

黄土丘陵半干旱区漏斗式集流造林试验初报

宋 强¹, 陈胜远², 双福², 陈卫东², 金小平², 窦建德², 陶永鑫³, 马尚清⁴

(1 固原县人民政府, 宁夏 固原 756000; 2 固原县林业局, 宁夏 固原 756000; 3 黄铎乡林业站; 4 七营镇林业站)

摘 要: 漏斗式集流造林技术是黄土丘陵半干旱区旱作林业的一个创新。主要表现为造林成活率高、树木生长量大、土壤水分利用率高。有效地解决了长期困扰半干旱地区林业生态建设的抗旱与集水、成活与生长的核心问题。在黄土高原同类地区具有较强的推广应用价值。

关键词: 黄土丘陵; 漏斗式集流造林; 组装建成

中图分类号: S728.2; S273.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002) 04-0155-04

Experiment on Funnel-shaped Catchment Afforestation
in Semiarid Loess Hilly Area

SONG Qiang¹, CHEN Sheng-yuan², DING Han-fu², CHEN Wei-dong²,
JIN Xiao-ping², DOU Jian-de², TAO Yong-xin³, MA Shang-qing⁴

(1 The People's Government of Guyuan County, Guyuan 756000, Ningxia, China; 2 Forestry Bureau of Guyuan County, Guyuan 756000, Ningxi, China; 3 Forestry Station of Huangduo Township; 4 Forestry Station of Qiyong Township)

Abstract: The funnel-shaped catchment afforestation is a new forestry technique in semiarid loess hilly area. It has some advantages, such as high surviving rate, fast growth of trees, and high water using ratio. This successfully solved the key problem of anti-drought and water collection, and survive and growth that had been perplexing the ecological construction of forestry in semiarid areas over a long period of time. It should be popularized in the same kind of areas of Loess Plateau.

Key words: loess hill; funnel-shaped catchment afforestation; composition and integration

在黄土丘陵半干旱区造林, 整地是旱作林业和径流林业的基础。近几年来, 随着干旱和水土流失的加剧与并存, 传统的整地造林方法已暴露出不能全面截断径流, 有效控制水土流失和水分利用率不高的弱点, 给整治国土、改善生态环境提出了新的课题。为此, 我们于 2000 年开始在广泛调研和总结传统造林技术的基础上, 探索创新出了漏斗式集流整地造林技术新模式。本文初步分析了该模式的综合效应。旨为本县和同类地区林业生态建设提供依据。

1 自然概况

试验区设在固原县七营镇高崖退耕区和黄铎堡乡须弥山退耕区。该区为干旱温和区, 地貌为梁状黄土丘陵, 海拔 1 500 ~ 1 700 m; 植被为典型草原; 年平均降水量 340 ~ 380 mm, 历史日最大降水量 98.1 mm, 年径流深度 15 ~ 20 mm, 侵蚀模数 4 000 ~ 5 000 t/km², 年干燥度 2.0 ~ 2.3, 干旱频率 70% ~ 80%; 年平均气温 7.0 ~ 7.5℃, 10℃ 积温 2 500

~ 2 800℃, 无霜期 150 ~ 160 d。该区土壤为侵蚀黑垆土, 0 ~ 20 cm 土层有机质含量为 0.93%, 全氮 0.052%, 全磷 0.13%, 全钾 2.18%, 随土层深度的下降而逐渐减少。

该区是一个多灾地区, 主要自然灾害有干旱、冰雹、霜冻、大风和水土流失, 尤其是近 2 年来沙尘天气频繁, 每年达 12 次, 风力平均在 6 级以上。

该区受全球气候变化的影响, 近几年干旱加剧, 降水减少。试验期间年降水量 200 mm 左右, 比多年平均降水量减少 150 ~ 180 mm。造林时 0 ~ 50 cm 土层含水量仅 4% ~ 7%, 接近或低于凋萎系数。

2 试验材料与方法

2.1 供试品种

山杏 (*Prunus armeniaca*)、山桃 (*Prunus davidiana*) 意大利 1 号接杏 (*Bilispehouph*)。规格: 山杏和山桃为 1 年生实生苗, 地径 0.7 cm, 意杏为 (1+1) 嫁接苗, 苗高 80 cm, 地径

