

# 大杨树煤矿采煤塌陷区植被恢复效果调查与评价

赵一阳, 蓝登明\*, 德永军, 马少薇, 尚洁 (内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古呼和浩特 010019)

**摘要** 以大杨树煤矿采煤塌陷区作为研究对象, 采用样方法对其植被恢复情况进行调查, 建立了以适应性、经济价值、配置与结构、恢复效果为主要评价指标的植被恢复综合评价体系。结果表明, 该区域恢复的乔木林树种为山杨, 灌木丛树种为胡枝子, 复垦农田种植的农作物为大豆; 山杨林的综合评价等级为Ⅱ级(良), 胡枝子灌丛的综合评价等级为Ⅱ级(良), 复垦农田的综合评价等级为Ⅰ级(优)。

**关键词** 大杨树煤矿; 植被恢复; 评价

**中图分类号** S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)34-099-02

## Investigation and Evaluation on the Effect of Vegetation Restoration of the Dayangshu Coal Mining Subsidence Area

ZHAO Yi-yang, LAN Deng-ming\*, DE Yong-jun et al (College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

**Abstract** Selecting the Dayangshu coal mining subsidence area as studied area, vegetation restoration was studied by plot method, a comprehensive evaluation system of vegetation restoration based on adaptability, economic value, configuration and structure, restoration effect was established. The results showed that recovery of tree species is *Populus davidiana*, bush species is *Lespedeza bicolor*, and the reclaimed farmland is *Glycine max*. Comprehensive evaluation grade of *Populus davidiana* is Ⅱ (good), *Lespedeza bicolor* is Ⅱ (good), and the reclaimed farmland is Ⅰ (excellent).

**Key words** Dayangshu coal mine; Vegetation restoration; Evaluation

目前, 矿区环境治理和生态恢复已经成为全球恢复生态研究普遍关注的议题之一, 受到各国的普遍重视<sup>[1]</sup>。谋求人类与环境的协调发展<sup>[2]</sup>, 生态恢复建设具有重要的理论价值与实际意义<sup>[3]</sup>。煤炭在我国能源结构中占有主导地位<sup>[4]</sup>, 但煤矿区生态环境问题已经成为矿区乃至区域可持续发展的重大制约因素<sup>[5-6]</sup>, 积极开展矿区塌陷地复垦工作, 不仅可以解决人地矛盾, 保护土地资源, 也是煤矿企业实现自身经济可持续发展的重要途径<sup>[7]</sup>, 对矿区塌陷地复垦模式的研究成为必要<sup>[8]</sup>。笔者以大杨树煤矿为研究对象, 通过对该地区典型恢复植被和主要复垦农田的调查与评价, 提出了适宜的研究地矿区植被恢复的模式, 为矿产资源开发区植被恢复提供了合理的建议。

## 1 研究区概况

大杨树矿区位于鄂伦春自治旗和莫力达瓦自治旗交汇处, 矿区地处高平原地貌区<sup>[9]</sup>, 地理位置 124°32'36" ~ 124°33'52" E, 49°38'40" ~ 49°40'12" N, 气候类型为温带与寒温带大陆性气候, 无霜期 90 ~ 110 d, 年平均气温 -5.2 °C, 年平均降水量 500 mm 左右。大兴安岭林木资源丰富, 主要树种有兴安落叶松 (*Larix gmelinii*)、樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 等<sup>[9]</sup>, 在湿润的森林条件下, 形成森林土壤, 有灰化土、灰棕壤、棕壤、灰色森林土和褐土等。大杨树矿区面积 3 358 km<sup>2</sup>, 主要开采煤炭资源, 以井工开采为主。目前已全部闭坑, 治理前矿区地面沉降、地裂缝塌陷地质灾害严重<sup>[10]</sup>。针对此类问题, 对采煤塌陷区最早的治理时间为 2005 年, 经过 10 a 的治理, 塌陷区得到了良好的改善。塌陷

区回填后, 部分作复垦农田, 复垦的农作物为大豆, 恢复效果较好, 部分排列种植了乔木林和灌木丛, 乔木林种植的植物为山杨, 灌木丛种植的植物为胡枝子。

## 2 研究方法

**2.1 调查内容与方法** 2014 年 8 月中旬, 通过对大杨树矿区植被恢复工程进行实地考察, 按照不同植被恢复类型分别设置样地, 每块样地随机取 3 个样方。样方面积为 10 m × 10 m, 草本样方 1 m × 1 m<sup>[11]</sup>, 调查并记录样方中植物的名称、株数, 木本植物的高度、盖度、生长状况, 以及草本植物的生物量指标。同时记录有无枯梢、黄叶、冻害、病虫害情况。

