

# 黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征

何福红, 黄明斌, 党廷辉

(中国科学院 水土保持研究所 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 以长武王东沟小流域为研究对象, 研究了黄土高原沟壑区小流域的土壤水分分布特征。结果表明: 在王东沟小流域内, 土壤剖面中 0—2 m 的土层经过一个雨季之后, 土壤水分得到了部分的恢复; 2 m 以下土层, 由于没有水分补给, 相对比较干燥。该流域内农地的土壤贮水量高于草地, 草地高于果园地, 林地的土壤贮水量最低。而在同一地理位置, 土壤的水分分布又受坡度、坡向、坡位、植被类型、植被密度和生物量的影响, 表现出一定的空间变异特性。

**关键词:** 黄土高原沟壑区; 小流域; 土壤水分; 分布特征

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2002) 04—0006—04

中图分类号: S152.7+5

## Soil Water Distribution Characteristics in Wangdonggou Watershed in Gully Region of Loess Plateau

HE Fu-hong, HUANG Ming-bin, DANG Ting-hui

(Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The distribution characteristics of soil water in Wangdonggou watershed in gully region of the loess plateau are studied. The results show that the soil water have renewed in a certain extent after a rainy period in 2 m soil profile. In the soil profile below 2 m, soil water is dry without water supply. In the whole watershed, the average soil water storage of farm land, grass land, orchard land, and forest land are 465.3 mm, 452.8 mm, 450.2 mm, and 424 mm in 2 m soil profile; and 627 mm, 620.6 mm, 598.8 mm, and 542.7 mm in 3 m soil profile. In general, farm land > grass land > orchard land > forest land in soil water content. In the same time, soil water distribution is affected by slope degree, slope direction, slope location, plant category, plant density, and biomass. Moreover, it has some spatial variability.

**Keywords:** gully region of loess plateau; small watershed; soil water; distribution characteristics

在侵蚀严重的半干旱黄土高原沟壑区, 土壤水分不仅是土壤侵蚀过程<sup>[1]</sup>、植物生长<sup>[2]</sup>和植被恢复<sup>[3]</sup>的主要影响因素, 也是土地评价的重要指标<sup>[4]</sup>。因此, 研究土壤水分的空间分布特征对于黄土高原沟壑区的农业生产、植被恢复和土地的合理利用等具有重要的指导意义<sup>[5]</sup>。近年来, 黄土高原土壤水分的研究主要集中于植被的水文生态环境效应<sup>[6—8]</sup>。至于土壤水分的空间分布特征, 也作了不少的研究, 但大多集中在黄土高原丘陵区<sup>[9—10]</sup>, 很少涉及黄土高原沟壑区。本研究试图通过选取典型的黄土高原沟壑区小流域——王东沟小流域, 对其不同坡度、坡向、植被类型和生物量影响下的土壤水分进行测定, 研究其空间分布特征, 从而为小流域尺度内水土资源的合理利用提供理论指导。

### 1 研究流域概况

王东沟小流域位于黄土高原沟壑区陕甘交界处的长武县境内, 流域总面积 8.3 km<sup>2</sup>。地貌分为塬面和沟壑两大单元, 分别占土地面积的 35% 和 65%, 是典型的黄土高原中南部高原沟壑区。试验区所在地属暖温带半湿润大陆性季风气候, 降雨年际变异大, 多年平均降雨量为 581.4 mm, 最大年降雨量为 813.2 mm, 最小年降雨量为 369.5 mm, 降水主要集中在 7—9 月, 约占全年降水量的 55% 以上。流域内主要土壤类型为黑垆土, 母质为深厚的中壤质马兰黄土, 全剖面土质均匀疏松, 非饱和层深厚, 其水分性质见表 1<sup>[9]</sup>。地下水埋深 50~80 m, 农业生产完全依赖于天然降水, 实行旱作农业, 主要种植小麦、玉米、糜子等,

收稿日期: 2002-04-19

资助项目: 国家自然科学基金(50079023); 国家“十五”科技攻关项目; 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金资助项目

作者简介: 何福红(1978—), 男(汉族), 湖南衡阳人, 硕士生。主要从事土壤水分、水环境等方面研究。电话(029) 7019071, E-mail: hfht@so-hu.com。

