

# 黄土丘陵区不同土地利用方式对土壤含水率的影响

王国梁<sup>1,2</sup>, 刘国彬<sup>2</sup>, 党小虎<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 杨凌 712100;  
3. 西安科技大学地质与环境学院, 西安 710054)

**摘要:** 在干旱半干旱地区, 土壤含水率是影响作物生长和植被恢复的重要因子。采用土钻法对黄土丘陵区典型流域不同土地利用方式下土壤含水率进行了比较。结果表明, 农田土壤含水率显著较高, 这与农田坡度较小及梯田建设有关, 还与农作物蒸腾耗水相对较小有关。林地、灌木地和草地土壤含水率相对较低, 且相互间无显著差别。黄土丘陵区土壤含水率主要受坡度和土壤稳定入渗速率的影响。但草地土壤含水率还与坡向及年生物量有关。土壤水分分布格局与该区土层深厚, 地下水埋藏较深, 土壤水分收入主要受降雨的补给有关。因此, 该区农田建设应在坡度较小( $<10^\circ$ )的地形上进行, 并优先考虑梯田。坡度较大的地方应以天然灌木和草本群落的保育为主。人工乔灌林只适宜在沟道等水分条件较好的地方种植。  
**关键词:** 土壤水分, 分布格局, 土地利用, 梯田建设, 黄土丘陵区

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-2-0031-05

王国梁, 刘国彬, 党小虎. 黄土丘陵区不同土地利用方式对土壤含水率的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 31-35.  
Wang Guoliang, Liu Guobin, Dang Xiaohu. Effects of land use on soil moisture in loess hilly and gully region of China[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(2): 31-35. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

在干旱半干旱地区, 土壤含水率是影响作物生长和植被恢复的重要因子。同时, 土壤含水率也是干旱半干旱地区水文模型中最关键的变量之一。一方面, 土壤含水率的时空变化受降雨<sup>[1]</sup>、植被<sup>[2]</sup>、地形<sup>[1]</sup>、土壤<sup>[3]</sup>和土地利用方式<sup>[4-6]</sup>等因素的影响; 另一方面, 土壤含水率又影响着植物蒸腾、地表蒸发、地表径流和土壤内的水分交换<sup>[2,7]</sup>。黄土丘陵沟壑区属干旱半干旱地区, 长期以来强烈的人口压力造成该区土地的不合理利用, 其重要的表现之一就是土壤水分的过度开发, 并因此造成许多严重的后果。比如, 陡坡开荒造成土壤含水率下降, 反过来又造成农作物产量低而不稳; 人工林不合理经营造成林内水分过度消耗, 反过来使林木生长不良、更新困难; 人工草地产量过大, 形成土壤干层, 难以持续利用<sup>[8]</sup>。目前, 关于土地利用方式对土壤含水率的影响的研究相对较少<sup>[4-6]</sup>。对此, 本文通过对黄土丘陵区典型流域内不同利用方式下土壤含水率差异的比较及影响土壤含水率因素的分析, 为该区合理利用土地, 促进当地生态环境的可持续发展提供参考。

## 1 研究区概况

研究区域设在安塞县纸坊沟流域 ( $36^\circ51'30''N$ ,

$109^\circ19'30''E$ ), 属黄土丘陵沟壑区。在植被区划上属森林草原区, 流域面积  $8.72 \text{ km}^2$ 。年日照时数为  $2415 \text{ h}$ , 年辐射量为  $493 \text{ kJ/cm}^2$ , 年均气温  $8.8^\circ\text{C}$ ,  $\geq 0^\circ\text{C}$  的积温  $3733.5^\circ\text{C}$ , 年均降水量为  $549.1 \text{ mm}$ , 年均蒸发量为  $1463 \text{ mm}$ 。土壤类型为黄绵土。

## 2 材料与方法

通过对全流域主要土地利用类型做典型抽样调查, 共选取样地 26 块。其中农田样地 7 块, 乔木样地 7 块, 灌木样地 6 块, 草地样地 6 块。样地详细描述见表 1。

