不同造林方式对宁南山区樟子松抗旱造林效果的影响

王正安，余治家，马 杰，佘 萍，贾宝光，李 颖
（宁夏农林科学院固原分院，宁夏 固原 756000）

摘 要：[目的] 定量评价干旱半干旱区生态工程建设和造林初期的效果，为该区域筛选出较为适宜的造林处理技术措施提供实践指导依据。[方法] 对该地区造林树种樟子松进行了覆膜＋浇水、覆膜＋不浇水、不覆膜＋浇水、修剪和对照(CK)5 种技术的处理对比试验，对造林初期的 3 个指标成活率、年均生长量及造林成本为衡量指标，应用模糊数学隶属函数值法定量的对其效果进行综合比较与评价。[结果] 不同造林处理措施的成活率大小依次为覆膜＋浇水(96%)＞覆膜＋不浇水(95%)＞修剪(92.3%)＞不覆膜＋浇水(91.3%)＞对照(CK，89.3%)；保存率大小依次为覆膜＋浇水(94.6%)＞覆膜＋不浇水(94%)＞不覆膜＋浇水(87.3%)＞对照(CK，80%)＞修剪(77%)；年均生长量大小依次为覆膜＋浇水(14.6 cm)＞覆膜＋不浇水(13.5 cm)＞不覆膜＋浇水(11.5 cm)＞修剪(10.6 cm)＞对照(CK，9.7 cm)；造林成本的大小依次为覆膜＋浇水(14 037.5 元/hm^2)＞覆膜＋不浇水(11 712.5 元/hm^2)＞不覆膜＋浇水(10 450 元/hm^2)＞修剪(8 750 元/hm^2)＞对照(CK，8 125 元/hm^2)。[结论] 5 种造林处理方式的初期效果综合评价差异明显，由强到弱排序为：覆膜＋不浇水(0.674 4)＞覆膜＋浇水(0.666 7)＞修剪(0.508 1)＞不覆膜＋浇水(0.425 6)＞对照(CK，0.333 3)，因此覆膜＋不浇水造林技术措施具备良好的造林成效，对该技术的推广应用具有非常重要的实践和理论意义。

关键词：樟子松；覆膜；浇水；抗旱造林技术；隶属函数值法
文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2021)05-0226-06 **中图分类号**：S725.7，S791.253

文献参数：王正安，余治家，马杰，等.不同造林方式对宁南山区樟子松抗旱造林效果的影响[J].水土保持通报，2021，41(5)：226-231.DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2021.05.030；Wang Zhengan，Yu Zhijia，Ma Jie，et al. Effects of drought resistant afforestation of *Pinus sylvestnis* var. *mongolica* in mountainous area of Southern Ningxia under different planting patterns [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2021，41(5)：226-231.

Effects of Drought Resistant Afforestation of *Pinus Sylvestnis* var. *Mongolica* in Mountainous Area of Southern Ningxia Under Different Planting Patterns

Wang Zhengan，Yu Zhijia，Ma Jie，She Ping，Jia Baoguang，Li Ying
(*Guyuan Branch，Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences，Guyuan，Ningxia* 756000，*China*)

Abstract：[Objective] The effects of ecological engineering construction and afforestation at the initial stage in arid and semi-arid regions was evaluated quantitatively，in order to provide practical guidance for screening out more suitable afforestation treatment technical measures in this region. [Methods] In a *Pinus sylvestnis* var. *mongolica* plantation，five treatments were implemented：film mulching and watering (FW)，film mulching but no watering (F)，watering but no film mulching (W)，pruning (P)，and check (CK，no watering，no mulching，no pruning). Three evaluation indicators (survival rate，average annual growth，and afforestation cost at the initial stage) were measured，compared，and evaluated by using the membership function value method in fuzzy mathematics. [Results] Survival rate of the five treatments followed the order

收稿日期：2021-04-29 **修回日期**：2021-06-09
资助项目：国家自然科学基金委员会区域创新发展联合资助项目“黄土高原泾河流域森林植被水文功能的形成与补偿机制”(U20A2085)；中央财政林业科技推广示范项目([2021]ZY8)；国家重点研发计划项目(2017YFC0504602)
第一作者：王正安(1989—)，男(回族)，甘肃省天水市人，硕士研究生，研究实习员，主要从事森林生态水文方向研究。Email：1731967640@qq.com。
通讯作者：余治家(1966—)，男(汉族)，宁夏回族自治区固原市人，学士，正高职高级林业工程师，主要从事森林生态水文与苗木繁育研究工作。Email：lpsyzj@163.com。

of FW(96%)>F(95%)>P(92.3%)>W(91.3%)>CK(89.3%). Preservation rate followed the order of FW (94.6%)>F(94%)>W(87.3%)>CK(80%)>P(77%). Average annual growth followed the order of FW (14.6 cm)>F(13.5 cm)>W(11.5 cm)>P(10.6 cm)>CK(9.7 cm). Afforestation cost followed the order of FW (14 037.5 yuan/hm^2)>F(11 712.5 yuan/hm^2)>W(10 450 yuan/hm^2)>P(8 750 yuan/hm^2)>CK(8 125 yuan/hm^2). [Conclusion] Differences in the initial effect were obvious between the five afforestation treatments according to the comprehensive evaluation, and the overall order was F(0.674 4)>FW(0.666 7)>P (0.508 1)>W(0.425 6)>CK(0.333 3). Therefore, the technology of film mulching and no watering (F) provided the best overall effect and had the greatest potential for promotion and application.

