

# 黑龙江省西部低山丘陵区集水造林不同整地形式及效果评价

王犇<sup>1,2</sup>, 胡海清<sup>1\*</sup>, 王力刚<sup>2</sup>, 毕广有<sup>2</sup>, 孙龙<sup>1</sup>

(1. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省森林与环境科学研究院, 黑龙江齐齐哈尔 161005)

**摘要** 针对不同立地荒山分别试验环山掘壕、环山深拉沟、环山拉沟侧筑埂等整地形式, 测定、比较不同整地形式与对照对土壤水分含量、土壤理化性质的影响, 不同整地形式的造林成活率及林木生长状况。结果表明, 掘壕整地可使造林成活率提高 20 多个百分点, 林木初期高生长提高 20% 以上, 环山深拉沟及环山拉沟侧筑埂整地可使造林成活率提高 10 ~ 20 个百分点, 林木初期高生长提高 10% 以上, 造林效果显著。

**关键词** 低山丘陵; 集水造林; 整地; 效果评价

**中图分类号** S717.19<sup>+</sup>2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)32-12633-05

## Water-Harvesting Afforestation Different Land Consolidation Forms and Effects Evaluation in Low Mountains and Hills of Western Heilongjiang Province

WANG Wei-ye et al (Forestry School of Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** Respectively for different mountain trials demonstrated land consolidation forms, such as deep trench, dug trenches, gully side built dikes and so on. Effects of different land consolidation forms and control on soil moisture and physical and chemical properties were determined and compared, as well as the afforestation survival rate and forest growth status by different land consolidation forms. The results showed that, dig trenches can improve afforestation survival rate more than 20%, and forest height in initial period improve more than 20%, deep trench and gully side built dikes can improve afforestation survival rate 10% - 20%, forest height in initial period improve more than 10%, the afforestation effect is significant.

**Key words** Low mountains and hills; Afforestation by water-harvesting; Site preparation; Effect evaluation

整地是造林的第一道工序, 是造林前对造林地土壤翻垦的一项技术措施, 通过整地可使土壤变疏松, 利于苗木根系伸展及提高土壤的蓄水保墒能力, 从而改变造林地土壤的水热状况及理化性质, 利于造林苗木成活与生长<sup>[1-3]</sup>, 不同的整地形式其造林效果亦不同<sup>[4]</sup>。黑龙江省西部低山丘陵区, 干旱少雨, 蒸发量较大, 且水土流失严重, 水分亏缺及低利用效率成为该地区林业发展的重要制约因素。如何在现有的水分条件下通过人工整地方式提高水分利用效率, 促进林业发展成为广大林业工作者面临的一个十分艰巨的研究课题<sup>[5-6]</sup>。笔者通过开展不同整地形式的试验研究, 探索适宜有效的造林整地形式, 为该区林业生产提高造林质量提供积极的技术支撑。

### 1 试验地选择及试验设计

**1.1 试验地选择** 黑龙江省西部荒山类型按照基质划分主要分为土质荒山和石质荒山两大类, 针对不同荒山类型, 该研究分别试验了不同的整地形式, 以期获得针对不同荒山类型较为适宜、效果显著的造林整地形式, 为林业生产提供有效的技术支撑。其中土质荒山试验了环山深拉沟整地、环山拉沟侧筑埂整地; 石质荒山试验了环山掘壕整地。

### 1.2 试验设计

**1.2.1 掘壕整地。** 针对该区坡度在 20° 以下土层较薄 (5 ~ 10 cm) 的石质荒山, 采用机械 (小型农用挖掘机) 沿山体等高线环山掘壕, 壕宽 1.0 ~ 1.2 m, 深 80 ~ 100 cm。先将表土挖掘出, 放于壕上沿, 将表土下面的风化石块、砂石挖掘出后放

于壕下沿堆砌成高 50 cm、上底宽 40 cm、下底宽 80 cm 的梯形坝, 壕间距 3 ~ 4 m。然后将表土回填壕内, 在壕内按照株距 2.5 m 设置植苗点。造林时, 将客土 - 草甸土或河泥土按植苗点放于壕内, 与壕内砂土、表土混合, 比例为草甸土或河泥土: 表土: 砂土 = 1:1:1, 每穴添加客土 30 ~ 40 kg。

