

冀东铁矿排岩场植被恢复树种选择研究

尤海舟^{1,2}, 王 超^{1,2}, 毕 君^{1,2}

(1. 河北省林业科学研究院, 河北 石家庄 050061; 2. 河北省林木良种工程技术研究中心, 河北 石家庄 050061)

摘要: 为了筛选适合冀东铁矿排岩场废弃地植被恢复的先锋树种, 通过田间造林试验, 对 5 种乔木树种和 4 种灌木树种的成活率、新梢生长量、植被盖度、生长状况进行比较, 并分析了综合优势值。结果表明, 刺槐、白榆、臭椿的成活率较高, 白榆、连翘、火炬、刺槐的新梢生长量较高, 火炬、白榆、刺槐、臭椿的植被盖度较高, 刺槐、白榆生长旺盛; 排岩场 9 种试验树种的综合优势值大小为: 白榆(1.07) > 刺槐(1) > 火炬(0.91) > 臭椿(0.81) > 连翘(0.78) > 山桃(0.57) > 丁香(0.50) > 木槿(0.35) > 山杏(0.33)。综合考虑, 白榆、刺槐、火炬、臭椿是排岩场植被恢复与重建的先锋树种。

关键词: 冀东; 排岩场; 植被恢复; 先锋树种; 栽培模式

中图分类号: X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)06-0071-04

Study on Selection of Tree Species for Vegetation Restoration in Waste Rock Field of Iron Ore in the East of Hebei Province

YOU Hai-zhou^{1,2}, WANG Chao^{1,2}, BI Jun^{1,2}

(1. Hebei Academy of Forestry Science, Shijiazhuang 050061, China;

2. Hebei Engineering Research Center for Trees Varieties, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: In order to screen pioneer species for vegetation restoration in waste rock field of iron ore in the east of Hebei province, field afforestation experiment was used to compare survival rate, shoot increment, vegetation coverage, growth vigor of nine arbor species and shrub species, and the comprehensive advantage values were analyzed. The results showed that different pioneer species were screened for vegetation restoration from different factors; the survival rates of *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus pumila* L. and *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle were higher than the other species, the shoot increments of *Ulmus pumila* L., *Forsythia suspense*, *Rhus typhina* Nutt. and *Robinia pseudoacacia* L. were higher than the others, the vegetation coverage of *Rhus typhina* Nutt., *Ulmus pumila* L., *Robinia pseudoacacia* L. and *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle were higher than the others., *Robinia pseudoacacia* L. and *Ulmus pumila* L. thrived in the waste rock field; the comprehensive advantage values of the experimental plant species followed the sequence: *Ulmus pumila* L. (1.07) > *Robinia pseudoacacia* L. (1) > *Rhus typhina* Nutt. (0.91) > *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (0.81) > *Forsythia suspensa* (0.78) > *Prunus davidiana* (0.57) > *Syzygium aromaticum* (0.50) > *Hibiscus syriacus* L. (0.35) > *Prunus sibirica* (0.33). Overall, *Ulmus pumila* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Rhus typhina* Nutt., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle were the suitable pioneer plant species for re-vegetation in the waste rock field of iron ore.

Key words: East Hebei; waste rock field; vegetation restoration; pioneer species; cultivation models

收稿日期: 2013-11-20

基金项目: 河北省科技支撑计划项目(09276709D)

作者简介: 尤海舟(1983-), 女, 河北保定人, 工程师, 硕士, 主要从事植被恢复、森林生态等方面的研究。

E-mail: youhaizhou1204@163.com

我国矿产资源丰富,共有大中型矿山 9 000 多座,小型矿山 26 万座^[1]。2005 年,我国 12 省(黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西等省)因矿山开采占用或破坏土地约 100.1 万 hm^2 ,废水废液排放量约 28.9 亿 t/a ,尾矿及固体废物积存总量约 136.8 亿 $\text{t}^{[1]}$ 。尾矿及固体废物需要大面积的堆置场地,从而导致对土地的大量占用和对堆置场原有生态系统的破坏,引起自然条件的变化,并形成限制植物生长和发育的环境因子^[2-3]。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,在排岩场平整地表,适度覆盖土壤,配置适生乔、灌、草等植被,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^[4]。排岩场,又称排土场,是采矿过程中剥离的表土、围岩和抛弃的低品位矿石集中排放的场所,通常由粒径几百到上千毫米的石砾和岩石组成,不具备植物生长所必需的基质,是矿山废弃地中生态退化程度最严重和生态恢复难度最大的类型^[5-6]。若依靠自然演替恢复采矿废弃地,可能需要 100~10 000 $\text{a}^{[7-8]}$ 。排岩场缺乏土壤、养分贫瘠、pH 值极端、持水能力差、重金属污染严重等因素对其植被恢复造成严重影响^[9-11]。因此,选择适宜的植物类型是其植被恢复成功的关键。虽然我国煤矿区废弃地复垦研究较多^[12-15],但关于铁矿排岩场废弃地复垦研究的报道很少。为此,以冀东首钢矿业公司大石河铁矿排岩场为研究地,通过田间造林试验对不同试验树种生长状况进行对比,筛选出适合排岩场废弃地植被恢复的先锋树种,为排岩场植被恢复与重建提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于河北省东部的迁安市,属于燕山山脉东段的低山丘陵区,地处 $118^{\circ}26' \sim 118^{\circ}55' \text{E}$ 、 $39^{\circ}51' \sim 40^{\circ}15' \text{N}$ 。该区属暖温带大陆性半湿润季风气候,夏季高温潮湿,冬季寒冷干燥,年平均气温约 11.5°C ,1 月份平均气温 -7°C ,7 月份平均气温 25°C ,多年平均降水量约 710 mm。全年日照 2 292.5 h,无霜期 198 d。