* 收稿日期: 2002-07-25 本文由丁汉福执笔, 中科院、水利部水保所研究员程积民审稿。

作者简介: 宋强, 男, (1960-), 宁夏固原人, 高级工程师, 固原县原州区副区长, 从事林业建设。

0.9 cm, 苗木健壮, 根系完整。

2.2 整地方式

采用 4 种整地方式和 1 个对照, 即: 漏斗式集流整地(也称漏斗式集水坑)、水平沟、水平畦、鱼鳞坑和平地(不整地也不造林)。水平沟、水平畦和鱼鳞坑为传统整地方式, 其规格就不予介绍。漏斗式集水坑为创新模式, 主要是死土培埂, 活土还原, 人工制造微型集水面。其规格有 3 种, 即 3 m × 3 m、3.5 m × 3.5 m、4 m × 4 m。现以 3.5 m × 3.5 m 为例, 规格见图 1。

表 1 2000 ~ 2001 年试区植物生长期月降水量 mm									
地点	年份	5	6	7	8	9	10	11	合计
七营	2000	3.5	59.1	57.4	37.7	3.6	43.4	0.0	204.7
	2001	0.0	1.2	63.1	57.8	66.2	0.0	1.9	190.2
黄铎堡	2000	1.1	55.8	24.1	71.0	3.6	37.8	0.0	193.4
	2001	7.7	19.3	36.2	90.8	83.6	12.2	0.0	249.8

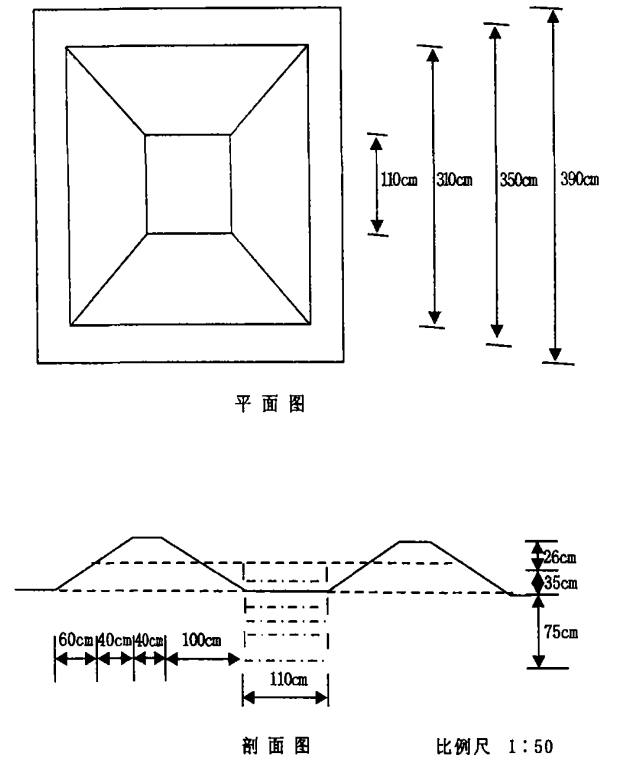


图 1 漏斗式集水坑整地示意图(3 m × 3 m)

2.3 造林方法

2001 年 4 月上旬造林。树种布局: 意杏与山桃、山杏与山桃 1 1 株间混交, 并呈“品”字分布。山杏和山桃为截干造林, 意杏定植高度 40 cm。

2.4 抗旱造林技术的组装集成

将生根粉浸根、浇水、覆膜、塑筒套干逐级组装集成, 由于山桃、山杏为截干造林, 只集成了前 3 项技术。为了准确分析耗水量, 对浇水量进行了控制, 每株 10 kg 作为“吊命水”, 相当于 2.2 mm 的径流量。

2.5 参数观测

试验期间观测 0 ~ 250 cm 深土壤含水量、造林成活率、

树木生长量和地上干物质积累量。树木耗水量(蒸发和蒸腾量)按水量平衡法计算, 即:



图 2 漏斗式集水坑整地实观一角

$$ET = (W_H + R + M + e) - (W_k + f + n)$$

式中: ET ——耗水量; W_H ——造林时土层贮水量; R ——生长期降水量; M ——人工补水量; e ——从土层下层渗至 2.5 m 土层水量; W_k ——树木停止生长时的土层贮水量; f ——渗透至 2.5 m 以下水量; n ——径流量。考虑到本区地下水位深, 降水量少和采取全面集流整地(鱼鳞坑扣除 n)等实际情况, 耗水量可简化为:

$$ET = W_H + R + m - W_k$$

3 试验结果分析

3.1 漏斗式集流造林调控效应

3.1.1 造林成活效应

试验结果(表 2)表明, 不同整地调控造林成活率有很大差异。漏斗式集水坑最佳, 平均为 92.1%, 比水平沟、水平畦、鱼鳞坑分别高 19.9%、6.4% 和 38.6%。根据对大田山桃、山杏的调查结果表明, 漏斗式集水坑平均成活率为 89.6%, 比水平畦、水平沟、鱼鳞坑分别高 9.1%、14.6% 和 29.6%。在连续干旱长达 240 d 左右, 年降水量减少 150 ~ 180 mm 的情况下创下了历史上的奇迹, 各树种之间的成活率无显著差异。

