干旱阳坡半阳坡微地形土壤水分分布研究

路保昌[1], 薛智德[1], 朱清科[2], 李会科[1]
(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘 要: 采用固定点动态监测的方法,对黄土丘陵区吴起县合家沟流域阳坡和半阳坡各微地形土壤水分进行了对比研究。结果表明,微地形对土壤含水量具有显著影响,阳坡各微地形土壤水分顺序为:切沟 > 平缓坡 > 切沟沟头 > 陡坡 > 极陡坡;半阳坡各微地形土壤水分顺序为:平缓坡 > 浅沟 > 陡坡 > 极陡坡。0—20 cm 土层土壤水分变异系数最大的是切沟,最小的是切沟沟头。最后指出在植被恢复过程中,应根据不同微地形的土壤水分分布特征,结合"适地适树,适林适草"的植被恢复原则,合理配置乔、灌、草的营建模式。

关键词: 微地形; 浅沟; 切沟; 平缓坡; 陡坡; 变异系数
文献标识码: A **文章编号**: 1000—288X(2009)01—0062—04 **中图分类号**: S152.7

Soil Water in Micro-terrain on Sunny and Semi-sunny Slopes

LU Bao-chang[1], XUE Zhi-de[1], ZHU Qing-ke[2], LI Hui-ke[1]
(1. *College of Environment and Resourse, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 2. *Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Using fixed-point dynamic monitoring methods, soil water in micro-terrain on sunny and semi-sunny slopes in Wuqi County, located in the loess hilly area, is studied. Results show that the micro-terrain has a significant impact on soil moisture content. In terms of soil water on sunny slope, landform units may be ranked in the descendant order of gully, gentle slope, top of gully, steep slope, and extremely steep slope; in terms of soil water on semi-sunny slope, in the descendant order of gentle slope, ephemeral gully, steep slope, and extremely steep slope. The variation coefficient of soil water (0—20 cm) in gully is the biggest and the top of gully, the smallest. In the process of vegetation restoration, the allocation of trees, shrubs, and grasses should depend on the characteristics of soil water distribution in micro-terrain based on the principle of "suitable place for tree, forest or grass".

Keywords: micro-terrain; ephemeral gully; gully; gentle slope; steep slope; variation coefficient

陕北黄土丘陵沟壑区干旱少雨,蒸发量大,干旱是该地区的基本气候特征,而侵蚀沟坡度多在 35°以上,植被稀疏,是黄土区的主要侵蚀产沙源和输沙通道。侵蚀沟干旱瘠薄,植被恢复与重建困难,已成为该地区林业生态工程建设区的典型困难立地[1]。黄土高原困难立地造林的主要限制因子是水资源的亏缺问题,这在半干旱黄土丘陵沟壑区表现得尤为突出。黄土高原千沟万壑的破碎地形,形成了众多的小流域[2]。在降水的地带性分布总的格局下,小流域的起伏地形,致使降水发生再分配,形成土壤水分状况也有明显差异的微地形,如浅沟、切沟、瓦楞状坡面等。目前对阳坡和阴坡的水分特征已有大量的研究[3-4],由于水热条件和光照的影响,阳坡水分整体上低于阴坡,但对整个立地类型内微地形的水分分布研究的还很少。郑粉莉[5]对浅沟微地形坡面土壤水分分布情况研究表明,在不同侵蚀条件下,浅沟沟槽处水分状况均明显优于沟坡处。可见,微地形水分分布研究可为植被恢复过程中的植被优化配置提供理论依据。植被建设应根据微地形不同的水分特征和"适地适树,适林适草"的植被恢复原则,合理配置乔、灌、草的营建模式。

1 研究区概况

吴起县位于延安市西北部,北纬 36°33′33″—37°24′27″,东经 107°38′57″—108°32′49″,总面积 3 791.5 km^2,属中温带半湿润半干旱区,是典型的黄土高原丘陵沟壑区。年均气温 7.8 ℃,平均日照时数 2 400 h。年均降雨 483.4 mm,降水年际变化大、季节分配不均,7—9 月降水量占全年降水量的 64 %以上,其它

