

# 半干旱地区多因素保水措施对土壤水分及造林成活率的影响

黄雅茹<sup>1,2</sup>, 崔向新<sup>1</sup>, 马迎宾<sup>2</sup>, 王淮亮<sup>3</sup>, 肖芳<sup>1</sup>, 吕新丰<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 中国林业科学研究院 沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200; 3. 河北省水利技术试验推广中心, 河北 石家庄 050061)

**摘要:** 以神府—东胜煤矿采煤沉陷区为试验地, 通过正交试验, 分析了覆盖材料、保水剂施用量、肥料配比的保水效果及对成活率的影响。结果表明, 覆盖材料、保水剂施用量、肥料配比对长梗扁桃成活率、土壤含水量的影响极显著, 其影响程度为: 覆盖材料 > 保水剂施用量 > 肥料配比。在地膜覆盖—保水剂 (60 g)—当地土: 肥料 (4: 1) 的保水措施下, 土壤含水量最高达到 17.11%, 长梗扁桃成活率最高, 为 80.5%。无任何保水措施的处理土壤含水量为 8.59%, 成活率仅为 30.13%。栽植长梗扁桃的多因素保水技术措施最佳组合为: 地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土: 肥料 (4: 1)。

**关键词:** 保水措施; 地表覆盖; 保水剂; 半干旱地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0166-04

中图分类号: S152.7

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.038

## Effect of Multifactor Water Retention Measures on Soil Moisture and Afforestation Survival Rate in Semi-arid Area

HUANG Ya-ru<sup>1,2</sup>, CUI Xiang-xin<sup>1</sup>, MA Ying-bin<sup>2</sup>, WANG Huai-liang<sup>3</sup>, XIAO Fang<sup>1</sup>, Lü Xing-feng<sup>1</sup>

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China; 2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China; 3. Hebei Extension and Experiment Center for Water Technology, Shijiazhuang, Hebei 050061, China)

**Abstract:** Selecting the subsidence area of Shenfu—Dongsheng Mining area as the experimental samples, using the orthogonal test, the authors analyzed the effect of water content and survival rate of covering materials, water-retaining agent application amount and fertilizer ratio were analyzed. The results showed that: the influences of covering materials, water-retaining agent application amount and fertilizer ratio on survival rate and soil moisture content of *Amygdalus pedunculata* Pall. were significant different, and the order of influence degree was: covering material > water-retaining agent application amount > fertilizer ratio. Under water retention measures which including plastic film mulching, water-retaining agent (60 g), ration of local soil and fertilizer (4: 1), soil moisture content was up to 17.11%, and *A. Pedunculata* Pall. reached the highest survival rate of 80.5%. Soil moisture content of no water measures was 8.59%, and survival rate was just only 30.13%. The best water retention technique measures combination for *A. Pedunculata* Pall. was: plastic film mulching with water-retaining agent (60 g) and fertilizer ratio (4: 1).

**Keywords:** water retention measures; land cover; water-retaining agent; semi-arid area

煤炭资源在中国经济发展中起着不可替代的作用, 而且煤炭的能源支柱作用今后很长时间内不会改变。煤炭资源虽然对中国社会经济发展有着关键作用, 但其在开采过程中造成的环境问题也日益凸显。矿业发展所引起的环境问题已经成为制约区域发展甚至影响国家可持续发展战略的重大隐患<sup>[1]</sup>。神东煤田是国家重要的能源基地、世界著名煤田。

近几年, 年采煤量持续增长, 2005年已经突破  $1.0 \times 10^8$  t 大关, 为国家的经济建设和地方经济的发展做出了重大贡献<sup>[2]</sup>。然而, 随着公司采煤量的增加, 采煤塌陷区面积也在迅速增加。为了改善神东矿区的生态环境, 提高植被覆盖率, 探索适合矿区的保水技术, 对以后大面积造林、加速植被恢复与重建有重要意义。国内研究表明, 保水剂施用得当可促进植

收稿日期: 2013-11-15

修回日期: 2013-11-20

资助项目: 内蒙古自然科学基金项目“围封禁牧后荒漠草原地表覆盖保墒机理研究”(2010MS0602)

