

黄河源区不同草地类型土壤水分状况及其与降水的关系

周曙光^{1,2}, 张耀生¹, 赵新全¹, 米兆荣^{1,2}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100001)

摘要 利用 2007 年的土壤水分和降水量资料, 分析了黄河源区三种典型草地土壤水分及与降水的关系。结果表明: 不同草地间有明显不同的土壤含水量变化特点, 4 月到 10 月, 高寒草原土壤含水量表现出增长期和相对稳定期两个阶段, 温性草原土壤含水量没有明显的阶段性变化特征, 人工草地 20 cm 和 40 cm 土壤含水量变化规律相似, 60 cm 和 80 cm 相似, 但前两者与后两者之间差异较大。各草地总体都表现出浅层土壤含水量高, 随着深度的增加土壤含水量呈逐渐减小的趋势, 但是不同阶段的特点又有差异。土壤含水量受降水影响很大, 不同草地或不同深度土壤含水量与降水的关系不同。

关键词 黄河源区; 草地; 土壤水分; 降水

中图分类号 S152.7

文献标识码 A

文章编号: 1006-060X(2010)21-0041-04

The Status of Soil Moisture in Different Vegetation Types in the Source Region of Yellow River and Its Relationship with Precipitation

ZHOU Shu-guang^{1,2}, ZHANG Yao-sheng¹, ZHAO Xin-quan¹, MI Zhao-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, PRC; 2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100001, PRC)

Abstract: The soil moisture situations of three different grasslands in the source region of Yellow River and its relationship with precipitation were analyzed based on the data of soil moisture and precipitation in 2007. The results showed that the characteristics of soil moisture were quite different among different grasslands types; the soil moisture in alpine steppe had two phases, which were stable phase and increase phase; the soil moisture in warm steppe had no obvious characteristics of phase change; the changing rules of soil moisture in 20 cm depth and 40 cm depth of artificial grassland were similar, and that in 60 cm depth and 80 cm depth of artificial grassland were also similar, but there is a huge difference between the former two and the later two; the soil moisture in the three grasslands all was high in shallow soil, and showed the tendency that the content of soil moisture decreased with the increasing soil depth, however, the characteristics were different in different phases; soil moisture was largely affected by precipitation, the relationship between soil moisture and precipitation was different among different grasslands or different depths.

Key words: the source region of Yellow River; grassland; soil moisture; precipitation

土壤水分是生态学领域的一个重要研究内容, 是土壤-植物-大气连续体的一个关键因子, 也是限制干旱半干旱地区植物生长和分布的主要因子之一^[1-4]。而对于地处干旱半干旱地区的黄河源区草地来说, 水分已成为限制牧草生长的主要因素^[5]。很多学者曾对草地土壤水分的变化规律及对降水的响应进行过深入的研究和探讨^[6-10], 但是大多是对单一草地类型进行研究, 而对比研究不同草地类型土壤水分及其对天然降水响应特点的比较^[11-12]。近

年来, 为治理三江源区草地退化, 增加草原植被覆盖面积, 三江源区人工草地面积在不断扩大, 约 160 000 km²^[13], 但是针对该地区人工草地土壤水分的研究并不多。人们对三江源区各种草地土壤水分涵养及其对降水响应规律的认识还较少, 生态学研究人员迫切需要了解三江源区草地水循环的情况。本研究对比分析人工草地和两种天然草地土壤水分的时空变化和土壤水分与天然降水的关系, 将有助于人们了解不同草地类型的土壤水分状况和土壤的水分涵养功能, 也能为掌握三江源地区草地土壤水分与牧草生长发育的内在关系、预测草原干旱的发生程度、综合防治草原旱灾和实现水资源的可持续利用提供科学依据。

1 试验区概况

收稿日期: 2010-08-31

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAC01A02); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2XB20601)

