straw sand-barriers of semi-mobile dune, the mobile dune, the interdune, the fenced area, and the straw sand-barriers in the bottom of slope, the middle of windward and the bottom of slope of the east of Lake all first increased nearly, then it showed the reducing trend. The saturated hydraulic conductivity in Ketu area, the semi-mobile dune>the interdune>the straw sand-barriers in the bottom of slope>the fenced area, and in the east of Lake, the middle of windward was higher than the bottom of slope. The saturated hydraulic conductivity was related with the sand soil particle, soil water, vegetation cover and soil crust.

Key words: straw checkerboard; soil water content; saturated hydraulic conductivity; Qinghai Lake

土壤水分及土壤饱和导水率作为土壤的重要性质^[1-2],是土壤—植物—大气连续体的一个关键因子^[1],土壤水分动态可以指示局地气候、地形、土壤和植被之间的相互作用与反馈关系^[3]。在沙漠化地区,土壤水分的特性对植被生长、沙丘固定等的作用不言而喻,是植物生长及分布的主要限制因子^[4]。沙区土壤水分及入渗特征的研究对于土壤水平衡及水土保持有着重要意义,也是一个重要的生态指标。目前

关于土壤入渗特征的研究大部分针对农田土壤^[5]、草地^[6]、林地^[7]等,而在干旱区沙地的应用研究较少,张鼎华等^[8]研究了沙地土壤有机质与土壤水动力学参数,吕贻忠等^[9]研究了荒漠结皮对土壤入渗的影响,其他对于沙土入渗的研究鲜有报道。为了深入了解青海湖流域沙地的土壤特征及沙漠化防治的生态恢复效应,首先要认识该区沙土的物理特性。因此,本研究对青海湖地区已有的防沙治沙措施区的土壤含水率及

收稿日期:2011-01-12

修回日期:2011-08-11

资助项目:国家科技支撑项目(2007BAC30B05-01,2006BAD26B03)

作者简介:展秀丽(1983—),女,甘肃人,博士,讲师,主要从事防沙治沙与生态恢复研究。E-mail:zhanxiuli@mail.bnu.edu.cn

通信作者:严平(1966—),男,安徽人,教授,主要从事土壤风蚀控制研究。E-mail:yping@bnu.edu.cn

饱和和导水率的现状特征进行测定,以补充青海湖流域沙地土壤物理特性的研究,同时为将来进一步开展青海湖流域沙漠化土地防治技术研究提供理论借鉴。

1 研究区概况与试验方法

1.1 研究区概况

青海湖流域沙漠化土地主要分布在湖东、湖东北一带的海晏县克土、大小占岭至共和县倒淌河一带;尕斯库勒湖、草场、甘子河、沙陀寺至布哈河、鸟岛、布哈河以南^[10]。截至二十一世纪初,青海湖地区沙漠化土地面积已达 11.71 万 hm²,其中流动沙地 5.0 万 hm²,占 42.7%,半固定沙地 0.7 万 hm²,占 5.8%,固定沙地 1.7 万 hm²,占 14.2%,其余为潜在沙漠化土地。

海晏克土沙区位于青海湖东,海晏县属于高原亚干旱气候,年平均气温约 1.5℃,年日照时数约 2 980 h,年降水量约 400 mm,无绝对无霜期,全年多西北

风。湖东种羊场,属共和县管辖,地处青海湖东南面,该区干旱多风沙,降雨量少,蒸发量大。固定、半固定和流动沙丘分布面积较大。海晏克土沙区自 1980 年以来开始封沙育草,之后逐渐开始设置草方格沙障^[4],截至 2004 年,设置草方格已达 0.014 万 hm²。草方格内人工栽植的植被主要有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、沙蒿(*Artemisia desertorum Spreng*)等。湖东种羊场的草方格为 2007—2008 年设置,人工种植植被主要是沙棘,植株较小。

1.2 试验方法

2009 年 7 月,本研究分别在青海湖流域的湖东种羊场及克土草方格固沙区设置样方,进行相关指标的测定。在设置的样方(表 1)内,主要测定的土壤指标有土壤水分、土壤入渗及土壤粒度组成。其中土壤水分,分层取样(0—5,5—10,10—15,15—20,20—30,30—50,>50 cm),采用烘干法测定。土壤粒度采用马尔文粒度分析仪测定。