Keywords: ***Pinus sylvestnis* var. *mongolica***; **film mulching**; **watering**; **drought-resistant afforestation technology**; **subordinate function values**

在中国西北干旱、半干旱地区,水资源的匮乏是制约恢复森林植被和改善生态环境的最重要限制因素之一,尤其干旱、半干旱地区在中国分布较广,占中国国土总面积的 50%左右[1-3]。宁夏南部山区位于黄土高原东段的西部干旱、半干旱区,该区域干旱少雨,年均蒸发量大、水土流失严重等问题,一直困扰着该区域以造林为主的植被恢复建设[4]。因此如何利用有效的人工造林技术进一步提升林木成活率显得非常必要且关键,随着国土绿化行动的大力实施,在该地区的荒山造林绿化中,普遍存在的问题是针叶树种造林苗木规格小,不敢用大规格苗木,栽植后还要普遍拉水浇灌等问题,导致:①由于苗木小,鼠、兔害严重,树木保存率低,难以郁闭成林;②由于要拉水灌溉,大量耗水耗油,既污染了环境,又加剧了水和石油资源的消耗,还加大了造林成本;③因造林难度大、造林成活率低、保存率低、林分稳定性差等,已成为制约该地区森林植被恢复的主要问题,使贫困缺水的干旱、半干旱山区生态建设质量难以提高,严重影响着生态建设的质量和速度。因此,量化不同造林处理措施的效果的评价,合理应用抗旱造林技术,研究如何采用合理的蓄水、保墒、节水措施来抗旱节水造林成为生产上急需解决的重要技术难题,通过有效解决林业工程抗旱造林中存在的问题,对林业生态建设的可持续发展,增加森林覆盖率,具有重要的现实意义。

樟子松(*Pinus sylvestnis* var. *mongolica*)是中国三北地区主要优良造林树种之一。由于其常绿树种、喜光耐寒,树干通直,生长较快,材质好,适应性强,已成为中国北方干旱、半干旱区营造防风固沙、水土保持林和用材林的主要树种[5]。近年来,随着社会经济的发展,中国林业工程规模也逐渐扩大,涉及到林业工程抗旱造林问题也逐渐备受国内外学者关注的热点,尤其干旱、半干旱地区抗旱造林技术措施的探究更是国内外学者研究的重点,针对干旱、半干旱地区抗旱造林技术的实际应用做了许多研究,主要从保墒技术措施增加林地水分供给和工程修筑集水等方面开展了具体研究,取得了众多成果。如孙彦楠等[6]对抗旱造林技术的应用研究表明,综合技术处理的效果大小依次为:保水剂+地膜+生根粉>保水剂+地膜>保水剂。王怀彪等[7]对毛乌素沙地樟子松抗旱造林关键技术研究认为立地条件对樟子松造林成活率和生长影响很大,造林成效依次为:覆沙黄土地>固定沙地>流沙地>半固定沙地。张源润等[8]对宁南半干旱退化山区抗旱造林技术研究表明,覆盖不仅能调节土壤的水热状况,还有保护果树根系不被盛夏地表高温灼烧的作用。曹楗翊等[9]对樟子松浇水覆膜技术及其保水效果研究认为樟子松的存活率和生长量大小依次为:浇水+覆膜>浇水+不覆膜>不浇水+不覆膜。但涉及干旱、半干旱区宁南山区的此类研究较少。杨彩霞[10]、高秀琴[11]只是对宁南山区抗旱造林技术要点简单阐述,缺乏相应基础试验研究。目前的山区造林仍然需大量的拉水浇灌,花费代价大,造林效果还不明显,造成了人力、物力和资源的浪费。因此,研究与探讨适宜的抗旱造林技术,对开展该区域抗旱造林示范,探索科学、合理适用的造林技术方法和困难立地造林绿化进程和生态恢复具有现实的指导和借鉴意义。

本文基于造林初期的 3 个指标(成活率、年均生长量及造林成本)提高的幅度为衡量指标,应用模糊数学隶属函数值法对干旱半干旱的叠叠沟小流域内 5 种不同造林处理措施的初期效果进行综合比较与评价,以期筛选出较为适宜的造林处理技术措施应用于实践,有效解决干旱半干旱区缺水导致造林成活率底的问题,为指导当地的森林植被建设和水资源综合管理提供理论基础,也为当地林业生态工程中合理造林提供技术依据。利于森林资源造林培育科学化管理以及对该技术的推广应用具有参考价值。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

