

青海省刚察县吉尔孟地区不同厚度土壤水分研究

赵景波^{1,2}, 魏君平¹, 邵天杰¹

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;

2. 中国科学院 地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075)

摘要: 通过土壤含水量测定,对青海湖西部天然草地不同厚度土壤含水量等问题进行了研究。结果表明,吉尔孟厚土层和薄土层土壤含水量均呈现随深度增加而逐渐降低的趋势。在相同土壤厚度条件下,低草地土壤含水量比高草地含水量高。在植被相同条件下,厚土层含水量比薄土层的含水量高。草地厚土层在 80 cm 深度出现土壤干层,指示当地的土壤下部水分不足。30 cm 厚度的薄土层高草地和 30 cm 厚度的薄土层低草地分别在 21 和 24 cm 出现了含水量低于 11% 的干化现象。厚土层上部 30 cm 含水量比 30 cm 厚度的薄土层含水量高 12.4%。吉尔孟土壤水分的突出特点是上部含水量高,说明该区土壤水分具有在上部聚集的特点,这是该区土壤冻结期较长和蒸发及蒸腾较少造成的,土壤水分在上部聚集对草原植被生长是有利的。由于该区土壤下部水分不足,该区应该发展耐旱牧草和其他耗水较少的草原植被,不适于发展深根系耗水较多的植被。

关键词: 土壤含水量; 薄土层; 厚土层; 高草地; 低草地; 青海湖地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0068-06

中图分类号: P641.131

Soil Moisture of Different Thicknesses in Jiermeng Area of Gangcha County, Qinghai Province

ZHAO Jing-bo^{1,2}, WEI Jun-ping¹, SHAO Tian-jie¹

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University;

Xi'an, Shaanxi 710062, China; 2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology,

Earth Environment Institute, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: The variation of soil moisture content of different thicknesses in the western Qinghai Lake was investigated based on the measurements of soil moisture content. Results showed that the soil moisture contents of thick and thin soil layers in Jiermeng area gradually decreased with the increased depth. In the same soil thickness, the soil moisture content in short grass land was higher than that in tall grass land. Under the same vegetation conditions, the soil moisture content of thick soil layer was higher than that of thin soil layer. A soil dry layer appeared at 80 cm depth in thick soil layer, indicating the local moisture deficiency in the lower part of the soil layer. The soil moisture content of thin soil layer(30 cm thickness) presented a drying phenomenon, with less than 11% of the moisture content at the 21 cm depth in tall grass land and 24 cm depth in short grass land, respectively. Soil moisture in Jiermeng area was outstandingly characterized by the higher moisture content in the upper part of soil layer, implying that there was a gather characteristic in the upper part. The outstanding characteristic was mainly caused by longer freezing period and less transpiration and evaporation, and it was beneficial to develop grassland vegetation. Because of the local moisture deficiency in the lower part of soil layer, the region is suitable for the development of drought-resistant and low water consumption vegetation and is not suitable for the development of vegetation with deep root and high water consumption.

Keywords: soil moisture content; thin soil layer; thick soil layer; tall grass land; short grass land; Qinghai Lake area

收稿日期: 2011-10-08

修回日期: 2012-04-19

资助项目: 国家科技支撑计划项目“青海湖流域生态和环境监测与评估技术”(2007BAC30B01)

作者简介: 赵景波(1953—), 男(汉族), 山东省滕州市人, 教授, 博士生导师, 主要从事环境科学研究。E-mail: zhaobjb@snnu.edu.cn。

土壤水分在区域农业生产、水资源利用、环境治理以及生态恢复中有着重要意义。目前,对黄土高原地区土壤水分含量与分布规律已做了大量的研究,已认识到土壤干层的存在是影响该区水循环、水土保持和植被建设的一大瓶颈^[1-4]。土壤干层是半干旱和半湿润环境下,由于降水不足,在植物的蒸散和土壤蒸发双重作用下,土壤水分出现负补偿,从而在土体的一定深度形成稳定的低湿层^[5]。青海湖流域位于青藏高原东北部,为气候变化敏感区和生态环境脆弱区。近年来,受人类活动和全球变暖趋势的影响,青海湖流域草地退化与沙漠化加剧,生物多样性锐减,生态环境问题较为突出^[6-12]。过去对青海湖流域土壤水分研究较少,对不同厚度和不同草地的对比研究更少。本文依据青海湖西北吉尔孟附近土壤含水量测定,探讨了不同厚度土壤和不同植被类型土壤含水量差异,土壤干层发育状况及适于发展的植被,以期对青海湖流域生态环境保护和综合治理提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

