陕北黄土区阳坡微地形土壤水分特征研究

王 晶[1], 朱清科[1], 赵 荟[1,2], 云 雷[1], 刘中奇[1,3], 邝高明[1], 谢 静[1]
(1. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;
2. 国家林业局昆明勘察设计院, 云南 昆明 650216; 3. 内蒙古民族大学, 内蒙古 通辽 028000)

摘 要: 采用定点动态监测的方法对陕西省吴起县合沟流域内的阳坡微地形土壤含水量进行了对比研究。结果表明: (1) 微地形土壤水分的季节变化滞后于降雨的季节变化, 其对土壤含水量的影响旱季大于雨季; (2) 在 0—180 cm 土层中, 随着土层深度的增加, 微地形土壤含水量呈增加的趋势, 变异系数减小; (3) 微地形不同土层的土壤含水量具有差异, 在 0—20 cm 土层, 所有微地形土壤含水量均大于对照坡面, 土壤含水量呈现: 缓台> 塌陷> 切沟> 陡坎> 浅沟; 20—80 cm 土层土壤含水量则表现为: 切沟> 缓台> 塌陷> 陡坎> 浅沟> 坡面; 80—180 cm 土层中, 土壤含水量最大的是缓台, 坡面、浅沟、切沟土壤含水量相差不多, 陡坎土壤含水量比坡面略小, 塌陷土壤含水量最小。

关键词: 微地形; 土壤水分; 季节变化; 垂直变化
文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2011)04-0016-06 中图分类号: S152.7

Soil Moisture Characteristics of Micro-topography in South Slope of Loess Region in Northern Shaanxi Province

WANG Jing[1], ZHU Qing-ke[1], ZHAO Hui[1,2], YUN Lei[1], LIU Zhong-qi[1,3], KUANG Gao-ming[1], XIE Jing[1]
(1. *Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*;
2. *Kunming Survey and Design Institute of State Forestry Adminastration, Kunming, Yunnan* 650216, *China*; 3. *Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia* 028000, *China*)

Abstract: The micro-topography soil moisture content of south slope in He valley of Wuqi County, Shaanxi Province was researched by the method of dynamic fixed-point monitor. The results showed that: (1) The seasonal variation of micro-topography soil moisture lagged behind the rainfall seasonal variation, its influence on soil moisture content of dry season was more obvious than that of rainy season. (2) In the 0—180 cm soil layer, the micro-topography soil moisture content tended to increase and the coefficient of variation reduced with the increase of soil depth. (3) There existed differences between micro-topography soil moisture content for different soil layers. In soil layer of 0—20 cm, all the micro-topography soil moisture was bigger than the comparison slope and the order was platform, collapse, dissected valley, steep slope, shallow gully; the order of soil moisture in 20—80 cm soil layer was dissected valley, platform, collapse, steep slope, shallow gully, comparison slope; in 80—180 cm soil layer, the micro-topography with the biggest soil moisture content was platform, comparison slope, shallow gully and dissected valley were almost the same, steep slope was a little bit smaller than comparison slope, collapse was the smallest.

Keywords: micro-topography; soil moisture; seasonal variation; vertical variation

黄土高原地处我国半干旱地区, 降雨稀少, 阳坡更是因为光照强烈、蒸发量大, 土壤水分严重亏缺, 成为该区植被恢复的困难立地。在黄土高原阳坡人工造林、植被恢复过程中, 往往出现成活率和保存率低, "小老树", 土壤干层等问题, 土壤水分正是这一地区植物生长和植被恢复的限制因子[1]。然而黄土高原千沟万壑, 地形复杂, 水力侵蚀作用不仅形成黄土高原的各种侵蚀沟, 而且把坡面分割成不同碎块, 形成