土壤含水率用烘干法 ( $105^\circ\text{C}$ ) 测定, 其中乔灌木样地测定深度  $1000 \text{ cm}$ , 草地和农田测定深度  $500 \text{ cm}$ 。用土钻自地表向下  $200 \text{ cm}$  内每  $10 \text{ cm}$  取样,  $200 \text{ cm}$  以下每  $20 \text{ cm}$  取样, 每个样地做 2 次重复, 每层土壤含水率取算术平均值。为反映单位土壤内有效水储量的大小, 这里引入单位有效储水量的概念, 即单位土壤内有效水储量的大小。并用下式计算:

$$A=S/D$$

式中  $A$ ——单位土壤有效储水量,  $\text{mm/m}$ ;  $S$ ——土壤有效水储量,  $\text{mm}$ ;  $D$ ——土壤厚度  $\text{m}$ 。由于有效水储量用厚度表示, 这里单位土壤也用厚度表示。其中有效土壤水储量为土壤实际含水率与调萎系数之间的储水量。

土壤稳定入渗速率测定采用改进的环刀法, 环刀内径  $10 \text{ cm}$ , 总高度  $12 \text{ cm}$ , 其中取土部分高  $8 \text{ cm}$ , 其上  $4 \text{ cm}$  用于盛水。取样及测定方法同环刀法。做 5 次重复。最后将测定的稳定入渗速率换算成  $10^\circ\text{C}$  时的稳定入渗系数  $K_{10}$ 。

土壤容重测定采用环刀法, 分  $0\sim 10 \text{ cm}$  和  $10\sim 20 \text{ cm}$  两层。每层做 5 次重复, 取均值。土壤表层 ( $0\sim 20 \text{ cm}$ ) 活性孔隙采用公式: 活性孔隙=土壤总孔隙度-非活性孔

收稿日期: 2007-09-10 修订日期: 2008-11-21

基金项目: 中科院西部行动计划项目 (KZCX2-XB2-05); “十一五”国家科技支撑项目 (2006BAD09B03); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (kzcx2-yw-BR-02)

作者简介: 王国梁 (1971—), 男, 陕西西安人, 博士, 助理研究员。主要研究方向为恢复生态学。杨凌 西北农林科技大学水土保持研究所, 712100。Email: glwang@nwsuaf.edu.cn

度,其中土壤总孔隙度=(1-容重/密度)×100%,非活性孔隙度=凋萎含水率×土壤容重,黄绵土凋萎含水率取4.5%,土壤密度取2.65 g/cm<sup>3</sup>。

坡度和坡向用便携式罗盘仪测量。年地上生物量用烘箱法测定。其中农田地上生物量在水分采样点周围取4个1 m×1 m的样方,在作物收获季节对地上部分全部刈割后烘干测定;林地和灌木地在采样点周围分别设1个10 m×10 m和4 m×4 m样方。在样方内选取3棵标准木

伐倒后进行林木解析,计算当年生物量。其中林地生物量还包括样地内灌木和草本生物量;灌木地内包括草本植物的生物量。草地在水分采样点周围取4个1 m×1 m的样方,在群落生物量达到最高时采取刈割的方法收取地上部分,烘干后称质量。

变异系数采用公式:  $CV=SD/S$ ,其中  $CV$  为变异系数,  $SD$  为标准差,  $S$  为平均值。

表1 样地描述  
Table 1 Description of sampling plots

样地	利用方式	坡度/(°)	坡向	地形	样地	利用方式	坡度/(°)	坡向	地形
梯田玉米	农田	0	—	梯田	苹果	林地	18	东北	梁崩中部
坝地玉米	农田	0	—	坝地	柠条1	灌木地	35	东南	梁崩中部
绿豆	农田	10	东南	梁崩上部	柠条2	灌木地	28	西北	梁崩中部
糜子	农田	16	西南	梁崩上部	沙棘1	灌木地	27	东北	沟坡中部
谷子	农田	12	东南	梁崩上部	沙棘2	灌木地	15	西北	沟坡下部
荞麦	农田	8	东北	梁崩上部	狼牙刺	灌木地	15	东南	沟坡上部
土豆	农田	13	东	梁崩上部	灰栒子	灌木地	45	东北	沟坡下部
刺槐1(25 a)	林地	35	西南	梁崩中部	白羊草	草地	35	东南	沟坡上部
刺槐2(25 a)	林地	30	东北	梁崩中部	长芒草	草地	32	东北	沟坡上部
刺槐3(18 a)	林地	33	西南	梁崩中部	铁杆蒿	草地	21	北	沟坡中部
刺槐4(18 a)	林地	28	东北	梁崩中部	芨芨草	草地	30	西南	梁崩上部
侧柏	林地	60	西南	沟坡上部	茵陈蒿	草地	0	—	梁崩顶部
油松	林地	27	西北	梁崩下部	甘青针茅	草地	20	西	沟坡中部