**1.2.2 环山深拉沟整地。** 在地形地势较为均一、坡度 18° 以下的土质荒山、边坡采用大型机械沿等高线拉集水沟, 沟深 60 ~ 70 cm, 上口宽 80 cm, 用沟内下层土在沟的下沿修筑底宽 50 cm, 上宽 40 cm 的土堤, 将上沿及下沿拉出的表层土回填沟内, 用于栽植苗木。沟与沟间距 3 ~ 4 m。

**1.2.3 环山拉沟侧筑埂。** 在 10° ~ 15° 的土质缓坡, 先按照等高线机械拉沟, 沟深 40 ~ 50 cm, 上口宽 50 cm, 沟间距 3 m, 然后再沿等高线沟垂直方向拉线修筑底宽 40 cm, 顶宽 20 cm 的土埂, 与等高线沟相垂直, 成方格状, 竖向土埂间距 2 m, 形成 6 m<sup>2</sup> 的长方形集水方格, 在水平沟的下沿用沟内的下层土修筑底宽 50 cm, 顶宽 30 cm 的土堤, 将表层土回填沟内, 水平沟中间位置为植苗穴处。

其中掘壕整地试验地点在甘南县兴久村白虎山, 海拔 257 m。立地为风化石质坡面, 坡度 12° ~ 18°, 土层厚度 5 ~ 10 cm, 下面为风化程度不等的岩石。在自然条件下偶有野生的春榆、山里红、野刺梅等灌木及抗旱性较强的草本植物。试验区规模 6 hm<sup>2</sup>。

环山深拉沟整地、环山拉沟侧筑埂整地试验地点设在龙江县错海林场响午山, 海拔 301 m, 为土质荒山, 坡度 12° ~ 15°, 山顶部有较多石块嵌入土中, 山上植被主要为杂草。其中环山深拉沟整地规模 5 hm<sup>2</sup>, 环山拉沟侧筑埂整地面积 5 hm<sup>2</sup>。

### 2 研究方法及测定项目

采用对比法, 通过研究不同整地处理下造林地植苗穴处

**基金项目** 黑龙江省重大科技攻关项目 (GA06B306-6)。

**作者简介** 王犇 (1982 -), 女, 黑龙江延寿人, 工程师, 博士, 研究方向: 森林生态学。\* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事森林生态学, 林火生态与管理研究。

**收稿日期** 2013-10-27

土壤水分、微立地小气候及林木成活生长,比较不同整地形式的试验效果及造林成本。

**2.1 试验树种** 樟子松 5 年生容器苗,苗高 30~40 cm,地径 1.2 cm;锦鸡儿 2 年生实生苗,苗高 50 cm 左右,地径 0.6 cm;丁香 2 年生实生苗,苗高 20~30 cm,地径 0.3~0.4 cm,山杏 2 年生实生苗,苗高 50 cm,地径 0.5 cm。

## 2.2 测定项目

**2.2.1 土壤水分测定。**在不同整地形式的植苗穴处苗木根系区不定期混合取样,采用烘干法(105℃下连续烘干 8~10

h)测定土壤质量含水率,计算公式: $P(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_0} \times 100$

式中: $P$ —土壤质量含水率(%); $W_1$ —铝盒加鲜土的重量, $g$ ;  $W_2$ —铝盒加烘干土的重量, $g$ ;  $W_0$ —铝盒的重量, $g$ 。

**2.2.2 微域小气候观测。**该项观测在掘壕整地壕内及对对照壕外进行。在 2011 年作物生长季(5~9 月份),每个月连续观测 5~7 d,其均值作为该月份的日均值,观测时间从早 8:00~晚 18:00,每间隔 2 h 观测 1 次。

**2.2.3 土壤养分及容重测定。**在不同整地形式植苗带树木根区土层(20~30 cm)混合取样测定土壤养分含量。每一整地形式均匀布点重复取样 10 次,以均值代表该整地形式植苗带土壤养分含量值。

**2.2.3.1 有机质。** $X = (V_0 - V) \times C_2 \times 0.003 \times 1.724 \times 100W^{-1}$

其中: $X$ —土壤有机质含量,%; $V_0$ —空白滴定时消耗硫酸亚铁标准溶液的体积, $ml$ ;  $V$ —测定试样时消耗硫酸亚铁标准溶液的体积, $ml$ ;  $C_2$ —硫酸亚铁标准溶液的浓度, $mol/L$ ; 0.003—1/4 碳原子的摩尔质量数, $g/mol$ ; 1.724—由有机碳换算为有机质的系数; $W$ —烘干试样质量, $g$ 。

