

北亚热带高山区日本落叶松造林整地与抚育技术的研究

孙晓梅¹, 张守攻^{*}, 祁万宜², 王军辉¹, 张鲜艳³

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 湖北宜昌市林业科学研究所, 湖北 宜昌 443111;
3. 湖北宜昌市大老岭林场, 湖北 宜昌 443111)

摘要: 对“八五”期间在湖北省宜昌市大老岭林场按 4×3 析因设计的日本落叶松不同整地与抚育方式试验林 15 a 观测数据进行了分析, 研究了不同整地方式、抚育方式及其交互作用对日本落叶松历年生长量的影响, 并对经济效益进行了对比分析, 为该区发展短轮伐期纸浆用材林提出了适宜的整地、抚育方式。研究结果表明: 整地方式对日本落叶松生长和造林保存率有一定影响, 尤其对造林次年高生长量影响显著, 对 15 年生蓄积量的影响也达 10% 的显著水平, A₁ (60 cm×60 cm×35 cm) 的造林次年高生长、15a 蓄积量均显著高于对照, 15 年生时 A₁ 的胸径、树高、单木材积和蓄积量分别比对照提高 3.36%、3.61%、12.29% 和 38.98%。抚育方式对造林后第 3 年保存率的影响达 10% 的显著水平, B₂ (7 月上旬挖坑除草 1 次, 在 8 月中旬再全面割灌 1 次的抚育方式) 的保存率显著高于 B₃ (8 月上旬全面割灌 1 次的抚育方式), 但 3 种抚育方式对各年生长量的影响并不显著。尽管整地方式与抚育方式的交互作用对各年生长量的影响并没有达到统计意义上的显著水平, 但整地抚育组合 A₁B₂ 的各年生长量均高于其它组合, 15 年生时其胸径、树高、材积和蓄积量比 A₀ (对照) B₂ 分别提高 12.56%、14.65%、53.13% 和 68.16%, 且 A₁B₂ 的净现值最高, 资金利用效果也较好; 而 A₃B₃ 的盈利率最高, 其净现值也高于平均水平。

关键词: 日本落叶松; 整地方式; 幼林抚育; 生长量; 经济效益分析

中图分类号: S791.22

文献标识码: A

Influence of Site Preparation and Tending on *Larix kaempferi* Growth for Northern Sub-tropical Alpine Area

SUN Xiaomei¹, ZHANG Shou-gong^{*}, QI Wan-yi², WANG Jun-hui¹, ZHANG Xian-yan³

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China
2. Research Institute of Forestry in Yichang City, Yichang 443111, Hubei, China
3. Daholing Forestry Farm, Yichang City, Yichang 443111, Hubei, China)

Abstract The influence of site preparation and tending on *Larix kaempferi* growth was studied based on the experimental forest of 4×3 site preparation and tending methods set up during Eighth Five-year-plan period. The results showed that different site preparation methods affected the growth and survival rate of *Larix kaempferi*, especially significantly affected the annual growth after afforestation. The suggested site preparation for short rotation industrial plantation of *Larix kaempferi* in northern sub-tropical alpine area was hole reclamation with A₁ (60 cm×60 cm×35 cm), of which the diameter, height, volume and standing stock at 15-year-old were 3.36%, 3.61%, 12.29%, and 38.98% respectively higher than that of A₀. Differences in tree growth among 3 tending methods were not statistically significant. And the interaction of site preparation and tending affected the growth insignificantly, but the DBH, tree height, volume and standing stock of

收稿日期: 2006-07-13

基金项目: 国家“十一五”科技支撑课题 (2006BAD24B06)

作者简介: 孙晓梅 (1968—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事落叶松良种选育技术的研究。

* 通讯作者, 博士生导师, 研究员, 主要研究方向: 森林培育和林木遗传育种。

A_1B_2 at 15-year old were 12.56%, 14.65%, 53.13% and 68.16% respectively higher than that of A_0B_2 . Therefore A_1B_2 site preparation and tending combined method was suggested for the area for short rotation industrial plantation of *Larix kaempferi*, namely hole reclamation with 60 cm \times 60 cm \times 35 cm and twice a year tending, one in July with hole reclamation and grass-cutting and the another one in August with clear cutting.