作者简介: 黄雅茹(1987—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 硕士研究生, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: hu\_angyaru@126.com。

通信作者: 崔向新(1962—), 女(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 博士, 教授, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: cuixiangxin1962@163.com。

物根系发育,提高出苗率和移栽成活率,促进植株生长发育,延缓凋萎时间<sup>[3-6]</sup>。白岗栓等<sup>[7]</sup>为了促进保水剂的应用与推广,在河套灌区开展了沟施保水剂 BJ 2101-L 和土壤结构改良剂 PAM 的研究,结果表明保水剂 BJ2101-L 和土壤结构改良剂 PAM 均可提高土壤水分,提高春小麦生物量、产量。唐自力等<sup>[8]</sup>对几种保水剂在沙漠梭梭造林中所表现的吸水倍率进行了测试,保水剂可显著提高 20—30 cm 土层的土壤含水量和沙漠梭梭造林成活率,湿施 60 g 每株效果最好。王子峰等<sup>[9]</sup>研究认为地膜覆盖具有保持土壤表层水的作用,同时也能够对下层的水分有明显上调移动的作用,还可以改善水热状况,起到保温,保水保墒的作用。赵青华等<sup>[10]</sup>研究认为杂草覆盖能够使植物根系处于适宜生长的状态,促进植物根系的生长发育,杂草覆盖能够保持土壤水分,减少地面蒸发<sup>[10]</sup>。武继承等<sup>[11]</sup>研究了保水剂(0, 45, 60 kg/hm<sup>2</sup>)、秸秆覆盖(3 000 和 6 000 kg/hm<sup>2</sup>)和地膜覆盖(<0.005 mm)对冬小麦生长发育、土壤水分和降水利用的影响。结果表明 3 种措施均能促进冬小麦生长、改善土壤水分和养分状况、提高冬小麦产量和降水利用效率,特别是保水剂与秸秆覆盖、保水剂与地膜覆盖相结合效果更显著。孙进等<sup>[12]</sup>施用保水剂和稻草覆盖对保持土壤水分和作物产量的效应进行比较试验,结果表明保水剂和稻草均可促进小麦生长,提高当季及后茬作物产量。国外关于覆盖与保水剂的研究有 Jan Trenkel<sup>[13]</sup>在山地有坡度的大田进行试验,使用覆盖与 PAM 双重保水,得出覆盖与保水剂对减少土壤流失有重要作用。Stern<sup>[14]</sup>在土壤表层施加保水剂,保水剂的施用量为 20 kg/hm<sup>2</sup>,试验小麦产量提高了 9.0%,Clint shock 等<sup>[15]</sup>通过试验认为,保水剂的施用能够增加土壤水分、提高作物出苗率。目前,各项保水措施的研究大多集中在单一的保水剂或覆盖保水方面,很少对多种保水措施进行综合研究,能够达到保水效果的措施除了保水剂、地膜覆盖,还包括坡面整地方式蓄水保水、施肥等。对于干旱半干旱区造林,保水措施显得尤为重要。采煤沉陷区最突出的特点就是土壤特别疏松,容易漏水漏肥,不利于植被生长,因此针对试验地的这种特点,通过在神府—东胜采煤沉陷区进行多因素正交试验,分析覆盖材料、保水剂施用量、肥料配比的保水效果,以期得出适合该区的最佳保水措施组合,为神东采煤沉陷区植被恢复与重建提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验区域位于神府—东胜煤矿的活鸡兔采区,试

验地具体位于陕西省榆林市神木县高家畔村境内,与大柳塔镇的距离大约是 10 km。根据相关资料及野外调查,分别选择了覆盖材料(A)、保水剂施用量(B)、肥料配比(C)3 个因素做正交试验(表 1)。在栽植完成后,进行灌水,之后进行不同材料覆盖,地膜覆盖使用普通 PE 农地膜中的白色地膜,杂草覆盖厚度约 2~3 cm,风成沙覆盖厚度约为 2~3 cm。使用胜利油田长安集团聚合物有限公司生产的沃特保水剂,属于聚丙烯酰胺—无机矿物复合型保水剂,灰褐色颗粒,可溶于水。试验使用  $L_{16}(4^3)$  正交表(表 2),共 16 个处理,每个处理 6 株,重复 3 次。供试树种为 2 年生长柄扁桃(*Amygdalus Pedunculata* Pall.),来源于陕西省榆林市,选择健壮且株高与地径基本一致的苗木。试验于 2012 年 4 月 15 日开始,整地方式为穴状整地,树坑规格为 60 cm×60 cm,肥料与当地土不同比例混合(体积比),保水剂施用方式是层施,每株植物的施用量按表 2 依次进行。试验的 16 种处理编号为正交试验的试验号。