宁夏南部山区位于祁连山地槽东翼与鄂尔多

斯台地西缘之间，地理坐标 150°09′—106°58′E，34°14′—37°04′N。土地总面积 16 775.65 km²，占宁夏土地总面积的 32.4%。属黄河中上游黄土丘陵沟壑区，有林地面积 204,530 hm²，森林植被覆盖率为 17.6%。自 20 世纪 60 年代开始大规模营造人工林，是典型的森林草原向干草原过渡地段，干旱少雨，自然灾害频繁，是病虫鼠危害的典型区域，也是土石质山区造林难度较大，保存率较低的地区。

本试验设置在固原市叠叠沟林场所在的小流域地理坐标为 106°08′44″E，35°58′10″N，坡度为 10°～20°，土壤厚度大于 80 cm，0—100 cm 土层容重为1.08 g/cm³，0—100 cm 土层总孔隙为 58.78%。叠叠沟林场距固原市区 15 km，一般海拔大部分在 1 975～2 615 m 之间，年平均气温 6～7 ℃，年降水量 450 mm，且主要集中在 7—9 月，年平均蒸发量 1 420 mm，土壤类型为灰褐、黑壤、黄壤土，温带大陆性气候，属六盘山背风坡土石质山区[12]。20 世纪 80 年代，受人为和自然因素的影响，林地面积少，多处属于荒山地区，90 年代随着国家对林业的重视，结合实施了以退耕还林、天保工程等一系列林业生态建设与等综合治理措施，经过几代林业人的努力，人工营造山桃林、落叶松林、沙棘林等，有林地、灌木林地面积倍增，未成林造林地、无林地和非林业用地面积明显减少，逐步恢复着自然生物链。初步形成了一个比较完整的森林生态系统，同时，也为固原市增添了一道亮丽的生态景观。

1.2 研究方法

1.2.1 *试验材料和设计* 试验材料为当地苗圃培育的实生苗木，苗高为 2.0～2.5 m，土球规格为 40 cm，于 2018 年 4 月中旬上山进行随机区组分摊处理，实施补植造林试验。按照造林技术要求，在六盘山外围土石山区选择 15 个样地，每个样地 50 株栽植 750 株樟子松，按照试验处理方式分别设置〔修剪、未浇水＋覆膜、浇水＋覆膜、浇水＋未覆膜和对照(CK)〕各设置 3 个重复样地，总计 15 个样地。

1.2.2 *试验造林栽植方法* 2020 年 4 月中旬进行春季造林试验，林地整地方式为鱼鳞坑整地，鱼鳞坑外高内低，平行于等高线开挖，坑深规格为 80 cm(长)×60 cm(宽)×50 cm(深)，将挖完鱼鳞坑后的熟土立即回填到鱼鳞坑中，埋土深度超过树苗根径 20 cm；踏实后上面盖一层 2 cm 的细土，最后形成高 20～30 cm 宽 40 cm 的拦水埂，用于降雨蓄水。栽植时放置阻隔网；阻隔网孔大小为 1.5 cm，网高 50 cm，长度根据树坑周长确定，放置方法为挖栽植坑时，放置防鼠网形成圆筒形状，剪比坑周长长 10 cm 的阻隔网紧贴坑壁放置好，再向坑内放厚 2～3 cm 的回填湿土，压倒网子周边，使坑底形成一个倒馒头状小坑，把树苗放入，先向周围填入细土，夯实，使土与阻隔网和土球紧密接触，再填满细湿土踏实，上面盖一层细土。株行间距为 3 m×3 m。

遵循组内同质和组间异质原则，把 5 种处理的樟子松随机分别隔行种植在 15 个样地内，原则上要最大限度的降低对苗木成活率及保存率对试验结果的影响。并在当年 10 月进行存活率和第 2,3 a 的 10 月进行连续 2 a 的保存率调查。

1.2.3 *土壤含水量测定* 于栽植当年(2018 年)开始，在生长季内(4—9 月)用土钻法测定不同处理技术措施样地的土壤含水量，取样日期固定为每个月的(月末或月初)取一次。在样地内分为 3 层：0—15，15—30，30—45 cm 深度取样，将取回的样品带回实验室利用烘箱在 105 ℃恒温下烘干至恒重，计算土壤质量含水量。

1.2.4 *数据统计分析* 数据分析通过 SPSS 21.0 统计软件和 Excel 2003 整理。采用模糊数学隶属函数法[13]对数据进行分析，以确定各指标对樟子松造林处理措施的影响程度，评价其效果性。

