

文章编号:1673-9469(2009)03-0102-04

五家子铁矿生态恢复的植物种类选择

李树文¹, 李少雄¹, 刘嘉玮², 武毅冰¹

(1. 河北工程大学, 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2. 承德水文水资源勘测局, 河北 承德 067000)

摘要:以调查、咨询为基础,初选18种适合五家子铁矿生态环境恢复治理的植物。综合考虑适应性、功能性、经济性等准则要素选择,及抗旱性、抗病虫害、耐寒性、耐热性、耐瘠薄、涵固土壤性能、改良土壤、绿化效果、培育成本、管养成本、经济产出等指标,运用层次分析法进行优选。最终确定出花椒、山榆、核桃、紫花苜蓿、沙打旺、侧柏、狗尾草、砂地柏等8种植物较适合五家子铁矿立地条件生长。

关键词:生态恢复;植物选择;层次分析法;五家子铁矿

中图分类号: X45; Q948.1

文献标识码: A

Selection of vegetation species for Wujiazi iron mine ecological recovery

LI Shu-wen¹, LI Shao-xiong¹, LIU Jia-wei², WU Yi-bing¹

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. Chengde Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Hebei Chengde 067000, China)

Abstract: Based on investigation and consultation, 18 species of plants are initially selected for Wujiazi iron mine ecological recovery. The factors such as adaptability, functional and economical character comprehensively and the features such as drought resistance, pest resistance, cold resistance, heat resistance, barren, soil conservation, soil improvement, greening effect, the cost of cultivation, management and raise cost, economic output are considered. The relative importance of the decision-making program the qualitative judgment will be quantified by using analytic hierarchy process(AHP). Following 8 plants are finally chose as the most suitable species to the conditions of Wujiazi iron mine including *Zanthoxylum bungeanum*, *Ulmus uyematsui*, *Juglans regia*, *Medicago sativ*, *Astragalus adsurgens*, *Platycladus orientalis*, *Setaria viridis* and *Sabina vulgaris*.

Key words: ecological recover; plant selection; AHP; Wujiazi iron mine

矿产资源的开发和利用,对经济的发展起了巨大的推动作用,同时也对环境产生了重大影响,其主要危害包括破坏和占用大量的土地资源、破坏地表景观、污染水体、降低地下水水位、引发地质灾害等,严重威胁了人类生存和经济发展。近年来,我国矿山废弃地生态恢复的研究有了突飞猛进的发展,废弃地地质灾害治理、环境污染控制、土地利用、生态系统的恢复等方面的理论与技术研究取得较大成就^[1-4],但由于各矿区立地条件的多样性,适宜矿山治理恢复的植物筛选工作仍需加强。

本项目以现场调查为基础,初选多种植物,并运用层次分析法进行优选,最终找出五家子铁矿生态治理绿化工程较佳植物种类。

1 矿区概况

五家子铁矿位于河北省武安市区北部,地处太行山东麓低山丘陵区(36°47'43"~36°48'3"N; 114°8'20"~114°9'4"E)。周边均为南北向延伸的低山,地势总体西高东低,最大标高+446.5m。由于原有地形地貌已基本破坏,实测标高+268.4m~

收稿日期:2009-05-16

基金项目:河北省自然科学基金(D2005000463) 邯郸市科学技术研究与发展计划项目(D072315057-3) 特约专稿

作者简介:李树文(1955-),教授,博士,从事矿山废弃地生态恢复技术、环境系统模拟研究。

+377.2m。出露的地层有寒武系灰岩、中下奥陶统灰岩、石炭二迭系砂页岩、第三系砾石、第四系黄土类土等。

矿区属于暖温带大陆性季风气候,四季分明。多年平均降雨量为 526.68mm;多年平均蒸发量 1 997.5mm;年平均气温 11℃ - 13.5℃;年日照时数平均 2 297h,年日照百分率平均为 52%;四季之中,屡起西北、西南及西风,年平均风速 2.6m/s,极端最大风速 29m/s;年平均无霜期 196d,最大冻土深度 33cm。