Key words *Larix kaempferi*, site preparation, tending, growth, economic analysis

造林整地和幼林抚育是人工林培育的重要措施,适当整地和抚育对于改善不良立地的土壤条件,减少杂草和非目的树种的竞争,促进林木生长具有一定作用。日本落叶松 (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr) 原产于日本本州岛中部山区,具有适应性强、生长快、产量高、材质好、用途广等优点,在我国引种已有 100 多年的历史^[1]。三峡地区引种日本落叶松始于 20 世纪 50 年代末,80 年代以来在世界银行林业贴息贷款项目和国家长防林工程项目的支持下,开始在北亚热带高山区大面积营建日本落叶松丰产林,该区域正成为我国新的日本落叶松用材林基地^[2]。过去日本落叶松栽培技术的研究主要集中在东北主产区^[3,4],而对于亚热带高海拔山区,由于引种时间较晚,开展的相关研究较少。因此,课题组针对该区域大面积引种日本落叶松急需解决的栽培技术问题,在“八五”期间设置了整地、抚育试验林,研究不同整地方式、抚育方式对日本落叶松生长的影响,以期为该区域提出经济有效的整地和抚育措施。

1 试验地自然概况

试验林设在西陵峡北岸的宜昌市国有大老岭林场荒口伐区。大老岭林场地处我国地貌第二级台阶

的东缘,属大巴山系荆山余脉,与江南武陵山余脉相对应。气候属亚热带季风气候区,日照长,强度低,四季分明,凉爽多雨,春长夏雨,秋雾冬寒。年均气温 8℃,最低气温 -15℃,最高气温 30℃。全年无霜期 180 d 左右,年降水量 1 400~1 600 mm,年均空气相对湿度达 85% 以上,气候条件与日本落叶松原产地十分相似。

试验地位于 31°06'09" N, 110°59'35" E, 海拔 1 700 m, 坡度 20°, 坡位中, 坡向西。造林前为华山松 (*Pinus amandii* Franch.) 人工林和少量天然阔叶树混交林的采伐迹地, 天然阔叶树以锥栗 (*Castanea henryi* (Skan) Rehd et Wils)、茅栗 (*C. seguinii* Dode)、光皮桦 (*Betula luminiifera* H. Winkl)、大叶杨 (*Populus lasiocarpa* Oliv) 为主, 林下植物以天然盐肤木 (*Rhus chinensis* Mill)、宜昌木姜子 (*Litsea ichangensis* Gamble) 和箬竹 (*Indocalamus longiauritus* Hand-Mazz)、卵果蔷薇 (*Rosa helenae* Rehd et Wils)、大丁草 (*Leibnizia anandria* (L) Nakai) 和蕨类等植物为主。试验地土壤为花岗岩风化发育的山地黄棕壤。土层厚达 87 cm, 无侵蚀现象。试验林地土壤养分状况见表 1。

表 1 日本落叶松整地与抚育试验林土壤养分状况

土层	pH 值	有机质 / (g·kg ⁻¹)	全 N / (g·kg ⁻¹)	全 P / (g·kg ⁻¹)	全 K / (g·kg ⁻¹)	阳离子交换量 / (cmol(+)·kg ⁻¹)	土壤特点
A	6.35	2 765.9	0.132 4	0.016 8	1 010.8	1 155.8	0~19 cm, 棕灰砂壤, 疏松, 根系多
B	6.40	2 596.4	0.107 9	0.026 4	1 960.8	0 142.2	19~42 cm, 深灰黄砂壤, 小块状结构, 疏松, 根系较少
C	6.40	0 377.8	0.024 8	0.026 0	1 845.5	0 137.8	42~87 cm, 灰黄砾土, 粒状结构, 较紧实, 含砾量 9%

2 研究方法

2.1 试验设计

试验按 4 \times 3 析因设计, 5 次重复, 12 个小区, 每小区 64 株, 8 株 \times 8 株正方形排列。整地方式分为 60 cm \times 60 cm \times 35 cm (A_1)、40 cm \times 40 cm \times 35 cm (A_2)、25 cm \times 25 cm \times 35 cm (A_3) 和对照 (A_0 , 不整地) 4 种规格。抚育方式分为 3 种: B_1 , 造林后连续 3 a (1992—1994 年) 在 7 月上旬带状割草、割

