

# 黄土高原西部不同集雨保水措施下土壤水分变异特征\*

李小英<sup>1</sup> 段争虎<sup>1</sup> 刘理臣<sup>2</sup> 谭明亮<sup>1</sup> 陈小红<sup>1</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2. 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000)

**摘要:** 选择黄土高原西部丘陵区典型生态恢复区域, 采用中子仪测定研究了不同集雨保水措施下油松林土壤水分变化, 明确了不同措施下土壤水分动态特征和雨季前后土壤水分的亏缺与补偿情况。结果表明: 不同集雨保水措施下土壤储水量差异明显。坡面覆膜集雨措施下各个土层土壤含水率均大于其他措施下土壤含水率。7月份各措施下土壤储水亏缺均有不同程度的缓解, 坡面覆膜集雨、坡面覆膜集雨与集水槽结合2种措施下0~100 cm土层土壤储水亏缺状态得到有效缓解。坡面覆膜集雨措施对于有效利用降水有显著作用; 树穴覆膜对于表层土壤水分的恢复有负面影响, 但对深层土壤保水作用明显; 燕尾式聚流坑对提高降水利用率和缓解土壤储水亏缺状态效果不佳。

**关键词:** 黄土高原 土壤水分 集雨保水措施 土壤水分亏缺

**中图分类号:** S152.7; S157.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)01-0118-06

## 引言

集雨保水措施是黄土高原生态恢复过程中改造下垫面性质的主要人类活动因素之一<sup>[1-5]</sup>, 会影响土壤水分的分布和变化, 是提高降水利用率、抑制土壤水分蒸发、减少土壤水分损失的重要手段<sup>[6]</sup>。黄土高原土壤水分的补偿与恢复, 是近年来土壤水分及植被恢复研究中的热点问题之一<sup>[7-13]</sup>, 土壤水分亏缺度与土壤储水亏缺补偿度能够比较准确地分析降水对土壤储水亏缺的补偿与恢复的情况<sup>[8]</sup>。然而, 关于不同集雨保水措施下林地土壤水分亏缺的程度及补偿的特征研究还很少报道。本文通过分析不同集雨保水措施下人工林地生态系统水分消耗与补偿的规律, 探索黄土高原西部采用集雨保水技术进行雨养植被建设的可行性, 从而为科研和生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验设在甘肃省定西市青岚乡青湾村试验基地(38°49'N, 104°46'E, 海拔高度2 055 m), 是黄土高原西部半干旱丘陵区。年平均气温6.3℃, 无霜期141 d, 年平均降水量380 mm, 主要集中在6—9月份, 蒸发量达1 500 mm以上, 属中温带干旱半干旱气候。主要特点是降水稀少, 蒸发量大, 寒冷干燥,

昼夜温差大, 四季分明, 光照充足, 灾害性天气频繁<sup>[14]</sup>。土质均一, 土壤以黄绵土为主, 有机质含量低, 土壤贫瘠<sup>[15]</sup>。

### 1.2 试验设计

试验于2012年6月份开始, 以同龄人工油松林为试验对象, 进行定位试验。试验点土壤为黄绵土, 田间持水率为25.08%。在立地条件相同的水平沟内, 采用了坡面覆膜集雨、燕尾式聚流坑、坡面覆膜集雨与集水槽结合、树穴覆膜、树穴秸秆覆盖、燕尾式聚流坑与树穴覆膜保水结合、坡面覆膜集雨与树穴秸秆覆盖结合等7种集雨保水措施, 以无集雨保水措施油松林地为对照, 共8个组。试验区植被为雨养, 无补充灌溉。

以标准株树干基部为中心, 沿水平方向, 距离20 cm、100 cm处分别布设水分观测点一处, 每一测点钻孔并设置中子仪土壤水分测定铝管一根, 深度2 m。共布设24个采样点, 定位监测每月1次(6—11月份)。为避免降水对土壤含水率的短期大幅影响, 每次观测时间连续5 d无明显降雨。

