

# 黄土丘陵区集流整地造林技术研究

鲁子瑜 关秀琦 程积民 马志仁

中国科学院  
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100

刘克俭 郭鹏

(宁夏固原县科委·固原县)

## 提 要

在黄土丘陵区两个不同的半干旱气候类型区,研究了四种常用的整地方法,以及在采用不同集流整地规格时,植树穴附近土壤水分变化规律及对该区几种常用造林树种的幼龄、成龄林生长发育的影响。从而得出适宜的集流整地规格和不同树种,用作不同目的时所需的集流面积,为该区抗旱造林提供科学依据。

关键词: 黄土丘陵区 抗旱造林 集流整地

## Study on Technique of Land Preparation to Collect Rainwater Runoff in Loess Hilly and Gully Region

Lu Ziyu Guan Xiuqi Cheng Jimin Ma Zhiren

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation,

Academia sinica and the Ministry of water Resources · Yangling Shaanxi · 712100)

Liu Kejian Guo Beng

(Science and Technology Committee of Gu-yuan County in Ning Xia Huizu Autonomous Regions)

## Abstract

Under two different types of climate in loess hilly and gully region, following three aspects were studied, namely (1) four general land preparation methods applied to different scale, (2) Soil water moving pattern nearby tree planting hole when different scale of rainwater runoff collecting method adapted, and (3) effect of the technique on both young and old afforestation tree species growth. Results supplied both the suit size or scale for land preparation to collect rainwater runoff and required areas to collect in case of different purpose. The results also provided scientific information to drought-resisting afforestation in the region.

**Key words** Loess hilly and gully region drought-resisting afforestation runoff collecting technique

半干旱黄土丘陵区,林木生长发育全靠有限的天然降水,极不理想的是,由于受季风环流的影响,该区树木赖以生存的大气降水,总是集中在短期内,而且往往以超过土壤渗透能力的暴雨形式出现,造成严重的水土流失。因此,如何最大限度地珍贵的地表径流蓄积起来,并让林木得以充分利用,成为该地区造林能否成功的决定因素。研究径流集存技术,是解决这一突出问题的关键。

## 一、试验区自然条件

陕西志丹试区属梁峁丘陵区,海拔1450m,地形特点为山大、沟深、坡陡、地面切割破碎。年均温7.8℃,绝对最高气温37.4℃,绝对最低气温-25.4℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温2971.1℃,无霜期157天。降雨量年际变化大,年最大降雨量957.8mm,最小降雨量259.0mm,年均降雨量494.3mm。年内降雨量分配极不均匀,7、8、9三个月多为暴雨集中季节,占年降雨量的60%以上。年均水面蒸发量1180mm,干燥系数1.46。土壤属黄绵土,植被区划为森林草原区。

固原试区属梁状丘陵区,海拔1600~1850m,年均温7.0℃,绝对最高温度-34.6℃,绝对最低温度-28.1℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温2574℃,无霜期147天。年均降雨量470.0mm,7、8、9三个月占年降雨量的60%以上。干燥度1.55,土壤属细黄土,植被区划为森林草原向干草原的过渡区。

## 二、试验方法

试验采用反坡梯田、鱼鳞坑、带子田和水平沟四种整地方法。除带子田外,均以能拦截10年一遇暴雨所形成的径流量为最低设计标准。一般按正交方法布设试验。

(一)反坡梯田 试验树种为山杏(阳坡)和小叶杨(阴坡下部),反坡角度15~20°。

1. 1989年志丹试区造山杏林,株距2.0m,行距2.0、4.0、6.0m,3水平,田面宽1.0、1.2、1.4m,3水平。

2. 1977年固原试区造山杏林,株距2.0m时,行距2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0m,7水平。

3. 1988年志丹试区造小叶杨林,株距2.5m,行距2.0、3.0、4.0m,3水平,田面宽1.0、1.2、1.4m,3水平。

4. 1978年志丹试区造小叶杨林,株距2.5m,行距2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5m,6水平。

(二)鱼鳞坑 试验树种为山杏(阳坡)和刺槐(半阳坡),鱼鳞坑埂高0.3m。

1. 1989年志丹试区造山杏林,行距1.5、2.0、2.5m,3水平,坑长、宽为0.8m×0.5m、1.2m×0.7m、1.6×0.9m,3水平,穴面积0.3m×0.3m、0.4m×0.4m、0.5×0.5m,3水平,穴深0.3、0.45、0.6m,3水平。