青海湖西侧吉尔孟乡隶属于青海省海北藏族自治州刚察县,是环湖重点牧业县之一,草原面积占土地总面积的89%。该区为典型的高原大陆性气候,气候寒冷干燥。县境年平均降水量为381.8 mm,降水主要集中在6—9月。年平均气温-0.3℃,1月平均气温-13.5℃,7月平均气温10.9℃。地势由西北向东南倾斜,平均海拔约3300.5 m,绝大部分地区海拔在3500 m以上。县境北部多高山,南部为青海湖湖滨平原。

2011年8月中旬,我们在刚察县吉尔孟乡分别选取了2个厚土层采样点和2个薄土层采样点进行采样研究。采样点位于吉尔孟乡原火车站东南方约200 m,南距青藏铁路南约150 m,距离青海湖西北侧约3 km,地理坐标为37°08′38″N,99°37′34.1″E,海拔3236 m,地势平坦。该区土壤为栗钙土,植被为高寒草甸草原,草群高度为20~30 cm,以禾本科牧草为主,覆盖度80%左右。2个厚土层采样点利用轻型人力钻分别采取8个钻孔的样品,其中高草地(植被高度在30~80 cm,覆盖度80%以上)和低草地(植被高度在3~15 cm,覆盖度60%~90%)各8个钻孔,每个钻孔间隔1~5 m。各样点取样深度取决于土层厚度,一般将细粒土层全部打穿,钻孔深度一般为1.5~2 m,取样间距为10 cm。2个薄土层采样点土壤厚度分别为20和30 cm,其中在高草地20 cm厚度的土层和30 cm厚度的土层各采4个钻孔的样品,低草

地20 cm厚度的土层和30 cm厚度的土层各4个钻孔的样品,取样间距为3 cm。含水量测定采用烘干称重法。为防止水分散失,在采样现场进行烘干前的土壤样品称重。烘干温度为105℃,烘干时间为24 h,烘干前后土重用高精度电子天平称重。

2 厚土层含水量测定结果

2.1 厚土层高草地含水量测定结果

由各钻孔剖面含水量测定结果可知,含水量均呈现随深度增加而逐渐降低的趋势。钻孔1(图1a)含水量变化范围为2.3%~23.4%,平均为14.4%。根据含水量的变化可划分为深度10—60,70—90,100—150 cm这3层,平均含水量分别为22.6%,16.2%,5.4%,变化范围分别为20.7%~23.4%,13.4%~19.0%和2.3%~10.5%。钻孔2(图1a)含水量变化范围为2.4%~22.8%,平均为11.2%。可划分为10—50,60—80,90—150 cm这3层,平均含水量比钻孔1略低。钻孔3(图1b)含水量变化范围为2.2%~25.8%,平均为15.1%。可划分为10—70,80—110,120—150 cm这3层,含水量分别为21.3%,16.1%,3.3%,变化范围分别为18.0%~25.8%,15.0%~17.5%和2.2%~5.5%。钻孔4(图1b)含水量变化范围为2.7%~29.5%,平均含水量为15.6%。可划分为10—60,70—100,110—140 cm这3层,含水量分别为24.3%,14.4%,3.7%,变化范围分别为20.0%~29.5%,11.9%~16.1%和2.9%~5.1%。钻孔5(图1c)含水量变化范围为2.86%~28.2%,平均为14.9%。可划分为10—60,70—140 cm这2层,含水量分别为26%,6.7%,变化范围分别为21.6%~28.2%和2.9%~14.2%。钻孔6(图1c)含水量及变化与钻孔5相近。钻孔7(图1d)含水量变化范围为3.0%~27.3%,平均为13.8%。可划分为10—60,70—90,100—160 cm这3层,含水量分别为23.9%,16.7%,3.8%,变化范围分别为20.6%~27.3%,14.0%~18.5%和3.0%~4.8%。钻孔8(图1d)含水量变化与钻孔7基本相同。