收稿日期:2008-10-23 **修回日期**:2008-12-15
资助项目:林业科技支掌计划专题"黄土干旱阳坡抗旱造林与植被恢复技术研究"(2006BAD03A0302)
作者简介:路保昌(1979—),男(汉族),山东省曹县人,在读硕士,主要研究方向为环境科学与生态环境工程。E-mail:lubch119@163.com。
通信作者:薛智德(1963—),男(汉族),陕西省大荔县人,副教授,硕士生导师,主要从事植被恢复方面的研究和教学工作。E-mail:zdxyling@163.com。

季节多为无效降水。多年平均陆地蒸发量为 400～450 mm[6]。海拔在 1 233～1 809 m 之间,干旱、大风、暴雨以及霜冻等自然灾害频繁。县内沟壑密布、土地破碎、水土流失严重,地带性土壤已损失殆尽,退耕地土壤主要为在黄土母质上发育起来的黄绵土[7]。吴起县合家沟流域 1998 年退耕后完全封育,现在坡面植被是天然草地,草地上有散生的灌木或乔木。主要植物种有铁杆蒿(*Artemisia gmelini*)、狗尾草(*Cynosurusviridis*)、长芒草(*Pseudoraphis bungeana*)、早熟禾(*Poa annua*)等;人工林主要以刺槐(*Robinia psendoacacia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn)、小叶杨(*Populu ssimonii*)等为主。

2　研究方法

对吴起县合家沟流域的阳坡和半阳坡在 GIS 平台下进行航片分析,综合考虑采样尺度及样点代表性,根据坡度、坡向等地形特征,有针对性地预设采样区,然后进行野外调查,划分不同的立地类型。

根据阳坡和半阳坡立地的地形特征,微地形主要分为 6 类如表 1 所示。

每个微地形设一个固定点,埋 2 m 深的管子,浅沟和切沟都在沟槽里。共设 9 个点,各个点的微地形基本情况如表 2 所示。用 TDR (time-domain-reflectometry) 对每个固定点的土壤含水量进行动态监测。从 2008 年 6 月初到 2008 年 10 月底,期间每 10 d 测一次,深度为 2 m,所测的数值为土壤容积含水量。在每个固定点的周围用土钻取土,深度为 1 m,重复两次,采用烘干法测定水分,这样每个微地形的水分测定都重复 3 次。所用的土壤水分数据均为各月的平均值。TDR 测定的土壤容积含水量与重量含水量的换算公式为:

$$\theta_v = \theta_m \cdot \rho$$

式中:θ_v ——土壤容积含水量(%);θ_m ——土壤质量含水量(%);ρ ——土壤容重(g/cm^3)。

土壤水分在空间变异的程度通常以变异系数 C_v 表示,变异系数的大小反映了层间水分稳定性。

表 1　微地形的划分

微地形类型	平缓坡/(°)	陡坡/(°)	极陡坡/(°)	浅沟	切沟	切沟沟头
划分依据	15～25	25～35	35～45	侵蚀沟发育的初级阶段,形成横断面为宽浅槽形	浅沟侵蚀继续发展,横断面呈“V”字形,在长、宽、深 3 方面的侵蚀同时不同程度地进行	切沟形成之前的陷坑

表 2　各微地形的特征

立地类型	微地形类型	坡向	坡度/(°)	坡位	海拔/m
山地阳向峁坡	阳向极陡坡	S	40	中	1 413
	阳向极陡坡切沟沟头	S	40①	中	1 411
	阳向平缓坡	S	15	下	1 393
	阳向陡坡	S	33	上	1 456
	阳向陡坡的切沟	S	33	中	1 446
山地半阳向峁坡	半阳向极陡坡	W	43	下	1 399
	半阳向陡坡的浅沟	W	30	中	1 401
	半阳向陡坡	W	30	中	1 405
	半阳向平缓坡	W	20	上	1 433

注:①为在 40 的坡面上的沟头。

3　结果与分析

3.1　不同坡向各微地形的土壤水分分布

3.1.1　阳坡各微地形的土壤水分分布　阳向峁坡坡面的微地形主要分为 5 种类型:缓坡、陡坡、极陡坡、切沟、切沟沟头。土壤水分含量作为测定点水量平衡的状态变量,是利用条件、地形部位及土壤类型等因素的综合反映。

