

文章编号:1001-1498(2005)03-0356-06

矿山矸石台地植被恢复栽培模式研究*

孙翠玲¹, 苏铁成², 郭玉文¹

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 北京 100091; 2. 辽宁抚顺煤矿林业处 辽宁 抚顺 113008)

关键词: 植被恢复; 栽培模式; 随机区组设计; 矸石台地

中图分类号: S725 文献标识码: A

Research on Cultivation Pattern of Vegetation Recovery at Waste Heap Platform of Coal Mine

SUN Cui-ling¹, SU Tie-cheng², GUO Yu-wen¹

(1. Research Institute of Forestry Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Department of Forestry, Fushun Coal Mine, Fushun 113008, Liaoning, China)

Abstract: In order to study 5 cultivation models such as arbor-shrub, arbor-shrub-herb and their disposition for vegetation recovery, 10 arbor species, 7 shrub species and 5 herb species suitable for local sites were choiced at waste heap platform of Fushun Coal Mine. The experiment adopted the randomized block design, three replicates, with 0.067 hm² at each thinned plot. The experiment results of 2-year vegetation recovery showed that the survival rate of woody plants was significantly different among species and there existed significant differences in ground diameter and height increments. The results of the initial stage of the experiment showed that the disposition of A and C were the optimal cultivation models, and *Robinia pseudoacacia*, *Hippophae rhamnoides*, *Amorpha fruticosa*, *Caragana chamlagu*, *Ulmus pumila* were the best tree species for arbor-shrub-herb disposition.

Key words: vegetation recovery; cultivation models; randomized design; waste heap platform

矿山开采破坏土地资源,污染环境,造成水土流失与土地沙化,全国矿山采掘消耗土地资源 670 万 hm²,其中煤矿占 60%以上,而复垦或恢复植被的土地仅为 6%,与国际发达国家矿山复垦率的 80%以上相比,差距很大^[1]。矿山生态环境综合治理以恢复土地资源与改善生态环境为目的,在被破坏的废弃矿区域填埋矸石平整地表,适度覆盖土壤,配置适生乔、灌、草、作物等植被,达到加速恢复植被改善生态环境,人工优化生态、经济、社会三大效益的目的^[2]。

本研究选择辽宁抚顺煤矿矿山矸石废弃台地,实施植被恢复栽培模式的定位研究。研究内容包括乔、灌、草(含作物)物种(含品种)的选择、多物种配

置模式、栽培试验及定位跟踪测定评价。以期寻求木本植物资源与废弃矿土地资源的优化配置。2002 年组织实施,已建立矿区植被恢复综合技术示范区 6.6 hm²,其中核心试验示范区 2 hm²。本报告是项目研究前 2 a 的总结。

1 试验地区的自然概况

1.1 地理位置

试验地位于辽宁抚顺市区东南,距市中心 20 km 处。地理位置为 123°48' E, 41°49' N。属辽宁东部山区与中部平原的过渡地带,海拔 185 m。由煤矸石堆积起来的台地,相对周围地面高差在 80 m 左右,试

收稿日期: 2004-09-20

基金项目: 科技部公益研究专项《矿山生态环境综合整治技术示范》研究内容。项目编号 2001DIB10068

作者简介: 孙翠玲(1941—),女,研究员,研究方向:森林生态与环境保护。

*由孙翠玲研究员与苏铁成高级工程师共同执笔。

验区内相对高差在 5 m 以内。

1.2 矿弃矸石台地条件

抚顺矿区是一个具有 90 多年开采历史的老矿区。多年采掘剥离的大量矸石, 在市区南部形成了东西两大舍场, 占地总面积达 2 000 余 hm^2 。该区自建国前就开始排矸, 至 1985 年停止排矸。试验区主要岩石包括绿页岩、油页岩、煤页岩、凝灰岩、砂岩和玄武岩等。经过 20 a 的风化及局部垫土, 其表层已形成 5 ~ 20 cm 深的准土壤层, 但在 5 ~ 20 cm 以下仍为未风化的矸石碎块或碎片。初步具备了特定逆境上植被恢复的条件。

1.3 气象因子

该区属冷凉湿润的温带大陆性季风气候, 年平均气温 6.5 , 极端最高气温 36.5 , 最低气温 - 40.5 。年降水量 700 ~ 900 mm, 年蒸发量 1 100 ~ 1 400 mm。无霜期 131 ~ 151 d。全年太阳总辐射量 499.8 ~ 537.6 $\text{kJ} \cdot \text{cm}^{-2}$, 日照时数为 2 270 ~ 2 520 h, 日照百分率为 51 % ~ 57 %。