2 选取方法

根据矿区严酷的气候和特殊的立地条件,借鉴当地矿山恢复治理成功实践工程,初选了 18 种抗干旱、耐瘠薄、涵固土壤性能较好的植物,其中,乔木:侧柏、核桃、山杏、柿子树、山榆、山椿;灌木:花椒、砂地柏;多年生草本植物:高羊茅、紫花苜蓿、草木樨、紫草、车前、白羊草、沙打旺、冰草、苜蓿;一年生草本植物:狗尾草^[5]。由于植物选择的标准难以完全定量化,采用层次分析法进行植物的选择。

2.1 原理

层次分析法的排序问题,实质上是一组元素两两比较其重要性,并计算元素相对重要性的测度问题。用 a_{ij} 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的比较结果,则

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \tag{1}$$

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

A 称为成对比较矩阵。

成对比较矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 满足以下性质:

$$(1) a_{ij} > 0 \quad (2) a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3) a_{ii} = 1$$

则称为正互反阵,若 $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$,则称 A 为一致阵。

在排序原理中,通常不能保证判断矩阵为一致性矩阵,此时要对其进行一致性判断。判断方法如下:

1) 计算一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \tag{3}$$

式中 n - 判断矩阵的阶数; λ - 判断矩阵的最大正数特征根。

查询平均随机一致性指标 RI,随机一致性指标 RI 是多次重复进行随机判断矩阵特征值计算之后取算术平均值得到的。计算所得的一致性指标 RI 的值如表 1 所示。

2) 计算一致性比例 CR

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.1 \tag{4}$$

当 $CR < 0.1$ 时,一般认为判断矩阵的一致性是可接受的。

2.2 方法

1) 建立层次结构模型。进行植被绿化设计时,突出从矿区地质环境条件的实际出发,即:石灰岩类的石质山地,干旱少雨,土质较贫瘠等不利因素。确定影响废弃地生态恢复植物选择的准则要素为植物的适应性、功能性和经济性。适应性决定了物种能否在矿区严酷的气候及土壤条件下成活、生存与发展,由抗旱性、抗病虫害、耐寒性、耐热性、耐瘠薄等因子组成。功能性体现在植物的防护性能和景观效应,由涵固土壤性能、改良土壤性能及绿化效果等因子组成。经济性直接关系到绿化工程的投资,越来越受到重视,由培育成本、营养成本、经济产出等因子组成^[6]。由此建立植物选择层次结构模型(见图 1)。

表 1 随机一致性指标 RI 数值表

Tab. 1 Values of RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

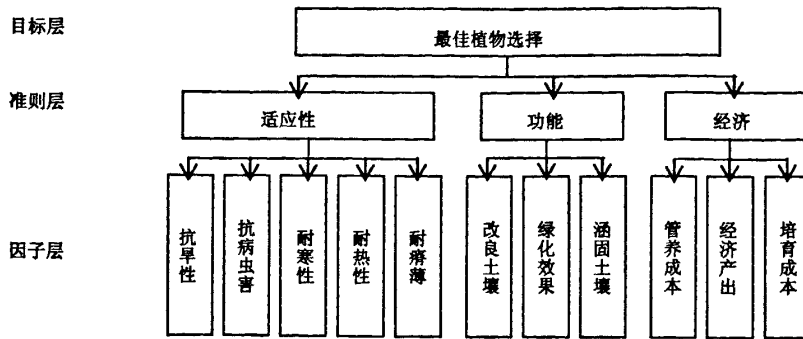


图1 植物选择层次结构图

Fig.1 Hierarchy of plant selection

2) 构建判断矩阵及一致性检验。构建定性的两两比较矩阵时,用数字 1~9 来表示各因子的相对重要性,数字越大,表明前者比后者的重要性越大,同时该数字的倒数表示后者比前者的重要性。进行一致性检验时,如果 $CR < 0.1$,认为判断矩阵通过检验,否则要重新构造两两比较矩阵。五家子铁矿生态恢复植物种类选择判断矩阵及计算结果见表 2~5。