表 1 样方基本情况

| 土壤样品 | 样方编号 | 纬度 | 经度 | 海拔/m | 生境特征 |
|-------|--------|-------------|--------------|---------|-------------------------------|
| 克土 | KT03 | 36°50′02.4″ | 100°50′13.6″ | 3238.20 | 半流动沙丘,青杨栽植区,2 m 株距 |
| | KT—QJD | 36°49′49.0″ | 100°50′07.7″ | 3247.50 | 丘间地,大量沙蒿,人工曾经种植沙棘,沙棘现存较少,植株较小 |
| | KT | 36°50′02.4″ | 100°50′13.6″ | 3255.2 | 流动沙丘,几乎无植被覆盖 |
| 湖东种羊场 | KT06 | 36°50′03.0″ | 100°50′11.6″ | 3249.7 | 丘间地,草方格,沙棘、杨树 |
| | KT14 | 36°50′10.0″ | 100°50′10.8″ | 3260.3 | 早期封育区,植被盖度较高 |
| | HD01 | 36°45′19.1″ | 100°46′04.6″ | 3216.7 | 迎风坡草方格,沙棘栽植区 |
| | HD02 | 36°45′17.1″ | 100°46′04.8″ | 3212.4 | 坡底草方格 |

入渗的测定使用 SW080B 张力入渗仪,具体实验步骤:①移除大约直径 40 cm,厚 2~3 cm 的土壤表面,将直径 20 cm 的金属圆环放在将要测量的土壤表面上,用沙子填充圆环。②将金属圆环周围的沙子清理后拿掉金属圆环,将张力入渗仪放在沙子上,确保入渗盘与沙子充分接触,调整入渗仪的高度,使其底部与入渗盘所在地面处于同一高度,以便保证气体收集管中的张力与土壤表面张力相同。③设定不同的张力值。④开始测量,使用秒表记录。

土壤表面入渗速率每次测定时间在 20 min 左右,水分消耗可以从储水管刻度上直接读出,张力测定从高测量值开始。根据 WOOD 于 1968 年提出的土壤稳态入渗速率公式,经推导得出饱和和导水率的计算公式:

$$K_{\text{sat}} = \frac{Q(h_i)}{\pi r^2 \exp(\alpha h_i) (1 + \frac{4}{\pi r \alpha})}$$

式中: K_{sat} ——饱和和导水率(mm/min); α ——饱和和

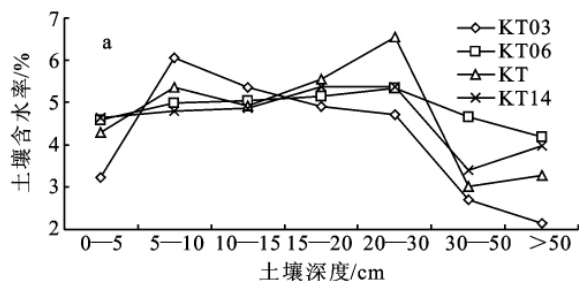
水系数; h_i ——加在土壤表面的张力(cm); $Q(h_i)$ ——张力为 h_i 时单位时间内渗入土壤的水分体积(cm³); r ——圆盘半径(cm)。

2 结果与分析

2.1 土壤水分

2.1.1 克土 在克土,分别选择流动沙丘(KT)、半流动沙丘(KT03)、丘间地(KT—QJD)、沙丘坡底的草方格(KT06)等典型区,进行试验。如图 1a 所示,流动沙丘的土壤含水率随深度的变化趋势表现为 0—30 cm 增加,以后开始下降。半流动沙丘的草方格内,土壤含水率随深度变化是 0—10 cm 呈增加趋势,10 cm 以下呈逐渐下降趋势。半流动沙丘的草方格内土壤含水量在 5—10 cm 时达到最大,而流动沙丘在 20—30 cm 深处达到最大值,很可能是由于流动沙丘蒸发较大,表层水分散失较快,半流动沙丘有一定的植被覆盖有关,土壤表层的水分蒸发较流动沙丘弱。坡底的草方格内土壤含水率随深度的变化较半

流动沙丘和流动沙丘变化较缓,同样也表现为先随深度增加然后下降的规律。路边早期封沙育林区,沙丘已固定,植被覆盖度较高,土壤含水量随深度变化较平缓,在 20—30 cm 处达到最大,然后下降。早期的