1.4 试验区周边的植被情况

试验区植被大部分地段为弱生草类, 总盖度在 50 % 左右, 局部地段有 5 ~ 10 m^2 以上的裸露面积。植物种类有 15 科 33 种^[3]。其中分布较广、盖度较大的植物主要有杠柳 (*Periploca sepium* Bunge)、狗尾草 (*Setaria viridis* (L.) Beauv)、萝藦 (*Metaplexis japonica* (Thumb.) Makino)、鹅绒藤 (*Cynanchum Chinese* R. Br) 等。

2 试验设计与方法

2.1 用于植被恢复的物种(含品种)选择

在调研初评的基础上, 选择 22 种乔灌草(含作物)用于植被恢复的栽培配置(见表 1)。

2.2 人工恢复植被的模式设计

经配置与筛选, 制定 5 种栽培模式, 即: A、B、C、D、E 配置模式(图 1A ~ E)。

A 模式 阔叶乔灌混交模式。刺槐与紫穗槐带状混交, 刺槐株行距 2 m \times 3 m, 每带 3 行; 紫穗槐行距 1.5 m, 株距 0.5 m, 每带 3 行。

B 模式 针阔乔灌块状混交模式。樟子松、杨树 2 个乔木树种与胡枝子、紫穗槐、锦鸡儿 3 个灌木树种块状混交。每块均为 6 m \times 6 m。樟子松株行距为 2 m \times 2 m, 每块 9 株; 杨树周围 4 株为 4 m \times 4 m, 块中心再栽一株, 每块 5 株; 胡枝子、紫穗槐、锦鸡儿均为株行距 1 m \times 1 m, 每块 5 行。

表 1 抚顺矿山生态环境综合整治技术示范选用植物名称

植物类别	树种名称	拉丁名
乔木树种	家榆	<i>Ulmus pumila</i> L.
	杨树	<i>Populus</i> spp.
	皂荚	<i>Gleditsia japonica</i> Lam.
	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
	山杏	<i>Prunus sibirica</i> L.
	樟子松	<i>Pinus sylvestris</i> Linn. var. <i>mongolica</i> Litv.
	白桦	<i>Betula platyphylla</i> Suk.
	文冠果	<i>Xanthoceras sorbifolia</i> Bunge
	日本落叶松	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carr.
	灌木树种	沙棘
火炬树		<i>Rhus ryphina</i> Nutt.
叶底珠		<i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehd.
锦鸡儿		<i>Caragana chamlagu</i> (Buchtz) Rehd.
紫穗槐		<i>Amorpha fruticosa</i> Linn.
毛樱桃		<i>Prunus tomentosa</i> Thunb.
水蜡		<i>Ligustrum obtusifolium</i> Sieb. Et Zucc.
胡枝子		<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.
草本植物	苜蓿草	<i>Medicago sativa</i> Linn
	沙打旺	<i>Astragalus scaberimus</i> Pall.
	月见草	<i>Oenothera biennis</i> L.
	荞麦	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.
	小豆	<i>Phaseolus angularis</i> Wighe

C 模式 经济植物丛状混交模式。皂荚、山杏、文冠果 3 个树种均为 3 株一丛, 相间排列, 丛心间距为 6 m, 丛内 3 株树为等边三角形, 边长 3 m, 丛间栽植沙棘。

D 模式 乔灌草混种模式。乔灌草相间带状混交。乔木为火炬树、日本落叶松、家榆和白桦, 每带 2 行, 株行距均为 1.5 m \times 1.5 m。灌木为叶底珠、胡枝子、毛樱桃和紫穗槐, 每带 3 行, 株行距均为 1 m \times 1 m。草本为月见草和沙打旺, 每带 5 行, 行距为 0.5 m。

E 模式 灌草带状混交模式。灌木为紫穗槐、胡枝子、锦鸡儿、水蜡和毛樱桃, 每带 5 行, 株行距均为 1 m \times 1 m。草本为沙打旺、月见草、小豆、荞麦和苜蓿草, 每带 6 行, 行距均为 0.5 m。

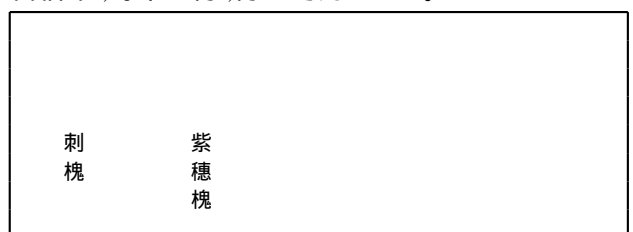


图 1A A 模式配置图示(局部)