表 1 正交试验因素与水平

水平	覆盖材料(A)	保水剂施用量(B)/g	肥料配比(C)
1	无覆盖	未施	未施
2	杂草覆盖	40	当地土:肥料(4:1)
3	风成沙覆盖	60	当地土:肥料(3:2)
4	地膜覆盖	80	当地土:肥料(2:3)

注:当地土指弃耕农田土。

表 2 正交试验设计  $L_{16}(4^3)$

试验号	覆盖材料(A)	保水剂施用量(B)/g	肥料配比(C)
1	无覆盖	40	当地土:肥料(4:1)
2	无覆盖	60	当地土:肥料(3:2)
3	无覆盖	80	当地土:肥料(2:3)
4	杂草覆盖	未施	当地土:肥料(4:1)
5	杂草覆盖	40	未施
6	杂草覆盖	60	当地土:肥料(2:3)
7	杂草覆盖	80	当地土:肥料(3:2)
8	风成沙覆盖	未施	当地土:肥料(3:2)
9	风成沙覆盖	40	当地土:肥料(2:3)
10	风成沙覆盖	60	未施
11	风成沙覆盖	80	当地土:肥料(4:1)
12	地膜覆盖	未施	当地土:肥料(2:3)
13	地膜覆盖	40	当地土:肥料(3:2)
14	地膜覆盖	60	当地土:肥料(4:1)
15	地膜覆盖	80	未施
16	无覆盖	未施	未施

### 1.2 测定指标

土壤含水量通过在 16 种处理的树坑侧面分别挖取土壤剖面采集土样测定,剖面分为 0—10,10—20,20—30,30—40 cm 这 4 层,测定方法采用烘箱烘干法;采用每木调查法对长柄扁桃成活率进行调查。

## 2 结果与讨论

### 2.1 多因素保水措施对土壤水分的影响

由表 3 可知,各处理土壤含水量随着时间的变化趋势一致,均是先增加后减小,5 月份各处理土壤含水量最低,到 6 月份各处理土壤含水量有所增加,6 月份处理 14 的土壤含水量最高为 16.83%,其他各处理土壤含水量均在 12.36%~16.36%,处理 16 最低为 10.83%;7 月份土壤含水量最高的是处理 14 为 16.02%,其他各处理土壤含水量在 12.45%~15.56%,处理 14 是处理 16 的 1.65 倍;9 月份各处理土壤含水量最高的为处理 14,其值为 17.11%,而处理 16 的土壤含水量最低为 8.59%,最大值是最小值的 1.37 倍,其他处理土壤含水量在 9.98%~14.88%。综合分析,覆盖材料在 3 种因素中起的作用最大,其中地膜覆盖处理的保水持水效果最好。

表 3 不同保水措施对 0—40 cm 平均土壤含水量的影响

试验编号	长柄扁桃土壤含水量/%			
	5 月	6 月	7 月	9 月
1	14.88	14.08	13.12	9.98
2	11.60	13.79	12.90	11.46
3	12.01	12.75	12.56	12.98
4	10.47	14.39	13.57	12.39
5	12.80	12.36	12.23	11.91
6	14.56	14.69	13.00	10.60
7	13.09	13.54	12.45	10.95
8	11.13	13.53	13.47	13.94
9	14.37	13.94	12.97	10.58
10	12.82	16.19	15.45	14.78
11	13.42	15.32	15.03	12.57
12	10.91	15.76	15.52	14.88
13	15.61	15.57	15.00	14.32
14	15.25	16.83	16.02	17.11
15	15.42	16.36	15.33	13.62
16	9.12	10.83	9.68	8.59