**2.2 评价指标体系构建** 根据研究地现有植物配置综合评价结果, 选择矿区植被恢复模式, 其评价指标体系应适应当地的自然条件和立地条件<sup>[12-13]</sup>, 能够综合体现植物种的生态、经济和社会效益, 因此选择适应性、经济价值、配置与结构、恢复效果 4 个指标构建评价指标体系。适应性评价指标又分为 4 个二级指标, 分别为木本植物造林保存率(草本植物的生长量)(占整体分值的 30%)、生长状况(占整体分值的 30%)、病虫害现象(占整体分值的 20%)、冻害现象(占整体分值的 20%)。

## 2.3 评价指标体系评分标准

**2.3.1 适应性指标。** 适应性指标旨在鉴定矿区植被恢复中所选植物种对生境条件的适应能力和适应程度, 结合研究地生境, 选择植物耐寒、耐旱、抗风、抗涝、抗病虫、抗污染、耐盐碱的能力作为评价标准(表 1)。

**2.3.2 经济价值指标。** 经济价值指标旨在为矿区植被恢复中所选植物种在植被重建后保护生态的同时对当地生产生活、经济发展的贡献程度做出综合评价, 主要考虑其用途、产量以及经济价值(表 2)。

**2.3.3 配置与结构评价指标。** 配置与结构指标主要考虑植物种数量、搭配是否合理、重建植被的垂直结构及其与当地自然条件的吻合程度, 在一定程度上能够反映出重建植被的

**基金项目** 内蒙古自治区国土厅、财政厅计划课题项目(内国土资字[2012]806; 内财力[2012]1965)。

**作者简介** 赵一阳(1991-), 女, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 研究方向: 园林植物与观赏园艺。\* 通讯作者, 教授, 硕士, 从事野生植物保护与利用研究。

**收稿日期** 2015-11-02

稳定性和抵御不良生态条件的能力,又能衡量矿区植被恢复周期,实现与周围环境相协调一致(表3)。

表1 适应性评分标准

| 适应性 | 分值 | 评价标准  |
|-----|----|---|
| 强   | 3  | 木本植物造林保存率、草本植物生物量达到自然植被的80%以上,生长旺盛,无病虫害、冻害现象        |
| 中   | 2  | 木本植物造林保存率、草本植物生物量达到50%~79%,生长正常,有轻微病虫害、冻害           |
| 差   | 1  | 木本植物造林保存率、草本植物生物量达到30%~49%,长势差,枯梢、黄叶等现象常见,病虫害、冻害较严重 |
| 不适应 | 0  | 木本植物造林保存率、草本植物生物量低于29%,长势差,枯梢、黄叶、病虫害、冻害现象严重         |

表2 经济价值评分标准

| 经济价值 | 分值 | 评价标准              |
|------|----|-------------------|
| 优    | 3  | 具有3种以上用途,开发利用潜力大  |
| 良    | 2  | 具有2种以上用途,开发利用潜力较大 |
| 中    | 1  | 具有1种以上用途,有一定的发展潜力 |
| 差    | 0  | 只具有生态恢复功能,无其他经济用途 |

表3 配置与结构评分标准

| 配置与结构 | 分值 | 评价标准                                      |
|-------|----|---|
| 优     | 3  | 植被恢复选择的植物种在3种以上,搭配合理,层次结构为乔灌木结合,符合生境条件    |
| 良     | 2  | 植被恢复植物种选择2种以上,搭配合理,层次结构为乔灌、乔草或灌草结合,符合生境条件 |
| 差     | 1  | 植被恢复植物种选择1种,层次结构单一                        |

**2.3.4 植被恢复盖度评价指标。**植被恢复盖度主要以复建植被与当地自然植被进行对比,以植被盖度情况为依据对治理效果进行评价(表4)。

表4 植被恢复盖度评分标准

| 植被恢复盖度 | 分值 | 评分标准             |
|--------|----|------------------|
| 好      | 3  | 盖度达到自然盖度的80%以上   |
| 中      | 2  | 盖度达到自然盖度的50%~79% |
| 差      | 1  | 盖度达到自然盖度的49%~20% |
| 无      | 0  | 盖度为自然盖度的19%以下    |