表 2 不同整地调控造林成活率比较 %

树种	漏斗式集水坑	水平沟	水平畦	鱼鳞坑	平均
意杏	97.0	73.0	90.0	57.5	79.4
山杏	89.7	70.0	84.0	55.5	74.8
山桃	89.5	73.5	83.0	47.0	73.5
平均	92.1	72.2	85.7	53.5	75.9

3.1.2 树木生长效应 从树木生长情况(见表 3)看, 漏斗式集水坑整地 3 个树种平均高生长为 111.4 cm, 分别是水平沟、水平畦、鱼鳞坑的 2.21, 1.98, 3.21 倍。平均地径为 19.2 mm, 分别是水平沟、水平畦、鱼鳞坑的 1.73, 1.66, 2.63 倍, 其差异均达到显著水平。

表 3 不同整地调控树木生长量比较								
	漏斗式集水坑		水平沟		水平畦		鱼鳞坑	
	高/cm	地径/cm	高/m	地径/cm	高/m	地径/cm	高/m	地径/cm
意杏	145.0	21.7	63.6	11.5	82.2	14.6	54.0	9.7
山桃	84.7	22.1	50.5	13.8	50.7	12.6	24.0	5.9
山杏	104.4	13.8	37.3	7.9	36.4	7.6	26.0	6.2
平均	111.4	19.2	50.4	11.1	56.4	11.6	34.7	7.3

3.1.3 水分利用效应 用水效率是衡量树木对土壤水分利用效能的重要指标。在本试验中是指树木在生长期间每消耗 1 mm 土壤水分所能生产的地上干物质量。试验结果(表 4)表明,不同整地调控对树木的用水效率影响较大,漏斗式集水坑整地 3 个树种平均为 0.84 g/mm,是水平沟 0.276 g/mm 的 3.04 倍。就乡土树种山桃和山杏而言,漏斗式集水坑平均为 0.65 g/mm,是水平沟 0.196 g/mm 的 3.32 倍,是鱼鳞坑的 22.4 倍。其差异均达到极显著水平。

表 4 不同整地调控树木(单株)用水效率比较					
整地方式	树 种	干物质量/g	耗水量/mm	用水效率/(g·mm ⁻¹)	
				树 种	平均
漏斗式集水坑	意杏	157.0	132.4	1.185	0.84
	山桃	118.5	132.4	0.895	
	山杏	53.5	132.4	0.404	
水平沟	意杏	40.0	84.5	0.473	0.276
	山桃	20.0	84.5	0.273	
	山杏	10.0	84.5	0.118	
鱼鳞坑	山桃	4.5	146.6	0.031	0.029
	山杏	4.0	146.6	0.027	

3.1.4 截流集水效应 从蓄水容量来看,按漏斗式集水坑的规格(见图 1)计算,3 m×3 m,每公顷 1 110 个,总蓄水容量 2 745 m³,有效容量 2 060 m³;3.5 m×3.5 m 每公顷 810 个,总容量 2 670 m³,有效容量 2 000 m³;4 m×4 m 每公顷 630 个,总容量 2 850 m³,有效容量 2 130 m³。是水平沟的 2.8~3 倍,是鱼鳞坑的 5.8~6.2 倍,均可一次性蓄纳相当于 200 mm 以上的径流量,而固原县自 1961 年有气象记录以来,一次性日最大降水量仅为 98.1 mm。因此,这种整地方式完全可以全面截断径流,控制水土流失。通过 2001 年 8~9 月份两次暴雨后的调查,没有发现冲刷和淤积现象,说明漏斗式集水坑能够均匀集水,不会形成汇流现象。而水平沟之间的坡面局部有轻微的细沟状侵蚀,沟内局部地段也有少量淤泥,鱼鳞坑整地坡面冲刷较为明显,坑内淤积也比较普遍,坡脚部分坑穴被淤平或冲毁,难以有效拦截径流。