作者简介: 周曙光(1985-), 男, 河南驻马店市人, 硕士研究生, 主要从事草地土壤水分科研工作。

通讯作者: 张耀生

试验区位于黄河上游,是三江源自然保护区的试验区,属大陆高原性气候。海拔 3 105~4 036 m,地处北纬 34°38′~35°39′,东经 100°08′~101°09′;年均温-3.0~6.1℃,最热月 7 月平均气温为 11.9℃,最冷月 1 月平均气温为-13.2℃;年降水量 230~540 mm,蒸发量 1 466 mm;各地降水差异悬殊,雨量分布呈南多北少、东多西少的趋势,降水多集中在 5~9 月,占年总降水量的 85%以上,季节分布极不均匀,年日照时数 2 550~2 760 h。

2 研究方法

选择地势平坦且广阔的高寒草原、温性草原和人工草地 3 种草地类型。高寒草原海拔 3 800 m,优势种为紫花针茅(*Stipa purpurea*)、矮嵩草(*Kobresia humilis*)等。温性草原海拔 3 330 m,优势种为克氏针茅(*Stipa krylovii*)、青海固沙草(*Orinus kokonorica*)等,这两者都是冬季牧草。人工草地海拔 3 340 m,优势种为垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、小嵩草(*Kobresia pygmaea*)等,已种植 6 a,一直严格禁牧,但每年定期收割。随着种植年限的延长,草地早熟禾(*Poa pratensis*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)等种群在草地群落中呈逐年增加趋势。

在每种草地上设小型自动气象站(HOBO Weather Station, USA),2007 年采集降水和 20、40、60、80 cm 土壤湿度数据,数据自动记录间隔为 20 min。对每 5 d 各层土壤含水量求均值,对每 5 d 的降水量求和,然后作土壤水分含量和降水量时空变化关系图。

3 结果与分析

3.1 土壤水分的时空动态

从图 1 可知,高寒草原各层土壤水分含量在 4 月到 10 月期间可分为 4 月初到 6 月末的土壤含水量增加阶段和 6 月末到 10 月末保持相对稳定两个阶段。第一阶段 20、40、60、80 cm 土壤含水量的平均值分别为 0.137、0.063、0.067、0.031 m³/m³,6 月末含水量分别比 4 月初增加了 2.54、4.28、4.31 和 15.43 倍。

6 月 25 到 10 月底为第二个阶段,20、40、60、80 cm 土壤含水量的平均值分别为 0.155、0.109、0.102、0.075 m³/m³,标准差分别为 0.018、0.010、0.013、0.007 m³/m³,最高含水量分别是最低含水量的 1.56、1.25、1.45 和 1.14 倍。由这些分析可知,这一阶段各层土壤含水量的变化幅度都不大,20 cm 土

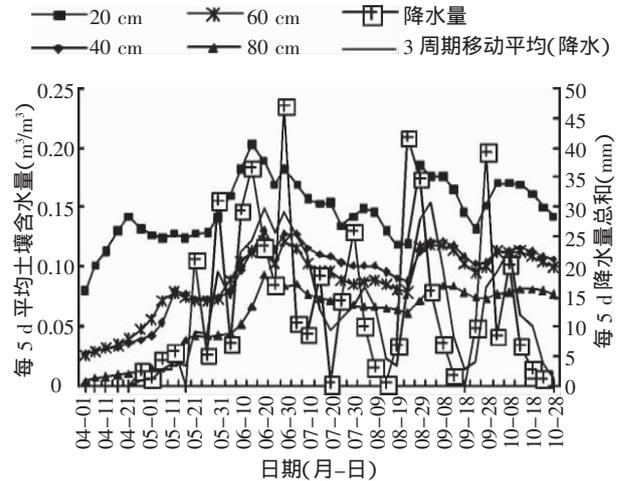


图 1 高寒草原土壤含水量及降水量的动态变化

壤平均含水量最高,含水量波动也最剧烈,其次是 40 cm 和 60 cm,最后是 80 cm。20 cm 土壤平均含水量比 40、60、80 cm 含水量分别高 41.3%、51.6% 和 105.6%。