灌 1 次, 带宽 70 cm, 8 月中旬再全面割灌抚育 1 次, 割灌茬高 < 5 cm; B_2 , 造林后连续 3 a 在 7 月上旬挖坑除草、松土 1 次 (第 1 年按原来整地植穴大小松土, 以后随树木的生长逐年扩大, 松土深度 2~3 cm, 做到里浅外深不伤根), 8 月中旬再全面割灌 1 次; B_3 , 造林后连续 3 a 在 8 月上旬全面割灌 1 次。

参试的日本落叶松种子来源于辽宁省庄河种子库。1990 年春播种育苗, 1991 年冬季对造林地进行全面清理、整地, 并回填土, 1992 年春用 2 年生 1 级

苗造林, 造林密度为 $3\ 333\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 株行距 $1.73\ \text{m} \times 1.73\ \text{m}$, 造林次年春对死亡植株进行补植。试验林面积 $2\ \text{hm}^2$ 。

2.2 林分调查及统计分析方法

分别在 1993、1994、1998 及 2004 年树木生长停止后进行生长量调查, 测定树高、枝下高、当年高生长和胸径, 单株材积查《大老岭林场日本落叶松二元材积表》^[5]。分小区统计保存率和各生长量; 同时认真记录各项营林作业的投入费用。

方差分析采用 SAS/STAT 6.12 软件中 PROC ANOVA 过程计算, 并利用双因素分析和 LSD 多重比较方法研究整地方式、抚育方式对日本落叶松生长的影响^[6]。

2.3 经济效益分析指标^[7]

净现值为收益现值 (PVR) 与成本现值 (PVC) 之差: $NPV = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$, 式中: R_t 和 C_t 是时间 t 时的收益和成本, T 为轮伐期, r 为利率。

效益成本比: $BCR = PVR / PVC$ 。

内部收益率: $IRR =$ 净现值为零时的折现率。

3 结果与分析

3.1 整地方式对日本落叶松保存率和生长量的影响

整地方式对日本落叶松各年的保存率有一定影响, 保存率随整地规格的提高而升高 (图 1)。各处理不同年份保存率和生长量的方差分析结果表明, 整地方式对造林次年的当年高生长影响显著, 次年高生长随整地规格的提高而升高, 对 15 年生蓄积量影响达 10% 的显著水平, 对其它各年保存率和生长量的影响不显著 (表 2)。多重比较结果进一步表明 (表 3), 整地方式 A_1 、 A_2 的造林次年高生长显著高于对照 (A_0), 其中整地方式 A_1 的 15 a 蓄积量也显著高于对照。15 年生时

整地方式 A_1 的胸径 ($D_{1.3}$)、树高 (H)、单木材积 (V) 和蓄积量 (M) 分别比对照提高了 3.31%、3.61%、12.29% 和 38.98%。由此可知, 加大造林整地规格, 不仅有助于促进幼树早期高生长, 同时还可以显著提高落叶松短轮伐期纸浆用材林的蓄积量。