收稿日期: 2010-10-06 修回日期: 2010-12-04
资助项目: "十一五" 国家科技支撑项目"困难立地工程造林关键技术研究" (2006BAD03A03)
作者简介: 王晶(1987—), 女(汉族), 陕西省西安市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持及生态环境地理学。E-mail: wangjing0722@126.com。
通信作者: 朱清科(1956—), 男(汉族), 宁夏自治区固原市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水土保持和林业生态工程。E-mail: xiangmb@bjfu.edu.cn。

变化多端的微地形地貌如浅沟、切沟、洼地、陡坎等[2], 这些微地形通过对降水的再分配、调节降水入渗和土壤蒸发等作用, 使微地形处土壤水分和植被生长状况不同, 形成不同的微生境。因此研究该地区微地形的土壤水分特征对科学合理的微地形植被配置, 水资源的合理分配与高效利用以及黄土高原的生态环境建设有着极其重要的生态意义。目前对微地形的土壤水分已经有一些研究[3-6], 但对于黄土高原微地形的土壤水分特征研究, 却还显得比较薄弱[2,7], 而且并不系统、全面。为此, 以陕北吴起县合沟流域阳坡不同类型微地形土壤水分为研究对象, 旨在明确该区微地形土壤水分的时间和空间变化特征及其与坡面的差异, 从而认识不同微地形土壤水分特征, 提高黄土区阳坡土壤水分利用效率, 更好地为黄土区生态环境建设提供科学依据。

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″, 地貌属于典型的黄土高原丘陵沟壑区; 属半干旱温带大陆性季风气候, 年平均气温 7.8 ℃, 年平均日照时数 2 400.1 h, 无霜期 96~ 146 d, 多年平均陆地蒸发量 400~ 450 mm, 多年平均降雨量 478.3 mm, 降水年际变化大且时空分布不均, 7—9 月降雨量可占平均降雨量的 62.4%, 其它季节多为无效降雨, 干旱、冰雹、暴雨、大风及霜冻等自然灾害频繁。

合沟流域地处吴起县吴起镇中部, 该流域自 1998 年退耕还林工程实施以来, 全流域封山禁牧, 采取人工封育方式进行植被恢复。流域内现以草本群落为主, 主要物种有铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、茭蒿(*Artemisia giralaii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、达乌里胡枝子(*Lespidezadavurica*)、萎陵菜(*Potentilla chinensis*)糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)和冷蒿(*Artemisiafrigida*), 河谷低地零星分布有灌木和乔木。非农地田间持水量 21%~ 25%, 土壤凋萎湿度 3%~ 5%。

2　研究方法

2.1　微地形的定义及分类

微地形一般指小尺度的地形变化, Kikuchi 和 Nagamatsu[8] 等将丘陵地区微地形分为顶坡, 上部边坡, 谷头凹地, 下部边坡, 麓坡, 泛滥性阶地和谷床 7 类。本研究微地形是指坡面内由于土壤侵蚀等自然作用, 形成的大小不等, 形状各异, 使土壤水分和养分等生境条件在小范围内产生变化的局部地形, 相对于传统概念尺度更小, 由于坡面造林植物种的配置以米为单位设计, 本研究微地形是指坡面范围内大小 1 m^2 以上的局部地形。依照黄土高原的地形特征, 将微地形划分为浅沟、切沟、塌陷、缓台、陡坎共 5 类。其中, 浅沟是黄土侵蚀沟发育过程的初级状态, 由于降雨形成的地面径流在汇集过程中, 集中股流冲刷下切而形成, 横断面为宽浅槽形; 切沟是浅沟侵蚀的继续发展, 横断面呈 V 字形, 在长、宽、深方面的侵蚀同时不同程度地进行; 塌陷是指坡面陷穴、集中股流溯源侵蚀等土壤侵蚀形成的凹陷状地形; 缓台指坡面局部坡度明显小于整个坡面平均坡度的平缓地段; 陡坎是指坡面局部坡度明显大于整个坡面平均坡度的地段[7]。

