

黄土高原人工整地与抗旱造林技术研究进展*

韩蕊莲¹, 景维杰¹, 侯庆春¹, 樊鸿章², 齐文华³

(1 中国科学院、水利部 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨陵 712100; 2 杨凌职业技术学院农学系, 陕西杨陵 712100; 3 吴旗县水利局, 陕西吴旗 717500)

摘要: 系统地讨论了黄土高原人工造林的一些技术措施: 要提高造林成活率, 必须有效控制地上苗体散失水分, 通过整地和吸水剂使用提高根际土壤含水量, 以保证苗木水分平衡而提高造林成活率的系列造林技术。

关键词: 黄土高原; 造林成活率; 抗旱造林

中图分类号: Q945.17; S157.2 文献标识码: A

Research advance of artificial preparation and drought-resistant afforestation on Loess Plateau

HAN Rui-lian¹, JING Wei-jie¹, HOU Qing-chun¹, FAN Hong-zhang², QI Wen-hua³

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Vocation and Technology Collage of Yangling, Shaanxi, Yangling 712100, China; 3 Bureau of Water Resources, Wuqi County, Wuqi, Shaanxi 717500, China)

Abstract: It was reviewed that the technology of nursery-stock survival rate on Loess Plateau in the paper. Survival rate of artificial afforestation was able to increased by protecting water from drought condition include soil water deficit, atmosphere low humidity and strong wind. Soil water content was increased and shoot loss water decreased by soil preparation and suitable afforestation technology, which will be the basis of the increase of afforestation survival rate on Loess Plateau.

Key words: Loess Plateau; afforestation survival rate; drought

黄土高原位于我国由湿润、半湿润气候向半干旱、干旱气候过渡的中间地带, 其热量、光照条件可满足我国北方主要树种的需要, 而主要限制因素是严重水土流失下的水分和肥力不足。黄土高原地区全年降水 300~700 mm, 多集中于 7~9 月。由于多暴雨和地面陡峭, 造成严重的水土流失, 这些地表径流直接汇集到河流中去, 使降水流失部分所占比例较大, 加剧了干旱。因此合理整地, 利用降水进行人工造林是一个重要课题^[1]。结合各种坡面工程措施, 使径流集中并强化入渗, 增加局部土壤水分, 提高土壤含水量以满足造林后苗木需求, 在干旱土层形成

局部湿润的小环境, 以提高人工造林成活率。

本文主要依据我们多年的研究工作着重讨论了黄土高原干旱多风环境下人工造林整地技术和造林措施, 试图对其进行系统分析, 建立起提高抗旱造林成活率的技术体系。

1 整地方式及集水效果

黄土高原地区利用径流集水造林是一项在缺水条件下进行的特殊的造林活动, 因此, 对造林方法的研究也就自然成为集水造林研究的重要内容之一。为了保证径流所集水分能均匀长久地供给每一株苗

* 收稿日期: 2003-02-25; 修改稿收到日期: 2003-05-05

基金项目: 中国科学院西部之光(2001); 中国科学院知识创新项目资助(KZCX1-06-03)

作者简介: 韩蕊莲(1962-), 女(汉族), 副研究员, 主要从事黄土高原人工林建设的理论与技术研究。

木,在造林实践中,根据地形条件整治成不同大小和形状的微型集水区,以拦截和渗蓄降雨径流,例如:反坡梯田、水平沟、隔坡水平梯田、带子田、鱼鳞坑、水窖等不同整地形式。

1.1 反坡梯田

反坡梯田是抗旱造林中的一种常用的主要整地方式,具有拦蓄径流量大,表土利用率高和不易崩溃等特点。采用反坡梯田整地,田面愈宽,拦截地表径流能力愈强。但田面狭窄影响到径流在田间的分配。我们在杏子河流域的研究表明^[5],采用反坡梯田整地,造林两年内,不同田面宽度处理土壤水分测定结果:随田面宽距加大,1 m 土层含水率递增。造林第

一年 11 月初,6 m 行距土壤含水率为 10.08%,较 2 m、4 m 行距分别增加 1.30% 和 0.38% (含水率的绝对增加值)。第 2 年同期,6 m 行距土壤含水率为 11.45%,较 2 m、4 m 行距分别增加 1.62% 和 0.90%。当株距固定时,行距决定了每棵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 1)^[6],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,6 m 行距山杏树高较 2 m、4 m 行距分别增加 59.7% 和 23.7%,6 m 行距山杏地径较 2 m、4 m 行距分别增加 70.3% 和 31.3%。