从集流过程来看,漏斗式集水坑是通过人工制造的微型坡面近距集流,集水效率高,水分入渗深,能够大大提高水分的有效性。通过对 2001 年雨季几次降水后的水分入渗观测

(图 3),一次降水 27.5 mm,漏斗式集水坑水分入渗深度为 80 cm,净增水量为 55.4 mm,比水平沟高 5%,比鱼鳞坑高 73%,相当于降水量的 2 倍。8、9 两月降水量为 124 mm,水分入渗深度达到 200 cm,比平地对照深 110 cm,增渗深度比水平沟和鱼鳞坑分别深 40 cm 和 80 cm,相应土层的贮水量在树木蒸腾消耗的情况下较平地增加 175 mm,比水平沟和鱼鳞坑高 46 mm 和 162.8 mm,净增水量分别比水平沟、平地和鱼鳞坑高 26.7 mm、20.7 mm 和 97.5 mm,相当于降水量的 80.1%。

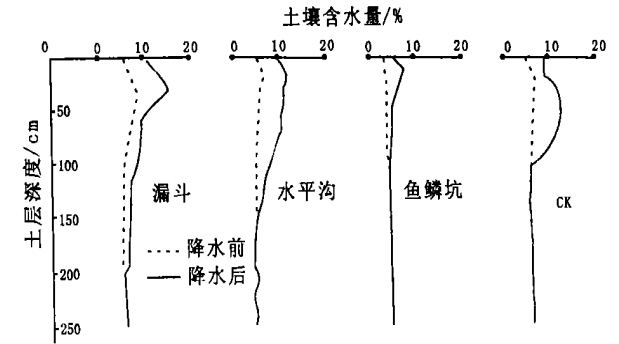


图 3 不同整地调控降雨后水分入渗深度

从保水情况来看,漏斗式集水坑蒸发面小,保水性强。根据观测结果,在历经了一个漫长的冬天后,春季造林时 0~250 cm 土层贮水量 180 mm,比平地对照高 90 mm,是水平沟的 1.8 倍。鱼鳞坑与平地对照相比,出现了 9.1 mm 的负增长。尤其是与覆膜技术配套,保水性更强,根据 7 月份降水前观测数据,漏斗式集水坑膜下,含水量 6% 以上土层深为 50 cm,贮水量 42 mm,而平地对照 0~50 cm 土层含水仅为 3% 左右。

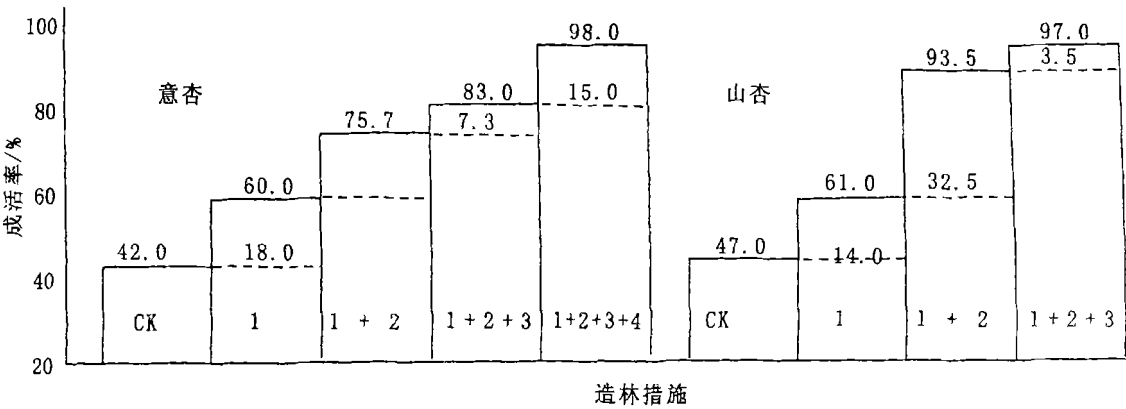
3.1.5 改土增肥效应 漏斗式集流整地活土回填量大,土壤物理性好,养分相对集中。3 m×3 m 规格,回填活土 0.64 m³,深度 0.64 m;3.5 m×3.5 m 规格,回填活土 0.88 m³,深度 0.75 m;4 m×4 m 规格,回填活土 1.2 m³,深度 0.85 m。水平沟按 630 株/hm²造林,单株拥有活土量 0.32 m³,并与死土掺半,深度 0.4 m。鱼鳞坑则用活土培埂,死土开挖深度仅 0.2 m。同时,活土的回填,有效地改善了土壤的物理性状,回填沉稳后的土壤容重为 1.116 g/cm³,比整地前 0~100 cm 土层的平均值下降了 11.1%。象漏斗式集水坑这样用死土培埂、活土还原的整地方法,其改土效果是显而易见的。以上漏斗式集水坑在造林中显示出的成活、生长、水分入渗和利用等效应,主要原因也在于此。