从图 2 可知,在整个研究期间,温性草原土壤含水量没有明显的阶段性变化特点。20、40、60、80 cm 土壤含水量的平均值分别为 0.096、0.043、0.048、0.049 m³/m³,标准差分别为 0.017、0.010、0.006、0.008 m³/m³,最高含水量分别是最低含水量的 2.54、3.38、0.89、1.07 倍。由这些分析可知,温性草原 20 cm 土壤含水量明显高于其他三层,波动变化也最明显。这是因为该层处于地表,容易受到降水及地表蒸散等因素影响所致。40 cm 土壤含水量随时间的波动变化动态与 20 cm 处较接近,但是平均水分含量与 60 cm 和 80 cm 较接近,20 cm 土壤平均含水量比 40 cm、60 cm 和 80 cm 含水量分别高 120.1%、99.3% 和 93.7%。这些结果说明,在温性草原 20 cm 和 40 cm 之间可能存在一个限制水分入渗的土层。

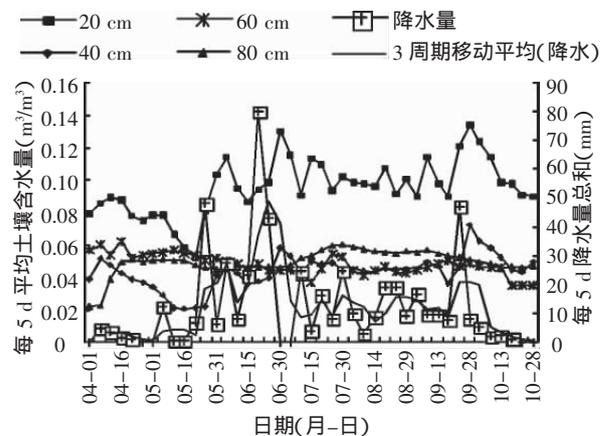


图 2 温性草原土壤含水量及降水量的动态变化

从图 3 可知,人工草地各层土壤水分含量波动幅度都比较大,都表现出明显的阶段性特征。20 cm 和 40 cm 土壤含水量变化趋势较一致,4 月初~6 月初,这两层土壤含水量都没有大的变化,平均含水量分别为 0.028 m³/m³ 和 0.057 m³/m³,随后,20 cm 和 40 cm 土壤含水量都迅速增加,6 月中下旬达到一年中的最大值,另两个峰值出现在 9 月中旬和 10 月初,谷值在 8 月末和 9 月末。60 cm 和 80 cm 土壤含水量总体变化趋势比较一致。土壤含水量在 4 月初到 6 月末之间都没有大的变化,平均含水量分别为 0.032、0.047 m³/m³,6 月末以后开始增加,7 月末达到极大值,随后又降低,8 月末达到极小值,8 月末到 10 月末,含水量一直增加。

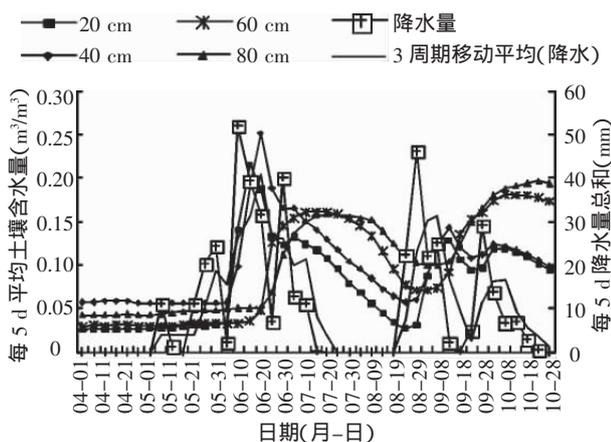


图 3 人工草地土壤含水量及降水量的动态变化

从图 3 还可知,6 月 10 日以前,各层土壤水分含量都不高,且变化不大,20、40、60、80 cm 土壤平均含水量分别为 0.028、0.056、0.031、0.045 m³/m³。6 月初到 7 月初,浅层土壤含水量高于深层,20、40、60、80 cm 土壤平均含水量分别为 0.155、0.176、0.090、0.078 m³/m³。7 月中旬到 9 月上旬,深层土壤含水量高于浅层,20、40、60、80 cm 土壤平均含水量分别为 0.073、0.097、0.125、0.138 m³/m³。9 月上中旬,浅层含水量高于深层,20、40、60、80 cm 土壤平均含水量分别为 0.126、0.134、0.082、0.101 m³/m³。9 月下旬到 10 月末,深层土壤含水量又高于浅层,