表 1 不同行距田面宽的反坡梯田山杏树高地径比较

Table 1 Comparison of height and diameter of apricot on different row spacing and width

生长量 Growth amount	年限 Year	行距 Row spacing (m)								
		2			4			6		
		田面宽 Width (m)								
		1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0	1.4	1.2	1.0
树高 Tree height (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 Total	0.85	0.66	0.64	1.09	0.94	0.76	1.34	1.29	0.83
地径 Diameter (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 Total	0.79	0.58	0.55	1.00	0.85	0.63	1.31	1.14	0.78

上述结果表明,反坡梯田整地带间距和利用面宽度对造林地土壤水分和林木生长有明显影响,因此,必须在人工造林时恰当选择整地方式,才能提高造林效果。

1.2 水平沟

根据固原试区营造的山桃林^[6],多年资料分析表明(表 2),造林后两年内测定结果为,树高、地径、单株鲜重和各土壤储水量均随株行距的增加而增

加,单位面积生物量随株行距的增加而减少。以株行距 0.5 m × 0.5 m 与 2.0 m × 2.0 m 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%,单位面积生物量减少 88.9%,1 m、2 m 和 3 m 土层储水量分别增加 23.1%、25.0% 和 25.1%。因此,干旱阳坡初植山桃薪炭林,株行距可为 0.5 m × 0.5 m,初植山桃经济林,株行距可为 2 m × 2 m。

表 2 水平沟不同株行距山桃地上部生长量及土壤储水量比较

Table 2 Comparison of amount of aboveground growth and soil water reserves on different row spacing of peach in level gully

株行距 Row and plant spacing (m)	1988 年生长指标 Growth indexes in 1988				1989 年生长指标 Growth indexes in 1989				各土层储水量 Water reserves in different soil layers(m m)		
	树高 Tree height (m)	地径 Diameter (cm)	单株鲜重 Average fresh weight per plant (g/plant)	亩均鲜重 Average fresh weight per mu (kg/mu)	树高 Tree height (m)	地径 Diameter (cm)	单株鲜重 Average fresh weight per plant (g/plant)	亩均鲜重 Average fresh weight per mu (kg/mu)	1 m	2 m	3 m
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 CK	19.9	0.18	44.0	-	23.2	0.24	67.5	-	96.6	187.7	264.2

1.3 鱼鳞坑

鱼鳞坑整地是在地形破碎条件下造林整地的重要方式。根据我们在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 3),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. 山杏的株高、地径随行距增加而增加, 穴深与行距差异不显著. 以上各处理影响最显著的是坑

大小, 穴面积、穴深次之, 行距影响最小.

表 3 鱼鳞坑整地营造山杏林试验结果

Table 3 Experimental results of the soil preparation forestation on apricot in fish-scale-like pits

行距 Row spacing(m)	2.5				2				1.5												
	坑长宽 The length and width of pit(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 The area of cave(m)	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		
穴深 The depth of cave(m)	0.3			0.45			0.6			0.6			0.3			0.45			0.45		
树高 Tree height(m)	0.905			0.511			0.47			1.967			0.775			0.508			0.74		
地径 Diameter(m)	0.647			0.638			0.494			0.568			0.57			0.421			0.64		
土壤含水率 Soil moisture(%)	11.32			10.32			10.1			10.85			9.67			9.23			10.09		
	9.58			8.51																	

1.4 带子田

根据营造刺槐林观测结果表明^[6], 株距为 1 m 时, 造林当年及第 2 年, 株高、地径均随行距而变化, 其趋势为行距 3 m 的大于 2 m 的, 2 m 的大于 1 m 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的地上鲜重随行距变化, 二者有相反的趋势, 即单株重随行距增加而增加, 单位面积鲜重随行距增加而减小. 以 1989 年生物产量为例, 半阳坡 3 m 行距单株鲜重为 139 g, 较 2 m、1 m 行距分别提高 3.0% 和 23.0%, 每亩鲜重为 30.9 kg, 较 2 m、1 m 行距分别减少 31.3% 和 59.0%. 阳坡 3 m 行距单株地上部鲜重为 127 g, 较 2 m、1 m 行距分别提高 13.4% 和 28.3%, 每亩鲜重为 28.2 kg, 较 2 m、1 m 行距分别减少 24.4% 和 57.3%. 1 m 土层储水量随行距增加而增加, 半阳坡各行距 1 m 土层储水量均较阳坡为大.