封育区植被恢复程度较好,该区实施防护措施较早,目前植被覆盖度已经相当高,在很大程度上减弱了土壤水分的蒸发,再者,植物对降雨的截流,使得土壤表层含水量较其他点高。

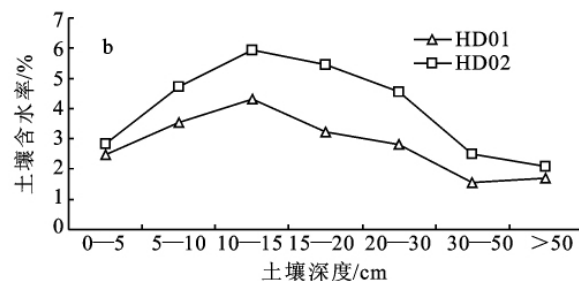


图 1 草方格内土壤含水率随深度变化

2.1.2 湖东种羊场—草方格区 分别在草方格固定沙丘的迎风坡中部(HD01)及坡底(HD02)挖土壤剖面,进行试验。结果如图 1b 所示,土壤含水率随深度的变化趋势在迎风坡和坡底基本一致,在 10—15 cm 处,水分较高,随后逐渐降低。土壤含水率随深度变化都基本符合先增加后下降的趋势。湖东种羊场的草方格表层的土壤含水率较其他样点低,究其原因,一方面是湖东种羊场的降雨量与克土一带有所不同,另一方面,该区的草方格是 2007—2008 年设置,植物长势也较克土一带的植被长势弱,目前,植被主要起到固沙的作用,而对土壤系统的恢复影响表现较弱。

本研究区的土壤含水率主要受到植被的恢复状况及测定时降雨的影响。本次土壤含水率的测定是在 7 月中下旬采样并测定的,该季节是青海湖流域降水较丰沛的时节,降雨可能成为了影响土壤含水量的主要因子之一,土壤含水率随深度变化都基本趋于降低趋势。表层含水量较早季干沙层高,较其它季节湿润。当然,沙土水分的变化不仅受到降水及植被的影响,同时蒸发、土壤结构、土壤结皮等因素也对其有一定的影响。

2.2 入渗特征

在克土一带,分别选取了半流动沙丘(KT03)、丘间地(KT—QJD)、坡底草方格(KT06)、早期封沙育草区(KT14),在湖东一种羊场,选取迎风坡中部(HD01)和坡底(HD02)的草方格设置区,进行张力入渗试验,对两个试验区的土壤入渗特征进行研究。根据公式(1)计算得饱和导水率 K_{sat} ,迎风坡中部(HD01)的饱和导水率平均值为 80.85 mm/min,坡底(HD02)的平均值为 28.74 mm/min,很明显,坡底沙土的入渗较坡中部的慢,这是由于两地的土壤表层性质不同,详见图 2。从图 1(b)还可以看出,坡底(HD02)的土壤含水率高于坡中部(HD01)。克土区,

半流动沙丘(KT03),草方格内植被长势较差,土壤饱和和导水率为 121.97 mm/min。坡底草方格(KT06)内植物配置为一行沙棘,一行青杨,成活率较高,长势较好,平均饱和导水率为 24.71 mm/min。丘间地(KT—QJD)治理已久,现存植株较小,盖度 30%~40%,平均饱和导水率为 33.84 mm/min。封沙育草区(KT14),植被盖度较高,达 80%~90%,土壤表层有结皮,饱和导水率平均值为 8.40 mm/min。

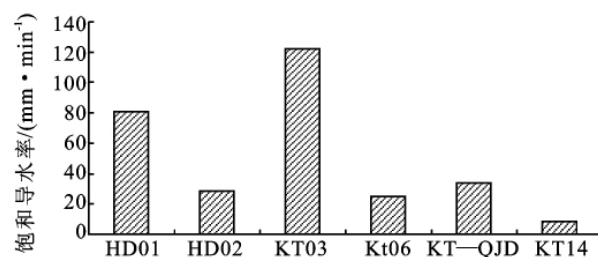


图 2 土壤饱和导水率

土壤饱和导水率受土壤质地、结构、有机质、盐分等因素的影响^[11],一般而言,土壤质地越粗,饱和导水率越大^[2,11]。

由表 2 可以看出,半流动沙丘的沙土颗粒组成以中沙和粗沙含量为主;丘间地沙土颗粒组成中沙含量最高,细沙次之;坡底草方格沙粒组成中沙含量最高,粗沙次之;早期封沙育草区同样中沙含量最高,细沙含量较高。湖东种羊场,迎风坡中部沙粒以细沙和中沙相当,坡底以细沙为主。因此,颗粒较粗的地表土壤饱和导水率值较高,克土一带的土壤饱和导水率:半流动沙丘(KT03)>丘间地(KT—QJD)>坡底草方格(KT06)>早期封沙育草区(KT14)。在湖东种羊场,迎风坡土壤质地相对较粗,迎风坡中部(HD01)>坡底(HD02)。另外,土壤含水量对土壤饱和导水率也有一定的影响,本次野外测定在 7 月中下旬,此时该区域连续降水,沙土的表层较湿,对测定结果会产生一定的影响。