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同土地利用方式对土壤含水率的影响

在4种土地利用方式中(表2),农田平均土壤含水率最高,单位有效储水量最大,且显著高于林地、灌木地和草地( $p<0.05$ )。就总体而言,农田单位有效储水量是乔木林地有效储水量的2.96倍,灌木林地2.55倍,草地的1.80倍。林地、灌木地和草地土壤含水率均较低,

且相互间土壤含水率的差异不显著( $p>0.05$ ),单位有效储水量之间的差异也不显著( $p>0.05$ )。

但从变异系数来看(表2),同一土地利用方式内部不同土地利用方向上土壤含水率和有效储水量有较大差异。尤其灌木、草地和林地土壤单位有效储水量的变异系数分别高达0.77、0.60和0.52。因此,需要对不同利用方向上土壤含水率差异做进一步分析。

表2 不同土地利用方式下土壤含水率差异  
Table 2 Differences of soil moisture among different land use types

土地利用类型	土壤含水率				单位有效储水量			
	最小/%	最大/%	平均值±标准差/%	变异系数	最小/mm·m <sup>-1</sup>	最大/mm·m <sup>-1</sup>	平均值±标准差/mm·m <sup>-1</sup>	变异系数
农田	10.83	15.56	13.44±1.72 a	0.13	72.56	134.76	105.68±21.73 a	0.21
林地	5.57	9.66	7.29±1.47 b	0.20	15.36	66.78	35.70±18.55 b	0.52
灌木地	6.99	12.15	8.16±2.01 b	0.25	9.79	102.14	41.38±31.84 b	0.77
草地	5.68	11.64	8.86±2.40 b	0.27	16.48	96.20	58.87±35.44 b	0.60

注:完全相同字母表示在0.05水平上无显著性差异,下同。

##### 3.1.1 农田土壤含水率的变异

总体来看(表2),农田土壤平均含水率为13.44%,变异系数为0.13;单位有效储水量为134.76 mm,变异系数为0.21。说明研究区农田土壤含水率较高,但不同利用方向上土壤含水率有一定差异。

表3表明,尽管玉米比其他几种作物的蒸腾耗水量一般要高<sup>[9]</sup>,但坝地玉米和梯田玉米土壤含水率和单位有效储水量却相对较高。这与坝地处于沟道中,长期受沟道水流和坡面径流的补给有关;而梯田具有汇集坡面径

流作用,能增加降雨在梯田的入渗量。此外,糜子地土壤含水率显著低于其他农地,这与糜子地坡度(16°)较大有关。这是因为,黄土丘陵区雨季多暴雨。坡度越大,暴雨产生的超渗径流以坡面径流的方式流失的越多,而渗入土壤成为土壤储水的降雨量就越少。其次,糜子具有相对较高的蒸腾量和对较低水分的适应能力<sup>[9]</sup>,也是造成其土壤相对干旱的原因。

总之,农田土壤含水率主要受地形和作物耗水特征影响。由于农田一般分布在流域坡度较小的地方,而坡

度较大的地方修建了梯田。梯田具有改变原始地形, 汇集径流的作用。此外, 农作物耗水量一般低于乔灌木林地<sup>[10]</sup>。所以农田土壤含水率相对较高, 基本满足旱地农业的需求。但在坡度较大的坡地上, 农田土壤含水率明显较低。因此, 农田建设应向梯田方向发展。

表 3 农田不同利用方向上土壤含水率的差异

Table 3 Differences of soil moisture among different land use types of croplands

利用方向	土壤含水率		单位有效储水量	
	均值/%	变异系数	平均值/mm·m <sup>-1</sup>	变异系数
梯田玉米	14.59 a	0.03	122.8 a	0.04
坝地玉米	15.63 a	0.08	134.76 a	0.08
绿豆	13.85 a	0.08	122.21 a	0.08
糜子	10.81 b	0.08	72.56 b	0.09
谷子	12.93 a	0.05	99.38 a	0.06
荞麦	13.43 a	0.15	99.27 a	0.16
土豆	11.84 a	0.08	89.43 a	0.08