另外,在此试验基础上,固定坑长、宽1.2m×0.7m,穴面积0.4m×0.4m,穴深0.45m,进行行距1.0、2.0、3.0、4.0、5.0m,5水平试验。

2. 1987年志丹试区造刺槐林,株距1.0、1.5m,2水平,行距1.8、2.3、2.8m,3水平,坑长、宽1.2m×0.7m。

3. 1976年志丹试区造刺槐林,株距2.5m,行距1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0m,6水平。坑长、宽1.6m×1.0m。

(三)带子田 试验树种为刺槐(阳坡、半阳坡)和柠条(阳坡)。带宽1.0m,反坡角度5°。

1. 1988年固原试区造刺槐林,株距1.0m,行距1.0、2.0、3.0m,3水平。

2. 1984年固原试区造柠条林,株距0.5m,行距1.0、2.0、3.0m,3水平。

(四)水平沟 试验树种为山桃(阳坡)和刺槐(半阳坡)。水平沟沟宽0.8~1.0m,深0.2m。

1. 1988年固原试区造山桃林,株行距0.5m×0.5m、1.0m×1.0m、1.5m×1.5m、2.0m×2.0m,4水平。

2. 1989年志丹试区农地和荒地造刺槐林,株距2.0m,行距1.5、2.0、2.5、3.0m,4水平。

以上试验样地面积均在0.5亩以上。

山杏、刺槐、山桃采用截干造林,小叶杨植苗造林,柠条直播造林。

### 三、试验研究结果

(一)反坡梯田 反坡梯田是抗旱造林中一种较好的整地方式,具有拦蓄径流量大,表土利用率高不易崩溃等优点。

采用反坡梯田整地,各处理田内土壤水分变化规律,以1989年志丹试区阳坡造山杏林林地为例。造林两年内,不同处理土壤水分测定结果表明(表1),随行距加大,1m土层含水率递增。造林第一年11月初,6m行距土壤含水率为10.08%,较2m、4m行距分别增加1.30%、0.38%(含水率的绝对增加值,下同)。第2年同期,6m行距土壤含水率为11.45%,较2m、4m行距分别增加1.62%、0.90%。

表1 不同行距、田面宽反坡梯田山杏林地土壤水分比较

年限	坡位	项目	行 距 (m)								
			2			4			6		
			田 面 宽 (m)								
1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0			
第1年	上	土 壤 含 水 量 (干土%)	8.57	8.04	8.37	9.61	9.13	9.75	9.90	10.94	9.58
	中		8.44	8.76	8.94	9.89	9.37	9.82	10.31	10.97	8.74
	下		9.53	8.86	9.16	10.31	9.44	9.94	10.21	11.01	9.09
	均值		8.85	8.55	8.94	9.94	4.31	9.84	10.14	10.97	9.13
第2年	上	(干土%)	10.86	9.51	9.50	11.31	11.11	10.86	11.67	11.92	11.33
	中		10.66	9.62	9.26	10.87	9.89	10.42	11.44	11.23	11.18
	下		10.62	9.39	9.08	9.24	10.94	10.38	11.66	11.47	11.17
	均值		10.71	9.51	9.28	10.47	10.64	10.55	11.59	11.54	11.23

采用反坡梯田整地,田面愈宽,拦截地表径流能力愈强。但田面的宽窄也影响到集存径流在田间的再分配,测定结果表明(表1),当反坡角度为20°时,造林第一年,田面水分分布规律,大都为反坡下部含水率大而上部小,其差异与田面宽窄成正相关,而与行距大小成负相关。行距2m,田面宽1.4m,其下部土壤含水率较上部高出0.96%。随着田面宽减小,行距增大,上下部差异减少,至田面宽为1m,行距为6m时,上部土壤含水率反比下部高出0.49%。造林后第2年,因田内泥沙淤积,反坡角度减小,田面水分分布规律为反坡上部土壤含水率大而下部小。各处理田面上部1m土层含水率平均为10.90%,中部为10.50%,下部为10.44%,上部土壤含水率分别较中部、下部增加0.40%、0.46%。