2.2　数据测定

采用定点监测方法。根据坡向、坡度、海拔等地形特征, 选取 5 个典型的微地形及坡面对照点(表 1), 每个监测点垂直埋设长度为 2 m 的 PVC 管, 采用 TRIME-HD 手持式读表高精度 TDR(time domain reflect)对地下深 2 m 范围内土壤体积含水量定期测定。从地表开始向下, 每 20 cm 深度分为一层, 测定深度为 180 cm。每层重复测定 3 次, 每次探针方向旋转 120°, 取平均值作为该测点该层次的土壤含水量。监测过程从 2008 年 5 月初开始到 10 月末以及 2009 年的 4—5 月, 每隔 10 d 测定一次, 雨后进行加测。

表 **1**　微地形及坡面对照点样地概况

微地形	坡度/(°)	海拔/ m	植被盖度/ %	植被均高/ cm	主要植物种
陡 坎	50	1 420	60	30	铁杆蒿, 茭蒿, 胡枝子, 毛隐子草
缓 台	15	1 393	70	25	茭蒿, 铁杆蒿, 茵陈蒿, 胡枝子
塌 陷	40	1 411	55	45	茭蒿, 铁杆蒿, 早熟禾
浅沟底	33	1 456	65	30	茭蒿, 铁杆蒿
切沟底	33	1 446	75	40	茭蒿, 铁杆蒿, 长芒草
对照坡面	39	1 413	60	25	茭蒿, 铁杆蒿

注: 塌陷坡度为其所在坡面坡度。

2.3　数据处理

2.3.1　*微地形土壤水分垂直分层*　为了更有利于分析剖面土壤水分特征, 将土壤水分剖面按照各土壤层性质的差异进行垂直分层。对于黄土区土壤水分垂

直分布特征分层, 目前还没有一致的方法, 一般常采用变异系数和标准差两个指标, 根据前人研究进展[9-11], 将剖面土壤水分垂直变化的层次划分为 4 层: 速变层(C_v> 30%, 标准差 SD> 4)、活跃层(C_v= 20% ~ 30%, 标准差 SD= 3~ 4)、次活跃层(C_v= 10% ~ 20%, 标准差 SD= 2~ 3) 和相对稳定层(C_v< 10%, 标准差 SD< 2)。但在实际划分过程中, 标准差和变异系数并不能同时满足上述分级标准, 当标准差和变异系数不能同时满足分级标准时, 以变异系数为准。

变异系数 C_v 和标准差 SD 的计算公式:

$$C_v = \frac{SD}{\bar{x}} \quad (1)$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})} \quad (2)$$

式中: $\bar{x}$——样本(土壤水分观测值)平均值; n——样本总个数; x_i——样本的第 i 个观测值。

2.3.2 聚类分析 为深入研究各微地形土壤水分垂直分布与坡面的差异, 本研究用 SPSS 17.0 软件, 将微地形各层土壤含水量的变异系数做标准化处理, 选择欧氏距离, 采用组内连接聚类法对土壤剖面 9 个层次的变异系数进行聚类分析, 得到聚类谱系图。

3 结果分析

由于地形差异, 微地形对降雨的再分配和入渗规律的影响各不相同; 而且, 受光照角度的影响, 不同微地形受光时间和强度有差异, 土壤蒸发和植被蒸腾各不相同, 从而导致其土壤水分的差异。为研究各微地形的土壤水分差异, 本研究分别从时间和空间两方面探讨微地形土壤水分特征。

3.1 微地形土壤水分的季节变化

天然降水是黄土丘陵区土壤水分储量的唯一补给源, 因此土壤的水分特征主要决定于年内降水的季节性变化[10]。取微地形各层次的平均值作为各月土壤含水量值, 得出微地形土壤水分季节变化(图 1)。