**2.3.5 评价指标权重的确定。**通过对矿区自然气候条件以及植被恢复的要求进行分析,确定各个指标的权重值

表7 大杨树煤矿乔灌木恢复情况调查结果

| 立地类型 | 恢复类型  | 治理年限 | 平均高度    | 盖度   | 与对照盖度 | 保存率  | 病虫害 | 枯梢、黄叶 | 冻害 | 配置物种 | 层次结构 | 生境条件 | 配置 |
|------|-------|------|---------|------|-------|------|-----|-------|----|------|------|------|----|
|      |       | a    | cm      | %    | 相比//% | %    |     |       |    |      |      |      |    |
| 塌陷区  | 山杨林   | 10   | 1 006.7 | 80.0 | 83.3  | 87.3 | 轻度  | 无     | 无  | 乔木   | 单一   | 符合   | 合理 |
|      | 胡枝子灌丛 | 10   | 104.0   | 87.3 | 75.2  | 82.7 | 无   | 无     | 无  | 灌木   | 单一   | 符合   | 合理 |
| 对照区  | 山杨林   | -    | 1 042.0 | 96.0 | -     | 96.7 | 轻度  | 无     | 无  | -    | -    | -    | -  |
|      | 胡枝子灌丛 | -    | 147.7   | 87.3 | -     | 95.7 | 无   | 无     | 无  | -    | -    | -    | -  |

**3.2 胡枝子** 胡枝子的保存率平均可达82.7%,与对照区盖度的百分比为75.2%,基本没有病虫害以及枯枝黄叶现象,没有冻害现象,配置结构单一,符合当地的生境条件(表7);其适应性2.7分,经济价值3分,配置结构1分,恢复效果3分,综合评价2.28分,评价等级Ⅱ级(良)。

**3.3 大豆** 塌陷区与对照区大豆生物量的百分比为81.0%,基本无病虫害以及冻害,也没有严重的枯枝黄叶现

(表5)。

表5 评价指标权重

| 评价指标  | 权重值 | 赋值说明  |
|-------|-----|---|
| 适应性   | 0.4 | 适应性是复建植被的限制性指标,直接决定植被的生长状况,赋分最高。                                    |
| 经济价值  | 0.2 | 经济价值是发展当地经济、体现土地生产力的重要指标,是植被恢复与重建的质量指标。                             |
| 配置与结构 | 0.2 | 配置与结构既可以反映出复垦植物抵御不良生态条件的能力,又能衡量矿区植被恢复周期,实现与周围环境相协调一致,为植被恢复与重建的质量指标。 |
| 恢复效果  | 0.2 | 恢复效果是矿区植被复建当前成果的直观表现,为植被恢复与重建的质量指标。                                 |

**2.3.6 综合评价指数计算与等级划分。**综合评价指数计算公式为:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i I_i$$

式中, $P$ 为综合评价指数; $P_i$ 为各评价因子得分; $I_i$ 为各评价因子权重; $n$ 为评价因子数。根据综合评价指数,将植被恢复效果划分为5个等级(表6)。

表6 综合评价指数等级划分

| 等级  | 描述 | $P$     |
|-----|----|---------|
| I   | 优  | 3.0~2.5 |
| II  | 良  | 2.5~2.0 |
| III | 中  | 2.0~1.5 |
| IV  | 差  | 1.5~1.0 |
| V   | 极差 | <1.0    |

### 3 大杨树煤矿植被恢复综合评价

**3.1 山杨林** 大杨树煤矿植被恢复利用木本恢复和农田复垦两种模式,木本恢复种是山杨和胡枝子,复垦农田的农作物是大豆。由表7可知,山杨林的保存率平均可达87.3%,与对照区盖度的百分比是83.3%,有轻度的病虫害,基本无枯枝黄叶现象,没有冻害现象,复垦灌木配置单一,结构层次为单层,符合当地的生境条件;其适应性2.2分,经济价值2分,配置结构1分,恢复效果3分,综合评分2.08分,评价等级Ⅱ级(良)。