半干旱区影响树木生长的主导因子为土壤水分,株距固定,行距决定了每株树所占有的集流面积的大小,山杏树高及地径均受行距的间接制约。1989年造林后两年内测定结果表明(表2),田面宽相同,山杏当年生长量均与行距成正相关。比较山杏两年总生长量,6m行距山杏树高较2m、4m行距分别增加59.7%、23.7%,6m行距山杏地径较2m、4m行距分别增加70.3%、31.3%。

在土壤水分、养分及其它因子的综合影响下,造林后第一年与第2年,田面宽对山杏生长量的影响稍有不同。一般说来,田面愈宽,植树穴附近的熟土层愈厚,愈有利于树木生长,但造林第一年,径流大都聚集于反坡下部,田面愈宽,植树穴附近土壤水分愈少,对幼树生长产生不利影响。测定结果见表2,田面宽1.2m的树高及地径最大,分别较田面宽1.4m增加13.8%、2.5%,较田面宽1m增加22.2%、10.8%。第2年树高、地径均与田面宽成正相关。田面宽1.4m的树高、地径分别较田面宽1m、1.2m的增加76.4%、30.5%和138.2%、48.2%。比较两年总生长量亦为田面愈宽、生长量愈大。田面宽1.4m的树高、地径分别较田面宽1m、1.2m的增加47.1%、58.2%和13.5%、2.1%。

表 2 不同行距田面宽反坡梯田山杏树高地径比较

生长量	年限	行 距 (m)								
		2			4			6		
		田 面 宽 (m)								
		1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0
树 高 (m)	1989年	0.30	0.35	0.23	0.31	0.37	0.33	0.41	0.44	0.39
	1990年	0.55	0.31	0.41	0.78	0.57	0.43	0.93	0.85	0.44
	合计	0.85	0.66	0.64	1.09	0.94	0.76	1.34	1.29	0.83
地 径 (cm)	1989年	0.34	0.32	0.34	0.35	0.42	0.36	0.41	0.48	0.42
	1990年	0.45	0.26	0.21	0.65	0.43	0.27	0.90	0.66	0.36
	合计	0.79	0.58	0.55	1.00	0.85	0.63	1.31	1.14	0.78

1977年固原试区阳坡造山杏林,不同行距山杏树高、地径冠幅变化如图1所示。从图1可看出,山杏树高、地径、冠幅随着行距的增加而增加。综合评价3条曲线的变化趋势可看出,行距5~6m区间为其由急骤增长向缓慢增长的过渡区。因此,干旱阳坡造山杏经济林,成龄林株距2m时,行距应在5~6m间。

1988年志丹阴坡下部造小叶杨林,测定结果见表3。从表3可看出,小叶杨地上部生长量亦随行距的增加而增加。小叶杨新梢生长量,造林第一年4m行距分别较3m、2m行距增加15.0%、78.2%,第2年分别增加30.4%、39.2%,第3年分别增加16.6%、97.9%。小叶杨地径生长量,造林第2年,4m行距分别较3m、2m行距增加23.1%、43.8%,第3年分别增加31.8%、92.4%。综合评价三年新梢、地径总生长量,行距4m新梢、地径生长量较3m和2m分别增加28.7%、84.2%和36.3%、85.5%。