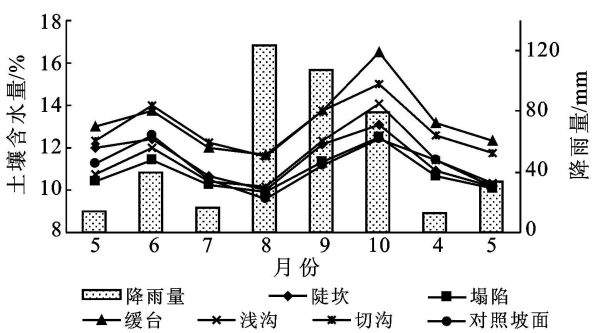


图 1 微地形土壤水分季节变化

注: 前 5—10 月为 2008 年度, 后 4—5 月为 2009 年度。

由图 1 可以看出, 各微地形土壤水分的季节变化规律是相似的, 基本与降雨的季节变化一致, 但雨季降水对土壤水分的补偿表现出一定的滞后性。2008 年降雨集中在 8—10 月, 但 8 月份的土壤含水量仍然较低, 直到 9 月份才有所回升, 10 月份达到最大。这是因为生长季前期雨量较小, 土壤水分下渗较少, 8 月虽然进入雨季, 但气温高, 阳坡日照强烈, 而且各种植被正处于生长最旺盛时期, 土壤蒸发和植被蒸腾作用均较强[12], 同时降雨入渗、再分布和土壤蒸发向深层传递具有一定的滞后性, 所以土壤含水量较低; 9 和 10 月较大的降雨量使土壤水分得到了充分补充, 而且此时气温逐渐降低, 日照强度减弱, 植被生长进入生长缓慢期, 植被蒸腾和土壤蒸发作用减小, 土壤水分得到的补充多于蒸发和蒸腾的消耗量, 故土壤含水量显著提高, 到 10 月末超过生长季初期的土壤含水量水平。

在整个生长季中, 2008 年旱季各微地形的土壤含水量差别较大, 进入雨季差异逐渐缩小, 到 2009 年旱季差异又逐渐明显。这说明微地形对旱季土壤含水量的影响大于雨季。各微地形中, 缓台和切沟在整个生长季土壤含水量都最高, 并且明显高于其他微地形及对照坡面, 这两种地形特征有利于水分的储存; 浅沟的土壤含水量在旱季低于坡面, 进入雨季后逐渐高于坡面, 说明浅沟在旱季消耗水分比坡面多(植被略好于坡面), 但雨季能有效聚集降雨; 陡坎土壤含水量在旱季与坡面差异不大, 但是在进入雨季之后, 尤其是 9 和 10 月明显高于坡面, 塌陷的土壤含水量在整个生长季基本都小于坡面, 只在 8 月稍高于坡面。

3.2 微地形土壤水分的垂直变化

3.2.1 *微地形土壤水分的垂直分布* 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, 同时受入渗的影响, 导致各土层接受降雨量存在差异; 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, 所以各微地形的土壤水分垂直分布存在差异(图 2)。

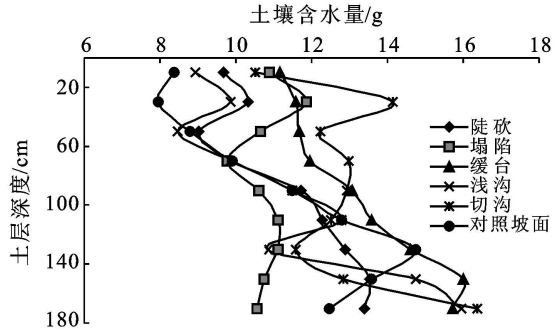


图 2 微地形土壤水分垂直分布

由图 2 可以看出, 在地表以下 180 cm 土层中, 各微地形的平均土壤含水量的垂直分布规律各不相同, 但其基本趋势是随着土层深度的增加而增加。表层土壤含水量低, 是因为阳坡接受较多的太阳辐射, 蒸发强烈。自然坡面由于地表径流大量流失, 土壤水分入渗小, 蒸发损失大, 0—60 cm 土层土壤水分较低, 维持在 8.0% 左右, 随后基本呈上升趋势, 最高达 14.7%。