### 1.3 测定指标及方法

采用探头式中子水分仪与加热干燥法(105℃)相结合, 标定中子仪时, 将中子仪标定成容积含水率, 将加热干燥法测得的质量含水率乘以土壤容重(容重的测定采用环刀法)也换算成容积含水率。测深为1.8 m, 共分10个土层, 分别为0~10 cm、

10~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm、100~120 cm、120~140 cm、140~160 cm、160~180 cm。首次测定时,采用加热干燥法测定,以后均用中子仪测定,每层重复3次,取平均值。

为了更准确地表现土壤水分分布情况,分析中使用土壤水分储量。

分层计算土壤水分储量,计算公式为

$$w_i = 10\omega_i h \quad (1)$$

$$w = \sum w_i \quad (2)$$

式中  $w_i$ ——每层的土壤水分储量,mm

$w$ ——土壤水分总储量,mm

$\omega_i$ ——土壤容积含水率,%

$h$ ——分层厚度,mm

为了比较不同措施的集雨保水效果,采用土壤水分亏缺度与土壤储水亏缺补偿度分析不同措施下土壤储水亏缺的补偿与恢复。

土壤水分亏缺度计算公式为

$$D = \frac{D_a}{F} \times 100\% \quad (3)$$

其中

$$D_a = F - W_c$$

式中  $D$ ——土壤水分亏缺度

$D_a$ ——植物水分亏缺量,mm

$F$ ——土壤田间持水量,mm

$W_c$ ——土壤实际储水量,mm

亏缺度为零,则表明土壤水分亏缺得以完全恢复。

土壤储水亏缺补偿度计算公式为

$$C = \frac{\Delta W}{D_{ac}} \times 100\% \quad (4)$$

其中

$$\Delta W = W_{cm} - W_{cc}$$

$$D_{ac} = F - W_{cc}$$

式中  $C$ ——土壤储水亏缺补偿度

$\Delta W$ ——雨季末土壤储水增量,mm

$W_{cc}$ ——雨季初土壤实际储水量,mm

$W_{cm}$ ——雨季末土壤实际储水量,mm

$D_{ac}$ ——雨季初土壤储水亏缺量,mm

亏缺补偿度  $C \leq 0$ ,此时表示土壤水分亏缺在雨季后并未得到补偿,甚至亏缺进一步加剧;亏缺补偿度  $C$  等于 100%,则表明土壤水分亏缺得以完全补偿与恢复<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同集雨保水措施下土壤储水量差异

图1为试验区2012年6—11月份降水量与不同集雨保水措施下0~180 cm土壤储水量动态变化。试验区降水资料表明,2012年降水量最高值出

现在7月份,月动态呈单峰变化趋势,6~9月份总降水量占全年的74.92%。在试验监测期间,土壤平均储水量从小到大依次为燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合(277.14 mm)、燕尾式聚流坑(289.43 mm)、对照组(301.58 mm)、坡面覆膜集雨与集水槽结合(309.08 mm)、秸秆覆盖(320.07 mm)、树穴覆膜(322.65 mm)、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖(328.19 mm)、坡面覆膜集雨(384.01 mm)。结果表明,坡面覆膜集雨与集水槽结合、秸秆覆盖、树穴覆膜、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合、坡面覆膜集雨等5种措施能提高土壤平均储水量。

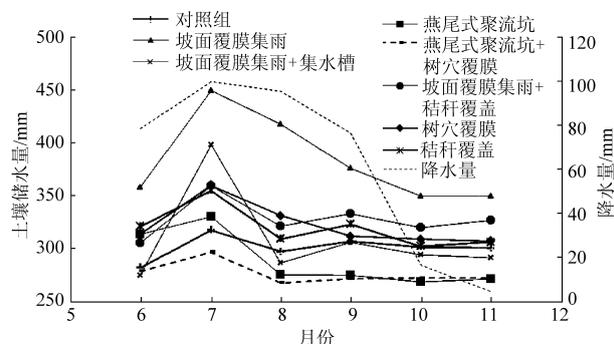


图1 不同集雨保水措施0~180 cm土壤储水量与降水量动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of 0~180 cm soil water storage under different measures of rainwater harvesting and water conservation and precipitation

