

# 黄土高原沟壑区不同处理方法对土壤水分动态的影响

马玉霞<sup>1</sup>, 宋孝玉<sup>1</sup>, 李怀有<sup>2</sup>, 王斌<sup>2</sup>, 刘文宏<sup>2</sup>

(1. 西安理工大学 西北水资源环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048; 2. 黄河水土保持西峰治理监督局, 甘肃 西峰 745000)

**摘要:** 黄土高原沟壑区, 具有十年九旱的气候特征。为了实现雨水资源利用的最大化, 选用几种常见的具有防渗作用的新材料对集水造林试验的集水区进行处理, 并优选出了合适的处理方法。其中包括喷甲基硅酸钠, 喷 RG2100C1 型高分子乳液, 喷 3F 克渗王防水剂, 掺 3F 克渗王防水剂, 撒水泥并喷水等 5 种的集水效果的试验研究。通过对比研究, 结果认为喷甲基硅酸钠在集水效果和资金投入上占有优势, 具有推广价值。

**关键词:** 黄土高原沟壑区; 集水效果; 对比试验

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0118-04

中图分类号: P333

## Influences of Different Treatment Methods on Soil Moisture Dynamic in the Gully Area of the Loess Plateau

MA Yu2xia<sup>1</sup>, SONG Xiao2yu<sup>1</sup>, LI Huai2you<sup>2</sup>, WANG Bin<sup>2</sup>, LIU Wen2hong<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environmental Ecology of the MOE, XAUT, Xi an,

Shaanxi 710048, China; 2. Xifeng Supervision Station of Soil and Water Conservation, Xifeng, Gansu 745000, China)

**Abstract:** The loess gully area is characterized by the climate of 9 drought years out of 10. In order to realize the maximum utilization of rainwater resources, the catchment used for afforestation experiment was treated with several kinds of common and new materials with the function of seepage prevention and suitable treatment methods were selected. They include spraying methyl sodium silicate, spraying RG2100C1 macromolecule emulsion, spraying 3F gram waterproofing agent, mixing 3F gram waterproofing agent, spreading cement, and spraying water. Through the analyses of various research methods, spraying methyl sodium silicate is found to be the best in collecting water and thus, has a greater value in extension.

**Keywords:** loess gully plateau area; catchment effect; contrast test

地处黄土高原沟壑区的甘肃省庆阳地区, 是黄河流域水土流失最严重的地区之一, 该地区水土保持生态工程建设的主要限制因子是水。植被生长所需水分主要靠降水的补给, 而入渗是增加土壤含水量的基本途径。在干旱地区, 将雨水径流局部收集贮存成为额外水量的一种来源, 同时集水系统造价低廉, 操作简单, 具有很大的发展前景。

集水面是雨水集流系统的重要组成部分, 通过降低地表入渗率, 从而提高所产生径流的数量。地表处理措施除通过机械手段改变微地形, 覆盖不透水层等, 使用无毒无味的化学材料也具有十分广阔的应用前景。但目前研究多集中于裸露地或单纯的实验室基础研究, 对集水造林区施用化学剂后和化学材料品种间的土壤水分变化研究较少。

根据黄河水土保持西峰治理监督局南小河沟试验监测站对相同条件下的集水区采用不同处理方法的试验结果, 探讨所用化学处理方法的集水性能, 为我国黄土高原沟壑区农林业生产提供参考<sup>[1]</sup>。

## 1 研究区概况

南小河沟流域是泾河支流浦河左岸的一条支沟, 属于典型的黄土高原沟壑区。在甘肃省庆阳市西峰区及后官寨境内, 海拔高度为 1 050~ 1 423 m。试验布设在南小河沟试验监测站, 土壤为黄绵土, 年均气温为 8.5 e, \ 10 e 的积温 2 700 e ~ 2 900 e, 年均日照时数 2 449. 0 h, 无霜期 160 d。年均降水量 561. 4 mm, 蒸发量 1 527 mm, 其降水特点是年际变化大, 年内分配不均匀, 具有明显的丰、平、枯水年特