各微地形中, 浅沟、陡坎的土壤含水量垂直分布与坡面相类似, 但两者 20—40 cm 的土壤水分明显高于坡面; 缓台土壤含水量随土层深度的增加而依次增加, 只 160—180 cm 略微降低, 含水量最低 11.2%, 最高 16.0%, 因汇集大量降水, 同时在下渗过程中损失较小, 水分可下渗到深层, 所以缓台 0—180 cm 土层范围内土壤含水量都较高; 切沟 20—40 cm 土层的土壤水分有一个峰值 14.1%, 40—100 cm 土壤含水量一直集中在 13.0% 左右, 说明切沟在 0—100 cm 范围内利于水分的储存和下渗, 为植被提供了一个有利的生境条件, 但在 140 cm 左右土壤水分有一个极低值 11.6%, 随后快速上升, 160—180 cm 达到 16.4%, 这可能是由于较好的水分条件使切沟的植被根系深, 深层的水分被充分利用所致; 塌陷土壤水分随土层深度的变化较为平稳, 0—80 cm 高于坡面, 80 cm 以下低于坡面, 各层土壤含水量集中在 11.0% 左右, 变化特点表明其地形特征有利于浅层雨水的储存, 但深层含水量较低, 可能是由于表层土壤比深层土壤疏松, 导致水分的侧渗比向下入渗量大。

3.2.2　*微地形土壤水分差异分析*　由于受降雨、入渗、产流、蒸散等因素的影响, 土壤水分经常处于动态变化过程中, 各层土壤水分变化幅度有一定的差异性。根据监测数据, 计算了 2008 年 5 月至 2009 年 5 月不同微地形不同层次土壤水分的标准差和变异系数(表 2)。从表 2 中可以看出, 不同微地形的土壤含水量变化程度不同, 同一微地形不同土层深度的土壤含水量变化幅度也存在差异。

表 **2**　微地形土壤水分垂直分层

土层深度/ cm	陡 坎			塌 陷			缓 台		
	标准差	变异系数	活跃等级	标准差	变异系数	活跃等级	标准差	变异系数	活跃等级
0—20	3.828	0.395	速变层	3.937	0.361	速变层	3.476	0.311	速变层
20—40	3.014	0.292	活跃层	3.354	0.282	活跃层	2.756	0.238	活跃层
40—60	2.006	0.222	活跃层	1.335	0.125	次活跃层	2.711	0.232	活跃层
60—80	1.893	0.192	次活跃层	0.801	0.082	稳定层	2.632	0.220	活跃层
80—100	1.368	0.117	次活跃层	0.750	0.071	稳定层	2.112	0.162	次活跃层
100—120	1.353	0.110	次活跃层	0.685	0.062	稳定层	1.203	0.089	稳定层
120—140	1.280	0.100	次活跃层	0.575	0.052	稳定层	0.751	0.051	稳定层
140—160	1.149	0.085	稳定层	0.927	0.086	稳定层	0.520	0.032	稳定层
160—180	0.999	0.075	稳定层	0.252	0.024	稳定层	0.831	0.053	稳定层
土层深度/ cm	浅 沟			切 沟			对照坡面		
	标准差	变异系数	活跃等级	标准差	变异系数	活跃等级	标准差	变异系数	活跃等级
0—20	3.951	0.442	速变层	4.430	0.422	速变层	3.180	0.381	速变层
20—40	2.576	0.262	活跃层	3.022	0.214	活跃层	2.108	0.265	活跃层
40—60	2.426	0.287	活跃层	1.936	0.158	次活跃层	2.159	0.246	活跃层
60—80	2.401	0.243	活跃层	1.940	0.149	次活跃层	2.330	0.235	活跃层
80—100	1.769	0.154	次活跃层	1.202	0.093	稳定层	1.781	0.155	次活跃层
100—120	1.020	0.080	稳定层	0.564	0.045	稳定层	1.426	0.111	次活跃层
120—140	0.457	0.042	稳定层	0.548	0.047	稳定层	1.616	0.110	次活跃层
140—160	0.508	0.034	稳定层	0.457	0.036	稳定层	1.419	0.104	次活跃层
160—180	0.268	0.017	稳定层	0.504	0.031	稳定层	1.561	0.125	次活跃层