对多因素保水措施下长柄扁桃土壤含水量进行极差分析如表 4 所示,由 R 值可知,试验 3 种因素对长柄扁桃平均土壤含水量的影响大小顺序是:A>B>C,即覆盖材料>保水剂施用量>肥料配比。覆盖材料的 4 个水平中  $K_4 > K_3 > K_2 > K_1$ ,即地膜覆盖

>风成沙覆盖>杂草覆盖>无覆盖,保水剂施用量的 4 个水平中  $K_3 > K_4 > K_1 > K_2$ ,即 60 g>80 g>未施>40 g,肥料配比水平中  $K_2 > K_3 > K_4 > K_1$ ,即当地土:肥料(4:1)>当地土:肥料(3:2)>本地土:肥料(2:3)>未施。以长柄扁桃平均土壤含水量为依据,保水措施最佳组合为: $A_4B_3C_2$ ,即地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土:肥料(4:1)。经方差分析,3 种因素对土壤含水量有显著影响( $P_r < 0.01$ )。

表 4 多因素保水措施下平均土壤含水量极差分析

极差	覆盖材料(A)	保水剂施用量(B)	肥料配比(C)
$K_1$	43.01	49.80	48.90
$K_2$	45.85	46.79	52.05
$K_3$	51.87	53.95	50.67
$K_4$	59.93	50.12	49.04
R	16.92	3.33	3.15

注:K 值为某个因素同一水平所对应的平均土壤含水量的和;R 值为极差。

### 2.2 多因素保水措施对造林成活率的影响

由表 5 可知,长柄扁桃的成活率随着时间的变化逐渐降低,不同处理成活率有较大差异,9 月份调查数据显示处理 16 的成活率最低为 30.13%,而处理 9 到处理 15 的成活率较高,均在 70%以上,其中成活率最高的为处理 14,其值为 80.45%,比处理 16 提高了 1.67%,处理 1 到处理 8 的成活率比较低,均在 30.14%~55.67%。

表 5 不同保水措施对成活率的影响

试验编号	长柄扁桃成活率/%				
	5 月 4 日	5 月 22 日	6 月 29 日	7 月 15 日	9 月 16 日
1	54.33	66.75	32.58	30.65	30.14
2	69.68	54.65	50.00	46.79	30.55
3	56.78	55.96	33.33	32.12	30.45
4	80.11	64.98	60.10	59.88	52.77
5	70.55	66.78	60.61	60.61	53.45
6	77.80	67.83	65.15	60.65	55.67
7	80.00	75.87	72.73	68.94	50.88
8	80.12	77.66	53.03	50.21	48.90
9	83.45	82.14	81.24	79.80	71.10
10	82.00	79.73	78.90	77.50	70.65
11	83.67	79.57	78.79	77.34	70.34
12	86.43	84.87	82.45	80.89	71.32
13	80.39	77.83	74.68	74.50	70.23
14	88.90	87.54	87.33	86.90	80.45
15	85.27	83.31	83.21	80.78	71.33
16	44.56	40.33	38.35	34.23	30.13

以 9 月 16 日调查结果为依据,对成活率进行极差分析。由表 6 可知,覆盖材料的 4 个水平中, $K_4 >$

$K_3 > K_2 > K_1$ , 即地膜覆盖 > 风成沙覆盖 > 杂草覆盖 > 无覆盖,  $K_4$  值最大, 表示覆盖材料因素中地膜覆盖水平对成活率试验效果最好; 保水剂施用量的 4 个水平中  $K_3 > K_2 > K_4 > K_1$ , 即 60 g > 40 g > 80 g > 未施; 在肥料配比中  $K_2 > K_4 > K_1 > K_3$ , 即当地土: 肥料(4:1) > 当地土: 肥料(2:3) > 未施 > 当地土: 肥料(3:2); 由极差  $R$  值显示, 各因素对长柄扁桃成活率的影响顺序为:  $A > B > C$ , 最优水平组合为  $A_4 B_3 C_2$ , 可以得出最佳的保水措施组合为: 地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土: 肥料(4:1)。对成活率进行方差分析, 3 种因素对长柄扁桃成活率的影响极显著( $P_r < 0.01$ )。