图 1A 说明: 刺槐()与紫穗槐()带状混交。

杨树	紫穗槐	樟子松	胡枝子		锦鸡儿	

图1B B模式配置图示(局部)

图1B说明:樟子松()、杨树()与胡枝子()、紫穗槐()、锦鸡儿()等树种块状混交。每块均为6 m × 6 m。樟子松每块9株,株行距为2 m × 2 m。杨树每块5株,周围4株为4 m × 4 m,中间栽1株。胡枝子、紫穗槐、锦鸡儿均为每块5行,株行距均为1 m × 1 m。

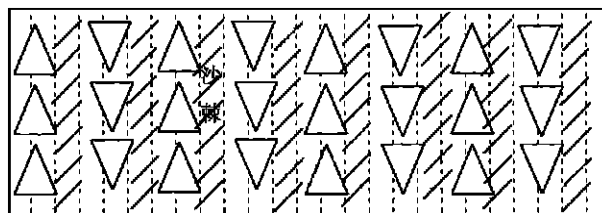


图1C C模式配置图示(局部)

图1C说明:三种经济树种丛状混交,其间为另一经济树种。皂荚、山杏、文冠果均为3株一丛,相间排列,丛心间距6 m,丛内为等边三角形,边长为3 m。丛间栽沙棘,株行距均为1 m × 1 m。

图1D D模式配置图示(局部)

图1D说明:乔、灌、草相间带状混交。乔木为白榆、日本落叶松、白桦和火炬树,每带2行,株行距均为1.5 m × 1.5 m。灌木为胡枝子、毛樱桃、紫穗槐和叶底珠。每带3行,株行距均为1 m × 1 m。草本为月见草和沙打旺,行间距为0.5 m。

首 蓆 草	毛 樱 桃	谷 子	水 蜡	大 豆	锦 鸡 儿	月 见 草	胡 枝 子	沙 打 旺	紫 穗 槐
-------------	-------------	--------	--------	--------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

图1E E模式配置图示(局部)

图1E说明:灌草带状混交。灌木为紫穗槐、胡枝子、锦鸡儿、水蜡和毛樱桃。每带5行,株行距均为1 m × 1 m。草本为沙打旺、月见草、大豆、谷子和首蓆草。每带6行,行间距为0.5 m。

2.3 试验设计与栽培实施

(1) 试验设计 将A、B、C、D、E 5种植被恢复模式视为试验处理(小区),采用随机区组设计,3次重复试验。每小区栽植面积0.067 hm²,四周设保护带,组成核心试验区的面积2 hm²;普通示范区面积4.47 hm²。

(2) 栽植 由于试验地表面大都为基本裸露的煤矸石风化物,加之地势高,春季风特别大,用锹、镐刨坑定点后经风一吹就看不见了,所以,区划和栽植定点均采用了生石灰和滑石粉标记各试验小区边界及植穴位置。栽植于2002年4月13日开始,至4月25日结束,共历时13 d。栽植方法采用挖大坑中心植苗法,植穴规格根据苗木大小不同而异。坑口直径和坑深最小的为30 cm × 30 cm,最大的为60 cm × 60 cm。所有树种均采用苗桶盛水浸根后栽植,保证了苗木根系的湿润。2003年3月30日至4月22日

对成活率低的各树种进行了全面补植。草本植物种植,于2002年5月2日至5月4日及2003年6月25日至28日将种子均播于垄沟内,以使其尽可能接触湿润土壤。

(3) 栽植管理 栽植期间,在试验地没有降水。在栽植结束4 d后的4月29日试验地降了零星小雨,土壤表面仅润湿不足5 cm。以后直至5月11日才又有少量降雨,但仍未起到湿润土壤的作用。5月中旬开始,栽植的苗木陆续出现枯死。为了避免大量苗木枯死,于5月25日开始对试验地进行浇水。每株浇水量在1 kg左右;接着用防火消防车普遍喷灌,浇水总量达100余 t。为防止已成活及新补植的苗木再出现大量枯死,于2003年6月5日对试验地进行了普遍浇水,每株1 kg左右。