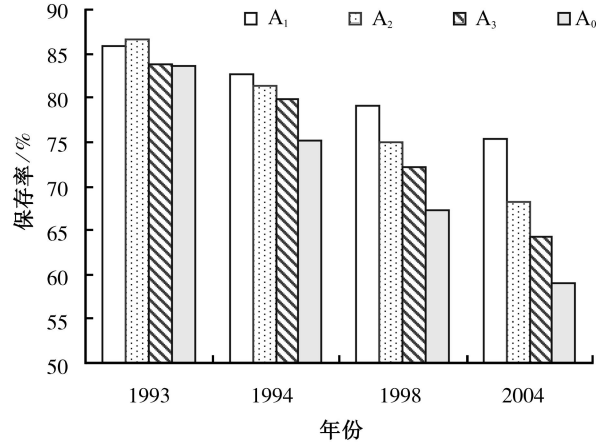


图 1 日本落叶松不同整地方式的历年保存率

表 2 不同整地方式的日本落叶松历年保存率和生长量方差分析

年龄 / a	指标	自由度	平方和	均方	F 值	$Pr > F$
4 (1993 年)	H	3	0.038 9	0.013 0	1.11	0.350 9
	$H_{\text{当年}}$	3	69.381 8	23.127 3	5.05	0.003 6
	$D_{\text{地}}$	3	0.054 0	0.018 0	0.68	0.569 9
	保存率	3	0.058 1	0.019 4	0.28	0.836 4
5 (1994 年)	H	3	0.077 2	0.025 7	1.03	0.387 1
	$H_{\text{当年}}$	3	298.661 3	99.553 8	1.32	0.276 0
	$D_{\text{地}}$	3	0.136 5	0.045 5	0.79	0.507 3
	保存率	3	0.219 5	0.073 2	1.12	0.347 1
9 (1998 年)	H	3	1.555 3	0.518 4	1.73	0.171 2
	$D_{1.3}$	3	2.495 2	0.831 7	1.82	0.153 8
	保存率	3	0.278 3	0.092 8	1.71	0.176 1
	H	3	1.923 3	0.641 1	0.65	0.588 1
15 (2004 年)	$H_{\text{枝下}}$	3	1.164 0	0.388 0	0.35	0.790 9
	$D_{1.3}$	3	3.583 2	1.194 4	0.83	0.481 6
	V	3	0.001 1	0.000 4	0.98	0.410 6
	保存率	3	0.417 4	0.139 1	1.56	0.209 0
	M	3	29.045.501 9	681.833 7	2.35	0.082 4
	M	3	29.045.501 9	681.833 7	2.35	0.082 4

表 3 不同整地方式的日本落叶松历年生长量及 LSD 多重比较结果

整地方式	4 年生 (1993 年)			5 年生 (1994 年)			9 年生 (1998 年)		15 年生 (2004 年)				
	H / m	$H_{\text{当年}}$ / m	$D_{\text{地}}$ / cm	H / m	$H_{\text{当年}}$ / m	$D_{\text{地}}$ / cm	H / m	$D_{1.3}$ / cm	H / m	$H_{\text{枝下}}$ / m	$D_{1.3}$ / cm	V / m ³	M / m ³
A_0	0.80	9.68c	0.95	1.07	36.55	1.57	4.36	4.27	11.64	5.22	13.11	0.075 7	150.29b
A_1	0.82	12.55a	0.99	1.15	38.77	1.49	4.61	4.47	12.06	5.49	13.55	0.085 0	208.87a
A_2	0.87	11.51ab	1.03	1.16	42.77	1.63	4.81	4.81	11.65	5.11	12.91	0.073 9	162.22ab
A_3	0.83	10.52bc	0.97	1.15	39.40	1.55	4.66	4.67	11.65	5.23	13.37	0.079 5	168.67ab

3.2 抚育方式对日本落叶松保存率和生长量的影响

抚育方式对日本落叶松各年的保存率有一定影

响, 造林后连续 3 a 每年 2 次抚育的保存率 (B_1 和 B_2) 优于每年 1 次抚育的 B_3 , 而 B_1 和 B_2 的 15 年生单位面积蓄积量也高于 B_3 (表 4)。各年保存率和生长

量方差分析结果(表 5)表明,抚育方式对造林后第 3 年的保存率影响达 10% 的显著水平, LSD 多重比较

结果显示, B_2 的 3 年保存率显著高于 B_3 (表 4); 而 3 种抚育方式对生长量的影响并不显著。

表 4 不同抚育方式对日本落叶松历年保存率和生长量的影响

抚育方式	4年生(1993年)				5年生(1994年)				9年生(1998年)			15年生(2004年)					
	H/m	$H_{\text{当年}}/m$	$D_{\text{地}}/m$	保存率 %	H/m	$H_{\text{当年}}/m$	$D_{\text{地}}/m$	保存率 %	H/m	$D_{1.3}/m$	保存率 %	H/m	$H_{\text{枝下}}/m$	$D_{1.3}/m$	V/m^3	保存率 %	$M/(m^3 \cdot hm^{-2})$
B_1	0.85	10.72	1.02	87.4	1.13	37.74	1.56	81.1ab	4.59	4.43	74.8	11.65	5.57	13.27	0.0773	68.2	173.89
B_2	0.81	11.07	0.96	86.7	1.10	39.80	1.61	83.9a	4.56	4.55	77.1	11.82	5.13	12.93	0.0764	70.1	177.97
B_3	0.83	11.41	0.97	80.8	1.16	40.59	1.52	75.2b	4.69	4.69	68.1	11.79	5.09	13.52	0.0819	62.0	165.68