对照组与7种集雨保水措施土壤储水量月动态的变异系数从小到大依次为:燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合(3.81%)、对照组(3.85%)、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合(5.50%)、秸秆覆盖(6.01%)、树穴覆膜(6.31%)、燕尾式聚流坑(9.08%)、坡面覆膜集雨(10.72%)、坡面覆膜集雨与集水槽结合(14.61%)。从土壤储水量月动态的变异系数来看,坡面覆膜集雨、坡面覆膜集雨与集水槽结合这2种措施在取样时段内均表现为中等变异(变异系数10%~100%)。

### 2.2 不同集雨保水措施下土壤水分垂直变化规律分析

图2为不同集雨保水措施下土壤水分垂直分布规律,土壤含水率为各层6—11月份平均值,可以反映各项集雨保水措施在不同土层深度对降雨补给和蒸散发的综合影响。结果表明,坡面覆膜集雨措施下各个土层土壤含水率均大于其他措施下的土壤含水率,差异明显;坡面覆膜集雨措施下0~40 cm土壤含水率逐渐增加,且增幅较明显;40 cm以下土壤含水率随深度增加逐渐降低。秸秆覆盖下0~40 cm土壤含水率逐渐增加,40 cm以下土壤含水率随深度增加呈较大幅度降低,80 cm以下土壤含水

率略有下降但逐渐趋于稳定。坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合措施下,20 cm 土层深度土壤含水率最大,而后随深度而减少,80~120 cm 土层土壤含水率大于除坡面覆膜集雨外的其他措施。树穴覆膜措施下,0~80 cm 土壤含水率大于燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措施,小于其他措施;80 cm 以下土壤含水率随深度逐渐增加,140 cm 以下土壤含水率大于其他6种措施。燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措施下,0~80 cm 土层土壤含水率均小于其他措施,100 cm 以下土壤含水率随土层深度增加略有增加。

在0~80 cm 土层,树穴覆膜、燕尾式聚流坑、燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合3种措施下的土壤含水率均小于对照组,表明在该土层深度这3种措施集雨保水效果不佳;坡面覆膜集雨、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合、秸秆覆盖及坡面覆膜集雨与集水槽结合4种措施下的土壤含水率均大于对照组,表明在该土层深度这4种措施集雨保水效果较好。从100 cm 以下土层土壤水分垂直分布可以看出,树穴覆膜措施对于深层土壤的保水效果较好。

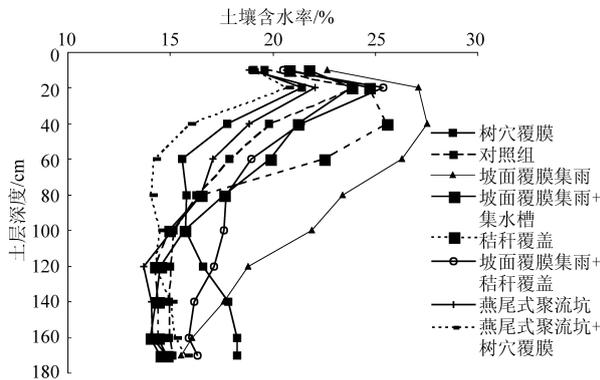


图2 不同集雨保水措施下土壤水分垂直分布

Fig. 2 Vertical profile of soilwater moisture under different measures of rainwater harvesting and water conservation

## 2.3 不同集雨保水措施土壤水分亏缺与恢复

### 2.3.1 土壤水分亏缺度

表1为不同集雨保水措施下各层土壤水分亏缺情况,表中百分比值越高则说明土壤水分亏缺程度越高,百分比值为负值则说明亏缺土壤水分得到恢复。结果表明,除表层土壤水分在降水最大月土壤水分亏缺状况有所缓解外,雨季前后其他土层深度土壤水分均处于亏缺状态。6月份,坡面覆膜集雨、秸秆覆盖措施下表层土壤水分亏缺得到缓解,燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措施下表层土壤水分亏缺状态最为严重,各项集雨保水措施40 cm 土层以下土壤水分亏缺状态普遍较为严重。7月份,在最大降水量补充下,除树穴覆膜、燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合2种措施下表层土壤水分依然保持亏缺状态外,其他措施下表层土壤水分亏缺状态均得到逆转,