20、40、60、80 cm 土壤平均含水量分别为 0.106、0.113、0.168、0.176 m³/m³。

3.2 土壤水分与降水的关系

图 1 中光滑曲线为高寒草原降水 3 周期的移动平均趋势线。20 cm 土壤含水量随时间的变化趋势与降水趋势线的变化非常相似,40、60、80 cm 土壤含水量的变化趋势虽然与降水趋势线的变化也有相似之处,但表现不如 20 cm 明显。分析发现,降水趋势线出现峰和谷的时候,各层土壤含水量通常也会出现峰和谷,而且各层土壤含水量的峰和谷出现的时间相差不大。这说明高寒草原土壤水分入渗快,各层都比较容易受到降水的影响。

图 2 中光滑曲线为温性草原降水 3 周期的移动平均趋势线。20 cm 土壤含水量的变化趋势与该趋势线的变化最接近,降水趋势线出现峰和谷时,20 cm 含水量通常也出现峰和谷,40、60、80 cm 土壤含水量与降水的变化没有明显的相关关系。

图 3 中光滑曲线为人工草地降水 3 周期的移动平均趋势线。20 cm 和 40 cm 土壤含水量的变化趋势与该趋势线的变化比较相似,降水趋势线出现峰时,这两层土壤含水量也相应出现峰值,但是,当趋势线出现谷时,这两层土壤含水量谷值的出现有较长时间的滞后。60 cm 和 80 cm 土壤含水量的变化趋势与降水趋势线也有相似之处,但是,土壤含水量的峰和谷出现的时间相对于趋势线的峰和谷出现的时间都有较大的滞后,且这两层土壤含水量的变化都相对平缓。

3.3 植被对土壤水分的涵养作用分析

从表 1 可知,各种草地降水量与平均土壤含水量的比值有很大不同,总体表现出:人工草地<高寒草原<温性草原。对于没有人工灌溉和地表径流水分输入的广大草场来说,天然降水是土壤水分补充的最主要来源,降水量与土壤含水量的比值小,说明降水量的更大部分被保留在土壤中,反之,降水有较大部分流失,保留在土壤中的部分减少。温性草原降水量与土壤含水量比值最大,分别比高寒草

表 1 2007 年草地土壤含水量及降水量

草地类型	观测点位置	海拔高度(m)	土壤类型	土壤平均含水量(m ³ /m ³)	降水量(mm)	降水量与土壤含水量比值
高寒草原	34°57'34.9"N ;100°50'48.8"E	3 808	高山草原土	0.096	523.4	5 429.5
温性草原	35°15'53.6"N ;100°51'26.3"E	3 333	栗钙土	0.059	520.4	8 810.2
人工草地	35°12'58.7"N ;100°39'19.3"E	3 324	栗钙土	0.095	449	4 713.1

原和人工草地高 62.3%和87.0%。

4 结论与讨论

(1)不同草地类型的土壤含水量在生长季中的波动变化差别很大。高寒草原各层土壤含水量变化

相似,都有比较明显的阶段性特征,可分为逐步增长和保持稳定两个阶段。温性草原各层土壤含水量都没有明显的阶段性特征。人工草地各层土壤含水量表现出较明显的阶段性特征,较浅的两层土壤含水量变化规律相似,较深的两层变化规律相似,而浅层和深层之间的变化规律差异较大。

(2)各种草地土壤含水量垂直变化明显。整个生长期中,高寒草原土壤含水量大致都表现出 20 cm>40 cm>60 cm>80 cm 的特点。温性草原 20 cm 土壤含水量明显高于其它三层,而其它三层含水量之间差别不大。人工草地各层土壤含水量之间相比,不同时间表现出不同的特点,总的来看,在降水量多时,20 cm 和 40 cm 土壤含水量高于 60 cm 和 80 cm,反之,60 cm 和 80 cm 土壤含水量高于 20 cm 和 40 cm。