复种指数随降水年份而异,一般年份复种指数为 115%。自然植被多被人工林(草)所取代,主要有刺槐、胡枝子、紫穗槐等。

表 1 长武黑垆土的水分基本性质

稳渗率/ (mm · min <sup>-1</sup> )	田间持 水量/%	蒸发失 水率/%	萎蔫系 数/%	有效水/ %
1.35	22.8	14.7	11.0	15.1

注:土壤为中壤,容重为 1.36 g/cm<sup>3</sup>,全贮量为 31.3 mm/10 cm。

## 2 材料与方 法

工作底图选用了比例尺为 1 : 7500 的王东沟流域土地利用图,在王东沟小流域,选取了不同的坡度(0°、10°、15°、20°、30°)、坡向(阴坡、阳坡)、植被类型(农地、草地、林地、果树地)、植物生物量(高、中、低)的取样点共 94 个,于 2001 年 11 月利用土钻取土,其中,农地取样深度为 3 m,草地取样深度为 4 m,林地和果园地取样深度为 6 m。1 m 以内每 10 cm 取一个样,1 m 以下每 20 cm 取一个样,用烘干法及时测定

其土壤剖面含水量。测定期为雨季之后,雨季(7—9 月)降雨量为 337.6 mm,约占全年降水量(524.5 mm)的 64.4%,比多年平均雨季降雨量稍高。

## 3 结果与分析

### 3.1 王东沟小流域土壤水分状况

该流域地处黄土旱塬区,作物产量除受土壤养分含量高低的制约外,还与土壤水分供给状况密切相关。李玉山<sup>[12]</sup>等根据多年实验,发现该区在正常年份下土壤水分的亏缺率达到了 13.3%~15.1%,水分是该区作物产量的主要限制因子之一。

由于测定期为雨季之后,土壤水分较正常偏高。从土壤剖面水分测定结果(表 2)来看,农地的土壤贮水量高于草地,草地高于果园地,林地的土壤贮水量最低。土壤贮水量在流域内都有较大的变异系数,除 3 m 剖面草地的变异系数稍大于果园地外,土壤贮水量的变异系数均呈现出林地>果园>草地>农地的趋势。

表 2 王东沟小流域土壤水分状况

土地 类型	样品数/ 个	0—2 m 土壤剖面贮水量			0—3 m 土壤剖面贮水量		
		平均值/mm	变 幅/mm	变异系数/%	平均值/mm	变 幅/mm	变异系数/%
农地	27	465.3	385.7~578.8	6.6	627.0	485.3~826.0	8.1
草地	17	452.8	338.9~537.5	12.0	620.6	449.7~780.3	14.5
果园	19	450.2	323.3~579.9	13.1	598.8	423.3~770.5	14.0
林地	31	424.0	322.4~615.6	16.6	542.7	407.9~812.9	16.8
平均	94	446.3	322.4~615.6	12.9	592.9	407.9~826.0	14.6

在农地中,沟坡地与梁坡农地的土壤水分状况好于塬面农地,这主要是因为塬面的太阳辐射强度较大,风速较高,气温也相对较高,从而造成塬面上蒸发、蒸腾比沟坡与梁坡的农地强烈得多,虽然塬面的降雨几乎全部就地入渗,但其土壤贮水量仍低于沟坡与梁坡上的农地。

### 3.2 雨季前后土壤水分剖面

图 1 是农田和苹果地在雨季前后土壤剖面水分的变化图。测定时间分别为 2001 年 6 月 25 日和 11 月 5 日。从图中可以看出,经过一个雨季之后,土壤剖面中 0~2 m 的土层水分含量比雨季前的高,在 2 m 以下土层,土壤剖面中的水分含量比雨季前的低。这主要是因为 2 m 以上土层经过一个雨季之后土壤水分得到了部分的恢复,而在 2 m 以下土层由于没有水分补给,而且由于植物根系不断的吸水作用,土壤有一个明显的干燥化过程,最终将形成生物利用型土壤干层。从土壤剖面水分的恢复深度来看,苹果地的恢复深度为 1.6 m,农地的恢复深度为 1.8 m,农地的恢