### 3.1.2 林地土壤含水率差异比较

从总体上看(表 2), 林地土壤含水率最低(平均为 7.29%)、单位有效储水量小(平均为 35.70 mm/m)。不同林地间土壤含水率差异较大, 平均含水率和单位有效储水量的变异系数分别为 0.20 和 0.52。

本区已有研究<sup>[11-13]</sup>发现, 在同样条件下林地植物耗水强度一般表现为: 苹果林>刺槐林>油松林>侧柏林。但从表 4 可见, 林地土壤含水率却表现为: 苹果林、油松>刺槐、侧柏。苹果园土壤含水率较高的主要原因苹果园坡度较缓且修筑了梯田(表 4)。油松和刺槐所处地形接近, 但油松林蒸散耗水强度较小, 所以土壤含水率较高。刺槐林土壤含水率较低, 且刺槐阴坡(刺槐 1 和刺槐 4)和阳坡(刺槐 2 和刺槐 3)土壤含水率无显著差别( $p>0.05$ )。这可能与成年刺槐林长期受干旱胁迫有关。杨文治等<sup>[14]</sup>认为, 随着刺槐林发育, 土壤含水率逐渐减少, 干旱胁迫逐渐加剧, 导致刺槐初级生产力减小, 蒸腾降低。使刺槐林蒸散量与降水量长期持平。使土壤含水率长期维持在一个较低的水平。尽管侧柏林蒸散量较低, 但由于坡度较大(约 53°), 径流损失较多, 导致土壤接收的降雨量偏低。此外, 侧柏林土壤含水率较低的另一原因可能和侧柏根系具有较强的水分吸收能力, 能够从含水率较低的土壤中吸收水分有关。

表 4 林地不同利用方向上土壤含水率的差异

Table 4 Differences of soil moisture among different land use types of forestlands

利用方向	土壤含水率		单位有效储水量	
	均值/%	变异系数	平均值/mm·m <sup>-1</sup>	变异系数
刺槐 1	6.71 a	0.35	27.21 a	0.31
刺槐 2	6.72 a	0.29	26.71 a	0.30
刺槐 3	6.62 a	0.16	25.96 a	0.12
刺槐 4	6.74 a	0.18	31.69 a	0.14
苹果	9.66 b	0.19	66.78 b	0.16
油松	9.00 b	0.18	56.23 b	0.15
侧柏	5.57 a	0.27	15.36 a	0.23

### 3.1.3 灌木地土壤含水率差异比较

总体来看(表 2), 灌木地土壤含水率也较低(平均为 8.16%), 单位有效储水量小(平均为 41.38 mm/m)。不同灌木林地土壤含水率差异较大, 土壤含水率和单位有效储水量的变异系数分别为 0.25 和 0.77。

在灌木林中(表 5), 阴坡沙棘(沙棘 2)林下土壤含水率最高( $p<0.05$ )。这和两个因素有关: 一是阴坡沙棘生长在沟坡下部, 坡度(15°)较小, 且坡形呈凹形。这种地形具有收集坡面径流的作用。此外, 阴坡沙棘林蒸散耗水量小, 也有利于土壤水分的储存。其他几个灌木地土壤含水率之间差异不显著( $p>0.05$ ), 单位有效储水量之间的差异也不显著( $p>0.05$ )。

表 5 灌木地不同利用方向上土壤含水率的差异

Table 5 Differences of soil moisture among different land use types of shrub lands

利用方向	土壤含水率		单位有效储水量	
	均值/%	变异系数	平均值/mm·m <sup>-1</sup>	变异系数
柠条 1	7.40 a	0.13	36.43 a	0.14
柠条 2	6.99 a	0.15	30.02 a	0.13
沙棘 1	8.30 a	0.11	44.82 a	0.12
沙棘 2	12.15 b	0.20	102.14 b	0.20
狼牙刺	7.00 a	0.14	30.09 a	0.012
灰栒子	7.15 a	0.08	32.62 a	0.010