**2.2.3.2 速效 N。**速效  $N(mg/kg) = N \times (V - V_0) \times 14 \times 1000/\text{样品重}$

式中: $N$ —标准盐酸的摩尔浓度; $V$ —滴定样品时所用去的盐酸的  $ml$  数; $V_0$ —空白试验所消耗的标准盐酸的  $ml$  数; 14—1 个氮原子的摩尔质量  $mg/mol$ ; 1000—换算成每千克样品中氮的毫克数。

**2.2.3.3 全 N。**土壤全  $N(\%) = (V - V_0) \times C \times 0.014 \times 0.014/W$

式中: $V$ —滴定试液时所用酸标准溶液的体积, $ml$ ;  $V_0$ —滴定空白时所用酸标准溶液的体积, $ml$ ;  $C$ —酸标准溶液的浓度, $mol/L$ ; 0.014—氮原子的毫摩尔质量; $W$ —风干土壤质量, $g$ 。

**2.2.3.4 速效 P。**速效  $P(mg/kg) = \text{显色液磷 } mg/kg \text{ 数} \times \text{显色液体积} \times \text{分取倍数} \cdot \text{烘干土重}(g)^{-1}$

式中:显色液磷  $mg/kg$  数:从工作曲线查得显色液的磷  $mg/kg$  数;显色液体积:50 ml;分取倍数=浸提液总体积(50 ml)·吸取浸出液(ml)

**2.2.3.5 全 P。**全  $P(\mu g/kg) = \text{显色液 } P(\mu g/ml) \times \text{显色液体积} \times \text{分取倍数} \times 10^{-3}/W$

式中:显色液  $P(\mu g/ml)$ —从工作曲线上查得的  $P(\mu g/ml)$ ;显色液体积—此操作中为 50 ml;  $10^{-3}$ —将  $\mu g$  换算

成  $g$ ;  $W$ —土样重, $g$ 。

**2.2.3.6 速效 K。**速效  $K(mg/kg) = \text{查得的 } mg/kg \text{ 数} \times V/W$

式中:查得的  $mg/kg$  数—从标准曲线上查出相对应的  $mg/kg$  数; $V$ —加入浸提剂的  $ml$  数; $W$ —土样烘干重, $g$ 。

**2.2.3.7 土壤容重。**土壤容重测定采用环刀法,测定深度为 10~20 cm 处,计算公式为  $\rho_b = \frac{m}{V \times (1 + P)}$

式中: $\rho_b$ —土壤容重( $g/cm^3$ ); $m$ —环刀内湿样重( $g$ );  $V$ —环刀容积( $100 cm^3$ ); $P$ —土壤自然含水率(%)。

## 3 结果与分析

### 3.1 石质荒山掘壕整地

**3.1.1 对植苗穴处土壤水分条件的影响。**掘壕整地使得雨季天然降水所产生的坡面径流流至其下面的壕内,相对增加了壕内的天然降雨量,使得壕内的土壤水分含量得到增加,从而为林木成活与生长创造了相对有利的水分条件<sup>[7-8]</sup>。据 2008~2011 年定期测定结果表明:壕内的植苗穴处土壤含水率较壕外相应对照点处高,5 次测定结果分别较对照点提高 36.63%、50.49%、7.00%、17.57%、51.53%,平均 32.64%。干旱年份表现尤为明显,如 2011 年,该年度试验区从 8 月初开始一直到深秋没有形成有效降水,其土壤含水率提高幅度最大,为 51.53%。掘壕整地不但在雨季通过截获坡面径流汇集降雨来增加土壤水分,在冬季还通过汇集降雪来增加土壤水分。据 2010~2013 年连续 4 年调查表明,除 2011 年冬季因特殊年份没有形成有效降雪,地面没有形成长时间的积雪覆盖,2010 年、2011 年及 2013 年冬季积雪厚度壕内分别比壕外平均厚 3.43 cm、26.92 cm、22.77 cm,其原因主要是壕内形成了避风小环境,降雪时有更多的雪量集聚,同时早春时节壕内形成避风、遮荫的小环境也减缓了积雪的融化与快速蒸发,使积雪有更多的存量与较长的存留时间,改善了早春壕内的土壤水分条件,为林木成活与生长创造了相对有利的水分条件。