2.2 厚土层低草地含水量测定结果

由钻孔剖面含水量测定结果可知,钻孔1(图2a)含水量变化范围为2.3%~29.6%,平均为14.4%,随深度增加呈降低趋势。根据含水量变化可分为10—60,70—100,110—150 cm这3层,平均含水量分别为26.0%,10.6%,3.5%,变化范围分别为20.9%~29.6%,5.5%~16.0%和2.3%~4.3%。钻孔2(图2a)含水量变化范围为0.2%~28%,平均为13.4%,根据含水量的变化可划分为10—50,60—

90,100—150 cm 这 3 层,平均含水量分别为 25.7%, 15.6%,1.8%,变化范围分别为 23.8%~28.0%, 15.0%~19.1%和 0.2%~4.7%。钻孔 3(图 2b)含水量变化范围为 2.1%~27.3%,平均为 14.8%,根据含水量的变化可划分为 10—50,60—90,100—140 cm 这 3 层,平均含水量分别为 25.5%,15.4%, 3.6%,变化范围分别为 23.1%~27.3%,11.0%~18.9%和 2.1%~7.9%。钻孔 4(图 2b)含水量与变化和钻孔 3 基本相同。钻孔 5(图 2c)含水量变化范围为 2.5%~34.0%,平均为 18.2%,可分为 10—60,70—90,100—140 cm 这 3 层,平均含水量分别为

29.5%,18.5%,4.5%,变化范围分别为 24.6%~34.0%,17.5%~19.6%和 2.5%~6.5%。钻孔 6(图 2c)含水量变化与钻孔 5 类似,但含水量明显低。钻孔 7(图 2d)含水量变化范围为 4.6%~31.4%,平均为 16.4%,可分为 10—60,70—150 cm 这 2 层,平均分别为 29.1%,8.1%,变化范围分别为 24.3%~33.5%和 4.6%~16.7%。钻孔 8(图 2d)含水量变化范围为 4.6%~33.5%,平均为 13.9%,可划分为 10—40,50—60,70—130 cm 这 3 层,平均含水量分别为 26.3%,16.0%,6.1%,变化范围分别为 20.0%~31.4%,13.7%~18.3%和 4.6%~10.2%。