表 5 不同抚育方式的日本落叶松历年生长量方差分析结果

年龄 /a	指标	自由度	平方和	均方	F 值	$Pr > F$
4 (1993年)	H	2	0.0168	0.0084	0.71	0.4956
	$H_{\text{当年}}$	2	4.7610	2.3805	0.42	0.6576
	$D_{\text{地}}$	2	0.0413	0.0207	0.78	0.4613
	保存率	2	0.2444	0.1222	1.92	0.1559
5 (1994年)	H	2	0.0309	0.0155	0.61	0.5473
	$H_{\text{当年}}$	2	86.6863	43.3432	0.56	0.5753
	$D_{\text{地}}$	2	0.0823	0.0412	0.71	0.4954
	保存率	2	0.3459	0.1730	2.80	0.0690
9 (1998年)	H	2	0.2010	0.1005	0.32	0.7304
	$D_{1.3}$	2	0.7030	0.3515	0.73	0.4853
	保存率	2	0.2457	0.1228	2.28	0.1120
15 (2004年)	H	2	0.3430	0.1715	0.17	0.8430
	$H_{\text{枝下}}$	2	2.8110	1.4055	1.32	0.2760
	$D_{1.3}$	2	3.5080	1.7540	1.24	0.2961
	V	2	0.0003	0.0002	0.46	0.6344
	保存率	2	0.1631	0.0816	0.89	0.4179
M	2	1.5667892	783.3946	0.17	0.8417	

3.3 整地方式与抚育方式对日本落叶松生长的交互影响

由整地与抚育双因素方差分析结果(表 6)可知,除了整地方式对造林次年高生长、抚育方式对造林后第 3 年的保存率影响显著、整地方式对 15 年生蓄积量的影响达 10% 的显著水平外,整地方式、抚育方式及其交互作用对其它各年保存率和生长量的影响均不显著。由 LSD 多重比较结果(表 7)可知, A_1B_1 、 A_1B_2 组合造林后次年高生长显著高于 A_0B 组合,而 A_1B_2 组合 15 年生的高、径、材积、蓄积量仍显著高于 A_0B_2 , 其胸径、树高、材积和蓄积生长量比 A_0B_2 分别提高 12.56%、14.65%、53.13% 和 68.16%, 表明大穴整地可以提高抚育效果,而抚育方式也可以部分地弥补整地的粗放。

表 6 不同整地与抚育方式日本落叶松各年生长量的方差分析结果

年龄 /a	指标	变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	$Pr > F$
4 (1993年)	H	整地方式	3	0.0389	0.0130	1.13	0.3474
		抚育方式	2	0.0168	0.0084	0.73	0.4871
		整地 × 抚育	6	0.0827	0.0138	1.20	0.3243
	$H_{\text{当年}}$	整地方式	3	69.3818	23.1273	4.75	0.0056
		抚育方式	2	4.7610	2.3805	0.49	0.6165
		整地 × 抚育	6	18.0897	3.0149	0.62	0.7141
	$D_{\text{地}}$	整地方式	3	0.0540	0.0180	0.62	0.6084
		抚育方式	2	0.0413	0.0207	0.71	0.4984
		整地 × 抚育	6	0.0440	0.0073	0.25	0.9568
5 (1994年)	H	整地方式	3	0.0772	0.0257	0.94	0.4305
		抚育方式	2	0.0309	0.0155	0.56	0.5732
		整地 × 抚育	6	0.0514	0.0086	0.31	0.9279
	$H_{\text{当年}}$	整地方式	3	298.6613	99.5538	1.20	0.3187
		抚育方式	2	86.6863	43.3432	0.52	0.5956
		整地 × 抚育	6	154.8977	25.8163	0.31	0.9276
	$D_{\text{地}}$	整地方式	3	0.1365	0.0455	0.79	0.5054
		抚育方式	2	0.0823	0.0412	0.71	0.4944
		整地 × 抚育	6	0.3990	0.0665	1.15	0.3460
9 (1998年)	H	整地方式	3	1.5553	0.5184	1.63	0.1957
		抚育方式	2	0.2010	0.1005	0.32	0.7311
		整地 × 抚育	6	1.2737	0.2128	0.67	0.6775
	$D_{1.3}$	整地方式	3	2.4952	0.8317	1.83	0.1536
		抚育方式	2	0.7030	0.3515	0.77	0.4664
		整地 × 抚育	6	3.0983	0.5164	1.14	0.3548

(续表 6)