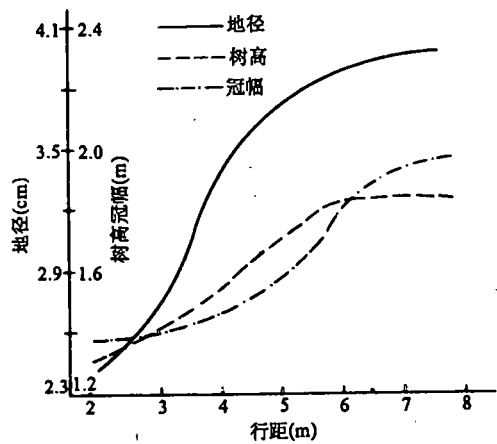


图 1 不同行距山杏树高地径冠幅变化

表 3 不同行距田面宽反坡梯田小叶杨地上地下部生长量比较

生长量	年限	行 距 (m)								
		田 面 宽 (m)								
		2			4			6		
		1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0
新 梢 (cm)	第1年	14.7	15.8	12.2	12.0	24.3	19.7	28.5	32.3	15.0
	第2年	19.6	18.3	17.9	23.3	21.1	15.0	28.8	25.2	23.5
	第3年	22.6	18.0	17.0	37.1	31.7	29.1	52.8	46.0	35.5
	合 计	56.9	52.1	47.1	82.4	77.1	63.8	110.1	103.5	73.8
地 径 (cm)	第2年	0.252	0.179	0.163	0.293	0.245	0.224	0.436	0.355	0.295
	第3年	0.298	0.236	0.177	0.414	0.344	0.281	0.576	0.441	0.352
	合 计	0.550	0.433	0.340	0.707	0.589	0.505	1.012	0.796	0.647
根鲜重(g)		6.50	2.96	2.24	12.10	10.08	5.08	18.14	14.08	9.50
根系数	第3年	12	15	11	15	13	12	24	22	15
根粗(cm)		0.40	0.18	0.16	0.41	0.42	0.35	0.57	0.42	0.36

从表3还可看出,小叶杨地下部三年总生物量随行距、田面宽变化的规律与地上部具同一性。行距4m与3m、2m比较,根重分别增加53.0%、256.6%,根系数分别增加52.5%、60.3%,根粗分

别增加 14.4%、82.4%。田面宽 1.4m 与 1.2m、1.0m 比较,根重分别增加 66.1%、118.4%,根系数分别增加 2%、34.2%,根粗分别增加 45.3%、58.6%。

1978 年志丹试区阴坡下部造小叶杨林,1990 年测定,行距对小叶杨树高、胸径生长量的影响如图 2 所示。从图 2 可看出,树高与胸径随行距变化的趋势相同,行距 2.5~3.5m 为急骤增长区,大于 3.5m 后,增长量又稍趋平缓,若以培育小叶杨小径材为目的,株距 2m 时,行距应以 3.5~4.0m 为宜。

(二)鱼鳞坑 鱼鳞坑整地是地形破碎处造林整地的重要方式。

1989 年志丹试区阳坡采用鱼鳞坑整地,行距、坑大小、穴面积、穴深四因素三水平正交试验结果表明(表 4),栽植当年,土壤含水率随行距增加而增加,随坑面积、植树穴面积及植树穴深度的增加而增加,但经方差分析(表 5),其均方比均小于 1.1,差异不显著。山杏株高生长方差分析结果表明,鱼鳞坑大小均方比为 8.37,接近于差异显著水平( $d=0.10$  水平,以下同)。其它各处理差异均不显著,均方比依植树穴面积、植树穴深、行距依次降低。山杏地径生长方差分析结果为,鱼鳞坑大小均方比为 14.46,植树穴面积大小均方比为 13.69,差异显著。植树穴深与行距大小差异不显著,均方比前者较后者大。

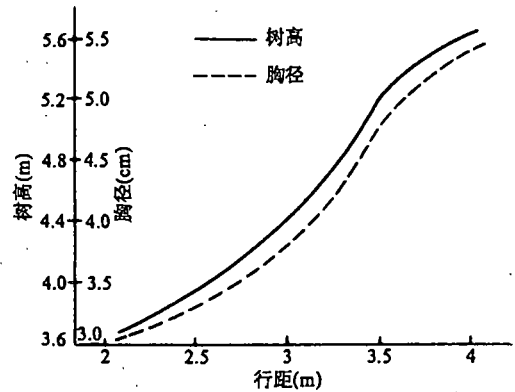


图 2 不同行距小叶杨树高胸径变化

表 4 鱼鳞坑整地造山杏林正交试验结果

行 距(m)	2.5			2			1.5		
坑长宽(m)	1.6 0.9	1.2 0.7	0.8 0.5	1.6 0.9	1.2 0.7	0.8 0.5	1.6 0.5	1.2 0.7	0.8 0.5
穴面积(m <sup>2</sup> )	0.3×0.3	0.4×0.4	0.5×0.5	0.4×0.4	0.5×0.5	0.3×0.3	0.5×0.5	0.3×0.3	0.4×0.4
穴 深(m)	0.3	0.45	0.6	0.6	0.3	0.45	0.45	0.6	0.3
树 高(m)	0.905	0.511	0.47	1.967	0.775	0.508	0.74	0.528	0.218
地 径(cm)	0.647	0.638	0.494	0.568	0.57	0.421	0.64	0.69	0.381
含水率(%)	11.32	10.32	10.1	10.85	9.67	9.23	10.09	9.58	8.51