地形条件对降水的再分配起着决定性的影响,这种影响更多地表现在浅层土壤上。通过图 1a 可以看出,土壤深度在 1 m 以上的含水量切沟明显高于其它微地形,各微地形平均含水量从大到小依次为切沟(13.8%) > 平缓坡(11.7%) > 切沟沟头(11.1%) > 陡坡(10.3%) > 极陡坡(9.3%)。土壤表层(0—20 cm)含水量除了切沟(14.7%),其它微地形差别不大,陡坡为 12.9%,极陡坡为 12%,切沟沟头和平缓坡都为 11.1%。通过图 1a 可以看出,所有微地形在土层深度为 60 cm 范围内的土壤含水量与其上下土层水分状况比较都有减少的趋势,主要原因是植被根系耗水引起的。

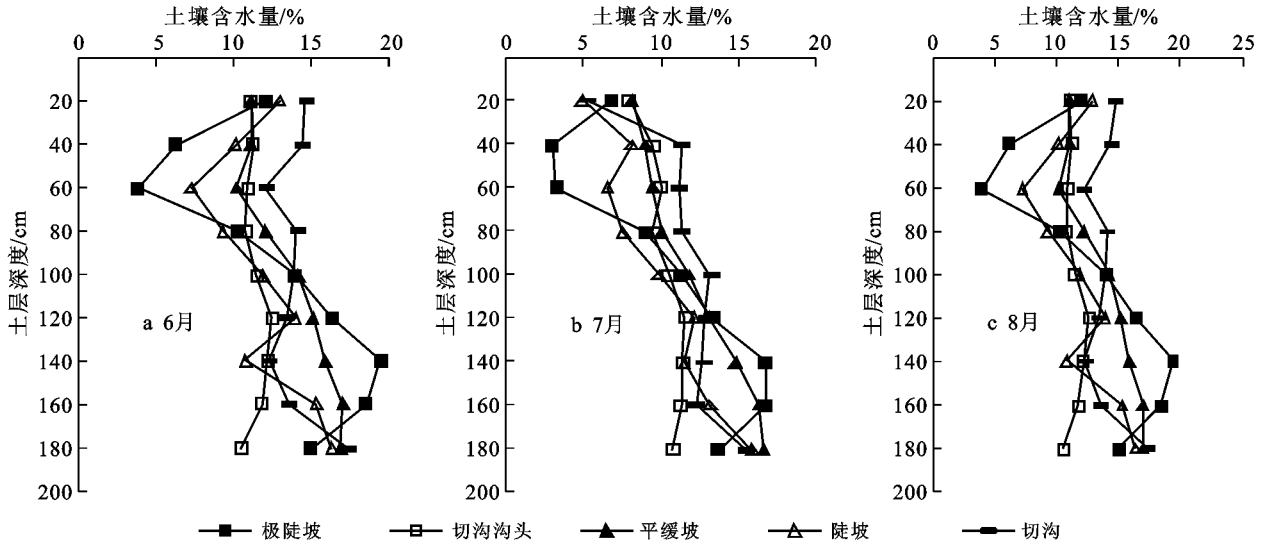


图 1 6,7,8 月阳坡各微地形水分分布

图 1b 显示 7 月份的土壤含水量普遍比 6 月份的低,各微地形 1 m 以上平均含水量从大到小依次为切沟(10.5 %) > 平缓坡(9.7 %) > 切沟沟头(9.5 %) > 陡坡(7.4 %) > 极陡坡(6.7 %)。由于 7 月份的降雨还很少,蒸发量远大于雨水补给,此时是最干旱的时候,土层深度 1 m 以上平均含水量降幅最大的为切沟,降低了 3.32 %,降幅最小的是切沟沟头为 1.58 %。通过图 1b 还可以看出除极陡坡外所有微地形的土壤含水量随着土层深度的增加有增大的趋势。

8 月已经进入雨季,图 1c 显示各微地形土壤含水量都有不同程度的提高,其中切沟的增幅最大为 3.4 %,原因是降雨时坡面上的雨水由于重力作用都向沟底汇聚,从而使沟底的入渗强度增大,土壤含水量增幅也最大。极陡坡、切沟沟头、平缓坡、陡坡增幅分别为 2.5 %,1.6 %,2.0 %,2.9 %。