收稿日期: 200820210

修回日期: 2008208207

资助项目: 国家自然科学基金/ 种植业结构调整对黄土沟壑区农田水分生态效应的影响(50209016); 陕西省自然科学基金/ 黄土沟壑区种植业结构调整的水资源最优调控模式研究(2007E235)

作者简介: 马玉霞(1984), 女(汉族), 河北省石家庄人, 在读硕士, 主要研究方向为干旱区水文与生态环境。E2mail: mayuer429@163. com。

征,年内 7) 9 月的降水量占全年降水量的 63%。土壤容重为 1.14~ 1.33 g/cm<sup>3</sup>, pH 值为 7.88。土壤养分含量为: 有机质 0.98%, 全氮 0.63%, 全磷 0.14%, 全钾 2.4%<sup>[2] 3)</sup>。

## 2 材料与方 法

试验在 2002) 2004 年进行。2002 年 8 月采用水平阶整地方式将坡度 15b 的阳坡整修成长 3.0 m, 宽 2.0 m 的集水区和长为 1.0 m, 宽为 2.0 m 的蓄水区, 集蓄比为 3 B1, 单株侧柏苗木集蓄小区为 8.0 m<sup>2</sup>。该试验对集流面铲除草皮拍光压实后, 分别采取如下 6 个处理。(1) 喷甲基硅酸钠(处理<sup>1</sup>); (2) 喷 RQ2 100Cl 型高分子乳液(处理<sup>2</sup>); (3) 喷 3F 克渗王防水剂(处理<sup>3</sup>); (4) 掺 3F 克渗王防水剂(处理<sup>4</sup>); (5) 撒

水泥并喷水(处理<sup>5</sup>); (6) 自然坡面(CK)。2002 年 9 月份在每个蓄水区栽植 1 株 2 年生侧柏苗, 通过每年 3 次观测蓄水区的土壤含水率, 重复 5 次, 采用烘干法处理土样, 有关测土层次数据如表 1 所示。每年年底测定侧柏树苗的成活率、保存率、年生长量、资金投入等。在试验期间观测降雨量, 并收集有关气温、湿度、风速的气象资料。

王斌等通过对不同处理方法在典型时间蓄水区 0) 200 cm 土壤含水率变化, 耗水规律, 生长量和投入的对比分析, 优选出了合适的处理方法。本文主要通过分析 2004 年试验区域不同处理方法下土层贮水量随时间的动态变化和在典型时间内土壤水分的不同的垂向变化, 同时结合侧柏生长量和投入费用, 对比分析出合适的集水面处理方法。

表 1 测土层次有关指标

测土深度/cm	10	20	40	60	100	150	180
土层范围/cm	0) 15	15) 30	30) 50	50) 80	80) 125	125) 175	175) 250
土层厚度/cm	15	15	20	30	45	50	75
土壤容重/(g# cm <sup>-3</sup> )	1.22	1.30	1.27	1.17	1.18	1.22	1.33

## 3 结果与分析

### 3.1 各种处理措施对 2.5 m 土层贮水量的影响

土壤贮水量是指在一定厚度的土层内土壤的总贮水量, 相当于实测各土层厚度内, 有多少毫米的水层的总和 H。其计算方法如下。

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i C M W_i \%}{M} @10 = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i G W_i}{10}$$

式中: h<sub>i</sub>))) 土层厚度 (cm); G ))) 土层土壤容重 (g/cm<sup>2</sup>); n= 7; M ))) 土壤面积 (cm<sup>2</sup>); W<sub>i</sub> ))) 土壤水分重量百分含量。

在相同整地形式和气象条件下, 采取不同的保水剂处理方法进行试验。由此分析试验时间段内 2.5 m 深土层, 在 2003 年 6 月 20 日到 2004 年 10 月 28 日, 这 5 种处理方法和对照试验下贮水量的动态变化, 如图 1 所示。

通过对 5 种处理措施 2.5 m 土层贮水量动态变化分析, 发现: 土层贮水量的变化在整体上呈现 4 个阶段。(1) 冬季土壤水分相对稳定阶段。主要集中从 12 月至翌年 3 月上旬, 这段时间降水量很少, 同时气温低, 土壤冻结后土壤水由液态变成固态, 土壤水分处于相对稳定状态。(2) 春季土壤水分损耗阶段。该阶段为 3 月中旬至 6 月下旬, 此间降水较少, 气温回升