迁安市首钢矿业公司大石河铁矿经过 40 a 的开采,于 2004 年闭坑停采,形成了东、北、西 3 个排岩场,占地约 100 hm^2 ,累计排放废石 12 580 万 t 。从 2005 年至 2007 年经过 3 a 的生态治理,基本完成了覆土和植树造林工程,但局部仍存在岩石裸露、坡度过陡的困难造林地段。本试验选择排岩场西土

线平台进行树种对比试验,平台表层矿石粒径组成为:大于 10 mm 的石块约占 70%,1~10 mm 的碎石砾约占 15%,小于 1 mm 石粉和土壤约占 15%;平台平均坡度小于 5° ,面积约为 $9 \text{ m} \times 90 \text{ m}$ 。

1.2 供试树种

优良树种的选择是排岩场生态恢复的关键。选择的树种应能够适应脆弱的生态环境,具有较强的土壤改良作用,在此基础上选择乡土树种,慎用外来树种,以保护地区生态安全。在调研初评的基础上,选择 9 种乔、灌木树种用于冀东铁矿排岩场的植被恢复(表 1)。

表 1 冀东铁矿排岩场选用树种名称

树种类别	树种名称	拉丁名
乔木树种	山杏	<i>Prunus sibirica</i> L.
	山桃	<i>Prunus davidiana</i>
	白榆	<i>Ulmus pumila</i> L.
	臭椿	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle
	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
灌木树种	连翘	<i>Forsythia suspensa</i>
	丁香	<i>Syzygium aromaticum</i>
	木槿	<i>Hibiscus syriacus</i>
	火炬	<i>Rhus typhina</i> Nutt.

1.3 种植模式及方法

采用乔灌带状混交模式,在平台从北向南依次种植连翘、丁香、山杏、木槿、山桃、臭椿、白榆、火炬、刺槐,株行距 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$,每带 3 行,重复 3 次。在造林整地过程中要保留原有植被,不要将造林地上的杂草、灌木砍伐殆尽,而只是将定植点的杂灌木进行小面积的局部清理即可,以避免土壤养分、水分的流失。栽植方法采用挖大坑中心植苗法,植苗坑穴规格为:坑口径 30~50 cm、深 30 cm。为提高苗木的成活率,所有树种用 100 mg/kg 的 ABT 3 号生根粉泥浆处理后种植,所有树种直接使用 1~2 年生裸根苗。于 2011 年 4 月中旬进行植树造林,造林前截干高度为 30 cm,种植后灌足水,以保证苗木成活。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 成活率和新梢生长量 于 2011 年 10 月中旬调查成活率和新梢生长量,次年 6 月重复调查。

1.4.2 盖度 于 2011 年 10 月中旬采用目测法调查不同树种地上部分覆盖地面的百分率即盖度。

1.4.3 生长状况 于 2011 年 10 月中旬采用目测

法把不同树种生长状况按照生长势分为 5 级,即旺盛、良好、中等、弱、不适宜,若以旺盛级取值为 1,则其他依次取值为 0.8、0.6、0.4、0.2。能很好地适应纯尾矿立地,生长势旺,叶色浓绿的被判定为旺盛级;能适应纯尾矿立地,生长良好但次于旺盛级,叶色淡绿的被判定为良好级;能适应纯尾矿立地,生长势一般,叶色淡黄的被判定为中等级;在纯尾矿立地上勉强能够生存,生长势弱,叶色异常的被判定为弱级;种植后不能适应,在生长季节中相继死亡的被判定为不适宜级。