(3)不同草地类型土壤含水量与降水量变化的关系不同。总体来看,土层越浅,土壤含水量与降水的关系越密切,但各草地土壤水分与降水的关系又有不同。高寒草原各层土壤水分含量的变化相似,而且都与降水量趋势线的变化比较接近,各层含水量的峰与谷和降水趋势线的峰与谷出现的时间都比较接近,说明高寒草原 20 cm 到 80 cm 水分入渗都比较好,对降水的响应较快。温性草原只有 20 cm 土壤对降水的响应快,其它 3 层含水量很低,而且对降水没有明显的响应,说明在 20 cm 到 40 cm 之间存在水分入渗的限制层。人工草地 20 cm 和 40 cm 土壤对降水的响应较快,60 cm 和 80 cm 则较慢,尤其在较长时间没有降水的情况下,可以明显看出,土壤含水量降低的速度比降水减少的速度慢很多。因此,在降水量通常都会减少的 9 月份以后^[14],土壤中,尤其是深层土壤中还保存有较多的水分,再加上气温和土壤温度越来越低^[15],这些水分就会被固存在土壤中,有利于下一年土壤墒情的恢复。

(4)降水量与平均土壤含水量的比值表现出人

工草地<高寒草原<温性草原。这一结果说明,建植 6 a 的垂穗披碱草人工草地的水分涵养功能要好于两种天然草地,而天然草地中高寒草原的水分涵养功能要好于温性草原。

参考文献:

- [1] 魏永林,马晓虹,宋理明,等. 青海湖地区天然草地土壤水分动态变化及对牧草生物量的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(5): 76-80.
- [2] 张文军,金常元. 羊柴人工草地土壤水分生态与生产力的分析[J]. 中国草地, 1992, (3): 44-47.
- [3] 赵双喜,张耀生,赵新全,等. 祁连山北坡草地蒸散量及其与影响因素的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(1): 109-115.
- [4] 张耀生,黄德青,赵新全,等. 祁连山北坡草地潜在蒸散量研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8403-8405.
- [5] 王皓,李子忠. 坝上地区老芒麦草地土壤水分和生物量变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 90-95.
- [6] 马宗泰. 三江源北部天然草地土壤水分动态变化规律[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3619-3620.
- [7] 马兴祥,尹东,蒋菊芳,等. 灌溉地不同人工牧草草地土壤水分及生长特征变化[J]. 草原与草坪, 2009, 2: 62-67.
- [8] 赵鹏宇,徐学选,刘普灵,等. 模拟降雨下黄土区草地灌木地土壤水分空间变化规律[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(3): 24-29.
- [9] 李慧成,郝明德,杨晓,等. 黄土高原苜蓿草地在不同种植方式下的土壤水分变化[J]. 西北农业学报, 2009, 3: 141-146.
- [10] 丁彩霞,朱宝文. 兴海县天然草地土壤水分动态变化规律分析[J]. 青海气象, 2009, (2): 29-32.
- [11] 柳领君,张宏,罗岚. 青藏高原东缘高寒地区土壤水分的空间异质性[J]. 武汉大学学报(理学版), 2008, 54(4): 414-420.
- [12] 李元寿,王根绪,丁永健,等. 青藏高原高寒草甸区土壤水分的空间异质性[J]. 水科学进展, 2008, 19(1): 61-67.
- [13] 赵亮,古松,周华坤,等. 青海省三江源区人工草地生态系统 CO₂ 通量[J]. 植物生态学报, 2008, 32(3): 544-554.
- [14] 黄德青,张耀生,赵新全,等. 祁连山北坡主要草地类型的土壤水分动态研究[J]. 草业科学, 2005, 22(8): 6-11.
- [15] 张慧智,史学正,于东升,等. 中国土壤温度的季节性变化及其区域分异研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 227-234.

(责任编辑:高国赋)