复深度稍大于苹果地。这主要是因为雨季前苹果地土壤剖面水分的亏损量大于农地。

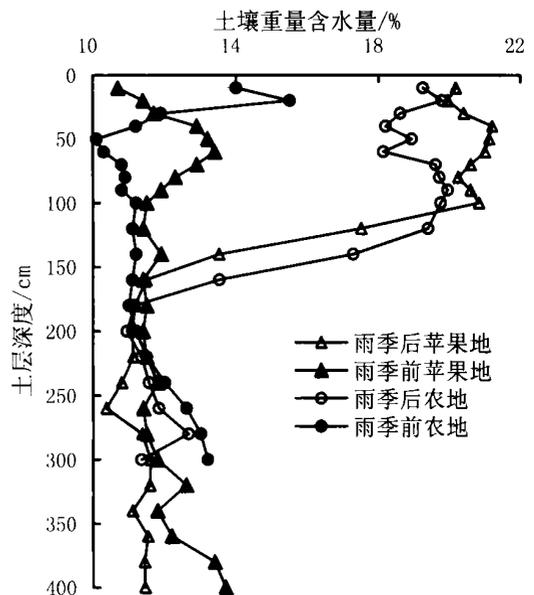


图 1 雨季前后土壤剖面水分含量

### 3.3 土壤水分的分布特征

从测定的资料来看,在长武王东沟小流域,影响土壤水分分布的主要因素是小地形、植被类型。其中,流域的小地形主要包括坡度、坡向和坡位。

#### 3.3.1 小地形与土壤水分布

(1) 坡度。刘元保(1991)<sup>[13]</sup>的研究表明,王东沟小流域土地坡度分布具有明显的两极分化。 $< 5^{\circ}$  的缓坡和  $> 25^{\circ}$  的陡坡分别占 37.9% 和 41.2%, 而中间坡度的土地面积只占 20.9%。经过多年的土地平整,小于  $25^{\circ}$  的塬面、塬边缓坡地和梁坡,大多已修成梯田。

图 2 反映了不同坡度对土壤剖面水分分布的影响。测定地点为丈六荒山,其坡度分别  $10^{\circ}$ 、 $18^{\circ}$  和  $35^{\circ}$ 。其中,0~200 cm 土壤剖面的贮水量分别为 381.7、349.5 和 329.1 mm, 200~300 cm 土壤剖面的土壤贮水量分别为 124.5、118.2 和 110 mm。由图 2 可以看出,在 3 种不同坡度的土壤剖面中,随着坡度的增加,土壤剖面中相应层次的含水量和总贮水量都具有递减的趋势,土壤水分的补给入渗深度也随着坡度的增加而变浅。这主要是因为随着土壤坡度的增加,降雨就地入渗率减少,径流量增加,在相同的蒸发蒸腾潜力下,土壤中的含水量也就相应减少,土壤水分补给入渗深度变浅。

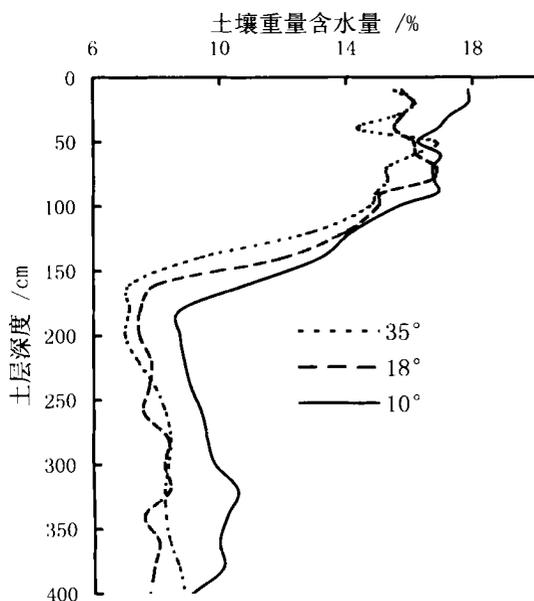


图 2 3 种不同坡度土壤水分剖面

(2) 坡向。图 3 反映了不同的坡向对土壤剖面水分分布的影响。从图中可以看出,在相同的坡度条件下,丈六荒山阴坡比阳坡湿润,阴坡 100—400 cm 土层土壤含水量较阳坡高出 2%~4%。而在 0—4 m 的全剖面,阴坡土壤贮水量为 888.3 mm, 比阳坡的 779.1 mm 高出 109.2 mm。这主要是由于阴坡所接受