1.4.4 综合优势值 采用以下公式进行综合优势值计算。

$$P_j = \sum_{k=1}^m W_k \cdot P_{kj}$$

式中, P_j 为树种 j 的综合优势值; W_k 为第 k 项指标的权重($0 \leq W_k \leq 1$); P_{kj} 为第 j 树种第 k 项指标的优势值, m 为指标总数。某树种的优势值越大,说明相对其他树种,该树种在排岩场种植越有利^[16]。

1.5 数据处理

数据采用 SPSS 13.0 软件进行分析,使用 LSD 方法进行多重比较。 $P < 0.05$ 表示差异显著,

$P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同树种的成活率

统计分析得知,各树种的成活率差异极显著。由表 2 可知,各树种按成活率由大到小排列为刺槐(91.66%)>白榆(81.55%)>臭椿(74.34%)>连翘(54.63%)>火炬(50.99%)>山桃(47.22%)>丁香(44.44%)>木槿(23.61%)>山杏(22.22%)。刺槐成活率极显著高于山杏、木槿,显著高于丁香、山桃、火炬、连翘,与白榆、臭椿差异不显著。白榆成活率极显著高于山杏、木槿,显著高于丁香、山桃、火炬,与臭椿、连翘差异不显著。臭椿成活率极显著高于山杏、木槿,显著高于丁香,与山桃、火炬、连翘差异不显著。连翘成活率显著高于山杏、木槿,与丁香、山桃、火炬差异不显著。火炬成活率显著高于山杏、木槿,与丁香、山桃差异不显著。山桃、丁香、木槿、山杏 4 个树种间成活率差异不显著。所以从成活率的角度分析,以刺槐、白榆和臭椿的成活率最高,连翘、火炬、山桃、丁香次之,而木槿和山杏成活率太低,显然不能适应排岩场多石砾、少土壤的恶劣条件。

表 2 排岩场试验树种的优劣势比较

树种	成活率		新梢生长量		盖度		生长势		综合优势值
	数值/%	指标值	数值/cm	指标值	数值/%	指标值	等级	指标值	
刺槐	91.66aA	1	40.17abcAB	1	23	1	旺盛	1	1
丁香	44.44deAB	0.48	10.53dB	0.26	14	0.61	中等	0.6	0.50
山杏	22.22eB	0.24	20.00cdAB	0.50	7	0.30	弱	0.4	0.33
木槿	23.61eB	0.26	14.42dB	0.36	10	0.43	弱	0.4	0.35
山桃	47.22cdeAB	0.52	30.23bcdAB	0.75	12	0.52	中等	0.6	0.57
臭椿	74.34abcA	0.81	25.68bcdAB	0.64	21	0.91	良好	0.8	0.81
白榆	81.55abA	0.89	52.46aA	1.31	29	1.26	旺盛	1	1.07
火炬	50.99cdAB	0.56	43.82abcAB	1.09	33	1.43	良好	0.8	0.91
连翘	54.63bcdAB	0.60	45.39abAB	1.13	19	0.83	良好	0.8	0.78

注:同列数据后不同大、小写字母表示差异极显著($P < 0.01$)、显著($P < 0.05$)。

2.2 不同树种的新梢生长量

经统计分析,各树种新梢生长量差异极显著。由表 2 可知,各树种按新梢生长量由大到小排列为白榆(52.46 cm)>连翘(45.39 cm)>火炬(43.82 cm)>刺槐(40.17 cm)>山桃(30.23 cm)>臭椿(25.68 cm)>山杏(20.00 cm)>木槿(14.42 cm)>丁香(10.53 cm)。白榆新梢生长量极显著高于丁香、木槿,显著高于山杏、臭椿、山桃,与刺槐、火炬、连翘差异不显著;连翘新梢生长量显著高于丁香、木槿、山杏,火炬、刺槐新梢生长量显著

高于丁香、木槿;其他树种新梢生长量间差异不显著。所以从新梢生长量的角度考虑,白榆、连翘、火炬、刺槐优于其他树种。

2.3 不同树种的盖度以及生长状况

由表 2 可知,火炬、白榆、刺槐、臭椿盖度较大,均在 20%以上;山杏、木槿盖度较小,不超过 10%。刺槐、白榆生长状况最好;其次为臭椿、火炬、连翘;丁香、山桃生长状况中等;山杏、木槿生长状况最差。所以从盖度和生长势的角度考虑,刺槐、白榆、火炬在排岩场环境中表现良好。

2.4 不同树种的综合优势

由于从成活率、新梢生长量、盖度及生长状况等不同指标得出的优势树种不尽相同。为了对各种试验树种在排岩场种植的相对优势程度进行比较,根据以上树种的调查结果,以生长中若干指标优势值的加权和作为评价依据,对试验中 9 个树种进行综合评价。