### 3.1.4 草地土壤含水率差异比较

从总体上看(表 2), 不同天然草地土壤含水率差异很大, 其中土壤含水率的变异系数为 0.27, 单位有效储水量的变异系数高达 0.60。

从表 6 可见, 阳坡的白羊草草地、芨芨草地和半阳坡上的长芒草草地土壤含水率和单位有效储水量显著较低( $p<0.05$ )。而阴坡分布的铁杆蒿草地、甘青针茅草地土壤含水率较高。这可能与阴坡土壤蒸散量较小有关。此外, 退耕地上新形成的茵陈蒿草地土壤含水率也相对较高。原因一是梁峁顶上较平坦, 由于径流损失的降雨量较小。二是茵陈蒿为退耕 2~3 年形成的群落, 植株密度低, 对土壤中水分消耗较小。

表 6 草地不同利用方向上土壤含水率的差异

Table 6 Differences of soil moisture among different land uses of grasslands

利用方向	土壤含水率		单位有效储水量	
	均值/%	变异系数	平均值/mm·m <sup>-1</sup>	变异系数
白羊草	7.31 a	0.09	32.57 a	0.08
芨芨	5.68 c	0.15	16.48 a	0.12
长芒草	7.30 a	0.012	32.06 a	0.01
铁杆蒿	10.62 b	0.007	89.71 b	0.10
甘青针茅	10.61 b	0.11	87.20 b	0.06
茵陈蒿	11.64 b	0.15	95.20 b	0.10

## 3.2 不同土地利用方式下土壤含水率的影响因素分析

黄土丘陵区土层深厚, 地下水埋藏很深, 土壤水分循环是较单纯的降雨下行入渗和水分上行蒸发过程<sup>[14]</sup>。

即土壤含水率主要受降雨、地表蒸发、植物蒸腾和降雨在地表的重新分配的影响。结合以前有关研究,这里从地形(坡度和坡向)、植被(只考虑年生物量)和土壤性质(容重、有效孔隙度和土壤稳定入渗速率)3个方面讨论其对土壤含水率的影响。

### 3.2.1 坡向对土壤含水率的影响

由于坡向并非单调变量,这里仅将坡向分为阳坡(东、南、东南和西南方向)和阴坡(西、北、西北和东北方向)两个坡向,比较阴坡和阳坡上土壤含水率的差异。考虑到坝地处于沟道中,而茵陈蒿群落处于梁峁顶部,故排除这2块样地。其余24块样地参与统计分析,其中阴坡样地12块,阳坡样地12块。结果表明,在整个流域范围内,阳坡土壤平均含水率为8.89%,阴坡土壤平均含水率为9.44%,二者无显著差异( $p=0.653$ )。

由于同一利用方式下土壤水分具有一定差异。下面分别对同一利用方式下阴坡和阳坡土壤含水率进行比较。

在坡地农田中,阳坡和阴坡土壤平均含水率分别为12.61%和14.01%,二者土壤含水率无显著差异( $p=0.355$ );林地阳坡和阴坡土壤含水率分别为6.30%和8.03%,其差异也不显著( $p=0.107$ );灌木地上阳坡和阴坡土壤含水率分别为7.57%和8.76%,其差异也不显著( $p=0.556$ )。草地阳坡和阴坡土壤含水率分别为6.76%和10.62%,显著差异( $p=0.012$ )。

### 3.2.2 坡度、生物量和土壤性质对土壤含水率的影响

在流域尺度上,对全流域26个样点土壤含水率与环境因素的逐步回归分析表明(表7),影响全流域土壤含水率的主要因子是坡度和土壤稳定入渗速率。而与年生物量、土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )和土壤活性孔隙度的关系不显著( $p>0.05$ )。该结论与以前的研究结果基本一致。如Qiu等<sup>[6]</sup>和张继光等<sup>[15]</sup>分别对坡地土壤含水率的研究发现,坡度是影响土壤含水率的主要因子之一。王育红等<sup>[16]</sup>对坡耕地的研究发现,土壤稳定入渗速率也是影响黄土区土壤含水率的重要因素。

表7 土壤含水率与坡度、生物量、土壤性质间的逐步回归分析  
Table 7 Stepwise regression analysis between soil moisture and slope gradient, biomass and soil properties

土地利用类型	回归方程	R	显著水平(p)
整个流域	$y=8.715-0.116x_1+5.847x_2$	0.852	0.000
农田	$y=6.837-0.210x_1+10.491x_2$	0.824	0.010
林地	$y=9.629-0.085x_1+1.338x_2$	0.777	0.021
灌木地	$y=12.85-0.096x_1+3.357x_2$	0.658	0.029
草地	$y=3.252-0.052x_1+7.499x_2+0.008x_3$	0.840	0.009