隶属函数计算公式：正向指标(越大越好的指标)采用

$$Z_{ij}=(X_{ij}-X_{i\min})/(X_{i\max}-X_{i\min}) \quad (1)$$

反向指标(越小越好的指标)采用

$$Z_{ij}=1-(X_{ij}-X_{i\min})/(X_{i\max}-X_{i\min}) \quad (2)$$

式中：Z_{ij} 为 i 处理 j 指标的隶属函数值；X_{ij} 为 i 处理 j 指标的隶属函数值；$X_{i\min}$ 和 $X_{i\max}$ 分别为各处里指标值的最大值和最小值。

2 结果与分析

2.1 不同造林处理方式对土壤水分的影响

由图 1 可知，在土壤蒸发强烈的 6—8 月，浇水＋覆膜和不浇水＋覆膜的土壤含水率均保持在 27%以上，明显高于其余 3 个处理技术措施〔修剪、不覆膜＋浇水和对照(CK)〕，土壤含水率保持在 27.38%～37.46%之间，且一直维持在较高水平；对照(CK)土壤含水率保持在 21.9%～34.21%之间。从土壤含水率最小值看，覆膜与对照相比增幅为 25.02%，从土壤含水率最小值看，覆膜与对照相比增幅为 9.5%。可见，覆膜可以提高土壤含水率，可以起到保墒，保持土壤水分的作用。

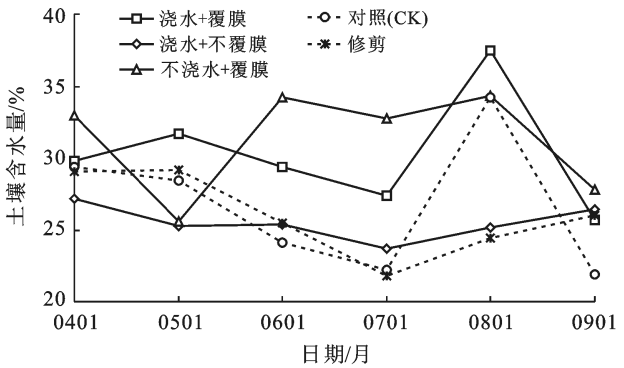


图 1　不同处理技术措施对土壤水分的影响

2.2　不同造林处理方式对林木成活与生长量的影响

由表 1 可知,不同造林处理方式的樟子松成活率以覆膜＋浇水(96%)最大,以对照(CK,89.3%)最小。经差异显著性检验,覆膜＋浇水、覆膜＋不浇水、不覆膜＋浇水、修剪和对照(CK)之间的存活率不存在显著的差异,但是成活率大小依次为:覆膜＋浇水(96%)＞覆膜＋不浇水(95%)＞修剪(92.3%)＞不覆膜＋浇水(91.3%)＞对照(CK,89.3%),从各处理方式成活率较对照 (CK)提高幅度而言,大小依次为:覆膜＋浇水(7.5%)＞覆膜＋不浇水(6.4%)＞修剪(3.3%)＞不覆膜＋浇水(2.2%),因此通过试验数据表明,覆膜＋浇水的造林方式可提高苗木的成活率。

表 1　不同处理方式樟子松成活率与生长情况比较

不同处理方式	成活率较对照提高/%	成活率及保存率					较对照提高/%
		2018 年	2019 年	2020 年	2 a 均保存率/%	年均生长量/cm	
覆膜＋浇水	7.5	96.0±0.00^{a}	95.0±1.00^{a}	94.6±1.15^{a}	94.8	14.6	50.5
覆膜＋不浇水	6.4	95.0±3.00^{a}	94.0±2.00^{a}	94.0±2.00^{a}	94.6	13.5	39.2
不覆膜＋浇水	2.2	91.3±5.05^{a}	90.3±4.72^{a}	87.3±6.42^{ab}	88.8	11.5	18.6
修 剪	3.3	92.3±2.51^{a}	88.3±7.63^{a}	77.0±5.00^{ab}	82.7	10.6	9.3
对照(CK)	0.0	89.3±9.01^{a}	85.3±6.42^{a}	80.0±12.16^{ab}	82.7	9.70	0.0

注:同列中不同字母表示差异显著(0.05 水平)。

由表 1 可知,通过连续对 2 a 樟子松的保存率调查可知,2019 年不同造林处理方式的樟子松成活率以覆膜＋浇水(95%)最大,以对照(CK)(85.3%)最小。经差异显著性检验,覆膜＋浇水、覆膜＋不浇水、不覆膜＋浇水、修剪和对照(CK)之间的存活率不存在显著的差异,但保存率大小依次为:覆膜＋浇水(95%)＞覆膜＋不浇水(94%)＞不覆膜＋浇水(90.3%)＞对照(CK,88.3%)＞修剪(85.3%)。2020 年不同造林处理方式的樟子松成活率以覆膜＋浇水(94.6%)最大,以修剪(77%)最小。经差异显著性检验,覆膜＋浇水、覆膜＋不浇水与不覆膜＋浇水、修剪和对照(CK)之间的保存率存在显著的差异($p<0.05$)。但保存率大小依次为:覆膜＋浇水(94.6%)＞覆膜＋不浇水(94%)＞不覆膜＋浇水(87.3%)＞对照(CK,80%)＞修剪(77%)。从连续 2 a 的保存率均值来看大小依次为:覆膜＋浇水(94.8%)＞覆膜＋不浇水(94.6%)＞不覆膜＋浇水(88.8%)＞对照(CK)和修剪(82.7%),由此表明,覆膜具有保温、保墒等作用,从而提高苗木的保存率。