表 2 0—30 cm 沙土粒度分布 %

| 样方 | >0.5 mm 粗沙 | 0.5~0.25 mm 中沙 | 0.25~0.10 mm 细沙 | 0.05~0.10 mm 极细沙 | <0.05 mm 粉沙 |
|--------|------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
| KT03 | 45.612 | 53.047 | 1.341 | 0 | 0 |
| KT—QJD | 13.797 | 53.850 | 24.478 | 1.617 | 6.258 |
| KT06 | 33.535 | 49.541 | 13.196 | 1.105 | 2.623 |
| KT14 | 6.496 | 52.338 | 33.334 | 0.847 | 6.985 |
| HD01 | 6.385 | 43.355 | 45.473 | 1.915 | 2.871 |
| HD02 | 0 | 22.630 | 72.283 | 1.473 | 3.614 |

3 结论与讨论

3.1 结 论

(1)克土地区流动沙丘的土壤含水率随深度的变化趋势表现为 0—30 cm 增加,之后下降。半流动沙丘的草方格内,土壤含水率随深度变化是 0—10 cm 增加,以后逐渐下降。坡底的草方格内土壤含水率随深度的变化较半流动沙丘和流动沙丘变化较缓,呈现先随深度增加后下降的规律。湖东种羊场,迎风坡中部及坡底的土壤含水率随深度变化趋势,迎风坡和坡底基本一致,在 10—15 cm 处,水分较高,随后逐渐降低。总之,土壤含水率随深度变化都基本符合先增加后下降的趋势。

(2)克土地区的土壤饱和导水率表现为半流动沙丘>丘间低地>坡底草方格>早期封沙育草区;湖东种羊场—草方格设置内的土壤饱和导水率表现为坡中部>坡底草方格。坡底沙土的入渗较迎风坡中部慢,主要与土壤粒度和含水率有关。粗砂含量较高、土壤水分较低的土壤表层渗透较快,而植被盖度较高,并且表层已经形成了一定的结皮厚度,土壤表层渗透较慢。

3.2 讨 论

风沙土土壤含水量除了受降水、植被覆盖的影响外,还会受到风沙土的结构、结皮等因素的影响。7 月份青海湖沙区降雨集中,对风沙土含水率的变化及土壤饱和导水率的测定结果会产生一定的影响。本研究测定的结果,较已有沙地研究的饱和导水率高^[9],主要是由于各地风沙土特征的差异及客观环境不同。将来可以考虑使用其他入渗测定方法继续开展沙地饱和导水率的研究,以便精确得出沙地土壤入渗特征及其规律。该研究仅仅是土壤水分动态监测的一部分,要掌握本研究区风沙土土壤水分的季节性动态变化,还需要对水分突变的季节进行及时监测,

这样可以更加精确地确定土壤特性指标。

从本文的测定结果来看,封育时间较长的区域,沙丘已经完全固定,表层土壤的粒度也较细,植被起到了重要的作用。封育作为在干旱区一种较适宜的防治土地沙化的措施,成本低,但由于封育实现效果的期限较长,而且在牧区,牲畜依然可以进入封育区,植被和土壤不可避免地遭到破坏。

参考文献:

[1] 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.

[2] 胡伟,邵明安,王全九,等. 取样尺寸对土壤饱和导水率测定结果的影响[J]. 土壤学报,2005,42(6):1040-1043.

[3] 潘颜霞,王新平,苏延桂,等. 荒漠人工固沙植被区土壤水分的时空变异性[J]. 生态学报,2009,29(2):993-1000.

[4] 李新荣,马凤云,龙立群,等. 沙坡头地区固沙植被土壤水分动态研究[J]. 中国沙漠,2001,21(3):217-222.

[5] 樊军,邵明安,王全九. 田间测定土壤导水率的方法研究进展[J]. 中国水土保持科学,2006,4(2):114-119.

[6] 张扬,赵世伟,华娟. 宁南山区草地植被恢复方式对土壤饱和导水率的影响[J]. 中国水土保持科学,2009,7(5):100-104.

[7] 陈丽华,余新晓. 晋西黄土地区水土保持林地土壤入渗性能的研究[J]. 北京林业大学学报,1995,17(1):42-47.

[8] 张鼎华,翟明普,贾黎明,等. 沙地土壤有机质与土壤水动力参数的关系[J]. 中国生态农业学报,2003,11(1):74-80.

[9] 吕贻忠,杨佩国. 荒漠结皮对土壤水分状况的影响[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(2):76-79.

[10] 张登山,武健伟,鲁瑞洁,等. 环青海湖区沙漠化综合治理规划研究[J]. 干旱区研究,2003,20(4):307-311.

[11] 陈效民,潘根兴,王德建,等. 太湖地区农田生态环境中土壤饱和导水率研究[J]. 水土保持通报,2000,20(5):11-12.