**3.1.2 对壕内微域小气候的影响。**掘壕整地改变了石质荒山局部微域地形、地势,由向阳坡面变为向阳凹面,使阳坡具有半阳坡或半阴坡的特征,从而改变了石质荒山微域小气候。尤其是壕所具有的防避作用,在严寒冬季及早春有防避寒风作用,在炎热夏季有降温避暑作用,由此调节局部地温、湿度,为林木生长创造相对适宜的微域气候条件<sup>[9-10]</sup>。

观测结果表明:在生长季初期的 5 月份,壕内地表温度除早 8:00 外,其余观测时间普遍高于壕外;在生长旺季的 6~8 月地表温度,在各个观测时间都是壕内低于壕外,各月份之间存在一定差异。9 月份在早 8:00 是壕内地表温度略高于壕外,随着时间的推移,壕内温度逐渐低于壕外,地表温日均 5 月份壕内高于壕外,其他月份为壕外高于壕内;地表最高温日均 5 月,为壕内高于壕外,相差 1.5℃,其他月份为壕外大于壕内,相差分别为 2.80、3.17、2.34、0.93℃,7 月份差别最大,其次为 6 月、8 月、9 月差别最小;地表最低温日均除 8 月壕内略高于壕外,其余各月为壕外高于壕内,相差分别为 0.30、0.40、1.12、0.40、0.17℃,仍是 7 月相差最大,9 月最小

(表 1、2);地中温度除 5 月份 5 cm 处壕内高于壕外 0.45 ℃ 外,其他深度处及其他月份都是壕外温度高于壕内,且 5、6、7 月份随着深度增加,壕内外温差逐渐增加,8、9 月份温差逐渐减小。可见,在早春 5 月壕内地温高于壕外,而在高温期的 6

~8 月为壕外地温高于壕内,到 9 月壕内外温差逐渐缩小,这种温度的调节作用,在早春有利于促进林木萌动,到盛夏可缓解高温对林木生长造成的不利影响。

表 1 地面温度日均值统计

℃

月份	地表温度			地表最高温			地表最低温		
	壕内	壕外	内外差	壕内	壕外	内外差	壕内	壕外	内外差
5	30.38	29.68	0.70	41.47	39.97	1.50	3.97	4.27	-0.30
6	41.61	43.91	-2.30	52.94	55.74	-2.80	15.80	16.20	-0.40
7	29.55	31.54	-1.99	35.53	38.70	-3.17	21.13	22.25	-1.12
8	28.43	30.04	-1.61	37.33	39.67	-2.34	13.23	12.83	-0.40
9	8.41	9.00	-0.59	12.77	13.70	-0.93	1.40	1.57	-0.17

表 2 生长季壕内外地中日均温度统计

℃

月份	5 cm			10 cm			15 cm			20 cm		
	壕内	壕外	内外差	壕内	壕外	内外差	壕内	壕外	内外差	壕内	壕外	内外差
5	20.62	20.17	0.45	17.28	18.70	-1.42	15.20	17.03	-1.83	13.48	16.08	-2.60
6	28.83	31.69	-2.86	25.32	29.53	-4.21	23.34	27.82	-4.48	20.82	25.29	-4.47
7	26.59	27.59	-1.00	25.12	26.50	-1.38	23.77	25.19	-1.42	22.66	24.62	-1.96
8	22.74	25.44	-2.70	22.52	24.58	-2.06	21.35	23.62	-2.27	21.15	23.39	-2.24
9	8.30	9.16	-0.86	9.87	10.32	-0.45	10.68	10.88	-0.20	11.80	11.96	-0.16

水面蒸发量测定结果表明:在生长季的 5~9 月,每个月份壕内水面蒸发量都不同程度地低于对照自然坡面,其中减少幅度最大的月份为 5 月,其次为 6 月,7 月、8 月、9 月,日均减少蒸发量分别为 1.90、1.40、1.30、1.27、0.60 mm。若每月按照 30 d 计算,在生长季,壕内较壕外减少水面蒸发量合计 194.10 mm,在黑龙江省西部半干旱地区这一减少的蒸发量对新植林木的成活与生长十分有利。同时 5 月、6 月日均蒸发量较大,壕内较壕外减少的幅度也较大,主要是干旱、少雨,另外大风是造成蒸发量较大的根本原因;7、8 月份进入雨季,尽管高温、天气较热,但正值雨季,特别是 2011 年雨季相对集中于这 2 个月份,空气湿度较大,气温不像往年那样高,从而使其日均蒸发量明显小于 5、6 月份。