以各试验树种的成活率、生长势、盖度、新梢生长量作为评价指标,依据各项指标的相对重要程度赋予权重,成活率 0.4、生长势 0.25、盖度 0.2、新梢生长量 0.15;以刺槐的各项指标值为 1,其他树种的各指标值相对刺槐而言,计算出各项指标的综合优势值,对试验树种的优势程度进行评价,其结果见表 2。从表 2 综合优势值的大小来看,冀东铁矿排岩场 9 种树种优势值大小为:白榆(1.07) > 刺槐(1) > 火炬(0.91) > 臭椿(0.81) > 连翘(0.78) > 山桃(0.57) > 丁香(0.50) > 木槿(0.35) > 山杏(0.33)。综合分析表明,白榆、刺槐、火炬、臭椿可作为排岩场植被恢复的优良树种,连翘、山桃在排岩场环境中正常生长,山杏、木槿不宜作为排岩场植被恢复的先锋树种。

3 结论与讨论

就成活率而言,刺槐、白榆、臭椿的成活率较高;就新梢生长量而言,白榆、连翘、火炬、刺槐的新梢生长量较高;就植被盖度而言,火炬、白榆、刺槐、臭椿的植被盖度较高;就生长势而言,刺槐、白榆生长旺盛。根据以上 4 个指标得出的生长较优树种不尽相同,因此选择综合优势值进行比较排序:白榆(1.07) > 刺槐(1) > 火炬(0.91) > 臭椿(0.81) > 连翘(0.78) > 山桃(0.57) > 丁香(0.50) > 木槿(0.35) > 山杏(0.33)。综合考虑可知,白榆、刺槐、火炬、臭椿可作为排岩场植被恢复的优良树种,连翘、山桃在排岩场环境中正常生长,丁香、山杏、木槿不宜作为排岩场的复垦造林树种。

根据矿山排岩场立地条件,通过植物种类筛选和合理的植被顺序达到矿山废弃地利用和植被恢复的目的,是世界各地应用最广泛的一种复垦方法^[17]。植物种类选择的适当与否是植被恢复成败的关键因素之一。根据排岩场极端的环境条件,选定的植物种类应具备适应性强、抗逆性好、具有改良土壤的能力、根系发达、生长速度较快、易播种栽植、成活率高等特性^[16]。本研究最终选择的先锋树种

达到了上述预期的目的,对同类矿区生态植被恢复具有指导和示范作用。

参考文献:

- [1] 李永庚,蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展[J]. 生态学报,2004,24(1):95-100.
- [2] 徐嵩龄. 采矿地的生态重建和恢复生态学[J]. 科技导报,1994(3):49-51,16.
- [3] 周树理. 矿山废弃地复垦与绿化[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [4] 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.
- [5] 王超,毕君. 金属矿山废弃地类型划分与生态退化特征[J]. 环境保护科学,2012,38(1):41-44,49.
- [6] 王超,毕君,尤海舟,等. 冀东铁矿排岩场造林技术研究[J]. 中国农学通报,2013,29(16):37-40.
- [7] 李明顺,唐绍青,张杏辉,等. 金属矿山废弃地的生态恢复实践与对策[J]. 矿业安全与环保,2005,32(4):16-18.
- [8] Bradshaw A D. Restoration of mined lands-using natural process[J]. Ecological Engineering, 1997, 8(4): 255-269.
- [9] 范英宏,陆兆华,程建龙,等. 中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术[J]. 生态学报,2003,23(10): 2144-2151.
- [10] 王晓春,蔡体久,谷金锋. 鸡西煤矿矸石山植被自然恢复规律及其环境解释[J]. 生态学报,2007,27(9): 3744-3751.
- [11] Moffat A J, McNeill J D. Restoring disturbed land for forestry[M]. London: Forestry Commission Bulletin, 1994.
- [12] 马志本,卢崇恩,王文英,等. 黄土高原晋陕蒙接壤区露天煤矿废弃土地复垦战略及其对策的探讨[C]// 安太堡露天煤矿土地复垦协作组. 黄土高原地区露天煤矿土地复垦研究论文集(第一集). 北京:中国科学技术出版社,1995:90-99.
- [13] 马恩霖. 露天开采复田[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1982.
- [14] 卞正富,林家聪. 矿区的土地复垦规划问题[J]. 煤炭学报,1992(1):53-62.
- [15] 卞正富,张国良. 煤矿区土地复垦工程的理论和方法[J]. 地域研究与开发,1994,13(1):6-9.
- [16] 杨修,高林. 德兴铜矿矿山废弃地植被恢复与重建研究[J]. 生态学报,2001,21(11):1931-1940.
- [17] 孙翠玲,苏铁成,郭玉文. 矿山矸石台地植被恢复栽培模式研究[J]. 林业科学研究,2005,18(3):356-361.