3.1.2 半阳坡各微地形的土壤水分分布 土壤剖面各层次由于所处空间位置不同,接受大气降水的时间次序存在先后,同时受入渗率的影响,导致各土层接受降水量的数量存在差异。土壤水分的损失快慢同时也受空间位置、土壤导水率及植物根系对土壤水分的吸收等因素影响,土壤水分状况是大气降雨和土壤水分消退(蒸发、植被蒸腾等)综合作用的结果[8]。半阳坡各微地形土壤含水量没有阳坡那样有显著的差别,主要原因是由于坡向的影响,蒸发不是很强烈。

由图 2 可以看出,半阳坡土壤水分变化主要在 1 m 以上,1 m 以下土层水分基本处于稳定状态。图 2a 为 6 月份半阳坡 4 个微地形的水分分布特征,1 m 以上各微地形土壤平均含水量从大到小依次为:平缓坡(13.4 %) > 极陡坡(12.3 %) > 浅沟(11.6 %) > 陡坡(11.4 %)。其中浅沟在陡坡坡面上,可以看出在同一坡面上浅沟的含水量高于坡面。图 2b 显示 7 月份极陡坡土壤表层(0—20 cm)含水量下降速度最快,从 6 月份的 12.9 %下降到 4.3 %。7 月份 1 m 以上各微地形土壤平均含水量从大到小依次为平缓坡(12.3 %) > 浅沟(10.1 %) > 陡坡(9.3 %) > 极陡坡(8.9 %),通过与 6 月份的比较可以看出,极陡坡的土壤水分下降最多为 3.4 %。图 2c 显示 8 月份平缓坡的平均含水量依然最高为 12.64 %,极陡坡最低为9.4 %。

3.2 各微地形土壤水分的变异性比较

各微地形不同深度土层土壤水分变异系数见表 3。根据变异系数的大小可以把土壤剖面划分为水分变化活跃层,水分变化次活跃层[9]。

由表 3 可以看出水分变化活跃层主要是 0—20 cm 土层。该层位于地表,降雨时雨水首先渗入该层,使土壤中水分含量急剧增加;雨后由于大量的蒸发、植物蒸腾和植物根系的吸收,以及在重力、毛管力作用下该层水分向深层运动,使其含水量急剧减少,从而形成较大的波动。变异系数越大,说明在降雨时该层含水量的增加越多,雨后该层水分的损耗也越多。各微地形该层土壤水分变异系数从大到小依次为:切沟 > 陡坡 > 浅沟 > 极陡坡 > 平缓坡 > 切沟沟头。

各微地形随着土层深度的增加土壤水分的变异系数有减小的趋势。土层深度 40—60 cm 土壤水分的变异系数相对较小,主要原因是研究区是退耕后的荒草地,植物根系大部分都在 40 cm 以上;另外,该层土壤水分蒸发不大,小的降水又无法渗透到该层,只有比较大的降水才能得到雨水补给,蒸发量和雨水补给量相差不大,从而使该层的土壤水分变异很小。