通过 3 a 的生长量调查数据表明,不同造林处理方式的均生长量大小依次为:覆膜＋浇水(14.6 cm)＞覆膜＋不浇水(13.5 cm)＞不覆膜＋浇水(11.5 cm)＞修剪(10.6 cm)＞对照(CK,9.7 cm),其中各处理方式生长量较对照 (CK)相比而言以覆膜＋浇水(50.5%)的幅度最高,修剪(9.3%)幅度最低,因此通过试验数据表明,覆膜＋浇水的造林方式对提高苗木的生长量有明显的促进作用。

2.3　不同造林处理方式的成本分析

通过不同造林处理方式,较对照增加了额外的费用,该造林地距离水源地 9 km,造林苗木为 2.0～2.5 m 米樟子松。各处理方式造林的成活率均高于 85%(表 2),符合干旱半干旱区造林成活率的标准。按照市场用价及实际用量计算如表 3 所示。

以株行距 2 m×4 m 设计为例,可栽植1 250 株/hm^2,通过不同处理方式造林质量对应比较(表 4—5),对照(CK)的合计成本费为 8 125 元/hm^2。覆膜＋浇水造林方式成本为 14 037.5 元/hm^2,覆膜＋不浇水造林方式成本为 11 712.5 元/hm^2,不覆膜＋浇水造林方式成本为 10 450 元/hm^2,修剪造林方式成本为 8 750 元/hm^2。

研究结果表明:通过地表覆膜覆盖,保墒措施提高了造林成活率和保存率,促进了苗木生长,同时造林成本也随之增加,而造林质量(此处指造林成活率、保存率与苗木生长量)提高的幅度,较对照(CK)增加幅度大。为说明各处理造林成本与对照相比是否经济合算,假设以造林成活率为例,假设让对照的造林

成活率达到相应的处理标准，需要通过补植来实现，而补植需要增加成本，补植增加的成本，加上原对照的成本，即是使对照成活率达到相应处理标准时的造林成本。

表 2 不同处理方式造林质量与成本

不同处理方式	成活率/%	较对照提高/%	保存率/%	较对照提高/%	年均高生长量/cm	较对照提高/%	造林成本/(元·hm^{-2})	较对照增加/%
覆膜＋浇水	96.0	7.5	94.8	14.6	14.6	50.5	14 037.5	72.7
覆膜＋不浇水	95.0	6.4	94.6	14.4	13.5	39.2	11 712.5	44.2
不覆膜＋浇水	91.3	2.2	88.8	7.4	11.5	18.6	10 450.0	28.6
修 剪	92.3	3.3	82.7	—	10.6	9.3	8 750.0	7.6
对照(CK)	89.3	—	82.7	—	9.70	—	8 125.0	—

表 3 不同处理方式造林成本 元/株

不同处理方式	覆膜费(1)	水费(2)	耗油费(3)	辅助费(4)	苗木费(5)	挖坑费	运输费	综合费
覆膜＋浇水	2.87	0.6	0.46	0.8	4	2	0.5	11.23
覆膜＋不浇水	2.87	—	—	—	4	2	0.5	9.37
不覆膜＋浇水	—	0.6	0.46	0.8	4	2	0.5	8.36
修 剪	—	—	—	0.5	4	2	0.5	7.00
对照(CK)	—	—	—	—	4	2	0.5	6.50

注：①覆膜费(采用聚乙烯流滴耐老化棚膜)；②水费(按实际每方水可以浇灌 40 株苗木，水费 25 元/m^3，每株苗木浇水 0.06 m^3)为 0.6 元/株；③耗油费(每株苗木拉水耗柴油 0.089 72 升，每升柴油市场价 5.16 元)为 0.46 元/株；④辅助费(每株苗木因拉水浇苗所产生的车费和人工费)为 0.8 元/株。⑤苗木费 4 元/株，挖坑栽植费 2 元/株，运输费为 0.5 元/株；修剪每株人工费 0.5 元/株。