1.5 隔坡梯田

主要修建在 20° 左右或 20° 以上的坡耕地上. 一般将坡耕地坡长的 1/3 或 1/2 坡面修成水平梯田,

并需回填表土, 促进土壤熟化. 在隔坡带根据利用情况修 3~5 个水平阶, 栽植乔木林, 集流坡一般长 1.5~3.0 m. 这种隔坡水平梯田主要用作栽植经济林和速生优质用材林. 隔坡带适宜栽植刺槐、油松、侧柏等乔木.

1.6 V 型集水坑集流整地

V 型集水坑集流整地能够使 V 型区域内形成径流的地表水分汇集于植树穴中, 从而增加土壤含水量. 据赵克昌等^[7]在兰州北山地营造侧柏林研究表明, 树穴 1 m 深内土壤含水率高达 15.89%, 而水平台整地仅为 7.7%, 经测定 10 m² 集流区 1 m 深内土壤含水量年平均值为 7.87%, 20 m² 为 10.32%, 而水平台整地为 6.2%.

由表 4 可以看出, V 型集水坑营造侧柏成活率比对照高 53.9%, 保存率提高 62%, 苗高和地径 1988 年比对照高 5 cm 和 0.05 cm. 1989 年比对照分别高 10.7 cm 和 0.35 cm, 说明 V 型整地有利于提高造林成活率及保存率. 也有利于幼林苗木的生长, 可缩短成林过程.

表 4 V 型集水坑侧柏造林效果

Table 4 Forestation effect of *Platycladus orientalis* through V-typed water conservancy pits

处理 Treatment	成活率 Survival rate(%)	保存率 Preserved rate(%)	苗高 Seedling height(cm)		地径 Diameter(cm)	
			1988 年	1989 年	1988 年	1989 年
V 型坑 V-typed pits	87.9	76.7	52.9	60.4	0.65	0.97
对照 CK	34.0	14.7	47.9	49.7	0.60	0.62

为了防止水土流失蓄水保墒, 提高造林成活率, 在黄土高原地区径流集水造林过程中创造了多种整地方式. 在不同地区使用均取得了良好的效果, 但由于黄土高原地区地形、地貌复杂, 必须因地制宜, 制订好规划可以在峁、梁、不同坡向、不同坡度上合理应用整地措施, 也可以多种措施相互结合使用, 互补长短, 达到有效拦截径流, 提高土壤含水量, 从而实

现提高造林成活率和加速成林的目的.

2 造林措施

由于降雨少、土壤干旱、空气湿度低而多风以及冬春连旱所构成的缺水环境, 使黄土高原造林十分困难, 因此该地区在长期造林过程中形成了许多特有的造林措施, 其核心是保证造林地有较高的含水量和保证造林后苗木本身的水分平衡, 为此我们对

不同造林技术进行了分析,以便在造林实践中合理利用.

2.1 覆盖造林

通常覆盖造林采用的覆盖物有地膜、秸草等.据邹厚远等^[5]1987年在固原试区采取覆盖造林,其试验取得了良好的结果(表5).在同一年份和相同立地条件下,比较各个树种春季造林成活率,覆膜者均高于不覆膜的对照.臭椿覆膜比对照提高成活率4.4%~11.6%,刺槐提高2.2%~4.3%,胡枝子提高19.3%~20.5%,山桃提高13.7%,油松提高35.7%.

表5 覆盖对造林成活率的影响(%)

Table 5 Effect of covering on the survival rate of forestation(%)

处理 Treatment	覆膜 Membrane covered	对照 CK	年份 Year
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	96.2	85	1987
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	96.4	92	1987
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	91.2	87.2	1987
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	90	88	1987
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	94	90	1988
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	78	62	1987
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	88	71	1988
山桃 <i>Prunus davidiana</i>	88	76	1988
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	57.1	36.7	1989

注:油松试验地设在阴坡下部.

Note: The chinese pine experiment was conducted on the lower part of the back side of gully.