综上,掘壕整地调节了地面及地中温度,降低了水面蒸发量,从而改善了坑道内林木生长的微域小气候条件,为林木成活生长创造了有利的小气候条件。

**3.1.3 对造林成活与生长的影响。**由于掘壕整地改善了植苗穴处土壤水分、温度等小气候因子,为林木成活与生长创造了相对适宜的条件,较传统明穴整地造林提高了成活率,促进了林木生长<sup>[11]</sup>。据试验调查,壕内栽植的樟子松容器苗、小叶锦鸡儿、紫丁香当年成活率分别为 96.8%、98.0%、100%,相应对照分别为 70.1%、70.0%、81.0%,分别高出 26.7、28.0、19.0 个百分点,壕内试验造林成活率平均为 98.3%(表 3),较对照平均成活率 73.7% 提高了 24.6 个百分点,较对照差异显著(0.05 水平);栽植的樟子松 2008~2010 年较对照当年高生长量分别提高了 3.6、4.2、5.7 cm,提高幅度分别为 66.07%、55.26%、22.18%,提高幅度随着栽植年限增加逐渐减小,说明在栽植初期掘壕整地对林木幼苗影响较大。小叶锦鸡儿 2010 年当年高生长掘壕整地较对照提高了

16.7 cm,紫丁香提高了 9.6 cm,分别较对照提高了 187.64%、165.52%。

由此可见,通过掘壕整地一方面改善了石质荒山微域小气候条件:土壤水分条件的改善及减少蒸发,调节了土壤温度;另一方面通过添加客土改善了石质坡面土壤条件,这是促进林木成活与生长的根本原因所在。

表 3 掘壕整地对林木成活与生长影响的调查统计

造林树种	整地方法	调查时间	造林成	2010 年幼树
			活率//%	生长量//cm
樟子松	掘壕整地	2008.7.31	96.8	31.4
樟子松	对照	2008.7.31	70.1	25.7
小叶锦鸡儿	掘壕整地	2009.8.7	98.0	25.6
小叶锦鸡儿	对照	2009.8.7	70.0	8.9
紫丁香	掘壕整地	2009.8.7	100	15.4
紫丁香	对照	2009.8.7	81.0	5.8

注:“对照”为明穴栽植,即在坡面上人工挖掘栽植穴,穴的规格 30 cm × 30 cm;樟子松为 2008 年春季栽植,小叶锦鸡儿与紫丁香为 2009 年春季栽植。

## 3.2 土质荒山拉沟整地

**3.2.1 对土壤水分条件的影响。**机械拉沟改变了土质荒山植苗带土壤的物理性状,增加了土壤孔隙度,为蓄水保墒创造了有利条件,同时在雨季坡面产生的径流汇集到下面的植苗沟内,相对增加了植苗沟内的土壤水分,为新植苗木的成活与生长创造了有利的土壤水分条件。通过多时段测定结果表明(表 4),土质边坡不同整地形式植苗穴处土壤含水率与对照点存在差别,其中环山深拉沟整地含水率最高,为 19.68%,环山拉沟侧筑埂次之,为 18.64%,最小为对照(坡面明穴),为 14.66%。方差分析结果表明各整地形式土壤含水率差异没有达到显著性水平(0.05),尽管如此,2 种集流整

地形式土壤含水率分别比对照高出 5.02 和 3.98 个百分点,高出比例分别为 34.24%、27.15%。

表 4 土质边坡各整地形式土壤含水率测定统计

测定时段	各整地形式土壤含水率//%		
	环山拉沟侧筑埂	环山深拉沟	对照(坡面明穴)
2007.7	26.86	27.24	22.61
2007.8	18.26	20.41	10.41
2007.10	10.20	12.17	8.55
2008.4	14.53	14.66	10.90
2008.10	23.99	24.33	20.59
2009.9	22.57	22.97	18.27
2010.9	18.0	19.67	11.70
2011.5	25.38	26.22	22.59
2011.11	7.99	9.45	6.33
均值	18.64	19.68	14.66