年龄 /a	指标	变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	Pr>F
15 (2004 年)	H	整地方式	3	1.923 3	0.641 1	0.64	0.594 2
		抚育方式	2	0.343 0	0.171 5	0.17	0.843 6
		整地 × 抚育	6	6.915 7	1.152 6	1.15	0.350 1
	H _{枝下}	整地方式	3	1.164 0	0.388 0	0.34	0.795 1
		抚育方式	2	2.811 0	1.405 5	1.24	0.298 9
		整地 × 抚育	6	5.193 0	0.865 5	0.76	0.602 8
	D _{1.3}	整地方式	3	3.583 2	1.194 4	0.83	0.485 2
		抚育方式	2	3.508 0	1.754 0	1.22	0.305 6
		整地 × 抚育	6	7.545 3	1.257 6	0.87	0.522 9
	V	整地方式	3	0.001 1	0.000 4	0.99	0.404 0
		抚育方式	2	0.000 3	0.000 2	0.47	0.624 8
		整地 × 抚育	6	0.002 9	0.000 5	1.34	0.258 2
	M	整地方式	3	29 045.501 0	9 681.833 7	2.29	0.090 7
		抚育方式	2	1 566.789 2	783.394 6	0.18	0.831 8
		整地 × 抚育	6	25 974.566 2	4 329.094 4	1.02	0.422 7

表 7 不同整地与抚育方式日本落叶松各年生长量及 LSD 多重比较结果

组合	4年生 (1993年)			5年生 (1994年)			9年生 (1998年)		15年生 (2004年)				
	H /m	H _{当年} /m	D _地 /cm	H /m	H _{当年} /m	D _地 /cm	H /m	D _{1.3} /cm	H /m	H _{枝下} /m	D _{1.3} /cm	V /m ³	M / (m ³ · hm ⁻²)
A ₀ B ₁	0.83	9.40cd	0.98	1.07	35.20	1.62	4.48	4.22	11.94ab	5.68	13.54abc	0.082 8ab	162.93ab
A ₀ B ₂	0.72	8.92d	0.92	1.01	36.06	1.60	4.16	4.20	11.06b	5.28	12.42bc	0.063 8b	139.66b
A ₀ B ₃	0.85	10.72abcd	0.94	1.14	38.38	1.50	4.44	4.40	11.92ab	4.70	13.38abc	0.080 5ab	148.26b
A ₁ B ₁	0.87	12.92a	1.08	1.12	35.64	1.46	4.68	4.62	11.66ab	5.84	13.28abc	0.076 8ab	207.11ab
A ₁ B ₂	0.80	12.96a	0.92	1.13	41.56	1.56	4.58	4.40	12.68a	5.22	13.98a	0.097 7a	234.85a
A ₁ B ₃	0.80	11.78abc	0.98	1.20	39.12	1.46	4.58	4.38	11.84ab	5.40	13.38abc	0.080 4ab	184.63ab
A ₂ B ₁	0.83	10.76abcd	1.02	1.19	40.60	1.68	4.88	4.84	11.50ab	5.64	13.12abc	0.074 8ab	190.79ab
A ₂ B ₂	0.92	11.48abcd	1.04	1.16	41.08	1.76	4.66	4.80	11.50ab	5.12	12.22c	0.065 4b	165.61ab
A ₂ B ₃	0.87	12.28ab	1.02	1.13	41.24	1.44	4.88	4.80	11.94ab	4.56	13.38abc	0.081 6ab	130.26b
A ₃ B ₁	0.87	9.80bcd	1.00	1.17	39.50	1.46	4.30	4.02	11.48ab	5.10	13.12abc	0.074 8ab	134.71b
A ₃ B ₂	0.80	10.90abcd	0.96	1.12	40.50	1.52	4.82	4.80	12.04ab	4.90	13.08abc	0.078 7ab	171.74ab
A ₃ B ₃	0.81	10.86abcd	0.94	1.17	38.20	1.68	4.86	5.18	11.44ab	5.68	13.92ab	0.085 0ab	199.56ab

3.4 不同整地、抚育方式的经济效益分析

高质量的整地和抚育方式虽然在某种程度上可以提高造林成活率和保存率,并在一定时期内能促进林木的生长,但由于初期投入较多,加之培育周期较长,到主伐时能否达到收益最大的用材林培育目标,还需进行经济效益分析。日本落叶松纸浆用材林在中等以上立地的培育周期为 15 a^[1],因此选择 15 a 作为主伐年龄进行不同整地、抚育方式的经济对比分析。根据当时的作业用工记录,各项营林作业投入资金列入表 8。