表6 覆盖对造林成活率的影响(%)

Table 6 Effect of covering on the survival rate of forestation(%)

处理 Treatment	覆膜 Membrane covered	覆草 Herbage covered	对照 CK
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	80	64.3	62.9
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	67.1	51.4	48.6
山桃 <i>Prunus davidiana</i>	84	70	53.3
山杏 <i>Prunus armeniaca var. ansu</i>	92	78	60

1989年在固原试区明川北山覆盖造林同样取得良好效果(表6)^[6].在阳坡春季造林覆膜,榆树成活率提高21.4%,侧柏提高27.6%,山桃提高36.5%,山杏提高34.8%.覆草也能有效提高苗木

成活率,榆树提高2.2%,侧柏提高5.4%,山桃提高23.9%,山杏提高23.1%.

覆盖对促进造林当年苗木生长能收到明显效果,覆膜比覆草效果更好.结果表明,郭家湾春季造林后,臭椿新梢生长覆膜比对照增长24.0%~30.5%,刺槐、胡枝子、山桃单株生长量分别增长12.2%~20.5%、23.9%~30.6%和26.2%.河川北山春季造林后,山桃单株生物量覆膜比对照增长39.7%,覆草增长23.0%,山杏单株生物量分别增长44.7%和35.6%.

覆盖地膜能提高土壤含水量及地温、改善苗木周围的小环境.覆盖地膜能有效保持土壤水分,测定5cm、15cm和25cm深度土壤含水率分别比对照区同一深度高2.62%、1.71%和1.09%,覆有地膜的土壤温度平均值高于对照,有利于苗木萌动和生长^[9].

2.2 截秆与埋苗

冬春季造林后,苗木生理活动尚未开始,根部从土壤中吸收水分能力较差,而苗木本身因风和空气干燥引起蒸腾加剧,使苗木体内水分过度散失,再加之大气干旱和土壤干旱双重作用,气温回升快,往往造成苗木生理干旱,苗木自身含水量下降导致苗木大量失水而死亡.为了提高造林成活率,造林后将苗木埋入土中或截秆可减少苗木体内水分的蒸腾损失.待到四月下旬温度回升后,将苗木从土中刨出,此时苗木生理活动刚开始,根系与土壤接触已紧密,吸收土壤水分能力增强,保持了苗木水分平衡.据我们在神府煤矿造林研究发现,埋苗后苗木含水量及土壤含水量均有明显提高,土壤含水量从对照的4.87%提高到11.93%提高了140.9%,苗木含水量由73.68%提高到120.83%,提高了63.91%^[4].我们在吴旗沙棘造林采用截秆措施,成活率由对照的42%提高到96%,并能有效防止兔、鼠在冬春季的危害.实验室模拟实验证明,在干旱和多风条件下,截秆和埋苗能有效保证苗木体内水分平衡从而提高成活率^[2].这一技术要针对不同树种再萌芽能力和用途进行,用材林不宜截秆需保证顶端优势,常绿树木埋苗不宜过久,在温度回升后及时刨出防止叶绿素分解而黄化,影响苗木成活与生长.

3 吸水剂沾根

吸水剂沾根造林是利用某些具较强吸水能力的化学制剂处理苗木后再栽植的一项造林技术.经过吸水剂处理的苗木,可以减少在栽植前短时间内苗

木自身体内水分的耗损,也能保证在栽植后相当长时间内获得较充分的根际水分供应,防止苗木自身水分过度散失。根据邹厚远等^[5]1987年固原试区明川北山吸水剂造林试验表明,经过吸水剂处理的造林成活率均高于对照,榆树、侧柏、臭椿、胡枝子、沙棘以1.5%处理最高,分别比对照高216%、17.9%、32.7%、22.7%和23.5%;山桃、山杏、刺槐以1.0%处理最高,分别比对照提高22.1%、32.7%和22.7%。根据伊敏、丁海燕等^[8]在大青山南麓的浅山区用吸水剂处理油松苗木造林,在吸水剂3种处理方法10种配方布设的30个试验小区中,有18个小区高于对照区的成活率,有效率为67%,有12个小区(拌土)低于对照区的成活率,占33%;3种处理方法提高成活率的顺序为蘸浆处理>浸根处理>拌土处理,蘸浆处理提高成活率32.3%~38.5%,效果最好;浸根处理提高幅度29.4%~34.5%,效果次之;拌土处理降低1.2%~4.5%,起到相反的作用。当用适宜浓度吸水剂之后,根系周围土壤含水量大约提高2%~3%,有利于苗木生长发育。试验表明:使用吸水剂后当年苗木新枝生长量比对照提高了61.6%~70.5%,地径提高50%~100%,主根伸长