表明树穴覆膜对于降水下渗有负作用。坡面覆膜集雨措施下40~100 cm 土层土壤水分亏缺状态也得到有效缓解。各措施下100 cm 以下土壤仍保持较大程度亏缺状态,但树穴覆膜措施下深层土壤水分亏缺度低于其他措施,表明树穴覆膜对深层土壤水分保持具有一定效果。8月份,太阳辐射强烈,表层土壤蒸发旺盛,植物生长导致高强度蒸腾耗水,除坡面覆膜集雨措施外,其他措施下表层土壤水分再次处于亏缺状态;燕尾式聚流坑、燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措施下,0~40 cm 剖面土壤水分亏缺状态最为严重,燕尾式聚流坑并未表现出有效的集雨作用。树穴覆膜措施下深层土壤水分亏缺度低于其他措施。9月份,降水量略有下降,由于土壤蒸发和植物蒸腾强度降低,表层土壤水分亏缺状态有不同程度的缓解,其中秸秆覆盖措施下表层土壤水分亏缺状态得到逆转。10月份以后,各措施下表层土壤水分亏缺度基本处于稳定状态,秸秆覆盖措施下表层土壤水分亏缺度最低,表明该措施具有较好的保水效果。

### 2.3.2 土壤水分恢复

土壤储水增量和土壤储水亏缺补偿度反映了与雨季初(6月份)相比雨季末(11月份)0~180 cm 土层土壤储水量变化与土壤储水亏缺获得补偿的程度。由图3、图4可以看出,在雨季后(11月份),不同集雨保水措施下储水增量及补偿度在不同土层深度有明显差异。

在0~10 cm 土层深度,土壤储水增量和土壤储水亏缺补偿度大多为负值,这是由于试验区在土壤蒸发与植物蒸腾的共同作用下表层土壤水分很难得到补偿;其中秸秆覆盖和坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合2种措施下表层土壤储水亏缺的补偿度较低,说明秸秆覆盖对于表层土壤水分的恢复效果不佳。60 cm 土层以下,土壤储水增量、土壤储水亏缺补偿度均因集雨保水措施不同存在明显差异。坡面覆膜集雨60~180 cm 土壤储水增量 $\Delta W$ 均大于零,且土壤储水增量明显高于其他集雨保水措施。坡面覆膜集雨与集水槽结合和坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合2种措施在60~160 cm 土层土壤储水增量 $\Delta W$ 均大于零,土壤储水增量略低于坡面覆膜集雨措施,说明降水对这3种措施下的土壤水分均有正补偿作用,坡面覆膜集雨措施对于有效利用降水有显著作用。由图4可以看出,在土层深度为60 cm 和100 cm 处这3种措施土壤储水亏缺补偿度较大。

树穴覆膜0~100 cm 土层土壤储水增量变化波动较大,60 cm 处出现负补偿,100 cm 以下土壤储水增量和亏缺补偿度逐步增加,140 cm 以下土壤储水

表1 不同集雨保水措施土壤水分亏缺度

Tab. 1 Deficit degree of soil water storage under different measures of rainwater harvesting and soil and water conservation

