

# 晋西黄土区坡面尺度土壤水分分布规律研究

孙中峰, 张学培

(北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 采用定位观测方法对晋西黄土丘陵沟壑区坡面土壤水分的分布规律进行研究。结果表明, 坡向、坡度、坡位是坡面尺度土壤水分分布的重要影响因素。得出了不同立地条件土壤水分的剖面变化与时间动态规律。在此基础上对不同立地条件进行聚类, 给出了坡面尺度下不同立地条件的分类结果。通过分类, 可以用立地因素代替土壤水分状况, 为黄土高原植被建设提供科学的土壤水分依据。

**关键词:** 黄土高原; 坡面尺度; 土壤水分; 分布规律

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2006)02—0027—04

中图分类号: S152.7

## Distribution Features of Soil Moisture on Slope in Loess Hilly Areas

SUN Zhong-feng, ZHANG Xue-pei

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The distribution of soil moisture on slope in loess hilly areas was studied by the method of fixed location observation. Results show that slope degree, slope position and slope direction are the important factors influencing the distribution of soil moisture on slope. We find the laws of profile and seasonal changes of soil moisture on slope. Through the hierarchical cluster of soil moisture of different stands, we may use condition of topography instead of soil moisture, and offer a academic base of soil moisture for establishing the system of defendant forestry.

**Keywords:** the Loess Plateau; slope; soil moisture; distribution

黄土高原是世界上水土流失最严重和生态环境最脆弱的地区之一。多年的生产实践证明: 实行退耕还林, 植树种草、恢复植被的生物工程治理是控制水土流失、改善生态环境、实现山川秀美的根本措施<sup>[1]</sup>。但由于水资源的不足和日益短缺愈来愈成为黄土高原植被建设的限制因素。因此研究土壤水分分布规律将有助于提高水分资源的利用效率、进行合理的植被布局<sup>[2]</sup>, 为黄土高原的植被建设提供科学的理论基础。本文通过对黄土高原坡面不同立地条件土壤水分的状况进行分析比较, 为水土保持防护林配置提供土壤水分依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

本项研究试验地在北京林业大学山西吉县科研试验场, 位于山西省西南部黄土区, 属暖温带大陆气候, 冬季寒冷干燥, 夏季温度较高。年降雨量为 575.9 mm, 无霜期平均 170 d 左右, 年平均气温 10℃。大部分地区为典型黄土残塬、梁峁侵蚀地形。平均侵蚀模数 11823 t/(km<sup>2</sup>·a)。营造防护林的主要树种有刺槐

(*Robinia pseudoacacia*) 和油松(*Pinus tabulaeformis*), 林分结构简单, 以纯林为主, 混生或伴生有山杨(*Populus davidiana*), 天然林主要为沙棘(*Hippophae rhamnoides*) 与虎榛子(*Ostryopsis davidiana*) 等。

### 1.2 样地基本情况与研究方法

选取研究区内典型坡面, 在坡面上选取的东、西、南、北 4 个方向, 坡上部、坡中部、坡下部 3 个不同坡位及坡顶共计 13 个点, 同时选择 3 个对照点, 共计 16 个点进行土壤水分定位观测。地表植被全部为天然次生灌木林分及草地。

测定方法应用烘干法, 测定时间为生长季内(4月初至 10 月底)的每月的上、中旬。土壤含水量用烘干法进行测定, 分 5 个层次进行(0~20, 20~40, 40~60, 60~80 和 80~100 cm)。每个样地每层测定 3 个样点, 取其平均值作为样地该层次的土壤含水量。土壤贮水量按  $W_c = 0.1RVH$  计算<sup>[3]</sup>。

式中:  $W_c$  ——土壤贮水量(mm);  $R$  ——土壤含水量(%);  $V$  ——土壤容重(g/cm<sup>3</sup>);  $H$  ——土层深度(cm)。依据以上公式分别计算出各层的土壤水分, 然后累加计算出 1 m 土层的水分贮量。

收稿日期: 2004-07-12

资助项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA510B01); 教育部霍英东教育基金(81026)

作者简介: 孙中峰(1972—), 男(汉族), 黑龙江省双鸭山市人, 博士研究生, 主要研究方向森林水文及防护林配置。电话(010)62337630,

E-mail: szf001@vip.sina.com.