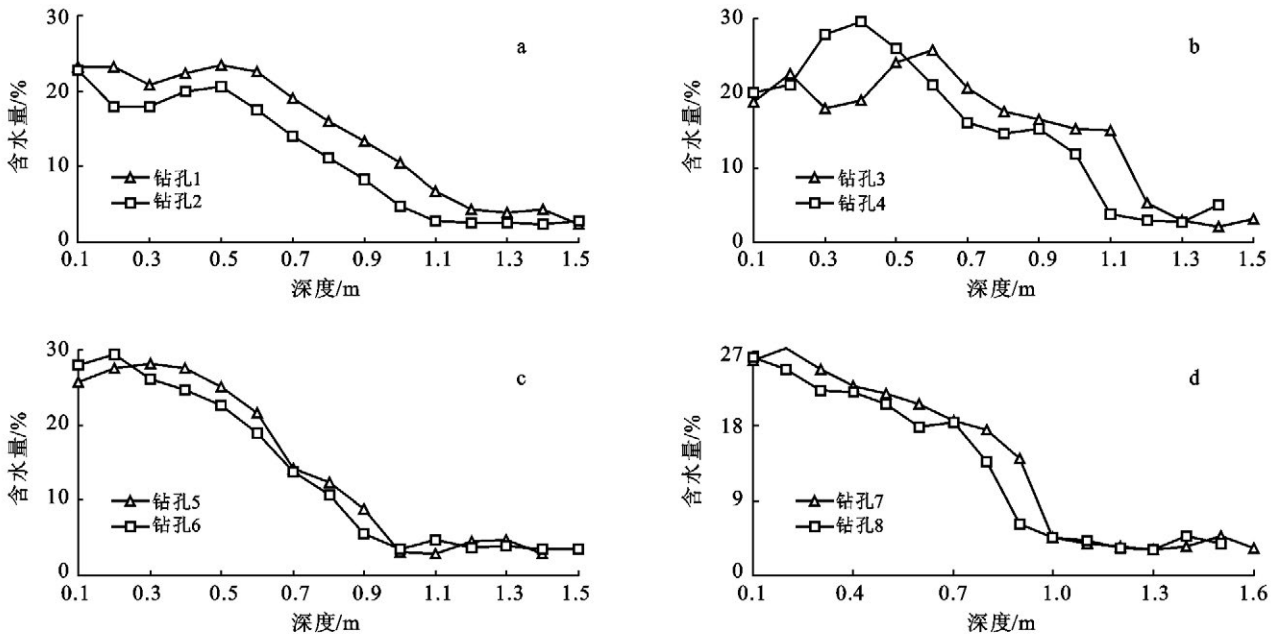


图 1 吉尔孟乡第 1 采样点厚土层高草地土壤含水量变化

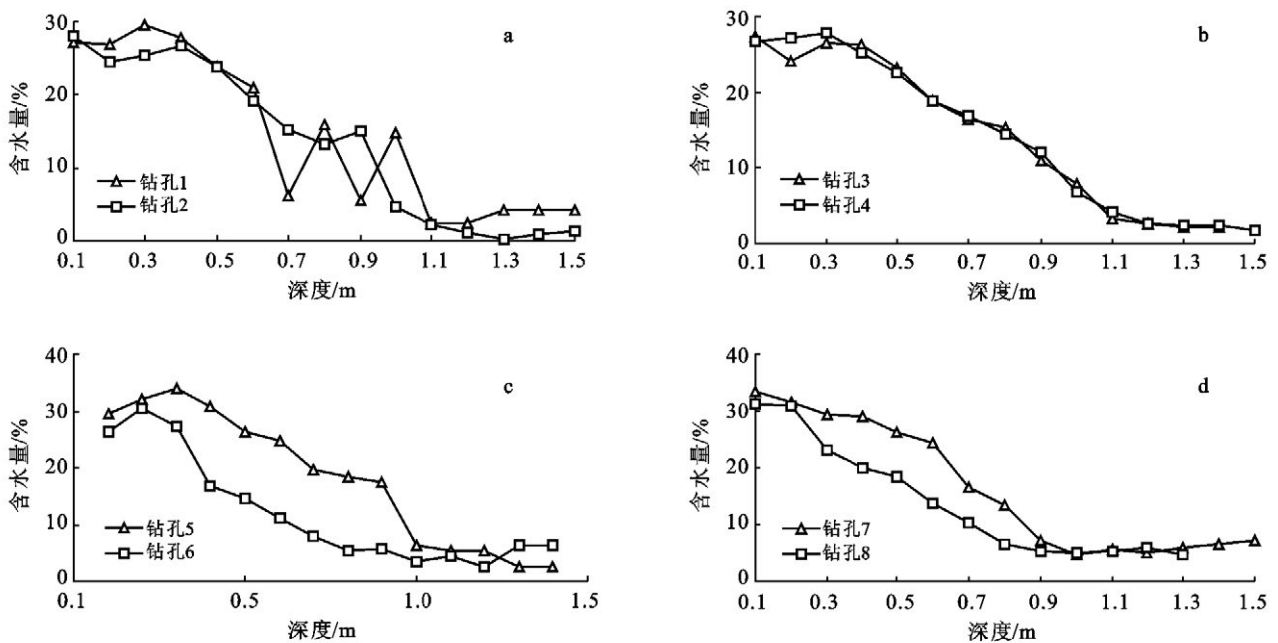


图 2 吉尔孟乡第 2 采样点厚土层低草地土壤含水量变化

3 薄土层含水量测定结果

由钻孔剖面薄土层高草地 30 cm 含水量测定结果可知,钻孔 1(图 3a)含水量变化范围为 7.4%~19.0%,平均为 14.4%,随深度增加呈降低趋势。根据含水量变化可分为 3—21 cm 和 24—30 cm 层,平均含水量分别为 16.6%,9.2%,变化范围分别为

13.9%~19%和 7.4%~10.8%。钻孔 2(图 3a)含水量变化范围为 5.9%~20.1%,平均含水量为 14.3%,根据含水量的变化可划分为 3—21 和 24—30 cm 层,平均含水量分别为 16.8%,8.4%,变化范围分别为 14.4%~20.1%和 5.9%~10.5%。钻孔 3(图 3a)、钻孔 4(图 3a)含水量及变化与钻孔 2 很相近。