集雨保水措施	土层深度/cm	月份					
		6	7	8	9	10	11
对照组	0~40	26.80	-5.07	19.55	13.96	18.57	21.35
	40~100	38.70	35.89	33.49	33.16	34.32	33.95
	100~180	44.11	44.31	44.14	42.42	42.00	41.37
坡面覆膜集雨	0~40	-17.54	-59.59	-11.52	12.26	19.20	20.60
	40~100	14.64	-16.53	-5.85	6.06	16.99	17.40
	100~180	46.16	45.09	29.84	29.85	31.25	30.33
坡面覆膜集雨+集水槽	0~40	27.43	-50.34	22.21	17.03	23.79	25.38
	40~100	40.24	9.71	35.83	27.25	32.15	33.48
	100~180	46.16	45.99	46.20	45.83	44.67	44.28
燕尾式聚流坑	0~40	14.80	-11.20	34.26	25.47	29.62	29.67
	40~100	23.32	28.60	37.31	41.18	41.78	42.35
	100~180	45.86	46.45	44.99	46.55	47.18	45.47
燕尾式聚流坑+树穴覆膜	0~40	28.19	11.55	35.01	29.48	29.88	32.20
	40~100	42.78	42.04	44.88	44.00	44.03	44.20
	100~180	42.20	41.91	42.72	44.08	43.64	42.35
坡面覆膜集雨+秸秆覆盖	0~40	17.97	-30.66	12.94	12.57	25.18	23.37
	40~100	35.59	30.70	29.94	23.62	25.80	24.82
	100~180	39.46	40.25	38.32	37.40	36.41	34.63
树穴覆膜	0~40	9.12	43.10	31.37	30.08	27.62	28.75
	40~100	35.38	45.31	36.88	37.14	39.53	39.05
	100~180	39.76	23.74	20.14	29.70	30.52	31.07
秸秆覆盖	0~40	-0.39	-30.82	12.20	-1.84	17.53	16.90
	40~100	30.09	26.92	28.46	29.27	29.69	28.74
	100~180	44.64	45.09	45.44	44.95	45.41	44.58

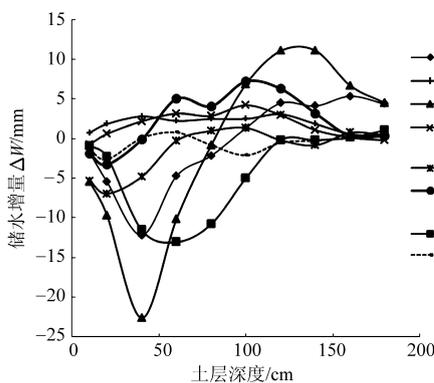


图3 雨季末(11月)不同土层深度土壤储水增量变化

Fig. 3 Soil water storage in different soil depth under different measures of rainwater harvesting and water conservation in November

亏缺补偿度较高,表明树穴覆膜可以截留土壤蒸发的水分,有一定程度的保水作用。燕尾式聚流坑在0~100 cm 土层土壤储水增量和土壤储水亏缺补偿度均为负值,40~80 cm 土层出现严重的负补偿现象,而油松根系对土壤水分利用主要集中在这一土层深度,表明试验区内燕尾式聚流坑对于提高降水利用效率效果不佳。燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措

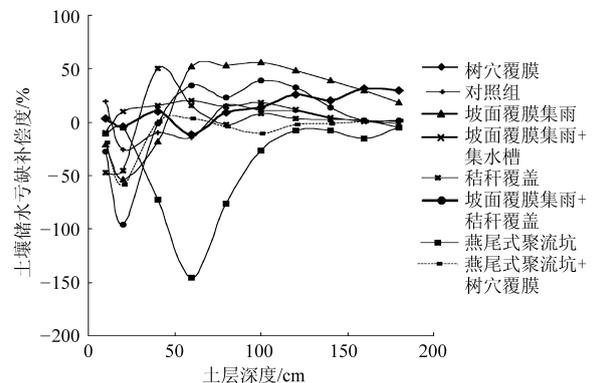


图4 雨季末(11月)土壤储水亏缺补偿度随土层深度的变化

Fig. 4 Compensation degree of soil water storage deficit in different soil depth under different measures of rainwater harvesting and water conservation in November

施下0~100 cm 土层土壤储水增量出现小幅变化波动,100 cm 土层补偿度趋于零。

### 3 结论

(1)不同集雨保水措施对降水的利用程度存在差异,燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合、燕尾式聚流坑

2 种措施土壤平均储水量较小,坡面覆膜集雨措施下最大。土壤储水量月动态的变异系数从小到大依次为:燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合(3.81%)、对照组(3.85%)、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合(5.50%)、秸秆覆盖(6.01%)、树穴覆膜(6.31%)、燕尾式聚流坑(9.08%)、坡面覆膜集雨(10.72%)、坡面覆膜集雨与集水槽结合(14.61%)。