表 5 鱼鳞坑整地造山杏林正交试验方差分析结果

项 目	株 高		含 水 率		地 径		F <sub>0.10</sub>
	均 方	均 方 比	均 方	均 方 比	均 方	均 方 比	
行 距	0.023 3	0.01	431.52	1.00	0.001 3	0.01	F <sub>0.10</sub> =9.0
鱼鳞坑大小	0.195 0	8.37	472.52	1.09	0.018 8	14.46	
植树穴面积	0.118 0	5.06	431.87	1.00	0.178 0	13.69	
植树穴深	0.026 0	1.12	431.35	0.01	0.061 0	4.69	

图 3 为不同行距山杏树高、地径变化曲线。从图 3 可看出,随行距的增加山杏树高、地径几乎成直线增长,至行距 4m 处,曲线趋于平缓。因而采用鱼鳞坑整地方式营造山杏林,为有利于幼树生长,整地规格应以坑长、宽为 1.6m×0.9m 为宜,行距应以 4m 为宜。

1987 年志丹试区半阳坡造刺槐林,1988 年冬遭兔害,1989 年春截杆。3 年观测结果表明(表 6),株距相同,树高、地径均与行距成正相关。行距相同,株距为 1.5m 的树高、地径均大于 1m 株距。株行距决定了每株树的集流面积,计算结果表明,生长第 3 年,鱼鳞坑内 1m 土层含水率、树高、地径与集流面积成直线相关。其回归方程如下

$$y = 5.9886x + 1.5699x \quad (R = 0.9247)$$

$$H = -0.3150 + 0.4522x \quad (R = 0.9747)$$

$$D = 0.2533 + 0.2626x \quad (R = 0.9712)$$

式中:Y——含水率(%); H——树高(m); D——地径(cm); x——集流面积(m<sup>2</sup>); R——相关系数。

从以上方程相关系数值可知,其线性回归关系均极显著。由此可见,在试验范围内,行距取 2.8m。株距取 1.5m 最大值,有利于刺槐幼树生长。

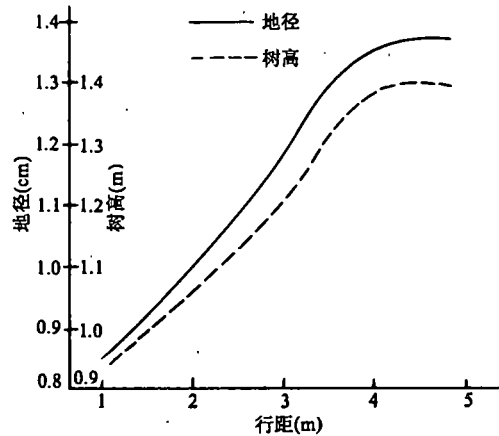


图 3 不同行距山杏树高地径变化

表 6. 鱼鳞坑整地不同株行距刺槐树高地径及 1m 土层含水量比较

项 目	年 限	株 距 (m)					
		1.5			1.0		
		行 距					
		2.8	2.3	1.8	2.8	2.3	1.8
树 高 (m)	第 1 年	0.69	0.70	0.59	0.43	0.36	0.45
	第 2 年	1.36	1.23	1.03	0.84	0.61	0.56
	第 3 年	1.67	1.16	0.97	0.82	0.74	0.55
地 径 (cm)	第 1 年	0.83	0.68	0.57	0.51	0.43	0.50
	第 2 年	1.35	1.31	1.21	0.92	0.72	0.72
	第 3 年	1.37	1.21	0.88	0.94	0.87	0.78
含水率(%)	第 3 年	12.5	11.8	9.34	10.94	9.29	9.18

表 7 鱼鳞坑整地不同行距刺槐树高胸径比较

行 距(m)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
树 高(m)	4.5	5.47	6.85	7.24	7.83	8.38	8.68	8.99	9.09
胸 径(cm)	4.01	5.03	6.18	6.92	7.57	8.46	9.18	9.64	9.76