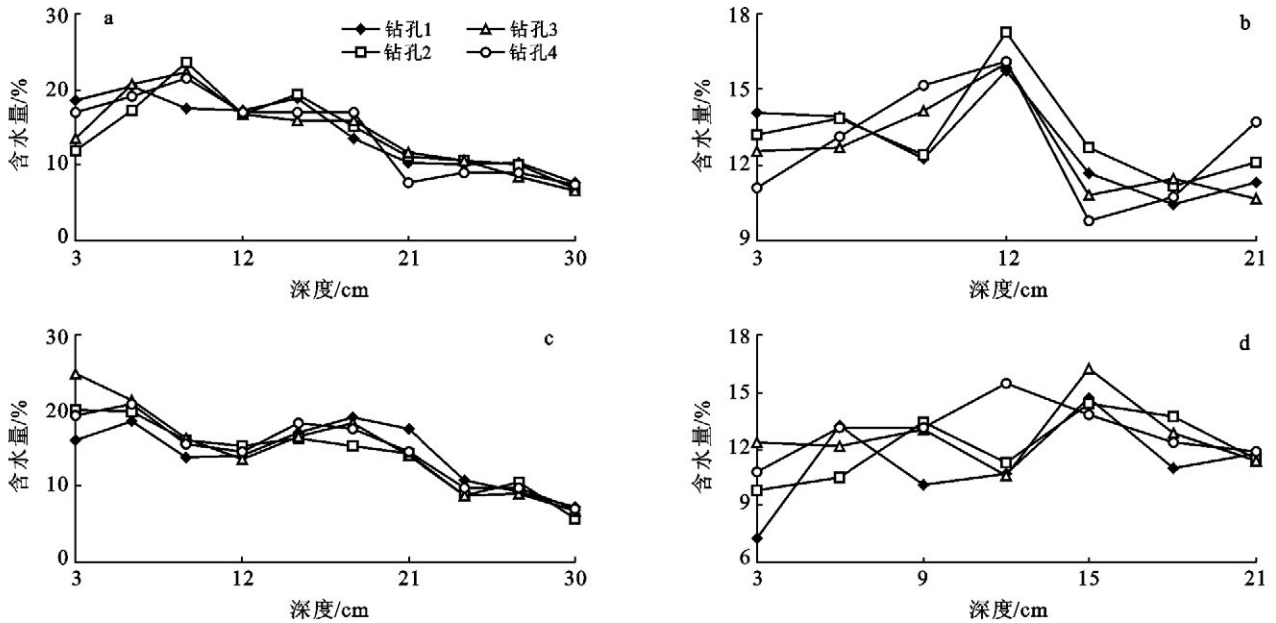


图 3 吉尔孟乡第 3 采样点薄土层高草地和低草地土壤含水量变化

由钻孔剖面薄土层高草地 20 cm 含水量测定结果可知,土壤含水量随深度增加呈降低趋势。钻孔 1(图 3b)含水量变化范围为 7.2%~14.7%,平均为 11.2%,根据含水量的变化可划分为 3—12 cm 和 15—21 cm 层,平均含水量分别为 10.3%,12.5%,变化范围分别为 7.2%~13.2%和 11.0%~14.7%。钻孔 2(图 3b)含水量变化范围为 9.8%~14.4%,平均为 12.1%,根据含水量的变化可划分为 3—6 cm 和 9—21 cm 层,平均含水量分别为 10.1%,12.9%,变化范围分别为 9.8%~10.4%和 11.3%~14.4%。钻孔 3(图 3b)含水量变化范围为 10.6%~16.3%,平均为 12.7%。根据含水量的变化可划分为 3—15 cm 和 18—21 cm 层,平均含水量分别为 12.9%,12.1%,变化范围分别为 10.6%~16.3%和 11.3%~12.8%。钻孔 4(图 3b)含水量变化范围为 10.8%~15.4%,平均为 13.3%。根据含水量的变化可划分为 3—15 cm 和 18—21 cm 层,平均含水量分别为 13.3%,12.1%,变化范围分别为 10.8%~15.4%和 11.8%~12.3%。