另外,2 种整地形式相对自然坡面(对照区)增加了坡面的粗糙度,为冬季积雪创造了有利条件,而较多的积雪量对缓解早春旱情将产生积极影响。近 3 年来冬季积雪量调查结果表明,2 种整地形式每年积雪厚度都不同程度高于对照,其中环山深拉沟年均高出对照 12.70 cm,环山拉沟侧筑埂年均高出对照 7.82 cm,高出幅度分别为 66.60%、39.70%,这将对缓解早春旱情及春季苗木萌动产生积极影响。

**3.2.2 对造林成活率的影响。**整地是影响造林成活率的主要因素之一,通过不同形式的整地可改善土壤理化性来增加土壤蓄水保墒功能,同时利于新植苗木根系生根、伸展,从而提高造林成活率。调查统计(表 5)结果表明:环山深拉沟造林成活率为 95.76%、环山拉沟侧筑埂为 93.85%、明穴整地(对照)为 83.55%,前两者分别较对照提高了 12.21%、10.3 个百分点,提高幅度分别为 14.64%、12.37%。方差分析表明前两者之间差异不显著,与对照差异都显著(0.05 水平)。

表 5 不同整地形式造林成活率比较

整地形式	造林树种	调查株数//株	成活株数//株	成活率//%	较对照提高//%
环山拉沟	樟子松	260	248	95.38	15.35
侧筑埂	小叶锦鸡儿	200	184	92.00	8.88
	山杏	200	187	93.50	14.72
	紫丁香	200	189	94.50	10.53
	均值			93.85	12.37
环山	樟子松	260	251	96.54	16.75
深拉沟	小叶锦鸡儿	200	190	95.00	12.43
	山杏	200	188	94.00	15.34
	紫丁香	200	195	97.50	14.04
	均值			95.76	14.64
对照	樟子松	260	215	82.69	0
	小叶锦鸡儿	200	169	84.50	0
	山杏	200	163	81.50	0
	紫丁香	200	171	85.50	0
均值			83.55	0	

**3.3 对林木生长的影响** 调查结果显示,不同形式的拉沟整地促进了林木生长,其中环山深拉沟整地各试验林木株高

平均较对照提高 13.55%,近 3 年年均高生长量平均较对照提高 18.94%;环山拉沟侧筑埂整地林木株高较对照提高 9.68%,近 3 年年均高生长量平均较对照提高 13.74%,详见表 6。

表 6 不同整地形式树木生长比较

整地形式	造林树种	株高 cm	较对照提高//%	近 3 年年均高生长量//cm	较对照提高//%
环山拉沟侧筑埂	樟子松	151.0	5.59	37.1	4.80
	小叶锦鸡儿	87.8	10.16	10.5	19.32
	山杏	75.6	10.04	11.7	19.39
	紫丁香	110.2	12.91	19.5	11.43
均值			9.68		13.74
环山深拉沟	樟子松	157.0	9.79	38.2	7.91
	小叶锦鸡儿	94.6	18.70	11.3	28.41
	山杏	77.9	13.39	12.6	28.57
	紫丁香	109.6	12.30	19.4	10.86
均值			13.55		18.94
对照	樟子松	143.0		35.4	0
	小叶锦鸡儿	79.7		8.8	0
	山杏	68.7		9.8	0
	紫丁香	97.6		17.5	0
均值					0

**3.4 不同整地形式改良土壤增肥效果分析** 几种整地方式通过添加客土、表层土回填、生土筑堤等,改善了植苗穴处及林木生长近域土壤状况。其中掘壕整地通过表层熟土回填及河泥客土添加,改善了石质立地瘠薄的造林土壤条件,土壤有机质及养分向着有利于林木生长的方面转变(表 7):有机质由原来的 3.07% 提高到整地后的 4.24%,较原来提高了 1.17 个百分点,土壤 pH 值由原来的 6.69 提高到整地后的 6.83,速效 N、P、K、全 N、全 P 由原来的 127.93 mg/kg、5.01 mg/kg、89.271 mg/kg、0.193 1%、0.890 7 g/kg 分别提高到整地后的 142.80 mg/kg、6.34 mg/kg、103.738 7 mg/kg、0.214 7%、1.025 2 g/kg,分别提高了 14.87 mg/kg、1.33 mg/kg、14.467 7 mg/kg、0.021 6%、0.134 5 g/kg,提高幅度分别为 11.62%、26.55%、16.21%、11.19%、15.10%。