比对照高出8~11 cm,侧根数增加4~7条。

除吸水剂蘸根外,造林过程中应用稀土、磷酸二氢钾、草木灰、柠檬酸、硝酸铵、生根粉等化学物质处理根系以及叶面喷施均能提高油松造林成活率^[5,9]。菌根应用对增加根系吸水有显著效果^[10],对造林苗木是否有效尚未见报道。

4 结 语

黄土高原人工造林成活率低的原因是由于土壤干旱多风的外部缺水环境条件下,栽植后苗木根系损伤,吸水减少,地上枝条失水增加造成苗木自身含水量下降,改变了内源激素平衡从而抑制萌芽所引起的。因此提高成活率的关键是保证苗木水分平衡和调控内源激素^[11]。在生产实际中,整地集流提高苗木根际土壤水分是有效的措施,可以在实际中根据树木生物学特性、坡度、地形等因素选择适当的整地措施,结合适宜的造林技术大幅度提高造林成活率是可能的。黄土高原人工林建设在西部生态环境建设中占有重要位置^[12],在“退耕还林还草”的方针指导下,通过科技工作者与当地政府的共同努力,黄土高原人工林建设将会有大的发展。

参考文献:

- [1] WU Q X(吴钦孝), YANG W Z(杨文治). Forest and grassland and vegetation construction and its sustainable development in Loess Plateau[M]. Beijing: The Science Press(科学出版社), 1998: 54.
- [2] LI L X(李丽霞), LIANG Z S(梁宗锁), HAN R L(韩蕊莲). Effect of seabuckthorn seedling survival rate and water situation under soil water content and wind speed[J]. *H ipophae*(沙棘), 1999, 12(4): 18- 21(in Chinese).
- [3] LI L X(李丽霞), LIANG Z S(梁宗锁), WANG J F(王俊峰), HAN R L(韩蕊莲). Changes of endogenous hormone of seabuckthorn in dormancy stage and sprout period under soil water stress and exogenous GA₃ regulation[J]. *Journal of Northwest Forestry University*(西北林学院学报), 2001, 2: - (in Chinese).
- [4] HAN R L(韩蕊莲), HOU Q CH(侯庆春). Drought-resistance technology of afforestation and grass in coal mine region[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*(水土保持通讯), 1999, 19(6): 49- 53(in Chinese).
- [5] ZOU H Y(邹厚远), GUAN X Q(关秀琦), HAN R L(韩蕊莲). Research of forestational technology in Loess Plateau[J]. *Research of Soil and Water Conservation*(水土保持研究), 1994, 1(3): 48- 55(in Chinese).
- [6] LU Z Y(鲁子瑜), GUAN X Q(关秀琦), ZOU H Y(邹厚远). 黄土丘陵区集流整地造林技术研究[A]. Memoir of northwestern institute of soil and water conservation, academia sinica and ministry of water conservancy(中国科学院水土保持研究所集刊)[C]. 1993, 13(2): 9- 17(in Chinese).
- [7] WANG K Q(王克勤). Studies on the growth of forests with different density in the system of afforestation by water-harvesting[J]. *Sci Silvae Sin.*(林业科学), 2002, 38(2): 55- 60(in Chinese).
- [8] YI M(伊敏), DING Y H(丁雁海), ZHENG M J(郑明军), CUI Q M(崔庆萌). Forestational technical experiments of the drought south slope in Daqing mountain[J]. *Research of Soil and Water Conservation*(水土保持研究), 1998, 5(3): 34- 39(in Chinese).
- [9] KOU J L(寇纪烈), et al. Study on the growth law of locust in Weibei Loess Plateau[J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*(陕西林业科技), 1980, 5: 45- 53(in Chinese).
- [10] ZHAO ZH(赵忠), WANG ZH H(王真辉), LIU X P(刘西平). The influence of soil moisture on the growth and the nutrition physiology of *Populus tomentosa* cuttings inoculated with mycorrhizal fungi[J]. *Journal of Northwest Forestry University*(西北林学院学报), 2000, 15(2): 1- 6(in Chinese).
- [11] WANG J F(王俊峰), SHI M(史敏), LIANG ZS(梁宗锁). On water balance to bring soil and water erion in control by biological measure[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*(西北植物学报), 2000, 21(6): 12- 18(in Chinese).