## 2 结果分析

### 2.1 坡面土壤水分水平分布规律

2.1.1 坡向对土壤水分的影响 运用 SPSS11.0 软件对不同坡向土壤含水量的均值比较得到图 1。从图 1 不同坡向土壤水分均值中可以看出土壤水分含量的排序为:北向坡 > 东向坡 > 坡顶 > 西向坡 > 南向坡。4 个坡向中东、北坡偏于湿润,而西、南坡偏于干燥,其中最湿润的为北坡,最干燥的为南坡,两者 0~1 m 土层平均含水量相差 27.8%。

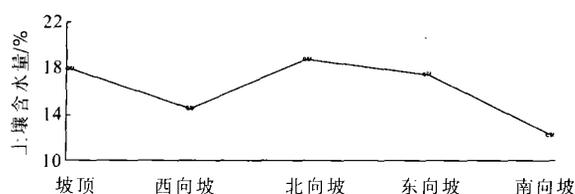


图 1 不同坡向土壤水分均值图

2.1.2 坡位对土壤水分的影响 运用 SPSS11.0 软件对不同坡向土壤含水量的均值比较的方法,可以得出不同坡位土壤水分的均值图(见图 2)。在同一坡面的不同坡位,土壤水分也有明显差异。无论是南坡与北坡,坡面的土壤水分随坡面的延伸,由于径流的叠加效应,坡面的土壤水分差异明显,一般呈现出下部 > 中部 > 上部。而到雨季,由于植被生长的差异,这种现象减弱。由于蒸发的减弱和良好植被的遮阴作用,南坡不同坡位的这种分布规律大于植被生长较好的北坡,尤其到了雨季,北坡不同坡位的土壤水分差异不显著。

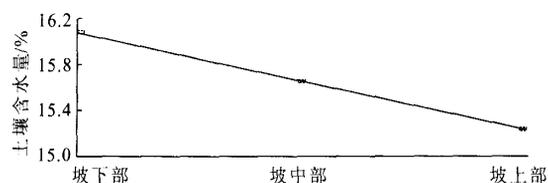


图 2 不同坡位土壤水分均值图

2.1.3 坡度对土壤水分的影响 运用 SPSS11.0 软件对不同坡向土壤含水量的均值比较方法,可得到不同坡度土壤水分的均值图(见图 3)。从图 3 中可得到,坡度越小土壤水分含量越高。大于 30°, 20°~30° 的土壤含水量与 15°~20°, 小于 15° 的土壤含水量差异显著。从图 3 中可以得到, 15°~20° 为土壤水分变化的转折点,土壤水分在此之间变化十分明显。

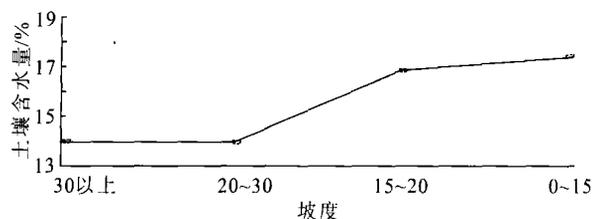


图 3 不同坡度土壤水分均值图

### 2.2 坡面土壤水分垂直分布规律

坡面尺度不同立地条件下剖面土壤水分分布见图 4,为了反映土壤水分垂直变化情况,用变异系数  $C_v$  表示其变化情况,  $C_v$  为土壤含水量样本的均方差与样本平均值的比值。 $C_v$  越大表示土壤水分变化越剧烈,反之表示土壤水分差异越小<sup>[4]</sup>。整个生长季(4—10月)不同林分土壤剖面水分的平均值与变异系数垂直分布的变化趋势见表 1。

变异系数随着土层的增加而逐渐减小,这是因为在同一林分中,降水对表层土壤的作用明显大于其对深层土壤,降雨时雨水首先渗入该层,使土壤含水量急剧增加,雨后由于林木耗水和地面蒸发,以及在重力势与基质势的作用下该层水分向深层运动,使其含水量减小,从而使土壤含水量的波动较大,因而变异系数明显大于下层土壤含水量的变异系数。变异系数与土层深度的关系方程为:

$$y = 3.7388x^{-3.0406}, r = 0.9769$$

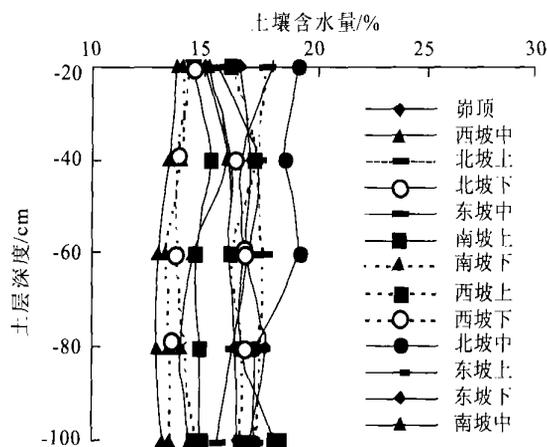


图 4 不同立地条件的土壤水分垂直分布

### 2.3 坡面土壤水分时间变化动态

2.3.1 坡面尺度土壤水分时间变化动态 在坡面尺度内,不同坡向的土壤水分呈现出相同的时间变化趋势,东西向变化幅度略小于南北向。土壤水分在生长季内大致经历 3 个阶段(图 5):从 5 月初至 7 月初为土壤水分递减期,从 7 月初至 9 月中旬为土壤水分补充期,9 月下旬至 10 月为土壤水分消退期。林地土