1976 年志丹试区半阳坡造刺槐林,1990 年测定,不同行距树高、胸径比较见表 7。从表 7 可看出,刺槐树高、胸径与行距成正相关,其随行距变化的增减量可用如下方程拟合:

$$H = -4.2673 + 4.7465x - 1.3556x^2 + 0.1166x^5 \quad (1)$$

$$D = -3.2171 + 3.4472x - 0.8774x^2 + 0.0663x^3 \quad (2)$$

$$(R_1 = 0.7486 \quad R_2 = 0.8145)$$

式中: H——树高(m); D——胸径(cm); X——行距(m)

R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> ——(1)、(2)两式的复相关系数

为了推算 16 年生刺槐树高、胸径随行距变化的增量极值,确定以培育刺槐小径材为目的的适宜行距区间,根据求曲线极值原理,令式(1)、(2)的一阶导数  $H'$ 、 $D'$  为 0,求得函数在其定义域内的驻点为:

$$\text{式(1)} x_1 = 5.0792 \quad x_2 = 2.6715$$

$$\text{式(2)} x_1 = 5.8700 \quad x_2 = 2.9525$$

经极值判定知,式(1)中 2.6715 为极大值点,5.0792 为极小值点。式(2)中,2.9525 为极大值点,5.8700 为极小值点。因此,行距为 2.6715m 时,树高增量达极大值,行距为 5.0792 时,树高增量达极小值;行距为 2.9525 时,胸径增量达极大值,行距为 5.8700m 时胸径增量达极小值。据此可以推定,为培育刺槐小径材,行距的适宜区间应为大于 3m 而小于 6m。

(三)带子田 在固原试区,我们采用了带子田整地方式。这是一种沿水平方向,将造林地整成微带反坡的条带形状的整地方式,群众称之为“带子田”。因其简单易行,动土量小,省力省时而被当地群众所广泛采用。

1988 年造刺槐林结果表明(表 8),株距为 1m 时,造林当年及第 2 年,株高、地径均随行距而

表 8 带子田不同行距刺槐生长量及土壤储水量比较

坡向	株行距 (m)	1988 年				1989 年				各土层储水量(mm)		
		株高 (cm)	地径 (cm)	单株鲜重 (g/株)	亩鲜重 (kg/亩)	株高 (cm)	地径 (cm)	单株鲜重 (g/株)	亩鲜重 (kg/亩)	1~1m	0~2m	0~3m
半阳坡	3×1	60.13	0.84	92	20.4	114.0	1.33	139	30.9	120.0	223.2	329.0
	2×1	57.33	0.82	85	28.3	109.1	1.35	135	45.0	114.2	216.0	323.6
	1×1	54.73	0.79	85	56.7	90.7	1.13	113	75.3	114.0	219.6	329.6
阳坡	3×1	54.87	0.77	85	18.9	107.8	1.17	127	28.2	101.0	181.9	265.7
	2×1	53.73	0.75	81	27.0	90.4	1.00	112	37.3	99.7	176.4	257.0
	1×1	49.07	0.72	79	52.7	82.5	0.97	99	66.0	97.3	175.7	265.7

变化,其趋势为行距 3m 的大于 2m 的,2m 的大于 1m 的。同行距比较,半阳坡显著大于阳坡。单株地上部鲜重与单位面积地上部鲜重随行距变化,二者有着相反的趋势,即单株重随行距增加而增加,单位面积重随行距增加而减少。以 1989 年生物产量为例,半阳坡 3m 行距单株鲜重为 139g,较 2m、1m 行距分别提高 3.0%、23.0%,每亩鲜重为 30.9kg,较 2m、1m 行距分别减少 31.3%、59.0%。阳坡 3m 行距单株地上部鲜重为 127g,较 2m、1m 行距分别提高 13.4%、28.3%,每亩鲜重为 28.2kg,较 2m、1m 行距分别减少 24.4%、57.3%。1m 土层储水量随行距增加而增加,半阳坡各行距 1m 土层储水量均较阳坡为大。

1984 年阳坡造柠条林,不同行距柠条生长量测定结果见表 9。从表 9 看出,丛距为 0.5m,柠条

表 9 带子田不同行距柠条生物量比较

株行距 (m)	生 长 指 数					
	丛高 (cm)	地径 (cm)	冠幅 (cm)	分枝数 (枝)	丛鲜重 (g/株)	亩鲜重 (kg/亩)
3×0.5	94.9	11.8	102.7	23.2	926	411.6
2×0.5	84.1	11.0	92.2	21.1	775	516.7
1×0.5	67.9	9.9	72.5	20.7	455	606.7