由表 9 可知,不同整地方式、抚育方式的 IRR 均大于 12% (最低为 28.15%),说明在该立地条件下采用本文的整地、抚育方式均可盈利,只是盈利程度上的差异。A₁B₂方式的净现值最高,达 38 069.78元 · hm⁻²,其效益成本比 (BCR) 和内部收益率 (IRR) 也相对较高,说明该方式不仅产生的现值最大,且资金利用效果也较好。单从资金利用角度考虑, A₃B₃的 IRR 和 BCR 最高,盈利率最高,而净现值为 33 142.64元 · hm⁻²,高于平均水

平,因此在地被物较少的情况下,建议采用该种整地抚育方式。

表 8 不同整地与抚育方式的日本落叶松育林成本元 · hm⁻²

处理	清理整地	苗木费	造林	3 a 抚育	合计
A ₀ B ₁	165	396	165	396	1 122
A ₀ B ₂	165	396	165	495	1 221
A ₀ B ₃	165	396	165	231	957
A ₁ B ₁	561	396	132	396	1 485
A ₁ B ₂	561	396	132	495	1 584
A ₁ B ₃	561	396	132	231	1 320
A ₂ B ₁	462	396	132	396	1 386
A ₂ B ₂	462	396	132	495	1 485
A ₂ B ₃	462	396	132	231	1 221
A ₃ B ₁	363	396	132	396	1 287
A ₃ B ₂	363	396	132	495	1 386
A ₃ B ₃	363	396	132	231	1 122

注:整地方式 A₀按 0.05元 · 株⁻¹(为清理采伐迹地费用,其余 3 种整地方式亦含相同的迹地清理费用), A₁、A₂、A₃分别按 0.17、0.14、0.11元 · 株⁻¹计算;抚育方式 B₁、B₂、B₃分别按 0.12、0.15、0.07元 · 株⁻¹计算;苗木费按 0.12元 · 株⁻¹计算;造林费 A₀按 0.05元 · 株⁻¹,其它整地方式按 0.04元 · 株⁻¹计算。

表 9 15年生日本落叶松不同整地与抚育方式的经济效益分析

处理	蓄积量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	出材量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	成本 / (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)		产出 / (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	税收 / (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	净现值 / (元 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	BCR	IRR /%
			育林投入	采伐运输					
A ₀ B ₁	162.93	122.1975	4205.98	8553.83	48879	9775.80	26343.40	3.83	31.70
A ₀ B ₂	139.66	104.7450	4550.36	7332.15	41898	8379.60	21635.89	3.53	29.11
A ₀ B ₃	148.26	111.1950	3632.02	7783.65	44478	8895.60	24166.73	3.90	32.41
A ₁ B ₁	207.11	155.3325	5620.22	10873.28	62133	12426.60	33212.91	3.77	31.26
A ₁ B ₂	234.85	176.1375	5964.60	12329.63	70455	14091.00	38069.78	3.85	31.93
A ₁ B ₃	184.63	138.4725	5046.26	9693.08	55389	11077.80	29571.87	3.76	31.29
A ₂ B ₁	190.79	143.0925	5234.52	10016.48	57237	11447.40	30538.61	3.75	31.11
A ₂ B ₂	165.61	124.2075	5578.90	8694.53	49683	9936.60	25472.98	3.48	28.83
A ₂ B ₃	130.26	97.6950	4660.56	6838.65	39078	7815.60	19763.19	3.40	28.36
A ₃ B ₁	134.71	101.0325	4848.82	7072.28	40413	8082.60	20409.31	3.39	28.15
A ₃ B ₂	171.74	128.8050	5193.20	9016.35	51522	10304.40	27008.05	3.63	29.97
A ₃ B ₃	199.56	149.6700	4274.86	10476.90	59868	11973.60	33142.64	4.06	33.94

注: 育林投入的各项支出见表 8 按年利率 12% 计息; 出材率按 75% 计算; 木材价格按当地现行小径木均价 400元 $\cdot \text{m}^{-3}$ 计; 采伐运输费包括采伐、打枝、造材、归楞、运输等费用, 参照当地标准按 70元 $\cdot \text{m}^{-3}$ 均价计; 税率 (含育林基金及林政管理费等) 按 20% 计。BCR 为效益成本比, IRR 为内部收益率。