拉沟整地通过表层熟土回填、底层生土筑堤,对土质荒山植苗穴处土壤养分也有所改善,但改善的程度不如石质荒山的掘壕整地,其中环山深拉沟整地土壤有机质提高幅度为 3.62%,速效 N、P、K、全 N、全 P 提高幅度分别为 8.89%、10.62%、10.29%、32.03%、17.01%,pH 值较对照略有升高(0.02)。环山拉沟侧筑堤整地土壤有机质提高幅度为 5.90%,土壤 pH 值略有降低(0.03),速效 P 和全 P 略有降低,分别减低幅度 1.76%、0.93%,速效 N、K、全 N 略有提高,提高幅度分别为 7.41%、6.37%、10.65%。

土壤容重(指单位体积自然状态下包括土壤空隙的体积的土壤干重)是土壤紧实度的一个重要指标,是土壤结构、透气、透水性以及保水能力的反映,越小说明土壤结构、透气透水性越好。测定结果表明,几种整地形式使植苗穴及林木生长近域土壤容重较对照都有所降低,其中掘壕整地回填沉稳后的土壤容重为 1.304 3 g/cm<sup>3</sup>,较对照 1.506 2 g/cm<sup>3</sup>

降低了  $0.2019 \text{ g/cm}^3$ , 降低幅度 13.40%; 环山深拉沟整地及环山拉沟侧筑埂整地回填沉稳后的土壤容重分别为  $0.9510 \text{ g/cm}^3$ 、 $0.9844 \text{ g/cm}^3$ , 分别较对照  $1.1068 \text{ g/cm}^3$  降低了  $0.1558 \text{ g/cm}^3$ 、 $0.1224 \text{ g/cm}^3$ , 降低幅度分别为 14.08%、

11.06%。可见几种整地形式不同程度地改善了土壤结构, 提高了土壤透气透水性, 土壤蓄水保墒性能得到增强, 从而形成了利于林木成活与生长的土壤条件。

表 7 不同整地形式土壤养分及土壤容重测定结果

整地形式	pH 值	有机质	速效 N	速效 P	速效 K	全 N	全 P	土壤容重
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/kg	$\text{g/cm}^3$
掘壕整地	6.83	4.24	142.80	6.340 0	103.738 7	0.214 7	1.025 2	1.304 3
对照 1	6.69	3.07	127.93	5.010 0	89.271 0	0.193 1	0.890 7	1.506 2
差值	0.14	1.17	14.87	1.330 0	14.467 7	0.021 6	0.134 5	-0.201 9
提高幅度//%	2.09	38.11	11.62	26.55	16.21	11.19	15.10	-13.40
环山深拉沟	6.50	5.44	174.93	4.187 0	780.139 0	0.301 3	0.731 4	0.951 0
环山拉沟侧筑埂	6.45	5.56	172.55	3.718 4	752.402 7	0.252 5	0.619 3	0.984 4
对照 2	6.48	5.25	160.65	3.785 0	707.331 0	0.228 2	0.625 1	1.106 8
深拉沟与对照差	0.02	0.19	14.28	0.402 0	72.808 0	0.073 1	0.106 3	-0.155 8
提高幅度//%	0.31	3.62	8.89	10.62	10.29	32.03	17.01	-14.08
侧筑埂与对照差	-0.03	0.31	11.9	-0.066 6	45.071 7	0.024 3	-0.005 8	-0.122 4
提高幅度//%	-0.46	5.90	7.41	-1.76	6.37	10.65	-0.93	-11.06

综上所述, 不同形式的整地使得植苗带土壤理化性质改善是使林木获得较高成活率及较快生长的重要原因之一。

#### 4 结论

(1) 掘壕整地提高了植苗带土壤的水分含量, 为林木成活与生长创造了有利的土壤水分条件。在夏季通过汇集天然降水产生的坡面径流, 在冬季通过汇聚积雪, 来增加植苗带处的土壤水分含量。2008~2011 年 5 次土壤水分测定结果表明: 土壤含水率提高幅度达 7.00%~51.53%。