虽然各微地形土壤水分变异系数不同, 但其变化规律是相似的, 即随土层深度的增加, 土壤含水量的变异系数减小, 降水、温度等外界因素对土壤含水量的作用减弱。

根据土壤水分垂直分层情况得出, 所有微地形的速变层均在 0—20 cm, 20 cm 以下各微地形垂直分层差异明显。其中, 塌陷的平均变异系数最小, 切沟次之。这两种微地形每一层的变异系数都较小, 塌陷 20—40 cm 为活跃层, 40—60 cm 为次活跃层, 从 60 cm 开始进入稳定层; 而切沟 20—40 cm 为活跃层,

40—80 cm 为次活跃层, 80 cm 以下为稳定层。它们的垂直分层特点可以概括为活跃层跨度短, 稳定层开始的相对较浅。所以与其它地形相比较, 这两种微地形可以为植被提供一个比较稳定的生境条件。缓台和浅沟的变异系数平均值在所有微地形中居中, 变化趋势也比较相似, 活跃层跨度较长, 从 20 cm 贯穿到 80 cm, 但是从 100 cm 开始变异系数迅速减小而进入稳定层。陡坎的平均变异系数在所有微地形中最大, 而且深层的变异系数一直较大, 直到 140 cm 才进入稳定层, 不利于深根植物的稳定生长。对照坡面的平均变异系数大于所有微地形, 并且没有稳定层, 说明相比几种微地形, 坡面不能给植物提供稳定的生境条件。

3.3 微地形土壤水分分层对比

土壤水分的垂直变化规律较为复杂, 主要由坡面降水入渗再分布以及植物和土壤向上的蒸散这两个过程所支配[13]。为进一步研究各微地形土壤水分垂直分布与坡面的差异, 本研究按照土壤剖面水分含量变异系数, 用 SPSS 17.0 软件将土壤剖面分层聚类, 将 0—180 cm 的土壤剖面划分为 0—20 cm, 20—80 cm, 80—180 cm 这 3 个层次, 分别进行统计计算(图 3)。

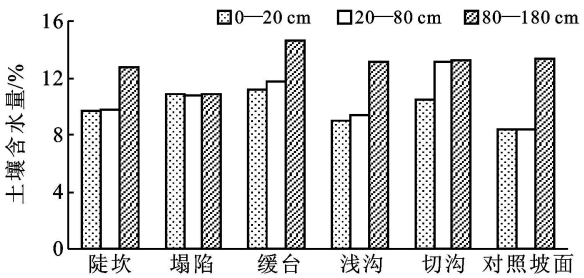


图 **3** 微地形土壤水分分层分布

0—20 cm 土层土壤受降水、温度、风力等气象因子影响, 水分变化较为剧烈。降雨时雨水首先渗入该层, 使土壤中水分含量急剧增加; 雨后由于地面蒸发、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[14]。在该层中, 所有微地形的土壤含水量均大于对照坡面, 呈现缓台> 塌陷> 切沟> 陡坎> 浅沟的排序。缓台一般地势较平, 地块较大, 增加了雨水的暂留时间, 具有较好的蓄水保水能力; 而塌陷除地势较平外, 还能获得其上部坡面的径流补充; 切沟和浅沟的地形特征改变了水流的流向, 利于有效聚集水分, 因此这些微地形的表层土壤水分都优于坡面; 陡坎表层土壤含水量高于坡面, 可能是因为陡坎的地形特征使得日照强度小于坡面, 并且植被盖度小, 所以蒸发量较小, 表层土壤水分得到有效保存。