丛高、地径、冠幅及分枝数均随行距增加而增加,丛均鲜重随行距增加而增加,亩产量随行距增加而

减少,规律性与刺槐相同。行距 3m,丛均鲜重为 926g,较 2m、1m 行距分别增加 19.5%、103.5%,每亩鲜重为 411.6kg,较 2m、1m 行距分别减少 20.3%、32.2%。

图 4 为柠条不同行距 5m 土层内土壤储水量累积曲线。由图 4 可以看出,浅层土壤(1~2m)储水量以 3m 行距最大,2m 行距次之,1m 行距最小。其后随深度增加,各行距土壤储水量间差异逐渐缩小 2.6m 深以下,2m 行距土壤储水量小于 1m 行距,3.4m 以下 3m 小于 2m,4.0m 以下 3m 小于 1m。表 9 中各数据均表明,行距小者较行距大者个体地上部发育较差,由植株地上与地下发育的一体性可知,其地下部发育亦差,因而对浅层土壤水分利用得多,而

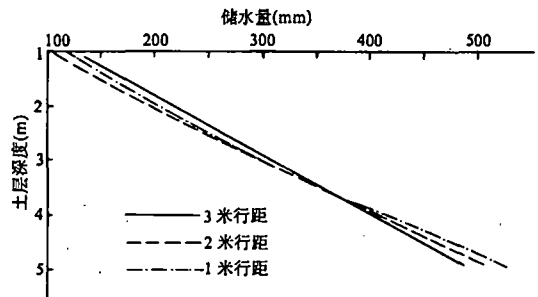


图 4 柠条不同行距 5m 土层储水量累积曲线

深层利用得少。行距大柠条个体发育好,根深叶茂,能充分利用深层土壤水分。由于该区降水量少,仅有浅层土壤水分易于得到补充恢复,行距大集水面积大径流量多,浅层土壤水分恢复得好,储水量则大,反之则储水量小。刺槐试验地各行距土壤水分状况亦与柠条地有相似趋势(表 8)。这表明,半干旱黄土丘陵区造薪炭林,初植刺槐、柠条林,采用 1m×1m、1m×0.5m 的较小的株行距,既能获得较多的生物产量,又能使土壤水分得到较为合理的利用。在林地郁闭前,适当进行疏伐,以促进树木个体发育,有利于充分利用深层土壤水分,增强其抗旱性,达到稳产丰产的目的。

(四)水平沟 水平沟整地截流效果好水分利用率高,但因其费力、费时、工程易受破坏而很少被试区群众采用。

1988 年固原试区造山桃林,不同行距试验结果见表 10。从表 10 可以看出,造林后两年内测定结果为,树高、地径、单株鲜重和各土层储水量均随株行距的增加而增加,每亩生物量随株行距的增加而减少。以株行距 0.5m×0.5m 与 2.0m×2.0m 比较,后者较前者株高增加 53.4%,地径增加 19.0%,单株重增加 57.3%,每亩重量减少 88.9%,1m、2m、3m 土层储水量分别增加 23.1%、25.0%、25.1%。因此,干旱阳坡初植山桃薪炭林,株行距应为 0.5m×0.5m,初植山桃经济林,株行距应为 2m×2m。

表 10 水平沟不同株行距山桃地上部生长量及土壤储水量比较

株行距 (m)	1988 年生长指标				1989 年生长指标				各土层储水量(mm)		
	树高 (cm)	地径 (cm)	单株鲜重 (g/株)	亩均鲜重 (kg/亩)	树高 (cm)	地径 (cm)	单株鲜重 (g/株)	亩均鲜重 (kg/亩)	1m	2m	3m
0.5×0.5	22.3	0.21	48.0	128.0	28.5	0.38	79.0	210.7	85.2	152.2	223.9
1.0×1.0	25.9	0.22	59.8	37.2	34.8	0.42	115.5	77.0	88.8	156.2	229.3
1.5×1.5	31.8	0.23	70.5	20.9	36.3	0.41	125.5	37.2	49.5	172.3	249.5
2.0×2.0	34.2	0.25	75.5	12.6	40.2	0.41	141.0	23.5	104.9	190.3	280.1
对 照	19.9	0.18	44.0	—	23.2	0.24	67.5	—	96.6	187.7	264.2