注:  $y$ —土壤含水率, %;  $x_1$ —坡度, %;  $x_2$ —土壤稳定入渗速率,  $\text{mm}/\text{min}$ ;  $x_3$ —年生物量,  $\text{g}/\text{a}$ ;  $x_4$ —容重,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $x_5$ —活性孔隙度, %

表7还表明,农田、林地和灌木地土壤含水率也主要受坡度和土壤稳定入渗速率的影响,这和影响整个流域土壤含水率的主要因素相一致。但草地除受上述两个因子的影响外,还与年生物量的关系密切。胡相明等<sup>[17]</sup>对草地土壤水分的研究也发现,植物群落类型和群落生

物量是影响草地土壤水分的重要因子。对黄土丘陵半干旱地区而言,草地生物量与土壤水分关系密切可以解释为:由于该区草地土壤含水率较小(5.68%~11.64%),草本植物根系分布浅,利用深层土壤水分的能力较弱,致使土壤水分成为限制植物生长的重要因子,从而使草地年生物量随土壤含水率的变化而变化,使二者呈现极显著的相关关系( $p<0.005$ )。

## 4 结论

不同利用方式对土壤含水率有一定影响。总体而言,农田土壤含水率显著高于其他土地利用类型下土壤含水率,这与农田坡度较小及梯田建设有关,此外还与农田作物耗水量小,土壤蒸散量相对较小有关。林地、灌木地和草地土壤含水率在总体上较小,且相互间无显著差别,说明土壤含水率低是黄土丘陵区普遍现象。该区土壤含水率主要受坡度和土壤稳定入渗速率的影响。但草地土壤含水率还与坡向及年生物量有显著关系。说明该区土壤水分主要受地形和土壤入渗的影响。植物耗水特征对土壤水分虽然也有影响,但作用较小。黄土丘陵区土壤含水率分布格局与该区土层深厚,地下水埋藏较深,土壤水分收入主要受降雨的补给有关。因此,该区坡度较小的地形上可以考虑进行农田建设,并优先考虑梯田建设。坡度较大的地方应以天然灌木和草本群落保育为主。人工乔灌林只适宜在沟道等水分条件较好的地方小片种植。

### [参考文献]

- [1] Yoo C, Valdes J B, North G R. Evaluation of the impact of rainfall on soil moisture variability[J]. *Adv Water Res*, 1998, 21: 375-384.
- [2] Ursino N, Contarini S. Stability of banded vegetation patterns under seasonal rainfall and limited soil moisture storage capacity[J]. *Advances in Water Resources*, 2006, 29: 1556-1564.
- [3] Hawley M E, Jackson T J, McCuen R H. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds[J]. *Journal of Hydrology* 1983, 62: 179-200.
- [4] Fu Bojie, Wang Jun, Chen Liding, et al. The effects of land use on soil moisture variation in the Danangou catchment of the Loess Plateau, China[J]. *Catena*, 2003, 54: 197-213.
- [5] Giertz S, Junge B, Diekkruger B. assessing the effects of land use change on soil physical properties and hydrological processes in the sub-humid tropical environment of West Africa[J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2006, 30: 485-496.
- [6] Qiu Yang, Fu Bojie, Wang Jun, et al. Spatiotemporal prediction of soil moisture content using multiple-linear regression in a small catchment of the Loess Plateau, China[J]. *Catena*, 2003, 54: 173-195.
- [7] Chulsang Yoo, Sangdan Kim. EOF analysis of surface soil moisture field variability[J]. *Advances in Water Resources*, 2004, (27): 831-842.
- [8] 侯庆春. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. *水土保持通报*, 2000, 20 (2): 16-18.  
Hou Qingchun. Problems on vegetation construction in loess