象,符合当地的生境条件(表8);有很高的经济价值,其适应性3.0分,经济价值3分,配置结构1分,恢复效果3分,综合评价2.60分,评级等级Ⅰ级(优)(表9)。

### 4 建议

(1)矿产资源开发区只有坚持长期治理才有好的效果,乔灌木需进行病虫害的防治,农作物需季节性更替种植,所

中,小鼠处于免疫低下(免疫抑制)时,体内脾脏指数和胸腺指数显著降低,给予金丝桃苷治疗后,二者均升高,表明金丝桃苷能提高脾脏指数和胸腺指数。

**3.2 金丝桃苷对免疫抑制小鼠体内MDA及H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的影响** 小鼠注射环磷酰胺后,体内MDA及H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>显著升高,给予金丝桃苷治疗后,小鼠体内MDA及H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>显著降低。MDA和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>均是机体内的过氧化物,MDA为脂质过氧化物,它能够引起细胞损伤,其量的多少能够间接反映出细胞受损伤的程度。MDA还可能诱发癌症或是自身免疫疾病的基础<sup>[5]</sup>。而H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>对心肌细胞具有损伤作用<sup>[6]</sup>。在该研究中,小鼠处于免疫低下(免疫抑制)时,体内MDA及H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>显著升高,给予金丝桃苷治疗后,二者活性均降低,表明金丝桃苷能够通过降低机体内的过氧化物,增加机体免疫功能。

**3.3 金丝桃苷对小鼠体内总抗氧化能力T-AOC及其相关酶T-SOD活性的影响** 小鼠注射环磷酰胺后,体内T-AOC和T-SOD活性显著降低。给予金丝桃苷进行治疗后,免疫抑制小鼠体内T-AOC和T-SOD活性显著升高。T-AOC表明体内总抗氧化能力的强弱。而SOD能够调节机体内活性氧和NO的水平<sup>[7]</sup>,平衡机体的氧化与抗氧化作用,是机体内最重要的抗氧化酶。在该研究中,小鼠处于免疫低下(免疫抑制)时,体内T-AOC和T-SOD活性降低,给予金丝桃苷治疗后,二者活性均升高,表明机体抗氧化能力增强。表明金丝桃苷能够通过提高机体抗氧化能力而增加机体免疫功能。

**3.4 金丝桃苷对小鼠体内与自由基清除有关的酶MPO、POD、GSH-PX及自由基产生相关酶XOD活性的影响** 小鼠注射环磷酰胺后,体内MPO、GSH-PX和POD活性显著降

低,XOD活性显著升高。MPO能消耗过氧化氢,同时将氯化物离子催化为次氯酸。XOD可以催化次黄嘌呤和黄嘌呤生成尿酸,同时传递电子产生大量活性氧和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>[8]</sup>。机体的自由基可损伤机体细胞,致使细胞老化,降低细胞合成酶活力,导致各种疾病的发生,而GSH-PX能协同SOD清除体内自由基,分解H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,阻断脂质过氧化反应,保护细胞膜结构和功能的完整性。POD能够催化H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>反应,清除体内过多的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,保护机体免受损伤。该研究中,经金丝桃苷治疗后,XOD活性降低,减少了过氧化物的产生。与此同时,GSH-PX和POD活性升高,则有利于机体内过氧化物的清除。

#### 参考文献

- [1] HASS J S, STOLZ E D, BETTI A H. The anti-immobility effect of hyperoside on the force swimming test in rats is mediated by the D2-like receptors activation[J]. *Planta Med*, 2011, 77(4): 334-338.
- [2] 王启海, 陈志武. 金丝桃苷对离体大鼠腹主动脉的舒张作用及其机制研究[J]. *中草药*, 2010, 41(5): 766-770.
- [3] CHOI J H, KIM D W, YUN N. Protective effects of hyperoside against carbon tetrachloride-induced liver damage in mice[J]. *J Nat Prod*, 2011, 74(5): 1055-1059.
- [4] 周长征. 黄酮类化合物的降血脂作用研究进展[J]. *北方药学*, 2012, 9(4): 100-101.
- [5] 张强, 李通. 脂质过氧化对小鼠淋巴细胞功能的影响[J]. *中国实验临床免疫学杂志*, 1994, 6(3): 4-7.
- [6] 曹纯章, 卜丽莎, 高申, 等. 过氧化氢对培养心肌细胞损伤作用的研究[J]. *生物化学与生物物理进展*, 2005, 27(6): 628-632.
- [7] JEFFEREY D P, LEONORE A H, KRISTINE V, et al. Glutathione level in antigen-presenting cells modulate Th1 versus Th2 response patterns [J]. *Immunology*, 1998, 95: 3071-3076.
- [8] ROGER H. Structure and function of xanthine oxidoreductase: Where are we now? [J]. *Free radical biology and medicine*, 2002, 33(6): 774-797.