20—80 cm 土层深度的土壤水分处在双向补偿层中, 土壤水分既来自降水后上层土壤水分的下行入渗补给, 又来自水分上行运移对蒸发面水分蒸发的补给, 经常处于增湿和失水的不稳定状态。并且, 退耕后的研究区以草本植物为主, 植物根系大部分分布在这一层, 使水分变化比较强烈。该层各微地形土壤含水量排序为: 切沟> 缓台> 塌陷> 陡坎> 浅沟> 坡面, 差异较表层明显, 含水量最大的切沟高出坡面 57.5%。因表层的水分含量与中层联系紧密[15], 所以该层土壤水分基本延续了表层特征。几种微地形降水后上层土壤水分的下行入渗补给高, 含水量较高, 切沟尤为突出。因为在降雨时, 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, 本层土壤含水量也最大。

80—180 cm 土层的土质较上层紧实, 土壤水分运移的阻力也较大, 气温引起的土壤蒸发对该层影响较小, 降雨的补偿也相对较缓; 在水势梯度的影响下, 水分主要由上层入渗补给, 而且几乎不受草本植物根系影响, 所以该层土壤水分变化相对稳定, 表现出较好的均匀特性。虽然如此, 但该层不仅是现存草本植物的水分供给层, 而且对于造林根系影响很大[16]。该层土壤含水量最大的是缓台 14.6%, 坡面、浅沟、切沟相差不多, 都在 13.0% 左右, 陡坎比坡面略差一些, 塌陷最小, 只有 10.8%。由于受上层水分下渗的影响, 缓台的土壤含水量较大。切沟虽然 80 cm 以上含水量高, 但是深层含水量的优势并不明显, 这是受根系利用和侧渗损失的影响。塌陷该层含水量小于坡面, 可能是浅层土壤比深层土壤疏松, 所以水分的侧渗比向下入渗量大所致。从这一层的土壤水分特征可以看出, 缓台还未发挥出为植被提供深层水分供给的潜力, 而提高深层土壤水分利用率正是干旱缺水的黄土区阳坡植被恢复的有效措施。

4 结果讨论

黄土高原地区植被恢复建设时, 在按传统立地类型划分原则所确定的植被恢复单元内, 还应该考虑按照微地形的土壤水分特征, 有区别地配置植被类型, 以充分利用微地形良好的水分条件增加植被的覆盖率, 提高生态环境建设的成效。本研究以微地形土壤水分特征分析为基础, 提出粗略的黄土区干旱阳坡微地形植被配置方案: 在水分条件较好的切沟和缓台, 可适当提高植被配置类型, 例如切沟可以根据其形状、大小, 沿沟底合理种植油松, 刺槐等低耗水率的乔木; 缓台可以配置带状稀乔疏灌, 采取合理的人工林营造密度, 加强抚育管理; 塌陷根据实际情况配置散

生的、浅根性的小灌木; 浅沟的植物配置理论上与坡面不予区别对待, 但对于发育时间长, 水分条件好的浅沟可以合理配置低耗水率的半灌木或处于更高级演替阶段的草本植物; 陡坎则以保护原有草本植被为主, 加之利用陡坡造林技术使植物种扎根, 以保证植被的成活率和保存率。

根据以往的经验[17-18], 陡坎的土壤水分应较坡面差, 但是本研究却发现陡坎的整体土壤含水量大于坡面, 除了不同层次的差异影响外, 其原因可能是由于植被生长较差, 陡坎的土壤水分受植被蒸腾影响小而得以有效保存。其具体原因还需要进一步的调查研究。

5　结 论

(1) 微地形土壤水分的季节变化基本与降雨的季节变化一致, 但雨季降水对土壤水分的补偿表现出一定的滞后性。微地形对旱季土壤含水量的影响大于雨季。其中, 缓台和切沟在整个生长季土壤含水量都最高; 浅沟的土壤含水量在旱季低于坡面, 雨季高于坡面; 陡坎土壤含水量在雨季过后明显高于坡面; 塌陷的土壤含水量在整个生长季基本都小于坡面。