果可知,钻孔 1(图 3c)含水量变化范围为 7.6%~20.3%,平均为 14.5%,随深度增加呈降低趋势。根据含水量变化可分为 3—18 cm 和 21—30 cm 层,平均含水量分别为 17.6%,9.7%,变化范围分别为 13.4%~20.3%和 7.6%~10.5%。钻孔 2(图 3c)含水量变化范围为 6.8%~23.6%,平均为 14.3%,根据含水量的变化可划分为 3—21 cm 和 24—30 cm 层,平均含水量分别为 16.5%,9.2%,变化范围分别为 11.1%~23.6%和 6.8%~10.6%。钻孔 3(图 3c)、钻孔 4(图 3c)含水量与变化与钻孔 2 很接近。

由钻孔剖面薄土层低草地 30 cm 含水量测定结

果可知,土壤含水量随深度增加呈降低趋势。钻孔 1(图 3d)含水量变化范围为 10.5%~15.8%,平均为 12.8%,根据含水量的变化可划分为 3—12 cm 和 15—21 cm 层,平均含水量分别为 14%,11.2%,变化范围分别为 12.3%~15.8%和 10.5%~11.7%。钻孔 2(图 3d)含水量变化范围为 11.1%~17.3%,平均为 13.3%。根据含水量的变化可划分为 3—12 cm 和 15—21 cm 层,平均含水量分别为 14.2%,12.0%,变化范围分别为 12.4%~17.3%和 11.1%~

12.7%。钻孔 3、钻孔 4 含水量变化及变化与钻孔 1 接近。

4 讨论

4.1 吉尔孟不同植被与不同厚度土层含水量的差异

土壤本身所吸持的水量称为土壤持水量,一般细质地、结构良好的土壤含水量较高,土壤孔隙越多、越大,其储存的水分也就越多^[13]。吉尔孟地区不同植被类型的土壤含水量存在一定差别。由图 4 可知,在相同厚度的厚土层中,高草地的平均含水量为 13.0%,低草地的平均含水量为 14.7%,低草地的含水量比高草地高。在相同厚度薄土层中,高草地的平均含水量为 13.4%,低草地的平均含水量为 13.6%,低草地的含水量比略高于高草地。高草地的含水量较低是由于蒸腾及耗水量较多造成的,而低草地的含水量高是其根系较浅,蒸腾耗水少。高生产力、高耗水植被利用水分多,会造成土壤水分亏损^[14-15]。一般来说,多年生植被生育期强,根系分布较深,年蒸发蒸腾量大于一年生植被^[16]。

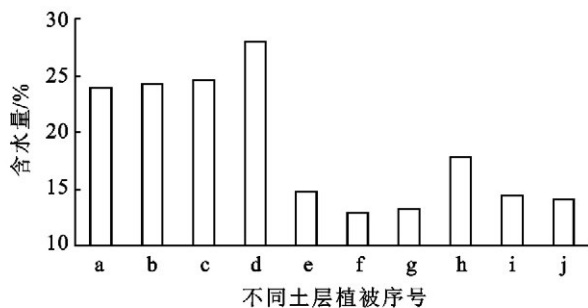


图 4 不同植被与不同土层厚度土壤含水量的对比

注:a.厚土层上部 60 cm 低草地; b.厚土层上部 60 cm 高草地; c.厚土层上部 30 cm 高草地; d.厚土层上部 30 cm 低草地; e.30 cm 薄土层高草地; f.30 cm 薄土层低草地; g.20 cm 薄土层低草地; h.20 cm 薄土层高草地; i.150 cm 薄土层低草地; j.150 cm 薄土层高草地。

在吉尔孟附近,相同植被类型条件下土壤厚度不同,含水量也存在一定的差别。由图 4 可知,在相同高草地植被类型中,厚土层的含水量比薄土层的含水量高。在相同植被类型条件下,厚土层上部 30 cm 的平均含水量比 30 cm 厚度的薄土层含水量高 12.4%,厚土层中上部 60 cm 厚度范围内的含水量比 30 cm 厚度薄土层的含水量高 11.6%。土层厚度差异对含水量的影响不同应该是厚土层与薄土层下部持水性差异造成的,厚土层中的水分不容易通过入渗流失,利于保持在土层中,而薄土层之下的砂石层持水性差,导致薄土层水分易于入渗流失。上述表明,薄土层、高草地比厚土层、低草地易于发生草原退化。