4 结论与讨论

(1) 整地方式对日本落叶松生长和造林保存率有一定的影响, 对造林次年的高生长量影响显著, 对 15年生蓄积量的影响也达 10% 的显著水平, 保存率和生长量均随整地规格的增大而升高。说明整地虽然不能从根本上改变立地质量, 但对日本落叶松生长有一定影响, 这是因为造林成活后, 苗木根系生长迅速和发育良好, 整地规格过小, 根系舒展不开, 容易造成窝根现象, 影响林木生长。当然整地规格不是越大越好, 整地规格过大, 不仅增产效果不明显, 增加不必要的经济负担, 而且还容易造成水土流失。邱辉等^[8]在对湿地松 (*Pinus elliottii* Engelm.) 的相关研究中也得出相似结论。多重比较结果进一步表明, 整地方式 A₁、A₂造林后次年的高生长显著高于对照, 其中 A₁ 的 15 a 蓄积量也显著高于对照。因此在该区营造日本落叶松短轮伐期用材林的整地规格以 60 cm \times 60 cm \times 35 cm 为佳, 15年生的胸径、树高、单木材积和蓄积量分别比对照提高 3.36%、3.61%、12.29% 和 38.98%。该整地规格比辽宁地区略大一些^[3], 这与该区林下植被种类相对丰富、盖度相对较高、密集的箬竹根系有关。

(2) 抚育方式对日本落叶松造林后第 3 年的保存率影响达 10% 的显著水平, 抚育方式 B₂ (7月上旬挖坑除草 1 次, 8月中旬再全面割灌 1 次) 的保存率显著高于 B₃ (造林后连续 3 a 在 8月上旬全面割灌 1 次), 但 3 种抚育方式对生长量的影响并不显著。

(3) 整地方式与抚育方式的交互作用对日本落叶松各年生长量的影响均不显著, 这与董健等^[3]的研究结果一致。A₁B₂ 整地抚育组合的各年生长量均

高于其它组合, 15年生时 A₁B₂ 的生长量均显著高于 A₀B₂, 其胸径、树高、材积和蓄积量比 A₀B₂ 分别提高 12.56%、14.63%、53.13% 和 68.16%。通过对 15年生 12 种整地、抚育方式林分的经济效益分析认为, A₁B₂ 的净现值最高, 达 38069.78元 $\cdot \text{hm}^{-2}$, 且资金利用效果也较好; 而 A₃B₃ 的 IRR 和 BCR 最高, 盈利率最高, 其净现值也高于平均水平。因此, 该区营造日本落叶松短周期工业用材林, 在地被物较多的情况下建议采用 A₁B₂ 的高标准组合, 即采用 60 cm \times 60 cm \times 35 cm 整地规格, 采用在 7月上旬挖坑除草 1 次和在 8月中旬再全面割灌 1 次的抚育方式; 在地被物较少的情况下, 建议采用 A₃B₃ 的经济组合, 即采用 25 cm \times 25 cm \times 35 cm 整地规格、在 8月上旬全面割灌 1 次的抚育方式。

参考文献:

- [1] 田志和, 董健, 王喜武, 等. 日本落叶松育林学 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995
- [2] 马常耕. 落叶松种和种源选择 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992
- [3] 董健, 赵文华, 苑辉, 等. 整地与抚育对日本落叶松生长的影响 [J]. 东北林业大学学报, 1997, 25(3): 22~25
- [4] 苑辉, 阎文斌, 罗伟娟, 等. 不同整地规格对日本落叶松幼树生长影响的研究 [J]. 辽宁林业科技, 1997(5): 33~34
- [5] 洪信谱, 张鲜艳. 大老岭林场日本落叶松直径分布规律探讨 [J]. 华中农业大学学报, 1994, 13(5): 502~506
- [6] 高惠璇, 耿直, 李贵斌, 等. SAS 系统 SAS/STAT 软件使用手册 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1997
- [7] 盛炜彤, 惠刚盈, 张守攻, 等. 杉木人工林优化栽培模式 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003
- [8] 邱辉, 虞沐奎. 湿地松不同整地方式造林效益分析 [J]. 林业科技开发, 2005, 19(1): 27~29