的太阳辐射热量低于阳坡,阴坡的蒸发蒸腾强度也低于阳坡,从而阴坡的土壤水分含量高于阳坡。这就要求在发展水土保持林地的同时,应充分考虑坡向对土壤水分分布的影响,选择适宜的树种,保持合理的植被密度。

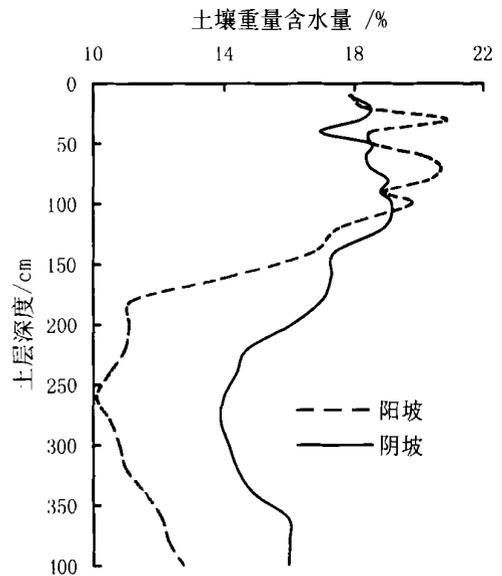


图 3 不同坡向的土壤水分剖面

(3) 坡位。图 4 反映了不同的坡位对土壤剖面水分分布的影响。从图 4 可以看出,土壤剖面的水分分布随坡位不同而不同,坡底的土壤含水量高,而坡顶的含水量相对较低。这主要是因为黄土高原沟壑区,降雨产流大多以超渗产流为主,距坡顶越远,上方来水越多,雨水入渗量也就越大,从而土壤剖面中的贮水量也就越多。另一方面,坡顶的潜在蒸散量大于坡腰,坡底最小。从而,在同一个坡面上,土壤剖面含水量呈现出由坡顶向坡底逐渐增高的趋势。

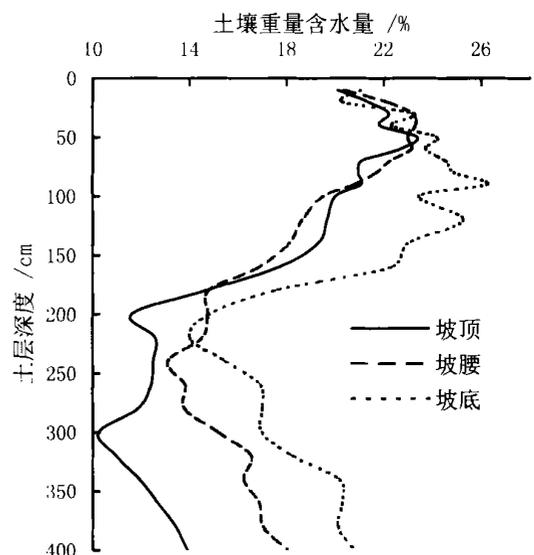


图 4 不同坡位的土壤水分剖面

3.3.2 不同的植被类型与土壤水分分布 植被类型不同,根系分布深度及密度具有很大的差异,从而土壤的蒸发和植被的蒸腾量不同,由此引起的土壤干燥程度和土壤的水分分布也不相同。一般地,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。图 5 是农地、草地、果园和林地 4 种不同植被类型的土壤水分剖面图,从图 5 中可以看出,土壤剖面的水分分布随植被类型的不同而不同。200 cm 以上土层的水分经过一个雨季之后,得到了部分的恢复。在 200—300 cm 土层,农地、草地、果园和林地的土壤平均含水量分别为 14.8%, 13.4%, 12.1% 和 8.7%, 而其 3 m 土层贮水量分别为 709.4, 644.1, 598.4 和 467.3 mm。都表现为农地高于草地,草地高于果园地,林地最低。