迅速、相对湿度低导致土壤蒸发加剧, 土壤贮水量急剧减少。(3) 夏季土壤水分恢复阶段。由于雨期主要集中在 7) 8 月和 9 月上旬, 土壤水分以恢复过程占主导地位, 到该阶段末 2.5 m 土层的储水量可增加 100~ 300 mm, 使土壤含水量接近田间持水量水平。(4) 秋季土壤水分消退阶段。在 9 月中旬至 11 月下旬, 气温明显降低, 降水开始减少, 但土壤蒸发缓慢<sup>[7]</sup>。

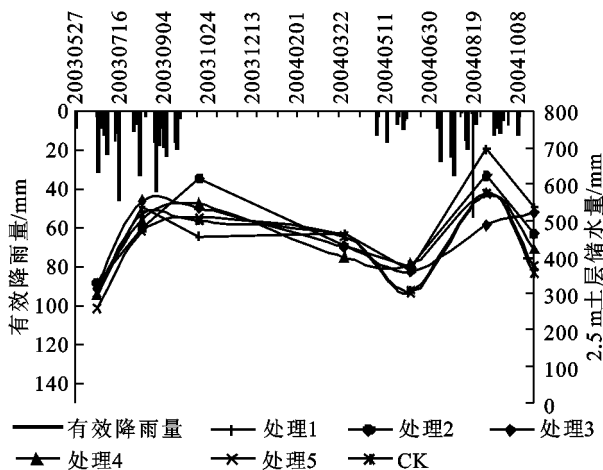


图 1 试验时间段内 2.5 m 深土层贮水量的动态变化

在相同的整地形式和气象条件下, 利用 5 种不同处理方法处理集流面以后, 体现出不同的集水效果。由于 2004 年土层贮水量变化明显, 各处理方法正常

发挥作用,故以 2004 年资料分析集水效果(表 2)。处理<sup>1</sup>在土壤水分恢复和消退阶段最能体现保水措施的优势,在 9 月初和 10 月底,比对照条件下的土层贮水量分别增加 117.1 mm 和 183.8 mm;处理<sup>o</sup>在土壤水分消退阶段能减缓土壤的失水量,10 月底时比对照条件下的土层贮水量增加 111.2 mm,在土壤水分快速蒸发阶段初没有对照处理的效果好,但整体集水效果比对照处理好;处理<sup>»</sup>在土壤水分消退阶段能减缓土壤的失水量,10 月底时比对照条件下的土层贮水量多 165.6 mm,土壤水分恢复阶段效果很差;改变施用方式,即处理<sup>¼</sup>,在土壤水分恢复阶段没有起到作用,而在消退阶段效果不显著,且这两种方法在快速蒸发阶段效果良好,能够抑制蒸发,但在雨期不能达到很好的集水效果;处理<sup>½</sup>较对照试验基本无太大差别,效果不理想。

### 3.2 不同措施对剖面土壤水分的影响

为分析各种处理集流面处理方法在垂直方向上对土壤水分运动的影响,根据实测结果计算在代表性时间时,不同处理方法下的土壤含水率相应于对照处理的变化幅度变化值(如表 3)。这 3 个观测时间段前均无降雨,处理<sup>1</sup>能更多地汇集地表径流,促进水分向下运动,从而提高 50) 100 cm 土层土壤含水量,尤其在夏秋多雨季节;处理<sup>o</sup>在夏秋两季具有与处理<sup>1</sup>一样的效果;处理<sup>»</sup>在春季和秋季与对照试验相比基本无差异,有时还不如未采取措施的土壤含水量高,在夏季垂向分布稍好一点;处理<sup>¼</sup>仅能增加表层 0) 60 cm 的土壤含水量,由于防水效果较差,集流面处理不佳,不能很好地增加蓄水区的深层贮水量;处理<sup>½</sup>仅能在秋季增墒期对土壤表层有较好的增水效果,在其它时段效果一般。