栽植当年和第2年均对核心试验区进行了一次全面割灌草抚育,对普通试验区进行了穴状割灌草抚育。

2.4 试验调查与统计分析

(1) 成活率与生长量调查

于造林当年的10月21日和第二年的10月26日对试验地各试验区进行了成活率与保存率调查。于2003年7月5日至6日对各试验区苗木进行了定株

基础数据调查, 在每个试验小区内测定 13 株, 3 次重复, 共测定 39 株苗木的地径和苗高。于 10 月 25 日至 26 日对各试验区进行了生长量调查。以重复试验小区均值估算总生长量。地径用游标卡尺测定, 精确到 0.01 cm; 苗高用钢卷尺测定, 精确到 1 cm。

(2) 统计分析

按随机区组设计统计分析方法, 观测值 x_{ij} , i 处理, j 重复, 数学模型 $x_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}$ 。

回归分析 $y = b_0 + b_x + \dots$ 。

3 结果分析

3.1 栽培模式的树种(含品种)间与栽培配置模式间的成活率与保存率

(1) 树种成活率

统计分析得知, 各树种的成活率差异极显著 ($F_{(16,33)} = 36.05^{**}$)。成活率见表 2 的 X 列。经多重比较得知(表 2), 刺槐、锦鸡儿、皂角、杨树等 4 个树种的成活率与胡枝子、白桦、山杏、樟子松、日本落叶松等 5 个树种的成活率差异显著; 文冠果、紫穗槐、水蜡、沙棘、火炬树等 5 个树种的成活率与白桦、山杏、樟子松、日本落叶松等 4 个树种的成活率差异显著; 毛樱桃、家榆、叶底珠、胡枝子等 4 个树种的成活率与山杏、樟子松、日本落叶松等 3 个树种的成活率差异显著; 白桦的成活率与日本落叶松的成活率间差异显著, 其余树种的成活率间差异均不显著。

表 2 树种成活率差异多重比较

树种	X	X- 20.2	X- 56.2	X- 60.2	X- 74.1	X- 78.8	X- 81	X- 87.6	X- 88	X- 93.1	X- 94	X- 95	X- 95.2	X- 97.1	X- 97.8	X- 98	X- 98.2
刺槐	99.3	79.1	42.8	39.1	25.2	20.5	18.3	11.7	11.3	6.2	5.3	4.3	4.1	2.2	1.5	1.3	1.0
锦鸡儿	98.3	78.1	41.8	38.1	24.2	19.5	17.3	10.7	10.3	5.2	4.3	3.3	3.1	1.2	0.5	0.3	
皂角	98.0	77.8	41.5	37.8	23.9	19.2	17.0	10.4	10.0	4.9	4.0	3.0	2.8	0.9	0.2		
杨树	97.8	77.6	41.3	37.6	23.7	19.0	16.8	10.2	9.8	4.7	3.8	2.8	2.6	0.7			
文冠果	97.1	76.9	40.6	36.9	23.0	18.3	16.1	9.5	9.1	4.0	3.1	2.1	1.9				
紫穗槐	95.2	75.0	38.7	35.0	21.1	16.4	14.2	7.6	7.2	2.1	1.2	0.2					
水蜡	95.0	74.8	38.5	34.8	20.9	16.2	14.0	7.4	7.0	1.9	1.0						
沙棘	94.0	73.8	37.5	33.8	19.9	15.2	13.0	6.4	6.0	0.9							
火炬树	93.1	72.9	36.6	32.9	19.0	14.3	12.1	5.5	5.1								
毛樱桃	88.0	67.8	31.5	27.8	13.9	9.2	7.0	0.4									
家榆	87.6	67.4	31.1	27.4	13.5	8.8	6.6										
叶底珠	81.0	60.8	24.5	20.8	6.9	2.2											
胡枝子	78.8	58.6	22.3	18.6	4.7												
白桦	74.1	53.9	17.6	13.9													
山杏	60.2	40.0	3.7														
樟子松	56.5	36.3															
日本落叶松	20.2																