- plateau region[J]. Bulletin of soil and water conservation, 2000, 20 (2): 16—18. (in Chinese with English abstract)
- [9] 苏敏, 卢宗凡, 李够霞. 陕北丘陵沟壑区主要农作物水分利用与平衡[J]. 水土保持研究, 1996, 3 (2): 36—45. Su Min, Lu Zongfan, Li Gouxia. Water use and equilibrium of main crops in loess hilly and gully region of North Shaanxi[J]. Research of soil and water conservation, 1996, 3 (2): 36—45. (in Chinese with English abstract)
- [10] 黄奕龙, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵小流域生态用水试验研究—气候和土地利用变化的影响[J]. 水科学进展, 2006, 17(1): 14—19. Huang Yilong, Chen Liding, Fu Bojie, et al. Experimental study on ecological water use in a gully catchment of the loess plateau: effects of climate and land use change[J]. Advances in Water Science, 2006, 17(1): 14—19. (in Chinese with English abstract)
- [11] 杨建伟, 梁宗锁, 韩蕊莲. 黄土高原常用造林树种水分利用特征[J]. 生态学报, 2006, 26 (2): 558—565. Yang Jianwei, Liang Zongsuo, Han Ruilian. Water use efficiency characteristics of four tree species under different soil water conditions in the Loess Plateau[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26 (2): 558—565. (in Chinese with English abstract)
- [12] 张晓明, 余新晓, 张学培, 等. 晋西黄土区主要造林树种单株耗水量研究[J]. 林业科学, 2006, 42 (9): 17—23. Zhang Xiaoming, Yu Xinxiao, Zhang Xuepei. Water consumption of single-tree from the main afforestation species in western Shanxi of loess area[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42 (9): 17—23. (in Chinese with English abstract)
- [13] 樊军, 郝明德, 邵明安. 黄土旱塬农业生态系统土壤深层水分消耗与水分生态环境效应[J]. 农业工程学报, 2004, 21(1): 61—65. Fan Jun, Hao Mingde, Shao Mingan. Water consumption of deep soil layers and eco-environmental effects of agricultural ecosystem in the Loess Plateau[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 21(1): 61—65. (in Chinese with English abstract)
- [14] 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. Yan Wenzhi, Shao Mingan. Research on soil moisture in the Loess plateau[M]. Beijing: Science Press, 2000. (in Chinese)
- [15] 张继光, 陈洪松, 苏以荣, 等. 喀斯特峰丛洼地坡面土壤水分空间变异研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22 (8) : 54—58. Zhang Jiguang, Chen Hongsong, Su Yirong. Spatial variability of soil moisture on hillslope in clusterpeak depression areas in Karst region[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22 (8): 54—58. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王育红, 蔡典雄, 姚宇卿, 等. 保护性耕作对豫西黄土坡耕地降水产流、土壤水分入渗及分配的影响. 水土保持学报, 2008, 22(2): 29—37. Wang Yuhong, Cai Dianxiong, Yao Yuting. Effects of conservation tillage on rainfall runoff, soil water infiltration and distribution on loess sloping farming in the western part of Henan[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(2): 29—37. (in Chinese with English abstract)
- [17] 胡相明, 赵艳云, 程积民, 等. 云雾山自然保护区环境因素对土壤水分空间分布的影响[J]. 生态学报, 2008, 28 (7): 2964—2971. Hu Xiangming, Zhao Yanyun, Cheng Jiming, et al. Impacts of environmental factors on spatial distribution of soil moisture of grassland in Yunwu Mountain[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28 (7): 2964—2971. (in Chinese with English abstract)

## Effects of land use on soil moisture in loess hilly and gully region of China

Wang Guoliang<sup>1,2</sup>, Liu Guobin<sup>2</sup>, Dang Xiaohu<sup>3</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resource, Yangling 712100, China;

3. School of geology and environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In arid and semiarid region, soil moisture is one of the key factors influencing plant growth. In this paper, the soil moisture in different land use types were investigated by auger in a small watershed in hilly and gully region of the Loess Plateau, China. The results showed that soil moisture in croplands was the highest, which was due to gentle slopes, terrace building and lower crop water requirements. The soil moisture in forestlands, shrub lands and grasslands were lower and had no significant difference between any two of them. The stepwise regression analysis showed that soil moistures was mainly influenced by slope gradient and soil stable infiltration rate. Furthermore, the soil moisture in grassland was also influenced by slope aspect and aboveground biomass. In conclusion, croplands can be built on gentle slopes (<10°). In steep gradient, the vegetation building should emphasize the natural community conservation. The artificial vegetation including forest and bush can be built in small topographies with higher soil moisture such as the bottom of gully.

**Key words:** soil moisture, distribution pattern, land use, terrace building, loess hilly and gully region