(2) 掘壕整地改善了坡面微立地小气候条件。可在生长季调节地表温度: 在生长季初期的 5 月份可提高地表温度, 日均可提高  $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 在盛夏高温的 6~8 月份可降低地表温度, 日降低幅度可达  $2\sim3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。同时可减少地表蒸发, 试验测定结果表明, 可在生长季的 5~9 月减少水面蒸发量  $194.1 \text{ mm}$ 。从而为林木成活与生长创造有利的小气候条件。

(3) 通过掘壕整地, 提高了造林成活率, 促进了林木生长。与常规明穴整地相比, 可提高造林成活率 24.6 个百分点, 可使樟子松幼树在造林最初 3 年年均高生长提高 22.18%~66.07%, 小叶锦鸡儿与紫丁香栽植第 2 年高生长分别提高 187.64%、165.52%。

(4) 环山深拉沟及环山拉沟侧筑埂整地可使植苗带土壤含水率提高 34.24%、27.15%, 在冬季可提高年积雪厚度 66.60%、39.70%。

(5) 环山深拉沟与环山拉沟侧筑埂整地可使造林成活率达到 95.76%、93.85%, 分别较对照 83.55% 提高 12.21%、10.30 个百分点, 可使造林初期林木高生长分别提高 13.55%、9.68%, 近 3 年年均高生长量分别提高 18.94%、13.74%。

(6) 3 种整地形式通过添加客土、表层熟土回填、生土筑埂, 在一定程度上改善了土壤的理化性能; 调整了养分结构, 提高了土壤的透气透水性及蓄水保墒能力。掘壕整地使土壤有机质提高了 38.11%, 速效 N、P、K、全 N、全 P 提高幅度 11.19%~26.55%, 土壤容重降低了 13.40%; 土质立地的拉沟整地相对而言对土壤养分提高幅度较小, 有机质提高了 3.62%~5.90%, 其他养分提高幅度总体不如掘壕整地, 土壤容重降低了 11.06%~14.08%。

#### 参考文献

- [1] 王力刚, 李峰, 高野, 等. 半干旱区石质坡面坑道式造林整地小气候效应观测初报[J]. 防护林科技, 2013(1): 5-8.
- [2] 王进鑫, 黄宝龙, 罗伟祥. 反坡梯田造林整地工程对坡面产流的作用机制[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 292-296.
- [3] 王进鑫, 余清珠, 高文秀, 等. 半干旱黄土丘陵沟壑区造林整地工程集流分析[J]. 西北林学院学报, 1992, 7(2): 45-49.
- [4] 蔡进军, 李生宝, 蒋齐, 等. 半干旱黄土丘陵区典型抗旱造林整地技术集流效果研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 127-130.
- [5] 刘文宏, 赵安成, 张西宁, 等. 黄土高原沟壑区集水造林整地形式试验研究[J]. 中国水土保持, 2006(10): 62-64.
- [6] 张海平, 李生红. 黄土丘陵区抗旱造林整地[J]. 中国水土保持, 2013(4): 87-88.
- [7] 周洁, 张志强, 孙阁, 等. 不同土壤水分条件下杨树人工林水分利用效率对环境因子的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1465-1474.
- [8] 宋亚新, 张发旺, 荆恩春. 种植条件下降雨灌溉入渗试验研究[J]. 地球学报, 2008, 29(4): 510-516.
- [9] 王晓凌. 半干旱农田生态系统马铃薯田间微域集水的理论与实践[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.
- [10] 李会科. 渭北旱地苹果园生草的生态环境效应及综合技术体系构建[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [11] 丁贵杰, 周政贤, 严仁发, 等. 整地方式对杉木生长和经济效益的影响[J]. 林业科学研究, 1997, 10(2): 118-124.

(上接第 12620 页)

林权所有者参与生态建设积极性的重要措施, 是辽宁省生态文明建设的重要组成部分。所以各级林业部门必须高度重视, 充分认识补偿到户工作的重要性和紧迫性, 各地区要创新工作方式方法, 积极推动, 化解难题。

#### 参考文献

- [1] 张大治, 张冬伟. 辽宁省生态效益补偿基金直补到户情况的分析[J]. 吉林农业, 2012(2): 158-159.
- [2] 彭耀强, 薛立, 王汉忠, 等. 广东省生态公益林效益补偿机制探讨[J]. 林业资源管理, 2011(6): 15-19.
- [3] 詹长英, 陈进华, 杨少颖, 等. 我国建立森林生态效益补偿制度探析[J]. 防护林科技, 2011(3): 124-126.