注: $q_{0.05}(17,33) = 5.28$ $d_{0.05} = 18.36$

(2) 不同栽培模式间保存率

经分析得知, 各试验模式的成活率间差异极显著 ($F_{(4,8)} = 8.60^{**}$)。经多重比较得知(表 3), A 模

表 3 各试验模式成活率多重比较

模式	X	X- 80.3	X- 85.3	X- 89.3	X- 91.3
A	98.2	17.9*	12.9*	8.9	6.9
E	91.3	11	6	2	
C	89.3	9	4		
B	85.3	5			
D	80.3				

注: $q_{0.05}(5,8) = 4.89$ $d_{0.05} = 11.15$

式的成活率与 B、D 模式的成活率间差异显著; 其余

模式的成活率间差异均不显著。

3.2 不同树种生长量差异比较

在此基础上进一步分析比较树种的树高与地径生长量的差异。经分析得知, 各树种的树高生长量差异极显著 ($F_{(12,24)} = 41.46^{**}$)。树高生长量数据见表 4 的 X 列。经多重比较得知(表 4), 紫穗槐与其它各树种的树高生长量间差异均显著; 家榆、胡枝子、叶底珠、锦鸡儿、沙棘、火炬树等 6 个树种的树高生长量与水蜡、刺槐、皂角、毛樱桃、文冠果、樟子松等 6 个树种的树高生长量间差异均显著, 前 5 个树种的树高生长量还与火炬树的树高生长量间差异显著。

表4 各树种平均树高生长量多重比较

cm

树种	X	X- 1.7	X- 2.0	X- 3.8	X- 6.3	X- 10.0	X- 11.7	X- 24.3	X- 36.3	X- 37.3	X- 37.7	X- 40.7	X- 41.0
紫穗槐	78.2 *	76.5 *	76.2 *	74.4 *	71.9 *	68.2 *	66.5 *	53.9 *	41.9 *	40.9 *	10.5 *	37.5 *	37.2
家榆	41.0	39.3 *	39.0 *	37.2 *	34.7 *	31.0 *	29.3 *	16.7	4.7	3.7	3.3	0.3	
胡枝子	40.7	39.0 *	38.7 *	36.9 *	34.4 *	30.7 *	29.0 *	16.4	4.4	3.4	3.0		
叶底株	37.7	36.0 *	35.7 *	33.9 *	31.4 *	27.7 *	26.0 *	13.4	1.4				
锦鸡儿	37.3	35.6 *	35.3 *	33.5 *	31.0 *	27.3 *	25.6 *	13.0	1.0				
沙棘	36.3	34.6 *	34.3 *	32.5 *	30.0 *	26.3 *	24.6 *	12.0					
火炬树	24.3	22.6 *	22.3 *	20.5 *	18.0	14.3	12.6						
水蜡	11.7	10.0	9.7	7.9	5.4	1.7							
刺槐	10.0	8.3	8.0	6.2	3.7								
皂角	6.3	4.6	4.3	2.5									
毛樱桃	3.8	2.1	1.8										
文冠果	2.0	0.3											
樟子松	1.7												

注: $q_{0.05}(13, 24) = 5.18$ $d_{0.05} = 18.05$

经分析得知,各树种的地径生长量差异极显著 ($F_{(13,26)} = 12.60^{**}$)。地径生长量数据见表5的X列。经多重比较得知(表5),火炬树、家榆、紫穗槐、刺槐、沙棘5个树种的地径生长量间差异均不显著;

5个树种与叶底珠、水蜡、毛樱桃、皂角、樟子松、文冠果等5个树种的地径生长量间差异均显著;火炬树与杨树、锦鸡儿、胡枝子差异显著;家榆与锦鸡儿、胡枝子差异显著。

表5 各树种平均地径生长量多重比较

cm

树种	X	X- 0.08	X- 0.08	X- 0.11	X- 0.13	X- 0.13	X- 0.16	X- 0.27	X- 0.31	X- 0.33	X- 0.63	X- 0.63	X- 0.64	X- 0.73
火炬树	0.90 *	0.82 *	0.82 *	0.79 *	0.77 *	0.77 *	0.74 *	0.63 *	0.59 *	0.57 *	0.27	0.27	0.26	0.17
家榆	0.73 *	0.65 *	0.65 *	0.62 *	0.60 *	0.60 *	0.57 *	0.46 *	0.42 *	0.40	0.10	0.10	0.09	
紫穗槐	0.64 *	0.56 *	0.56 *	0.53 *	0.51 *	0.51 *	0.48 *	0.37	0.33	0.31	0.01	0.01		
刺槐	0.63 *	0.55 *	0.55 *	0.52 *	0.50 *	0.50 *	0.47 *	0.36	0.32	0.30				
沙棘	0.63 *	0.55 *	0.55 *	0.52 *	0.50 *	0.50 *	0.47 *	0.36	0.32	0.30				
杨树	0.33	0.25	0.25	0.22	0.20	0.20	0.17	0.06	0.02					
锦鸡儿	0.31	0.23	0.23	0.20	0.18	0.18	0.15	0.04						
胡枝子	0.27	0.19	0.19	0.16	0.14	0.15	0.04							
叶底株	0.16	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03								
水蜡	0.13	0.05	0.05	0.02										
毛樱桃	0.13	0.05	0.05	0.02										
皂角	0.11	0.03	0.03											
樟子松	0.08													
文冠果	0.08													