表 4 对照造林成活率预达不同处理方式时的造林成本比较

预达不同处理方式	预达成活率/%	补苗率/%	补植成本/(元·hm^{-2})	预达成本/(元·hm^{-2})	处理方式成本/(元·hm^{-2})	成本提高率/%
覆膜＋浇水	96.0	7.5	421.9	14 459.4	14 037.5	3.01
覆膜＋不浇水	95.0	6.4	360.0	12 072.5	11 712.5	3.07
不覆膜＋浇水	91.3	2.2	123.8	10 573.8	10 450.0	1.18
修 剪	92.3	3.3	185.6	8 935.6	8 750.0	2.12
对照(CK)	89.3	0	0	0	8 125.0	—

注：表中“补苗率”是指对照造林成活率预达相应处理方式时，需要补植苗木的比例。“预达成本”是指对照预达相应处理方式类型造林成活率时的造林成本；“处理方式成本”是指不同处理方式类型的造林成本。

以修剪为例，设补植率为 M(占原来栽植株树的百分比)，可使补植后的对照总体成活率达到修剪处理的标准，为便于计算，假定补植成活率与对照成活率相同，可得出：

$$89.3\%+M\times 89.3\%=92.3\%$$

经计算，$M=3.3\%$。补植时除挖穴栽植费 2 500 元/hm^2 外，其他费用照常，合计为 5 625 元/hm^2，按照补苗率 3.3%计算，补植成本为 5 625×3.3%＝185.6 元/hm^2

同理可计算出对照达其他处理成活率时补苗率及补植成本，进而计算出对照达到相应处理成活率标准时的造林成本；其中达覆膜＋浇水标准时的补苗率为 7.5%，补植成本为 5 625×7.5%＝421.9 元/hm^2，覆膜＋不浇水标准时的补苗率为 6.4%，补植成本为 5 625×6.4%＝360 元/hm^2，不覆膜＋浇水标准时的补苗率为 2.2%，补植成本为 5 625×2.2%＝123.8 元/hm^2，其中预达成本较类型成本处理(覆膜＋浇水、覆膜＋不浇水、不覆膜＋浇水和修剪)分别增加了 3.01%，3.07%，1.18%和 2.12%。

2.4 不同处理技术措施初期效果综合评价

为了对不同造林处理方式效果进行综合比较与评价，选取各处里方式较对照(CK)在造林初期的 3 个指标，成活率、年均生长量及造林成本提高的幅度为衡量指标，采用模糊数学隶属函数值法，对其进行综合评价排序(表 5)。

由表 5 可知，排序是不同处理方式好坏的综合表现。计算得出不同处理方式的综合指数，其值越大，表示初期效果越强，反之其值越小，表示初期效果越弱。5 种造林处理方式的初期效果综合评价差异明显，由强到弱排序为：覆膜＋不浇水(0.674 4)＞覆膜＋浇水(0.666 7)＞修剪(0.508 1)＞不覆膜＋浇水(0.425 6)＞对照(CK)(0.333 3)。可见，在造林初期，

覆膜是土壤保墒、促进苗木生长较为理想的抗旱造林技术措施。从造林成活率、生长量和造林成本方面看,覆膜+不浇水处理较其他措施优越,而且造林成本增加率较低。

表 5　不同处理方式提高造林质量及增加成本综合评价

不同处理方式	成活率提高率	年均高生长提高率	造林成本增加率	平均值	排序
覆膜+浇水	1	1	0	0.666 7	2
覆膜+不浇水	0.85	0.78	0.393 2	0.674 4	1
不覆膜+浇水	0.30	0.37	0.606 8	0.425 6	4
修 剪	0.45	0.18	0.894 3	0.508 1	3
对照(CK)	0	0	1	0.333 3	5

3　讨 论

在中国西北干旱半干旱地区,对樟子松生长及成活率起主导作用的主要是土壤水分[14],它是抗旱造林亟需解决的主要技术问题之一。宁南山区叠叠沟小流域处于干旱、半干旱区的典型土石山区,水分是其决定造林质量的主导因子,因此本研究基于此,开展了抗旱造林技术试验研究,结果表明覆膜这一造林技术措施对樟子松人工林苗木培育具有显著的促进作用,通过试验可知,覆膜对土壤水分动态有极大的影响,尤其在蒸发强烈的 7—8 月,覆膜措施的土壤含水量明显增加,大约比对照多 6%,这样直接会影响樟子松当年的存活率与生长质量,这与曹楗翊等[9]研究结果较一致。究其原因主要是起保墒和保温的双重作用,由于覆膜导致了膜下土壤处于水分内循环,增温导致水分蒸发后形成水滴,又不断的输送给土壤,使地表土层能在蒸发强烈的月份有长期无效降水补给,同时还可抑制深层土壤的蒸发;同时进入寒冷的秋季之后,覆膜可以提高土壤温度,改善局部小环境,利于林木的生长。