表6 多因素保水措施下长柄扁桃成活率极差分析

极差	覆盖材料(A)	保水剂施用量(B)	肥料配比(C)
$K_1$	121.23	203.12	225.56
$K_2$	212.77	224.88	233.66
$K_3$	260.99	237.41	200.56
$K_4$	293.33	223.00	228.54
$R$	172.10	34.29	33.10

注:  $K$  值为某个因素同一水平所对应的苗木成活率的和;  $R$  值为极差。

### 3 结论

(1) 根据多因素正交试验结果, 地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土: 肥料(4:1)的保水措施组合土壤含水量最高为 17.11%, 长柄扁桃成活率最高为 80.45%, 其他处理土壤含水量在 9.98%~14.88%, 成活率在 30.14%~71.33%, 无任何保水措施的处理土壤含水量为 8.59%, 成活率最低为 30.13%, 因此, 半干旱地区多因素保水措施能够不同程度保持土壤水分, 进而提高长柄扁桃成活率。

(2) 覆盖材料、保水剂施用量、肥料配比对长柄扁桃成活率、土壤含水量的影响极显著, 影响程度为: 覆盖材料 > 保水剂施用量 > 肥料配比; 长柄扁桃多因素保水技术措施最佳组合为地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土: 肥料(4:1), 建议今后半干旱地区植被恢复与重建过程中, 为了保持土壤水分, 保证苗木成活率, 长柄扁桃的保水措施以地膜覆盖—保水剂 60 g—当地土: 肥料(4:1)为最佳。

### [参 考 文 献]

- [1] 范英宏, 陆兆华, 程建龙, 等. 中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2145-2146.
- [2] 张平仓, 王文龙, 唐克丽, 等. 神府—东胜矿区采煤塌陷及其对环境影响初探[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 36-41.
- [3] Woodhouse J, M S Johnson. Effect of super absorbent polymers on survival and growth of crop seedling [J]. Agricultural Water Management, 1991, 20(3): 63-70.
- [4] 王砚田, 华孟, 赵小雯. 高吸水性树脂对土壤物理性状的影响[J]. 北京农业大学学报, 1990, 16(2): 181-187.
- [5] 马天新, 庞中存, 陆秀珍. 土壤保水剂在我省旱作农业上的应用展望[J]. 甘肃农业科技, 1997(12): 31-32.
- [6] Alasdair Barcroet. Super absorbents improve plant survival [J]. World Crops, 1984(12): 7-10.
- [7] 白岗栓, 张蕊, 耿桂俊, 等. 保水剂对河套灌区土壤水分和春小麦生长的影响[J]. 干旱区研究, 2012, 29(3): 393-399.
- [8] 唐自力, 周朝彬, 李慧强. 准格尔盆地沙漠梭梭造林中保水剂应用技术研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 107-120.
- [9] 王子峰, 徐平, 赵胜新, 等. 枣树栽植施用保水剂的效果[J]. 河北果树, 2002(5): 17.
- [10] 赵青华, 胡焕平. 保水剂对红枣栽植成活率及生长的影响[J]. 落叶果树, 2005(6): 58.
- [11] 武继承, 管秀娟, 杨永辉. 地面覆盖和保水剂对冬小麦生长和降水利用的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 86-92.
- [12] 孙进, 徐阳春, 沈其荣, 等. 施用保水剂和稻草覆盖对作物和土壤的效应[J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 731-734.
- [13] Jan Trenkel, Daniel Burton, Clint Shock. PAM and low rates of straw furrow mulching to reduce soil erosion and increase water infiltration in a furrow irrigated field, 1995 Trial [R]. OSU, Malheur Experiment Station Special Report, 1996(964): 167-175.
- [14] Stern R, Van Der Merwe A J, Laker M C, et al. Effect of soil surface treatments on runoff and wheat yields under irrigation [J]. Agronomy Journal, 1992, 84(1): 114-119.
- [15] Clint Shock, Erik Feibert, Monty Saunders, et al. Treatment of soil with bright sum soil booster and polyacrylamide as soil conditioners for improved seeding emergence [J]. Agronomy Journal, 1992(84): 160-165.