表 2 2004 年各处理方法与对照试验相比 2.5 m 土层贮水量差值

日期	与对照试验相比 2.5 m 土层贮水量差值/mm					
	处理 <sup>1</sup>	处理 <sup>o</sup>	处理 <sup>»</sup>	处理 <sup>¼</sup>	处理 <sup>½</sup>	对照
20040326	6.46	- 27.70	- 26.20	- 59.30	- 1.90	0
20040610	57.54	66.89	51.78	70.85	- 6.40	0
20040904	117.10	44.85	- 89.40	0	- 5.60	0
20041028	183.80	111.20	165.60	66.77	19.30	0

表 3 不同处理方法下的土壤含水率相应于对照处理的变化幅度

日期	处理方法	不同测土深度土壤含水率与对距处理差值							平均值
		10 cm	20 cm	40 cm	60 cm	100 cm	150 cm	200 cm	
20040306	处理 <sup>1</sup>	- 12.63	- 9.20	- 1.47	- 17.88	25.20	- 14.06	10.72	- 0.69
	处理 <sup>o</sup>	14.01	9.88	0.20	1.90	- 3.04	- 6.94	- 15.56	- 2.36
	处理 <sup>»</sup>	- 33.56	- 13.59	13.44	- 5.17	2.55	- 9.48	- 7.21	- 7.53
	处理 <sup>¼</sup>	- 4.73	- 8.22	29.41	- 5.15	- 17.49	- 28.22	- 14.26	- 8.90
	处理 <sup>½</sup>	18.51	7.54	5.18	4.59	7.06	- 12.86	- 1.62	1.36
20040610	处理 <sup>1</sup>	12.08	19.45	46.70	61.23	44.33	- 6.41	8.26	23.62
	处理 <sup>o</sup>	23.68	7.83	23.90	55.61	35.26	6.16	19.31	22.76
	处理 <sup>»</sup>	13.37	21.04	27.80	37.02	27.22	10.27	8.92	20.06
	处理 <sup>¼</sup>	44.74	63.35	73.01	74.55	11.34	- 4.17	13.56	36.96
	处理 <sup>½</sup>	- 5.71	3.25	3.33	36.34	- 3.18	- 15.93	- 3.04	0.33
20040904	处理 <sup>1</sup>	32.16	58.57	28.00	51.12	37.93	25.52	- 5.65	30.89
	处理 <sup>o</sup>	6.24	- 3.49	- 6.88	7.27	33.55	32.86	- 5.07	6.83
	处理 <sup>»</sup>	- 19.82	- 17.93	- 31.80	- 20.27	12.76	- 6.56	- 21.84	- 16.79
	处理 <sup>¼</sup>	- 23.56	2.80	- 23.60	24.74	59.14	4.02	- 18.18	- 1.40
	处理 <sup>½</sup>	10.41	26.54	- 12.04	87.62	27.87	- 9.29	- 34.21	10.95

### 3.3 不同措施下的效益分析

3.3.1 生态效益 以上分析了 5 种利用化学药剂在集水区处理方法对土壤水分的影响。同时根据集水区不同处理下蓄水区侧柏苗的两年生长量(见表 4),

前两种处理方法能显著加快苗木的生长,也正好证明了以上对土壤水分的动态分析的有效性,前两种处理方法能最大限度地利用雨水资源,促进林木生长,而后 3 种方法苗木的高度增长量不及对照,不宜采用。

在干旱区大力开展植树种草,恢复植被是防止水土流失,保护生态环境的重要措施。

在无灌溉条件下,为改变成活率低、保存率低的现状,利用集雨技术改变降雨的空间分布方式,汇集地表径流,补充树木生长所需的水分。采取不同的整地措施,如鱼鳞坑、水平阶地反坡梯田、扇形和V字

型等整地方法,同时还使用现代的防渗材料,如塑料薄膜、喷洒化学药剂。就大面积的荒山坡地而言,水泥、油毡、沥青、覆膜集水面的大面积推广处理,有可能改变区域的水热循环,造成生态环境的变化,因此利用新型、高效、低价、无污染的化学材料是可行且有效的方案。