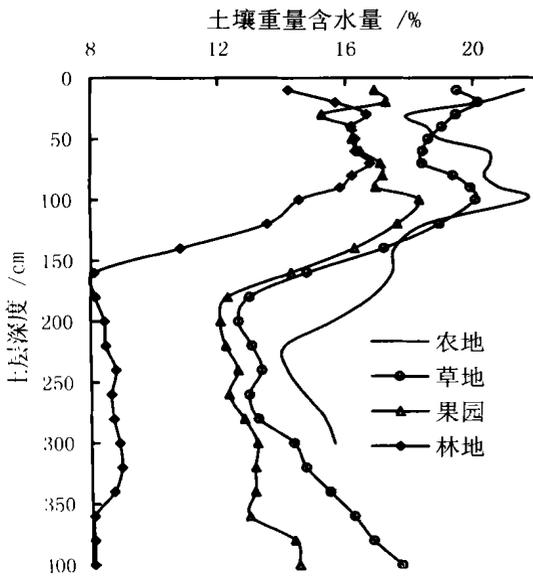


图 5 不同植被类型的土壤水分剖面分布

即使是同一种植被类型,由于密度、生物量以及树龄不同,其土壤剖面含水量也不相同。一般地,树龄越大,生物量越大,密度越大,其土壤剖面中的含水量越低。随着树龄的增加,土壤剖面的含水量逐渐降低,而且 15 a 生的苹果地 2 m 以下的土壤含水量接近萎蔫湿度,形成了生物利用型土壤干层。这就要求在高原沟壑区发展苹果等种植业的同时,应保持合理的果树密度,促进果树种植业的可持续发展。

## 4 结 论

在王东沟小流域内,土壤剖面中 0—2 m 的土层经过一个雨季之后,土壤水分得到了部分的恢复。2 m

以下土层,由于没有水分补给,相对比较干燥。一般情况下,农地的土壤贮水量高于草地,草地高于果园地,林地的土壤贮水量最低。而在同一地理位置,土壤的水分分布又受坡度、坡向、坡位、植被类型、植被密度和生物量的影响,表现出一定的空间变异。这就要求在以后的退耕还林还草等生态环境建设当中,应考虑土壤水分的空间分布特征,从而为黄土高原沟壑区的农业生产、植被恢复和土地的合理利用等作出正确的规划。

### [参 考 文 献]

- [1] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 106—122.
- [2] 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 190—297.
- [3] 朱志诚. 陕北黄土高原植被基本情况及其土壤性质的影响[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(3): 280—286.
- [4] 傅伯杰. 陕北黄土高原土地评价研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(1): 1—7.
- [5] 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展[M]. 北京, 科学出版社, 1998. 42—68.
- [6] 李玉山. 黄土区土壤水分循环及其对陆地水文大循环的影响[J]. 生态学报, 1983(3): 91—101.
- [7] 黄明斌, 康绍忠, 李玉山. 黄土高原沟壑区水流域水文环境演变[J]. 应用生态学报, 1999, 10(4): 411—414.
- [8] 黄明斌, 杨新民, 李玉山. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 7—13.
- [9] 王军, 傅伯杰. 黄土丘陵小流域土地利用结构对土壤水分时空分布的影响[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 84—91.
- [10] 邱扬, 傅伯杰, 王军. 黄土丘陵小流域水分时空分异与环境关系的数量分析[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 741—747.
- [11] 李玉山, 史竹叶, 张孝中, 等. 长武王东沟小流域土壤墒情影响因素与分布特征[A]. 见: 李玉山, 苏陕民主编. 长武王东沟高效生态经济综合研究[C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1991. 293—298.
- [12] 李玉山, 郭明航, 董大学, 等. 渭北旱塬旱作水分产量潜势与水-肥-产量关系[A]. 见: 李玉山, 苏陕民主编. 长武王东沟高效生态经济综合研究[C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1991. 115—125.
- [13] 刘元保, 唐克丽. 长武王东沟试验区的坡度组成与分级及国内外坡度分级综述[A]. 见: 李玉山, 苏陕民主编. 长武王东沟高效生态经济综合研究[C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1991. 196—202.