(2)坡面覆膜集雨措施下各个土层土壤含水率均大于其他措施下的土壤含水率。坡面覆膜集雨、秸秆覆盖措施下0~40 cm 土壤含水率逐渐增加,40 cm 以下土壤含水率随深度增加逐渐降低,120 cm 以下趋于稳定。坡面覆膜集雨与集水槽结合、燕尾式聚流坑、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合措施下,20 cm 土层深度土壤含水率最大,而后随深度而减少,80 cm 以下土壤含水率趋于稳定。燕尾式聚流坑与树穴覆膜结合措施下,0~20 cm 土壤含水率最大,20 cm 以下土壤含水率随深度而减少且变化较为稳定。

(3)不同集雨保水措施下雨季前后土壤水分均处于亏缺状态。7 月份各个措施下土壤水分亏缺均

有不同程度的缓解,坡面覆膜集雨措施下0~100 cm 土层土壤水分亏缺状态得到有效缓解。8 月份,坡面覆膜集雨措施下表层土壤水分亏缺有一定程度缓解,其他措施下表层土壤水分亏缺加剧;10 月份以后,各措施下表层土壤水分均得到较小程度的恢复,但深层土壤水分的亏缺状态没有得到有效缓解。

(4)坡面覆膜集雨、坡面覆膜集雨与集水槽结合、坡面覆膜集雨与秸秆覆盖结合3种措施下,降雨对土壤水分均有正补偿作用,坡面覆膜集雨措施对于有效利用降水有显著作用。秸秆覆盖和坡面集雨与秸秆覆盖结合2种措施下表层土壤储水亏缺的补偿度较低,说明秸秆覆盖限制了表层土壤水分的恢复。树穴覆膜措施下,140 cm 以下土壤储水亏缺的补偿度较高,对深层土壤保水作用明显。燕尾式聚流坑在0~100 cm 土层土壤储水增量和土壤储水亏缺的补偿度均为负值,40~80 cm 土层出现严重的负补偿现象,表明试验区内燕尾式聚流坑对于提高降水利用率效果不佳。

#### 参 考 文 献

- Li R, Hou X Q, Jia Z K, et al. Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on soil water, temperature, and maize yield in Loess Plateau region of China[J]. Soil Research, 2012, 50(2): 105 - 113.
- Wang Y J, Xie Z K, Malhi S S, et al. Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on water use efficiency and crop yield in the semi-arid Loess Plateau, China[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(3): 374 - 382.
- Vohland K, Barry B. A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2009, 131(3-4): 119 - 127.
- Li X Y, Zhao W W, Song Y X, et al. Rainfall harvesting on slopes using contour furrows with plastic-covered transverse ridges for growing *Caragana korshinskii* in the semiarid region of China[J]. Agricultural Water Management, 2008, 95(5): 539 - 544.
- Liu W Z, Hu M J, Li F M, et al. Ecological characteristics of soil water and its relations to landform and vegetation in a small semiarid watershed in a loess hilly area of China[J]. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2005, 12(3): 326 - 333.
- 钟芳, 李正平, 宋耀选, 等. 黄土高原西部土壤蒸发实验研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 608 - 611.  
Zhong Fang, Li Zhengping, Song Yaoyuan, et al. Experimental study on soil moisture evaporation in western Loess Plateau[J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(4): 608 - 611. (in Chinese)
- 段争虎, 肖洪浪, 宋耀选. 黄土高原西部兰州市郊人工林地水分亏缺与调控研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 527 - 531.  
Duan Zhenghu, Xiao Honglang, Song Yaoyuan. Soilwater deficit and control in planted forest in Lanzhou suburb on western Loess Plateau[J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(4): 527 - 531. (in Chinese)
- 王进鑫, 黄宝龙, 罗伟祥. 黄土高原人工林地水分亏缺的补偿与恢复特征[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2395 - 2401.  
Wang Jinxin, Huang Baolong, Luo Weixiang. Compensation and rehabilitation characteristics of soil water deficit at a planted forest site of the drought-prone Loess Plateau[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(11): 2395 - 2401. (in Chinese)
- 王进鑫, 罗伟祥, 刘广全, 等. 黄土高原人工林根区土壤水分亏缺状况与空间分布[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(4): 1 - 4, 8.  
Wang Jinxin, Luo Weixiang, Liu Guangquan, et al. Spatial distribution of water deficit in rhizosphere of plantations of the Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(4): 1 - 4, 8. (in Chinese)
- 易亮, 李凯荣, 张冠华, 等. 黄土高原人工林地土壤水分亏缺研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(5): 5 - 9, 49.  
Yi Liang, Li Kairong, Zhang Guanhua, et al. Soil moisture deficit in artificial forest land in Loess Plateau [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5): 5 - 9, 49. (in Chinese)
- 张北赢. 黄土丘陵区小流域不同土地利用方式土壤水分动态规律研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2008.