4.2 吉尔孟土壤含水量变化特点与土壤干层

从土壤剖面上部到下部,吉尔孟土壤含水量变化趋势是明显减少的(图 1—3),在土壤剖面上部含水量常多于 20%,下部常小于 10%,上下部差异很大。一般来说,土壤上部的水分会向下部较快的移动,补充下部的水分,使得上下部含水量差异变小。在黄土高原,即使在丰水年也很少出现土壤上下部含水量差异如此大的现象^[5,17]。分析得知,吉尔孟地区年均气温在 0℃左右,土壤冻结期长达 5 个多月,冻结作用和低温决定的蒸发与蒸腾量小造成了土壤水分下移缓慢,使得土壤水分在上部聚集。

我们的研究得知,该区土壤粒度成分以粉砂为主,与黄土接近。我们以 11%作为土壤干层划分的标准。吉尔孟地区降水量少,年均降水量只有 330 mm,降水入渗深度小,干层分布深度小。我们在 2009 年所做的含水量测定表明,该区土壤干层分布深度为 0.6 m 左右。经过 2009 年和 2010 年较多降水的影响,使得干层分布深度略有加大。厚土层在 80 cm 深度就出现了土壤干层,在第 1,2 采样点 0.9—1.5 m 深度范围水分亏缺量分别为 5.5%, 5.8%,指示水分输出量大于输入量,水分平衡为明显的负值。30 cm 厚度的薄土层高草地在 24 cm 出现了含水量低于 11%的干化现象,30 cm 厚度的薄土层低草地在 21 cm 出现了含水量低于 11%的干化现象。

4.3 吉尔孟土层水分存在形式

土壤水存在的主要形式为重力水和薄膜水,重力水较少,且一般在雨季、丰水年短时出现^[18]。当土层中含水量超过田间持水量时,水分就成为受重力作用影响的重力水。重力水运移速度快,含量高,在陕西黄土高原中部和南部一般 $>20\%$ 时才出现重力水。在土层含水量低于田间持水量时为薄膜水。吉尔孟地区土壤粒度成分较陕北黄土略粗,所以土壤田间持水量应该 $\leq 20\%$ 。薄膜水是从水膜厚的地方向水膜薄的地方移动,移动速度很缓慢。由含水量测定结果可知,在吉尔孟厚土层 60 cm 深度以上平均含水量为 24.1%,最高含水量达 34.0%,所以在此深度范围内存在一定的重力水。在厚土层 60 cm 深度以下,土壤平均含水量为 7.4%,所以在此深度以下水分存在形式均为薄膜水。然而在薄土层中含水量绝大多数都小于 20%,所以在薄土层中水分的存在形式主要是薄膜水,重力水很少出现。青海湖地区降水量较少,在较干旱地区土壤重力水是较少出现的,吉尔孟厚土层土壤重力水分布普遍,这是该区高寒气候决定的。

4.4 吉尔孟适于发展的植被

研究区是我国典型的生态环境脆弱区,气候寒

冷、干旱,年蒸发量是年降水量的3.8倍,年大风日数多,日照强烈,因而土壤中的水分极易处于亏损状态。在青海湖北岸的湖滨平原地区,相对高差不大,造成植物群落在空间地理分布上变化的主要原因是环境中的土壤水分含量及土壤全盐含量^[19]。过去研究发现,青海省天然草地土壤含水量在地表以下0.5 m深度范围内的有微弱的下降趋势,降水是影响天然草地土壤水分最直接的因子^[20]。当表层土壤趋于干化的情况下,运移较快的重力水和毛管水减少,大气降水补给地下水就会受到限制,从而加剧了深层次土壤的缺水,造成整个土层的含水量减少。结合研究区土壤含水量变化的特点和土壤干化层存在的事实,研究区应该发展根系较小、耗水少的草原植被,一般不宜发展深根系消耗水分较多的木本植被。