壤含水量在 5 月中旬前都较高,一般都大于 10%;进入后期,植被开始生长而消耗水分,土壤含水量逐渐降低,特别在 6 月中旬到 8 月中旬,土壤含水量处于最低期,这个阶段虽然有较为充足的雨水补充;从 8

月中旬以后,大部分林地土壤含水量开始提高,因为这个阶段降水继续增加,而植被耗水相对降低,土壤水分得到补充;进入 9 月中旬以后,降水量减少,而植被还在消耗水分,土壤水分含量逐渐降低。

表 1 不同立地条件下不同层次平均含水量与变异系数

样地	项目	土层深度/cm				
		0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
北坡上部	平均含水量/ %	17.75	17.27	17.59	17.48	17.21
	变异系数 $C_v$	0.71	0.73	0.64	0.56	0.56
北坡中部	平均含水量/ %	18.07	16.66	16.70	16.68	18.12
	变异系数 $C_v$	0.79	0.61	0.59	0.59	0.29
北坡下部	平均含水量/ %	19.09	18.51	19.18	17.21	17.79
	变异系数 $C_v$	0.66	0.45	0.52	0.51	0.49
东坡上部	平均含水量/ %	15.16	16.18	16.06	15.54	15.15
	变异系数 $C_v$	0.59	0.45	0.50	0.49	0.39
东坡中部	平均含水量/ %	15.57	17.32	16.99	16.20	15.60
	变异系数 $C_v$	0.65	0.54	0.50	0.49	0.32
东坡下部	平均含水量/ %	14.98	16.09	16.07	16.35	16.50
	变异系数 $C_v$	0.74	0.60	0.60	0.55	0.42
西坡上部	平均含水量/ %	14.31	13.76	13.78	13.95	14.55
	变异系数 $C_v$	0.62	0.48	0.45	0.54	0.48
西坡中部	平均含水量( %)	15.12	15.99	14.47	13.94	14.27
	变异系数 $C_v$	0.66	0.27	0.34	0.34	0.35
西坡下部	平均含水量/ %	16.15	16.63	16.16	16.63	16.58
	变异系数 $C_v$	0.53	0.42	0.42	0.37	0.33
南坡上部	平均含水量/ %	13.98	13.93	13.25	13.44	13.38
	变异系数 $C_v$	0.59	0.43	0.39	0.37	0.35
南坡中部	平均含水量/ %	13.74	13.40	12.93	12.82	13.07
	变异系数 $C_v$	0.53	0.40	0.31	0.25	0.25
南坡下部	平均含水量/ %	14.38	15.23	14.59	14.73	14.78
	变异系数 $C_v$	0.60	0.46	0.33	0.29	0.32
坡顶部	平均含水量/ %	16.55	17.04	16.92	17.27	17.04
	变异系数 $C_v$	0.52	0.59	0.54	0.50	0.48