(2) 微地形土壤水分的垂直分布基本趋势是随土层深度的增加而增加。浅沟和陡坎的土壤含水量垂直分布与坡面相类似, 但 0—40 cm 高于坡面; 缓台的土壤含水量随土层深度的增加而依次增加; 切沟 0—100 cm 含水量较高, 140 cm 左右有一个极低值, 随后快速上升; 塌陷各层土壤含水量集中在 11.0% 左右。微地形土壤水分的变异系数随土层深度的增加而减小。其中塌陷和切沟活跃层跨度短, 稳定层开始的相对较浅; 缓台和浅沟活跃层跨度长, 从 100 cm 开始变异系数迅速减小而进入稳定层; 陡坎的平均变异系数在所有微地形中最大; 对照坡面的平均变异系数大于所有微地形并且没有稳定层。

(3) 微地形不同层次间的土壤含水量差异表现为: 0—20 cm 土层所有微地形的土壤含水量大于对照坡面, 呈现: 缓台> 塌陷> 切沟> 陡坎> 浅沟的排序; 20—80 cm 土层各微地形土壤含水量差别较大, 受表层影响, 表现为: 切沟> 缓台> 塌陷> 陡坎> 浅沟> 坡面, 切沟地形的优势显现出来; 80—180 cm 土层土壤含水量最大的是缓台, 坡面、浅沟、切沟相差不多, 陡坎比坡面略小一些, 塌陷最小。

[参 考 文 献]

[1] 胡伟, 邵明安, 王全九, 等. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(1): 75-81.

[2] 路保昌, 薛智德, 朱清科, 等. 干旱阳坡半阳坡微地形土壤水分分布研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(1): 62-65.

[3] 刘宏伟, 余钟波, 崔广柏. 湿润地区土壤水分对降雨的响应模式研究[J]. 水利学报, 2009, 40(7): 822-829.

[4] 李艳梅, 王克勤, 陈奇伯, 等. 金沙江干热河谷微地形改造对土壤水分运动参数的影响研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 19-23.

[5] 段争虎, 肖洪浪, 宋耀选, 等. 黄土高原西部兰州市郊地貌驱动的土壤水分变化及对植物的影响分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 522-526.

[6] 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.

[7] 赵荟, 朱清科, 秦伟, 等. 黄土高原干旱阳坡微地形土壤水分特征研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 64-68.

[8] Nagamatsu D, Mirura O. Soil disturbance regime in relation to micro-scale landforms and its effects on vegetation structure in a hilly area in Japan[J]. Plant Ecology, 1997, 133: 191-200.

[9] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 49-133.

[10] 韩仕峰. 旱地土壤水分变化规律及有效利用[J]. 山西农业科学, 1990(7): 20-23.

[11] 贾志清. 晋西北黄土丘陵沟壑区典型灌草植被土壤水分动态变化规律研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(1): 10-15.

[12] 张北赢, 徐学选, 刘文兆, 等. 黄土丘陵沟壑区不同降水年型下土壤水分动态[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1234-1240.

[13] 潘成忠, 上官周平. 黄土半干旱丘陵区陡坡地土壤水分空间变异性研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 5-9.

[14] 岳宏昌, 王玉, 李缠云, 等. 黄土丘陵沟壑区土壤水分垂直分布研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(1): 66-69, 82.

[15] 张北赢, 徐学选, 刘文兆, 等. 黄土丘陵区不同土地利用的土壤水分灰色关联度[J], 生态学报, 2008, 28, (1): 361-366.

[16] 张宇清, 朱清科, 齐实, 等. 梯田埂坎立地植物根系分布特征及其对土壤水分的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 500-506.

[17] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土壤水分的空间异质性及其影响因子[J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 715-720.

[18] 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.