1987 年志丹试区西坡造刺槐林,1990 年测定结果见表 11。从表 11 可以看出,两种地类刺槐生长量均与行距成正相关,行距愈大,刺槐地上部生长量愈大。农地 3m 行距较刺槐 2.5、2.0、1.5m 行距树高分别增加 10.6%、17.1%、37.6%,地径分别增加 3.7%、15.4%、49.1%。荒地 3m 行距较刺槐 2.5、2.0、1.5m 行距树高分别增加 22.9%、60.0%、88.2%,地径分别增加 19.6%、37.2%、95.5%。比较两种地类刺槐生长量随行距增加所增加的百分数,可看出荒地显著高于农地。因此,采



用 2m 株距,农地造刺槐林,初植行距应稍小,以 2.0~2.5m 为宜,荒地则应偏大,以 3.0m 为宜。

表 11 水平沟不同行距不同地类刺槐生长量比较

生长量	地 类	株 行 距 (m)			
		3×2	2.5×2	2×2	1.5×2
树 高 (m)	农 地	4.17	3.77	3.56	3.03
	荒 地	1.29	1.05	0.96	0.66
地 径 (cm)	农 地	4.16	4.01	3.59	2.79
	荒 地	1.28	1.07	0.80	0.68

#### 四、结 论

本试验是在过去造林整地方法和立地条件类型研究的基础上,以半干旱黄土丘陵区主要造林树种山杏、山桃、刺槐、柠条和小叶杨为对象,探明了 4 种较常用的整地方法中,在不同整地规格下,植树穴附近土壤水分的变化规律及其与幼龄、成龄林生长发育的关系,从而得出各树种在适生立地条件下,采用不同整地方法所适用的株行距与整地规格,其对抗旱造林生产实践有着指导意义。

1. 反坡梯田整地,植树穴附近土壤含水量随行距增加而增加,树木生长量与土壤含水量成正相关。造林第一年,田面宽 1.2m 有利于幼树生长,第 2 年以后以田面宽 1.4m 为佳。采用反坡梯田整地,干旱阳坡造山杏经济林,株距 2.0m 时,成龄林行距应在 5~6m 间。阴坡下部造小叶杨林,若以培育小径材为目的,株距 2.5m 时,行距应以 3.5~4.0m 为宜。

2. 鱼鳞坑整地,修大坑(长宽为 1.6m×0.9m)和大穴(穴面积 0.5m×0.5m)能促进山杏幼树的生长,株距 2.0m 时,行距以 4.0m 为佳。半阳坡造刺槐小径用材林,在株距 1.0~1.5m 和行距 1.8~2.8m 区间内,土壤含水量及幼树生长随集流面积增加呈直线上升趋势,因此,初植密度以株行距 2.8m×1.5m 为宜,成龄林在株距 2.5m 时,行距的适宜区间为大于 3.0m 而小于 5.0m。

3. 带子田整地营造刺槐薪炭林,幼令单株重(鲜)随行距增加而增加,单位面积重随行距增加而减少,半阳坡和阳坡具相同规律,因此,为获得较多的薪柴,刺槐初植密度应稍大,株距 1.0m 时,可采用 1.0m 或 2.0m 行距。6 年生柠条林浅层土壤储水量随行距增加而增加,其后随深度增加差异逐渐缩小,至 4.0m 以下成负相关,因此,营造柠条薪炭林,初植采用株行距 1.0m×0.5m 的较大密度,以使浅层土壤水分得到充分利用,获得较高的生物量,在柠条郁闭前应适时疏伐,以促进其个体发育,使得深层土壤水分得到充分利用,增强其抗旱性,达到稳产高产的目的。

4. 水平沟整地营造山桃薪炭林,密植有利于提高单位面积的产柴量,初植密度以 0.5m×0.5m 株行距宜。营造山桃经济林则应以 2.0m×2.0m 的株行距为宜。营造刺槐用材林,农地和荒地刺槐幼树生长均与行距成正相关,荒地刺槐的生长量随行距增加所增加的百分数显著高于农地。因此,农地种植密度应稍加大,株距 2.0m 时,行距以 2.0~2.5m 为宜,荒地则以 3.0m 为宜。