表 2 各准则层两两比较矩阵及权向量表

Tab.2 The comparison matrices of standard for factors and weight vector

	适应性	功能性	经济性
适应性	1	2	5
功能性	1/2	1	3
经济性	1/5	1/3	1
权向量	0.581	0.309	0.110

一致性检验: $\omega = (0.581 \ 0.309 \ 0.110)^T, \lambda = 3.004, CI = 0.002, RI = 0.580, CR = 0.002/0.580 = 0.003 < 0.1$, 满足一致性指标,矩阵是可行的。

表 3 适应性各因子两两比较矩阵及权向量表

Tab.3 The comparison matrices of adaptability for factors and weight vector

	抗旱性	抗病虫害	耐寒性	耐热性	耐瘠薄性
抗旱性	1	6	5	3	2
抗病虫害	1/6	1	1/3	1/3	1/4
耐寒性	1/5	3	1	1/2	1/3
耐热性	1/3	3	2	1	1/2
耐瘠薄性	1/2	4	3	2	1
权向量	0.436	0.055	0.102	0.154	0.253

一致性检验: $\omega = (0.436 \ 0.055 \ 0.102 \ 0.154$

$0.253)^T, \lambda = 5.109, CI = 0.027, RI = 1.120, CR = 0.027/1.120 = 0.024 < 0.1$, 满足一致性指标,矩阵是可行的。

表 4 功能性各因子两两比较矩阵及权向量表

Tab.4 The comparison matrices of functional performance for factors and weight vector

	涵固土壤	改良土壤	绿化效果
涵固土壤	1	2	3
改良土壤	1/2	1	2
绿化效果	1/3	1/2	1
权向量	0.539	0.297	0.164

一致性检验: $\omega = (0.539 \ 0.297 \ 0.164)^T, \lambda = 3.009, CI = 0.005, RI = 0.580, CR = 0.005/0.580 = 0.009 < 0.1$, 满足一致性指标,矩阵是可行的。

表 5 经济性各因子两两比较矩阵及权向量表

Tab.5 The comparison matrices of economic performance for factors and weight vector

	培育成本	管养成本	经济产出
培育成本	1	1/3	1/5
管养成本	3	1	1/2
经济产出	5	2	1
权向量	0.110	0.309	0.581

一致性检验: $\omega = (0.110 \ 0.309 \ 0.581)^T, \lambda = 3.004, CI = 0.002, RI = 0.580, CR = 0.002/0.580 = 0.003 < 0.1$, 满足一致性指标,矩阵是可行的。

3) 层次总排序及一致性检验。层次总排序是将各因子层对准则层的权重及准则层对目标层的权重进行综合,得到各因子对五家子矿山废弃地植物选择的权重,见表 6。最后,总排序要通过一致性检验才能证明所构建的成对比较矩阵的不一致程度在容许范围之内,否则要对矩阵进行调整。

$$CI_{\text{总}} = \sum a_j CI_j = 0.581 \times 0.027 + 0.309 \times 0.005 + 0.110 \times 0.002 = 0.017 \quad (5)$$

$$RI_{\text{总}} = \sum a_j RI_j = 0.581 \times 1.120 + 0.309 \times 0.580 + 0.110 \times 0.580 = 0.8947 \quad (6)$$

$$CR_{\text{总}} = CI_{\text{总}} / RI_{\text{总}} = 0.017 / 0.894 = 0.019 < 0.17 \quad (7)$$

由式(7)可得出总排序具有满意的一致性。

表6 各因子权值表

Tab.6 The weight of factors

因子	权值
抗旱性	0.253
涵固土壤	0.167
耐瘠薄性	0.147
改良土壤	0.092
耐热性	0.089
经济产出	0.064
耐寒性	0.059
绿化效果	0.051
管养成本	0.034
抗病虫害	0.032
培育成本	0.012