注: $q_{0.05}(14, 26) = 5.20$ $d_{0.05} = 0.4127$

3.3 不同试验模式的总生长量与生长量差异比较

反映不同植被恢复模式的植被总生长量差异十分明显(表6,表7)。这里每小区的总生长量是指标准株相加的生长量。表6与表7看出,重复间累计生长量波动不大,而不同配置模式间差异十分之大,地径生长量变化在21.23~7.20 cm;高生长量变化间1461~847 cm。A、C模式树高生长量较大,C、A模式地径生长量较大。

4 试验结果评价

(1)对于煤矿矸石台地环境综合整治而言,一是

选择植被人工恢复模式,优化配置植物与逆境环境,尽快覆盖地表;二是(初步)恢复植被能较好地发挥生态、经济和社会效益。本研究的结果,达到了预期的目的。并将对同类废弃矿区及其生态植被区具有指导和示范功能。

(2)就树种而言,地径生长较快的树种有火炬树、家榆、紫穗槐、刺槐和沙棘;处于中等的树种有杨树、锦鸡儿和胡枝子;生长较慢的树种有叶底珠、水蜡、毛樱桃、皂角、樟子松和文冠果。树高生长较快的树种有紫穗槐、家榆、胡枝子、叶底珠、锦鸡儿、沙棘和火炬树;处于中等的树种有水蜡和刺槐;生长

较慢的树种有皂角、毛樱桃、文冠果和樟子松。成活率较高的树种有刺槐、锦鸡儿、皂角、杨树、文冠果、紫穗槐、水蜡、沙棘和火炬树;处于中等的树种有毛樱桃、家榆、叶底珠、胡枝子和白桦;成活率较低的树种有山杏、樟子松和日本落叶松。

表6 分别区组各试验模式地径总生长量统计

cm					
重复	A	B	C	D	E
	13.56	7.16	19.89	9.23	7.23
	16.00	7.86	20.68	10.88	7.67
	13.98	6.59	23.13	7.73	6.89
	43.54	21.61	63.70	27.84	21.88
平均	14.51	7.20	21.23	9.28	7.28

表7 分别区组各试验模式树高总生长量统计

cm					
重复	A	B	C	D	E
	1 249	819	1 185	953	813
	1 666	874	1 252	1 080	832
	1 467	849	1 250	1 089	910
	4 382	2 542	3 687	3 122	2 555
平均	1 461	847	1 229	1 041	852

(3) 试验模式试验分析结果表明,地径生长较快的模式为C模式;处于中等的模式为A模式;生长较慢的模式为D、E、B三个模式。树高生长较快的模式为A模式;处于中等的模式为C、D模式;生长较

慢的模式为E、B两个模式;成活率较高的模式为A、E两个模式;处于中等的模式为B、C两个模式;成活率较低的模式为D模式。

(4) 通过对各树种生长量及成活率的综合分析,在抚顺矿区西舍场矸石立地条件下,适用于植被恢复的最佳树种为火炬树、紫穗槐、沙棘、家榆、刺槐、锦鸡儿等6个树种;其次为杨树、胡枝子、叶底珠、水蜡、皂角和文冠果等6个树种;而毛樱桃、樟子松、白桦、山杏和日本落叶松不适于在该立地条件下栽培。

(5) 通过对5个试验模式生长量及成活率的分析认为,在抚顺矿区西舍场矸石山立地条件下,A、C两个试验模式即乔灌带状混交、乔灌丛条混交为最佳的树种配置模式,其中山杏应调整为其它树种;对B、D、E三个试验模式中部分树种进行适当调整后亦可用于该区的植被恢复。

参考文献:

- [1] 孙翠玲,顾万春. 矿区及废弃矿造林绿化工程[J]. 世界林业研究, 1995 (2): 30~35
- [2] 杨国治. 工矿开发对土地生态环境的破坏与恢复[J]. 农业生态研究, 1989 (4): 37~40
- [3] 李延生. 辽宁树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990
- [4] 李书心. 辽宁植物志[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1992
- [5] 苏铁成. 矸石山复垦造林树种选择的试验研究[J]. 林业科技通讯, 1998 (1): 24~26