本研究中针对 5 种〔覆膜+不浇水、覆膜+浇水、不覆膜+浇水、修剪和对照(CK)〕造林技术措施,无论从土壤的含水量、还是造林成活率、生长量和造林成本综合而言,在造林的初期覆膜效果优势较其他几种造林技术措施明显。这主要是由于苗木在覆膜的前提条件下,会阻断土壤表层的水分强烈蒸发,具有节能、节水、保墒和增温等特点,使得樟子松苗木能在恶劣的环境下保持正常生长。有报道称自覆膜技术被推广应用后,每年以 15%～20%的速度在全国增加[15],当然这在一定程度上会造成环境污染,如何降低覆膜副作用也需要解决这一问题。研究表明[5],以造林成活率、年均高生长量和初期造林成本提高幅度为指标,对各处理进行综合评价和排序依次为:覆膜>覆沙>覆秸秆>对照。曹楗翊等[9]对樟子松浇水覆膜技术及其保水效果研究也表明,以樟子松的存活率和生长量为指标,对其造林效果大小依次为:浇水+覆膜>浇水+不覆膜>不浇水+不覆膜,这与本研究在干旱半干旱叠叠沟小流域的研究一致,因此造林时可采用覆膜覆盖苗木穴坑表面进行保湿处理,这样简便易行,便于操作,效果良好。

针对干旱、半干旱地区造林,首先带好土球,保好根系;其次要精细整地,用足雨水。整地时一定保证 3 个核心技术措施要点:①必须把 80 cm×60 cm×50 cm 的鱼鳞坑范围内的生土(即距离地面 50 cm 深的土)全部挖出来打好边埂;②坑完成后必须立即用顶层和鱼鳞坑上面的熟土(即地面至距离地面 20 cm 深的土)回填,留 10 cm 深坑即可;③在鱼鳞坑的上边坡两侧各修拦水沟;其次挖坑即栽植,防止土壤失水;再次深挖深栽,充分利用地下水,同时在栽完苗木之后,若有大风,一定要核查苗木,对其树根裂隙要填土踩实。同时用好阻隔网,严防鼢鼠危害。最后覆膜时塑料膜要铺平,四周和中心用土压紧、压实,避免弄破塑料膜。未来还需加强土壤养分和立地条件的类型划分,使林木生长除了水分以外,更多的考虑到立地类型和土壤本身的改良作用,使林木生长更加因地制宜,适地适树。当然苗木的健康生长是多种因素共同作用的结果,除此之外,对苗木施肥处理方式、不同整地方式等开展综合机理—机制研究,量化多种因素,才能满足苗木的生长需求,以更深入和全面地认识不同区域适宜树种的生长机理,获得造林的良好效益,为干旱半干旱地区的绿化造林而言具有十分重要的指导意义。

4　结 论

在干旱半干旱地区的叠叠沟小流域,通过 5 种造林技术模式研究表明,其土壤含水量、存活率、生长量和造林成本指标存在明显差异。土壤含水量以覆膜造林技术措施增加更明显。造林经济成本投入大小依次为:覆膜+浇水(14 037.5 元/hm^2)>覆膜+不浇水(11 712.5 元/hm^2)>不覆膜+浇水(10 450.0元/hm^2)>修剪(8 750.0 元/hm^2)>对照(CK,8 125.0 元/hm^2)5 种造林处理方式的隶属函数值法初期效果综合评价结果显示,覆膜+不浇水造林初期效果最佳,综合值为 0.674 4,对照(CK)效果最差,综合值为 0.333 3,覆膜+浇水、修剪和不覆膜+浇水的效果综合值以此为 0.666 7,0.508 1,0.425 6。研究结果可为干旱半干旱地区基于有限水资源的植被恢复和管理特别是干旱少雨的西北地区具有非常重要的指导意义。

(下转第 237 页)