由表6可以看出,抗旱性、涵固土壤、耐瘠薄性等因子对植物种类选取影响较大,经济产出因子处于中等水平。随着我国矿业废弃地环境恢复治理事业的发展,市场化运作,逐步实现产业化,是未来的发展趋势,经济性因子的影响会越来越大^[7]。

3 结果与分析

通过现场调查、咨询相关专业人士得到所选植物各因子分值,经标准化后,再乘以各因子权值,得到初选植物的最后评分,见表7。

表7 初选植物得分表

Tab.7 Primary plant scores

类别	植物种名	分值	类别	植物种名	分值
乔木	侧柏	0.868	草木樨	0.657	
	核桃	0.949	紫草	0.623	
	山杏	0.736	车前	0.599	
	柿子	0.750	白羊草	0.664	
	山榆	0.967	沙打旺	0.891	
灌木	山椿	0.775	冰草	0.685	
	花椒	0.983	紫花苜蓿	0.924	
	砂地柏	0.816	苜蓿	0.618	
草本	高羊茅	0.572	狗尾草	0.832	

根据表7所示评分结果,最终选择了8种植物,分别是花椒、山榆、核桃、紫花苜蓿、沙打旺、侧柏、狗尾草、砂地柏,其中草本植物3种,灌木2种,乔木3种。草本植物的须根和乔木、灌木侧根在土壤中盘根错节,提高土体的自身巩固能力。乔木和灌木的垂直根系可穿过地表浅层的松散风化层,锚固到较深处岩土层上,起到预应力锚杆的作用。紫花苜蓿为豆科植物具有固氮能力,起到改良土壤的作用。草本植物生长发育迅速,前期治理效果明显。乔木、灌木在建植前期生长发育较为缓慢,但具有较稳固和持久的防护作用。

4 结论

利用层次分析法把复杂的矿区生态恢复植物选择问题进行分解,较大幅度地减少主观因素。最终确定草本植物3种:紫花苜蓿、沙打旺、狗尾草;灌木2种:花椒、砂地柏;乔木3种:山榆、核桃、侧柏。上述物种皆为抗旱、固土和耐贫瘠等性能较好的植物,草本+灌木+乔木的搭配优势互补,将在五家子铁矿生态环境恢复工程中起到重要作用。

参考文献:


- [1] 李树志. 矿区生态破坏防治技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998.
- [2] 赵新卓, 焦国忠. 泰安市矿山地质环境问题及其治理对策研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2008, 25(4): 77-81.
- [3] 李自强. 运用层次分析法解决宁夏石中高速公路北段边坡绿化植物的选择问题[J]. 宁夏大学学报, 2004, 25(1): 72-76.
- [4] 甘建国, 王浩, 谢锴. 邵怀高速公路边坡生态恢复植物种类选择[J]. 公路工程, 2002, 32(5): 177-179.
- [5] 刘瑞宁, 张文辉, 刘新成, 等. 天津市32种常见灌木的观赏性及适应性综合评价[J]. 西北农业学报, 2008, 17(1): 296-300.
- [6] 柳劲松, 王丽华, 宋秀娟. 环境生态学基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [7] 朱青山. 和尚桥铁矿建设中的环境影响预测与对策[J]. 金属矿山, 2007(8): 75-76.