表4 各处理方法下侧柏两年的增长量和单株资金投入

项目	处理 <sup>1</sup>	处理 <sup>o</sup>	处理 <sup>»</sup>	处理 <sup>¼</sup>	处理 <sup>½</sup>	对照
苗高增长量/cm	42.75	42.25	27.20	19.65	22.90	23.30
干径增长量/cm	1.45	1.08	0.14	1.06	1.34	1.02
单株资金投入/元	5.57	8.27	11.27	11.27	4.87	2.87

3.3.2 经济效益 两年的苗高增长量比对照分别高83.48%, 83.48%, 证明前两种材料在荒山造林中对集流面处理,能提高集水效率,显著加快苗木的生长。在资金投入方面,该试验的集水区、蓄水区均是在15b的坡面上整修的,整修水平阶和铲草皮拍光压实,投入的劳务都是一样的,只是处理的材料价格不同,造成投入不同。建一株苗木8 m<sup>2</sup>集蓄小区,处理<sup>1</sup>投入为5.57元,处理<sup>o</sup>投入为8.27元,处理<sup>»</sup>投入为11.27元,处理<sup>¼</sup>投入为11.27元,处理<sup>½</sup>投入为4.87元,对照处理的投入为2.87元。很明显看出,处理<sup>»</sup>和<sup>¼</sup>投入资金高且效果不佳,不具有推广意义,虽然处理<sup>½</sup>投入资金低,对侧柏生长没有很好的辅助作用,经济效益差。处理<sup>1</sup>和处理<sup>o</sup>效果明显,且由于前者投入少,更具有广泛应用的前景<sup>[4] 91</sup>。

## 4 结论

利用以上材料处理集流面以后,蓄水区全年整体的土层贮水量均比集流面未处理的自然坡面下的蓄水区土层贮水量高。可以看出采取处理<sup>1</sup>和<sup>o</sup>在各个时期可以达到很好的保水增墒效果,且有效期长,对于黄土高原沟壑区水土保持植物措施有很好的促进作用。而处理<sup>1</sup>资金投入小,更具有推广价值。处理<sup>»</sup>和<sup>¼</sup>在快速蒸发阶段效果良好,但不能很好的增加深层贮水量,有效期短,在雨期不能达到很好的集水效果。处理<sup>½</sup>与对照试验基本无太大差别,效果不理想。虽然在试验的基础上,在代表性小区内得到一定的分析结果,但在机理的分析方面有所欠缺,需要

更进一步的研究。同时应积极探讨防渗材料与其它生产措施配合应用的技术,以充分发挥防渗材料在黄土高原生态农业建设和可持续发展中的作用。

致谢:感谢黄河水土保持西峰治理监督局南小河口试验监测站提供的试验数据。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 山仑,黄占斌,张岁歧.节水农业[M].北京:清华大学出版社,2000:16) 38.
- [2] 杜晓东,王丽娟,刘作新.保水剂及其在节水农业上的应用[J].河南农业大学学报,2000,34(3):255) 259.
- [3] 王斌,刘文宏,李怀有.高塬沟壑区集水造林新材料试验研究[J].甘肃科技,2006,22(10):208) 211.
- [4] 杜太生,康绍忠,魏华.保水剂在节水农业中的应用研究现状与展望[J].农业现代化研究,2000,21(5):317) 320.
- [5] 潘学标,龙步菊,魏玉蓉.内蒙古黄土高原区降水规律与集雨利用潜力分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(4):65) 71.
- [6] 穆兴民,徐学选,陈霁巍,等.黄土高原生态水文研究[M].北京:中国林业出版社,2001:8) 18.
- [7] 贺康宁.黄土高原半干旱区集水造林水分生产潜力研究[D].北京:北京林业大学,2000:39) 47.
- [8] 黄占斌,辛小桂,李友乾,等.液态地膜和植生带对土壤水温和玉米成苗的影响[J].水土保持通报,2004,24(1):43) 45.
- [9] 张永涛,杨吉华,高伟.不同保水措施的保水效果研究[J].水土保持通报,2000,20(5):46) 48.