5 结论

(1) 青海湖西吉尔孟厚土层和薄土层土壤含水量均呈现上部含量显著高于下部的现象,说明该区土壤水分具有在上部富集的特点,这是该区土壤冻结期较长、蒸发与蒸腾量较低造成的,土壤水分在上部滞留对浅根系草原植被的发育是很有利的。

(2) 在土层厚度相同的条件下,低草地含水量比高草地含水量高,这是较低的草本植物消耗水分比高草少的结果。在植被类型相同的条件下,厚土层含水量比薄土层的含水量高,这是厚土层水分持水性较薄土层好的原因。

(3) 吉尔孟厚土层在80 cm深度出现了土壤干层,干层分布深度发育程度都随深度增加而加重,30 cm厚度的薄土层低草地和30 cm厚度的薄土层高草地分别在21 cm和24 cm出现土壤水分不足的问题。吉尔孟各采样点土壤含水量的变化显示,薄土层、高草地比厚土层、低草地易于发生草原退化。该区土壤上部水分充足,下部水分不足,适于发展草原植被。

致谢:参加研究工作的还有陕西师范大学马延东、邢闪同志,谨此一并致谢!

[参 考 文 献]

[1] 杨文治,田均良.黄土高原土壤干燥化问题探源[J].土

壤学报,2004,41(1):1-6.

- [2] 陈洪松,邵明安,王克林.黄土区深层土壤干燥化与土壤水分循环特征[J].生态学报,2005,25(10):2491-2498.
- [3] 王国梁,刘国彬,周生路.黄土高原土壤干层研究综述[J].水土保持学报,2003,17(6):156-159.
- [4] 赵景波,孙贵贞,顾静,等.陕西省靖边县不同土层含水量与干层差异研究[J].水土保持学报,2007,27(5):1-5.
- [5] 赵景波,牛俊杰,杜娟,等.咸阳市三原县新庄不同植被土层含水量研究[J].地理科学,2008,28(2):247-252.
- [6] 郑度,姚檀栋.青藏高原形成演化及其环境资源效应研究进展[J].中国基础科学,2004,6(2):15-21.
- [7] 伏洋,张国胜,李凤霞,等.环青海湖地区生态与环境恢复治理途径[J].草业科学,2008,25(7):4-10.
- [8] 杨修,孙芳,任娜.环青海湖地区生态环境问题及其治理对策[J].地域研究与开发,2003,22(2):39-42.
- [9] 时兴和,李生辰,江青春,等.青海湖区降水序列及其变化的特征研究[J].冰川冻土,2008,30(5):795-800.
- [10] 孙永亮,李小雁,汤佳,等.青海湖流域气候变化及其水文效应[J].资源科学,2008,30(3):354-362.
- [11] 丁永建,刘风景.近三十年来青海湖流域气候变化对水量平衡的影响及其预测研究[J].地理科学,1995,15(2):128-135.
- [12] 简季,李洪建,戴晓爱.青海湖区土地荒漠化遥感地学分析[J].地球信息科学,2006,8(2):116-119.
- [13] 庞学勇,刘世全.川西亚高山针叶林植物群落演替对土壤性质的影响[J].水土保持学报,2003,17(4):22-25.
- [14] 王力,邵明安,侯庆春.土壤干层量化指标初探[J].水土保持学报,2000,14(4):87-90.
- [15] Singh J S, Milchunas D G, Lauenroth W K. Soil water dynamics and vegetation patterns in a semiarid grassland[J]. Plant Ecology, 1998,134(1):77-89.
- [16] 马祥华,白文娟,焦菊英,等.黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中的土壤水分变化研究[J].水土保持通报,2004,24(5):19-23.
- [17] 赵景波,王长燕,岳应利,等.西安地区人工林土壤干层与水分恢复研究[J].自然资源学报,2007,22(6):809-895.
- [18] 赵景波,孙桂贞,岳应利,等.关中平原人工林地的干层及其成因[J].地理研究,2007,26(4):763-772.
- [19] 刘庆,周立华.青海湖北岸植物群落与环境因子关系的初步研究[J].植物学报,1996,38(11):887-894.
- [20] 祁如英,李应业,王启兰,等.青海省高寒草地土壤水分变化特征[J].水土保持通报,2009,29(3):206-224.