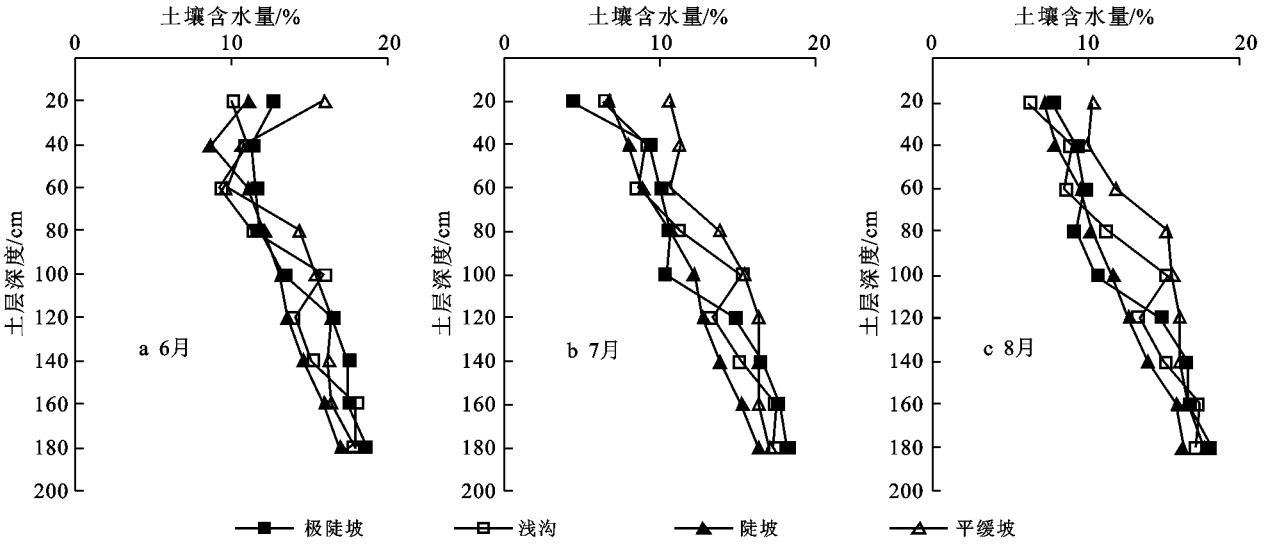


图 2　6 ,7 ,8 月份半阳坡各微地形水分分布

表 3　各微地形土壤剖面水分变异系数特征值

深度/ cm	极陡坡	切沟沟头	平缓坡	陡坡	切沟	浅沟
0 —20	0.286	0.184	0.217	0.471	0.482	0.318
20 —40	0.125	0.101	0.149	0.175	0.151	0.109
40 —60	0.087	0.085	0.039	0.051	0.095	0.048
60 —80	0.137	0.100	0.104	0.102	0.141	0.013
80 —100	0.140	0.071	0.123	0.101	0.101	0.037
100 —120	0.056	0.078	0.110	0.089	0.064	0.027
120 —140	0.030	0.048	0.051	0.039	0.068	0.013
140 —160	0.021	0.035	0.040	0.085	0.048	0.023
160 —180	0.017	0.014	0.022	0.016	0.056	0.035

4　结 论

(1) 阳坡的平均土壤含水量低于半阳坡的土壤含水量 ,土壤深度 1 m 以上的含水量切沟明显高于其它微地形 ,各微地形平均含水量从大到小依次为 :切沟 > 平缓坡 > 切沟沟头 > 陡坡 > 极陡坡。进入雨季后 ,表层(0 —20 cm) 土壤含水量切沟的增幅最大。

(2) 半阳坡各个微地形的含水量没有阳坡的差异性大 ,1 m 以上各微地形土壤平均含水量从大到小依次为 :平缓坡 > 浅沟 > 陡坡 > 极陡坡。在同一坡面上浅沟的含水量高于坡面。

(3) 各微地形 0 —20 cm 土层土壤水分变异系数从大到小依次为 :切沟 > 陡坡 > 浅沟 > 极陡坡 > 平缓坡 > 切沟沟头。土层深度 40 —60 cm 土壤水分的变异系数相对较小。

[参 考 文 献]

[1] 王礼先. 生态环境建设的内涵与配置[J]. 资源科学 , 2004(26) :26-33.

[2] 刘文兆. 半干旱黄土丘陵区小流域横断面土壤水分生态特征[J]. 干旱地区农业研究 ,2003 ,21(4) :95-100.

[3] 孙一琳 ,王洪英 ,刘秀萍. 黄土高原人工刺槐林土壤水分特征[J]. 青岛农业大学学报 :自然科学版 ,2007 ,24(2) : 123-126.

[4] 郭军权 ,卜耀军 ,张广军. 黄土丘陵区植被恢复过程中土壤水分研究 :以吴起县为例[J]. 西北林学院学报 ,2005 , 20(4) :1-4.

[5] 郑粉莉. 不同侵蚀条件下浅沟微地形坡面土壤水分分布研究[M]// 邵明安. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业. 西安 :陕西科学技术出版社 ,1999 :51-56.

[6] 秦伟 ,朱清科 ,吴宗凯 ,等. 吴起县 2015 年水资源承载力评价[J]. 干旱区研究 ,2001 ,24(1) :70-76.

[7] 巢世军 ,赵先贵 ,任桂镇 ,等. 黄土高原丘陵沟壑区不同植被恢复方式下土壤特征及相关分析[J]. 江西农业学报 ,2008 ,20(2) : 54-56.

[8] 蒋俊明 ,费世民 ,王鹏 ,等. 干热河谷阴坡和阳坡土壤水分动态研究[J]. 四川林业科技 ,2005 ,26(5) :30-35.

[9] 孙立达 ,朱金兆. 水土保持体系综合效益研究与评价[M]. 北京 :中国科学技术出版社 ,1995 :293-296.