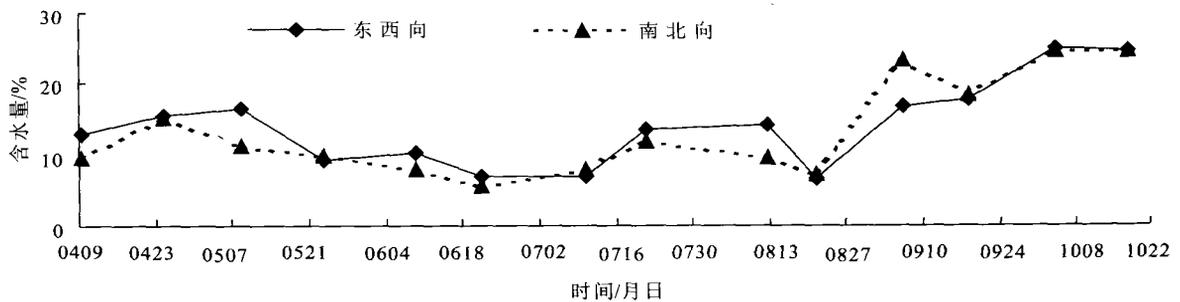


图 5 各向土壤水分随时间变化

2.3.2 不同层次土壤水分季节变化动态 从图 6 可见,不同层次时间变化趋势大体相同,呈现出 3 个阶段的变化。只是不同层次的变化幅度有些差距,从图

中可得到随土层深度的加大,土壤水分含量的时间变化呈减少趋势,即表层(0~20 cm)土壤水分的波动最为剧烈,而 80~100 cm 土壤水分含量波动幅度最小。

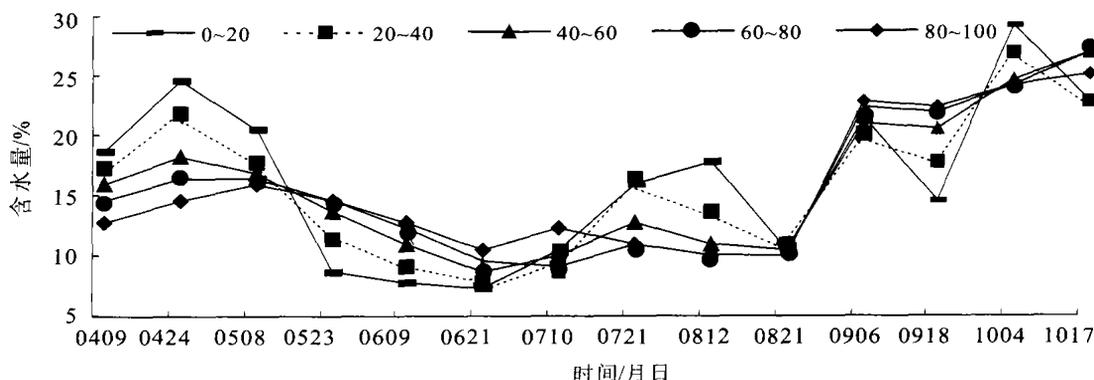


图 6 各层平均土壤水分随时间变化

#### 2.4 不同立地条件土壤储水量分类

立地条件模型以样地的春旱时期(4—6月)土壤储水量(1 m 深土层)为因变量,以不同立地因子为自变量,进行分析聚类。

聚类分析的结果详见图 7。可按土壤储水量将不同立地分 3 类:东上、西下、南下、北上、西中、北中、南中、东下、东中为一类;西上、南上为一类(见表 2)。在表 2 中各项相关系数均 > 0.85,复相关系数为 0.972 9。可以看出,灌木林地与草坡的生物产量与土壤水分储量基本一致,两者可以合并。分析表明,地形因素(坡位、坡向)是影响土壤水分的主导因素,土壤水分状况可以用地形因素直观加以表达。

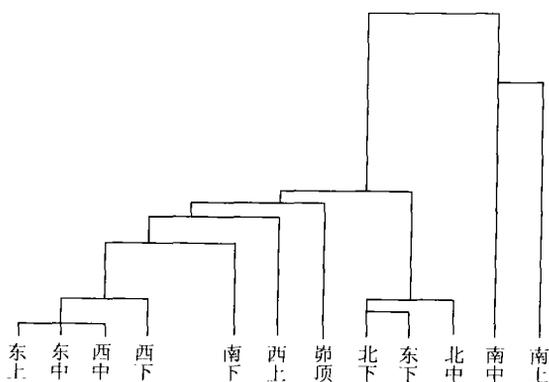


图 7 不同立地条件土壤储水量聚类树状图

### 3 结论

(1) 在晋西黄土高原坡面尺度上,坡向、坡度、坡位是土壤水分分布的重要影响因子,通过研究表明,土壤含水量从大到小排序为:北坡 > 东坡 > 西坡 > 南坡;坡下部 > 坡中部 > 坡上部;坡度与土壤含水量呈负相关,15°~20°在当地为土壤水分变化的转折点。

(2) 坡面尺度不同立地条件土壤水分的时间变化呈相同的趋势,可以将其分为 3 个阶段,即土壤水分递减期(5月初至 7月初)、为土壤水分补充期(7月初至 9月中旬)、土壤水分消退期(9月下旬至 10月);不同层次的土壤含水量呈相同的时间变化规律,随着深度加大,土壤水分的波动幅度呈减少趋势。

(3) 根据不同立地条件春旱时期的土壤储水量及参照生物产量,可以将坡面尺度的不同立地条件分为 3 种类型,即湿润型、半湿润型和干旱型,通过此种分类,可以用地形因素直观表达土壤水分状况,为坡面林分布局提供土壤水分理论依据。

表 2 春旱时期 1 m 深土层土壤储水状况与生物产量状况

土壤的储水量等级	命名	立地条件	平均水层厚/mm	生物产量/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
湿润型		北下、东下、北中	>185	>40
半湿润型		东上、东中、西下 北上、西中、南下 西上、东下	130~185	7.5~40
干旱型		南中、南上	113~122	<7.5

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张雷明,上官周平. 黄土高原土壤水分与植被生产力的关系[J]. 干旱区研究,2002,19(1):59—63.
- [2] 杨新民. 黄土高原灌木林地水分环境特性研究[J]. 干旱区研究,2001,18(1):8—13.
- [3] 王孟本,李洪建. 黄土高原人工林水分生态研究[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [4] 孙中峰,张学培,张晓明,等. 晋西黄土区林地坡面土壤水分异质性研究[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(2):81—86.