(上接第100页)

以矿产资源开发区的植被恢复应坚持长期治理。

表8 大杨树煤矿复垦农田调查结果

| 立地类型 | 恢复种 | 治理年限 | 高度   | 生物量              | 与对照生物量 | 病虫害 | 枯梢、黄叶 | 冻害 | 生境条件 | 配置 |
|------|-----|------|------|------------------|--------|-----|-------|----|------|----|
|      |     | a    | cm   | g/m <sup>2</sup> | 相比//%  |     |       |    |      |    |
| 塌陷区  | 大豆  | 10   | 84.7 | 642.3            | 81.0   | 无   | 无     | 无  | 符合   | 合理 |
| 对照区  | 大豆  | -    | 90.7 | 847.6            | -      | 轻   | 无     | 无  | -    | -  |

表9 大杨树煤矿植被恢复综合评价结果

| 植被类型 | 评价指标得分 |      |      |      | 综合评分 | 评价等级 |
|------|--------|------|------|------|------|------|
|      | 适应性    | 经济价值 | 配置结构 | 恢复效果 |      |      |
| 乔木   | 2.2    | 2    | 1    | 3    | 2.08 | II   |
| 灌丛   | 2.7    | 3    | 1    | 2    | 2.28 | II   |
| 复垦农田 | 3.0    | 3    | 1    | 3    | 2.60 | I    |

(2) 选择符合生境条件的树种, 并进行合理搭配, 尽量避免层次结构单一, 只有层次结构丰富, 恢复效果才能更好。

(3) 尽量选择经济价值高、用途广的恢复种, 使利用价值达到最大。

(4) 农作物复垦适应性最强, 经济价值较大, 矿产资源开发区的植被恢复可多用农作物进行复垦。

#### 参考文献

- [1] 陈来红, 马万里. 霍林河露天煤矿排土场植被恢复与重建技术探讨[J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(4): 117-120.
- [2] 唐小明, 黄长生, 李长安, 等. 区域地质调查中的灾害地质调查内容与

- 方法[J]. *江西地质*, 1999, 13(2): 127-130.
- [3] 牛星, 蒙仲举, 高永, 等. 伊敏露天煤矿排土场自然恢复植被群落特征研究[J]. *水土保持通报*, 2001(1): 216-218.
- [4] 张铁亮, 刘凤枝, 李玉浸, 等. 农村环境监测与评价指标体系研究[J]. *环境监测管理与技术*, 2009, 21(6): 1-3, 101.
- [5] 林振山, 王国祥. 矿区塌陷地改造与构造湿地建设——以徐州煤矿矿区塌陷地改造为例[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(5): 790-795.
- [6] 王宝山, 牛海鹏, 陈国平. 浅议土地利用总体规划与矿区可持续发展[J]. *矿山测量*, 1999(2): 59-60.
- [7] 郝容, 白中科, 赵景逵, 等. 黄土区大型露天煤矿废弃地植被恢复过程中的植被动态[J]. *生态学报*, 2003, 23(8): 1472-1473.
- [8] 陈玉平. 我国矿区塌陷地复垦模式研究[J]. *安徽科技*, 2012(6): 45-46.
- [9] 杨亮平. 内蒙古自治区煤矿地面塌陷地质环境类型及其恢复治理研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2009.
- [10] 尚洁, 蓝登明, 赵一阳, 等. 内蒙古大兴安岭林区不同采煤方式对植物多样性的影响[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(15): 209-213, 215.
- [11] 王同孝, 朱建国. 矿区沉陷与土地复垦[J]. *矿山测量*, 1999(3): 33-35.
- [12] 刘志斌, 陈建平, 范军富. 黑岱沟露天煤矿土地复垦中的几个关键问题[J]. *辽宁工程技术大学学报*, 2003, 22(S1): 44-45.
- [13] 张伟敏, 李秀峰, 王熠青, 等. 浅议霍林河露天煤矿土地复垦[J]. *内蒙古林业科技*, 2009, 35(3): 60-62.