拦减粗泥沙分析[J].水利学报,2006,37(4):443-450.
[2] 方学敏,万兆惠,匡尚富.黄河中游淤地坝拦沙机理及作用[J].水利学报,1998,29(10):50-54.
[3] 高健翎,高云飞,岳本江,等.人民治理黄河 70 年水土保持效益分析[J].人民黄河,2016,38(12):20-23.
[4] 陈晓梅.黄土高原地区淤地坝的形成与发展[J].山西水土保持科技,2006(4):20-21.
[5] 张金良,苏茂林,李超群,等.高标准免管护淤地坝理论技术体系研究[J].人民黄河,2020,42(9):136-140.
[6] 魏霞,李占斌,武金慧,等.淤地坝水毁灾害研究中的几个观念问题讨论[J].水土保持研究,2007,14(6):154-156,159.
[7] 于沭,陈祖煜,杨小川,等.淤地坝柔性溢洪道泄流模型试验研究[J].水利学报,2019,50(5):612-620.
[8] 黄国俊,蒋定生.黄土地区修建淤地坝的设计洪水标准[J].水土保持通报,1988,8(2):52-56.
[9] 胡建军,秦向阳,王逸冰,等.韭园沟流域相对稳定坝系防洪标准研究[J].人民黄河,2002,24(1):22-23.
[10] 中国人民共和国水利部. SL/T 804-2020 淤地坝技术规范[S].北京:中国水利水电出版社,2020:7-9.
[11] 中华人民共和国水利部. SL 289-2003 水土保持治沟骨干工程技术规范[S].北京:中国水利水电出版社,2003:7-10.
[12] 时振阁,金玉玺.小流域设计洪水误差分析及改进措施[J].南水北调与水利科技,2009,7(5):114-117.
[13] 张丽伟,滕凯.小流域设计洪水推理公式简化计算[J].水资源与水工程学报,2013,24(5):219-222.
[14] 陈家琦,张恭肃.小流域暴雨洪水计算问题[M].北京:水利电力出版社,1983.
[15] 陈家琦,张恭肃.推理公式的应用和改进[J].水文,1983,3(1):2-3.
[16] 程小春,张善余.推理公式的一种简化算法:牛顿迭代法[J].水利水电科技进展,2002,22(3):13-15.
[17] 王国安,贺顺德,李荣容,等.论推理公式的基本原理和适用条件[J].人民黄河,2010,32(12):1-4.
[18] 黄启有,谷洪钦,华家鹏,等.应用推理公式推求不同形状小流域设计流量[J].水电能源科学,2010,28(1):22-24.
[19] 邱林,孙元元,周生通.一种基于 VB 求解小流域设计洪峰流量的图解方法[J].水文,2012,32(1):18-21.
[20] 田景环,梁文涛.应用 Matlab 求解小流域推理公式的方法[J].水文,2013,33(1):79-81.
[21] 索明生,张靖梅.推理公式中汇流参数对洪水计算的影响分析[J].杨凌职业技术学院学报,2013,12(2):39-41.
[22] 辛波.改进的推理公式法在无资料地区山洪评价计算中的应用[J].水利技术监督,2018(2):77-79,181.
[23] 董秀颖,刘金清,叶莉莉.特小流域洪水计算概论[J].水文,2007,27(5):46-48.
[24] 吴婉玲,谢华伟,陈晓东.特小流域暴雨洪水计算研究概述[J].浙江水利水电专科学校学报,2010,22(3):30-33.
[25] 叶守泽,詹道江.工程水文学[M].北京:中国水利水电出版社,2000.
[26] 延安地区实用水文手册[S].延安,延安地区革命委员会水电局,1971.
[27] 内蒙古自治区水文手册[S].呼和浩特,内蒙古自治区革命委员会水利局,1977.

(上接第 231 页)

[参 考 文 献]

[1] 余优森.我国西部的干旱气候与农业对策[J].干旱地区农业研究,1992,10(1):1-8.
[2] 王正安,邸利,王彦辉,等.六盘山半干旱区华北落叶松林土壤水分对降雨的响应[J].干旱区资源与环境,2018,32(4):144-151.
[3] 刘芝芹,王克勤.人工植被坡面产流问题研究进展[J].西南林学院学报,2004,24(2):65-69,75.
[4] 李英武,柳晔,海钦.宁南山区抗旱集流整地及树种配置技术[J].林业实用技术,2008(5):23-24.
[5] 王力刚,李峰,王炜烨,等.黑龙江西部地表覆盖保墒的抗旱造林技术[J].中国水土保持科学,2016,14(2):147-154.
[6] 孙彦楠,周广柱,祝龙,等.抗旱造林技术的应用研究[J].中国农学通报,2006,22(2):118-120.
[7] 王怀彪,潘鹏,高保山.毛乌素沙地樟子松抗旱造林关键技术研究[J].西北林学院学报,2009,24(6):70-73.
[8] 张源润,蔡进军,许畴.宁南半干旱退化山区抗旱造林技术研究[J].水土保持研究,2005,12(6):133-135,141.
[9] 曹楗翊,屈升银,孙占锋.樟子松浇水覆膜技术及其保水效果研究[J].安徽农业科学,2011,39(22):13489-13491.
[10] 杨彩霞.宁南山区抗旱造林技术[J].现代农业科技,2014,(11):180.
[11] 高秀琴.宁南山区黄土丘陵沟壑区抗旱造林技术的组装配套与应用[J].宁夏农林科技,2008,49(1):94-41.
[12] 刘彬彬.六盘山叠叠沟小流域两种典型植被的主要蒸散特征研究[D].甘肃 兰州:甘肃农业大学,2015.
[13] 韩瑞宏,卢欣石,高桂娟,等.紫花苜蓿抗旱性主成分及隶属函数分析[J].草地学报,2006,14(2):142-146.
[14] 杨文治,马玉玺,韩仕峰,等.黄土高原地区造林土壤水分生态分区研究[J].水土保持学报,1994,8(1):1-9.
[15] 王斌瑞,罗彩霞,王克勤.国内外土壤蓄水保墒技术研究动态[J].世界林业研究,1997,10(2):38-44.