- Zhang Beiyang. Study on dynamic of soil water under different landuses in small watershed of loess hilly region[D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2008. (in Chinese)
- 12 余冬立,邵明安,俞双恩. 黄土高原典型植被覆盖下 SPAC 系统水量平衡模拟[J]. 农业机械学报, 2011, 42(5): 73 - 78. She Dongli, Shao Ming'an, Yu Shuang'en. Water balance simulation in SPAC systems of slope lands covered with typical vegetations on Loess Plateau[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(5): 73 - 78. (in Chinese)
- 13 武阳,王伟,黄兴法,等. 亏缺灌溉对成龄库尔勒香梨产量与根系生长的影响[J]. 农业机械学报, 2012, 43(9): 78 - 84. Wu Yang, Wang Wei, Huang Xingfa, et al. Yield and root growth of mature Korla fragrant pear tree under deficit irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(9): 78 - 84. (in Chinese)
- 14 周文渊,赵岩,郭建英,等. 安定区退耕还林工程的生态效益评价[J]. 中国农学通报, 2009, 25(20): 115 - 120. Zhou Wenyuan, Zhao Yan, Guo Jianying, et al. Evaluation of ecological benefit of returning farmland to forestry projects in Anding City[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(20): 115 - 120. (in Chinese)
- 15 杨磊,卫伟,莫保儒,等. 半干旱黄土丘陵区不同人工植被恢复土壤水分的相对亏缺[J]. 生态学报, 2011, 31(11): 3060 - 3068. Yang Lei, Wei Wei, Mo Baoru, et al. Soilwater deficit under different artificial vegetation restoration in the semi-arid hilly region of the Loess Plateau[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(11): 3060 - 3068. (in Chinese)

## Variation of Soil Moisture under Different Rainwater Harvesting and Conservation Practices in the Western Part of Loess Plateau

Li Xiaoying<sup>1</sup> Duan Zhenghu<sup>1</sup> Liu Lichen<sup>2</sup> Tan Mingliang<sup>1</sup> Chen Xiaohong<sup>1</sup>

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2. College of Resource and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The ecological restoration area in the west part hill area of the Loess Plateau was chosen for the object in this work. Neutron probe was used to test the moisture change in *Pinus tabulaeformis* forest soil under different rainwater harvesting and water conservation measures. The dynamic characteristics of soil moisture under different rainwater harvesting and water conservation measures, the deficit and compensation of soil moisture before and after rainy season were analyzed. Results show that soil moisture storage capacity under different rainwater harvesting and water conservation measures is significant different. The soil moisture under slope water-harvesting measure is greater than those with other measures. The soil water storage deficit is alleviated under seven measures in July. Soil water storage deficit from 0 ~ 100 cm is alleviated under slope water-harvesting and slope water-harvesting with water harvesting groove reversed. Results of this study indicate that slope water-harvesting has a significant effect on the effective use of precipitation. Film mulches mulch has a negative impact on the recovery of the surface soil moisture, but has an obvious effect on water conservation of deep soil moisture. Wallow-tail type runoff collecting pit is ineffective in increasing the efficiency of precipitation use and compensation of soil water storage deficit.

**Key words:** Loess Plateau Soil moisture Rainwater harvesting and soil water conservation Soil water deficit