(责任编辑 马立)

五家子铁矿生态恢复的植物种类选择

作者: [李树文](#), [李少雄](#), [刘嘉玮](#), [武毅冰](#), [LI Shu-wen](#), [LI Shao-xiong](#), [LIU Jia-wei](#),
[WU Yi-bing](#)

作者单位: [李树文, 李少雄, 武毅冰, LI Shu-wen, LI Shao-xiong, WU Yi-bing \(河北工程大学, 城市建设学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#), [刘嘉玮, LIU Jia-wei \(承德水文水资源勘测局, 河北, 承德, 067000\)](#)

刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年, 卷(期): 2009, 26(3)

被引用次数: 3次

参考文献(7条)

1. [李树志](#) [矿区生态破坏防治技术](#) 1998
2. [赵新卓; 焦国忠](#) [泰安市矿山地质环境问题及其治理对策研究](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(04)
3. [李自强](#) [运用层次分析法解决宁夏石中高速公路北段边坡绿化植物的选择问题](#) [期刊论文]-[宁夏大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(01)
4. [甘建国; 王洁; 谢锴](#) [邵怀高速公路边坡生态恢复植物种类选择](#) 2002(05)
5. [刘瑞宁; 张文辉; 刘新成](#) [天津市32种常见灌木的观赏性及适应性综合评价](#) [期刊论文]-[西北农业学报](#) 2008(01)
6. [柳劲松; 王丽华; 宋秀娟](#) [环境生态学基础](#) 2003
7. [朱青山](#) [和尚桥铁矿建设中的环境影响预测与对策](#) [期刊论文]-[金属矿山](#) 2007(08)

本文读者也读过(10条)

1. [王建树](#). [WANG Jian-shu](#) [野生珍稀观赏植物太行花的研究](#) [期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2008, 36(15)
2. [耿霄](#). [叶嘉](#). [焦云红](#). [张会敏](#) [中国特有珍稀濒危植物太行花的研究进展](#) [期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2009, 35(19)
3. [尹会兰](#). [崔雁英](#). [曹自云](#) [河北野生食用植物资源的定量分析](#) [期刊论文]-[邯郸农业高等专科学校学报](#) 2004, 21(2)
4. [吕华](#). [黄志刚](#). [邢继英](#). [任永献](#). [石永星](#). [范京](#). [张海秀](#). [崔巍](#) [邯郸市1994~2004年植物性食物中毒分析](#) [期刊论文]-[医学动物防制](#) 2005, 21(1)
5. [叶嘉](#). [付伟](#). [张浩](#). [王艳霞](#). [李磊](#). [YE Jia](#). [FU Wei](#). [ZHANG Hao](#). [WANG Yan-xia](#). [LI Lei](#) [武安国家森林公园资源植物现状及保护措施](#) [期刊论文]-[邯郸学院学报](#) 2009, 19(3)
6. [李联祥](#) [社区医院如何掌握无创正压通气及临床应用](#) [期刊论文]-[中国社区医师\(医学专业\)](#) 2010, 12(18)
7. [张准祥](#). [陈益强](#). [谢建琳](#). [李联珍](#). [郑震](#) [癌症疼痛的药物治疗](#) [期刊论文]-[福建医药杂志](#) 2002, 24(5)
8. [贺辉波](#). [胡国华](#). [卢圣榜](#). [李联祥](#). [姚秀玲](#) [临床常见诊疗错误汇编\(309\)](#) [期刊论文]-[新医学](#) 2009, 40(10)
9. [李沛](#). [杨以会](#). [王秋丽](#). [郭建伟](#). [李联祥](#) [角膜缘干细胞移植术的现状 & 展望](#) [期刊论文]-[邯郸医学高等专科学校学报](#) 2005, 18(3)
10. [李联祥](#) [如何减少不明原因发热的误诊](#) [期刊论文]-[实用心脑血管病杂志](#) 2010, 18(11)

引证文献(3条)

1. [王月](#). [李东亮](#) [基于层次分析法的采石场生态恢复植物选择](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(3)
2. [庞彦军](#). [刘立民](#). [马丽涛](#). [刘开第](#) [基于非线性序转换的层次分析模型](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(2)
3. [张立钊](#). [关英斌](#). [许道军](#). [周倩羽](#). [程召禄](#) [矿山地质环境承载力与压力定量评价](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2012(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjkjxyxb200903025.aspx