3.2 组装技术的集成效应

以漏斗式集流整地为基础,围绕水分这个关键因子,将浇水、覆膜、生根、塑筒套干技术组装集成,构成了一个较为完整的抗旱造林新模式,充分发挥出了各种技术的集成效应。图 4 显示,意杏集成 4 项技术,其成活率高达 98%,各单项技术的分效应分别为:浇水 18%、覆膜 15.7%、生根粉浸根 7.3%、塑筒套干 15%。山杏由于采用截干造林,集成了 3

项技术,其成活率为 97%,各单项技术的分效应分别为:浇水 14%、覆膜 32.5%、生根粉浸根 3.5%。这些单项技术中,浇水覆膜在总体效应中占有绝对比重,说明在干旱地区增水保墒是保证造林成活的关键。生根粉浸根技术贡献最小,说明对易生根树种不应用这项技术仍可保证一个较高的成活

率。塑筒套干技术在经济价值高的特别是皮孔较大的树种上应用是必要的,因为这类树种一般抗性较弱,加之有一定的定植高度,易受干燥气候和大风影响导致苗木失水,从而影响其成活。



CK: 未采取措施 1: 浇水, 2: 覆膜; 3: 生根粉蘸根; 4: 塑筒套干

图 4 几种抗旱造林技术成活率集成效应

在此要说明的是,本试验在造林时 0~50 cm 土层含水量只有 7% 左右,人工补给了相当于 2.2 mm 的水量作为“吊命水”。当土壤墒情较好时,可考虑用根系蘸泥浆代替。

在试验过程中,生根粉和塑筒套干都有促进苗木提早发芽,延长生长期的作用。由此对增加生长量的影响尚需进一步研究。

4 结论与讨论

(1) 旱作林业关键在水,出路在肥。水决定造林的成活和树木的生长,肥决定树木的生长和对水分的有效利用,如何把水、肥协调统一起来,达到造林的高成活和树木的快生长,一直是旱作林业研究的核心问题,也是长期困扰干旱地区林业发展的重大问题。本试验通过死土培埂、活土还原的漏斗式集流整地,有效地解决了旱作林业的水肥关系问题,实现了在有限降水条件下的高效集水、深层贮水和以肥调水的新突破,为造林的高成活、快生长奠定了坚实的基础,具有极高的推广价值。

(2) 组装集成了与漏斗式集流整地为一体的浇水、覆膜、生根粉液浸根、塑筒套干抗旱造林新模式,把“补水吊命”和集水、保墒、增温、护苗有机地结合起来,有效地提高了水分利用率,确保了造林的高成活和树木的快生长。

(3) 漏斗式集流造林技术在本县和周边地区已开始大面积推广。在具体应用时要注意以下三个方面的问题:

第一,漏斗式集流整地适于土层深度大于 1 m 的地区和地块。

第二,根据坡度布局,一般不易超过 20°;在 15°左右坡面上效果最好。坡度太陡,一方面整地工程量大,另一方面活土还原困难。因此,在以小流域为单元的综合治理中,应因地制宜,与其它整地方式结合,扬长避短,合理布局。

第三,漏斗式集水坑的规格,应根据地域降水量和树木的耗水量来确定。笔者认为,年降水量不足 350 mm 的地区采用 4 m×4 m 规格比较合适,350~400 mm 地区采用 3.5 m×3.5 m 的规格较为合适,400 mm 以上地区采用 3 m×3 m 的规格较为合适。关于根据树木的耗水量确定整地规格,需要一个较长过程,而且涉及因素较多,尚待进一步研究。

(4) 漏斗式集水坑整地的工程量是一个被受关注的问题。3 种规格的取土量为 1~1.8 m³,平均为 1.38 m³,每公顷为 1 120 m³,比“88542”水平沟高 120 m³,基本持平。填土量 0.64~1.2 m³,平均为 0.9 m³,每公顷为 735 m³,比水平沟高 235 m³。但相对比较,水平沟培埂费工量大,加之回填土 50% 为死土层,相对也要增加工量。而漏斗式集水坑虽然动土量大一些,但多为疏松的活土层,而且运土距离又近,总体工程量稍高于水平沟。2001 年开始大面积推广过程中,群众乐于接受。因此,工程量的问题不会影响该整地造林模式的推广应用。