

# 沙棘对黄土高原地区露天煤矿土地复垦的作用

王文英<sup>1</sup>, 李晋川<sup>1</sup>, 卢崇恩<sup>1</sup>, 张金凤<sup>1</sup>, 白中科<sup>2</sup>, 赵景逵<sup>2</sup>

(1. 山西省生物研究所, 山西 太原 030006; 2. 山西农业大学土壤农化系, 山西 太谷 030800)

**摘要:** 1990—1997 年, 沙棘应用于晋陕蒙接壤区安太堡露天煤矿废弃地复垦和建立试验示范区。试验结果表明, (1) 沙棘是所选用的植物中最优秀的植物之一, 它具有良好的适应矿区生态环境的特性, 生长速度快、水土保持和土壤改良效果好; (2) 沙棘为众多的野生鸟兽提供了栖息觅食的良好场所, 使鸟兽数量有明显增加; (3) 沙棘雄性植株生长势和繁殖子株能力有明显优势, 水土保持效果良好。

**关键词:** 沙棘 废弃土地复垦 露天煤矿 环境改善

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)05-0007-05 中图分类号: S157.2

## Ecological Effect of *Hippophae Rhamnoides* on Reclaimed Lands of Surface-mined Land in Loess Plateau Region

WANG Wen-ying<sup>1</sup>, LI Jin-chuan<sup>1</sup>, LU Chong-en<sup>1</sup>, ZHANG Jin-feng<sup>1</sup>,  
BAI Zhong-ke<sup>2</sup>, ZHAO Jing-kuai<sup>2</sup>,

(1. Shanxi Institute of Biology, Taiyuan 030006, PRC; 2. Shanxi Agricultural University 030800, PRC)

**Abstract:** *Hippophae rhamnoides* is made use for the reclamation of Antaibao Surface-mined land in the contiguous area of Shanxi—Shaanxi—Inner Mongolia from 1990 to 1997. The results show that it is one of the most excellent plants, because it has well effect of soil and water conservation, and stronger adaptability to improve ecological environment of the mining area. *Hippophae rhamnoides* shrub is a optimum place of habitat and food looking for wild beasts and birds. The male plants of *Hippophae rhamnoides* grow more superiorly than female plants, so it has better effect of soil and water conservation. *Hippophae rhamnoides* has important practical significance for improving and reconstructing ecological environment in loess plateau region.

**Keywords:** *Hippophae rhamnoides*; reclamation of waste lands; surface mine; environmental improvement

中国黄土高原, 埋藏着中国乃至世界上最丰富的煤炭资源, 尤其在晋陕蒙接壤地区, 随着国民经济的高速发展, 将建成年产  $1.00 \times 10^8 \sim 1.50 \times 10^8$  t 级, 可开采 90 ~ 120 a 的大型机械化露天煤矿 8 ~ 10 座, 涉及面积达 2000 km<sup>2</sup> 余。煤炭资源的露天开采, 虽有较高的经济效益, 但对土地资源的破坏却迅速而严重, 对周边环境的影响远超过所开采范围。众所周知, 土地是人类赖以生存的有限资源, 尤其是在中国人多地少情况下, 更显得重要, 因而在开矿时, 营造和复垦废弃地是一条必然的途径。问题是如何做到科学地设计, 选用哪一类植物, 采用什么样的配置方式, 才可实现迅速改善矿区环境, 使废弃土地恢复到农林业可利用状态。

收稿日期: 1998-12-05

资助项目: 国家“九五”攻关课题专题(96-920-13-03-02)。

作者简介: 王文英, 女, 41 岁, 助理研究员, 主要从事生态学研究, 共发表论文 15 余篇。

据有关资料报道(刘利年, 1986), 世界工业发达国家早在 20 世纪 30 年代即引起重视, 差不多用去了 40 a 时间, 至 70 年代才基本导入正轨。由于黄土高原地区自然地理环境特殊, 故必须走自己的道路。为此, 我们于 1990 年选择了该区建矿最早, 正常投产的安太堡露天矿作为研究基地, 开展沙棘在土地复垦中的应用研究和示范区建设, 同时对 71 种引用的草灌乔植物和药用植物等, 进行了系统地观察和比较, 历时 8 a, 沙棘在露天煤矿废弃地复垦中表现出了优异的生态效益和其它植物所难以达到的作用。

## 1 研究区自然概况和试验方法

### 1.1 研究区自然概况

安太堡煤矿位于山西省朔州市平鲁区境内, 属黄土低山丘陵区, 温带半干旱大陆性气候。年平均温度 6.8 $^{\circ}\text{C}$ , 极端最高温度为 37.9 $^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温度为 -32.4 $^{\circ}\text{C}$ , 10 $^{\circ}\text{C}$  的积温 2 034.9 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$  ~ 2 916.3 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ , 无霜期 115 d, 年日照总时数 2 750~2 808 h。海拔高度 1 320~1 470 m, 由于当地距内蒙古高压中心较近, 常有强烈干冷风侵袭, 8 级以上大风平均达 25 d/a 左右。降雨量为 400~440 mm, 65% 的降雨集中在 7~9 月份, 年蒸发量 2 008~2 581 mm, 超过降雨量的 5 倍。原有植被属干草原类型, 当地主要作物为莜麦、马铃薯、黍子, 生产水平较低。

### 1.2 试验方法

试验材料为沙棘(*Hippophae rhamnoides*) 种子、苗木主要来源于山西省岢岚县和内蒙古准噶尔地区, 采集野生种子, 实行育苗和直播。试验初期曾采用沙棘种子与牧草同时混合直播及 1 a 生育苗移栽。近几年大面积栽培均采用 1 a 生育苗蘸泥浆栽植和剪枝扦插。单一沙棘林和沙棘与刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、药用植物等间作。1990~1992 年布设各种类型沙棘栽培试验区, 种植面积约为 10 hm<sup>2</sup>。1993 年以后, 则进行 1 a 生育苗移栽, 单纯和混交沙棘林示范区成片建设。现矿区已有纯沙棘林约 80 hm<sup>2</sup>, 混交沙棘林 150 hm<sup>2</sup>, 在排土场平盘、坡面和道路已栽植 1~7 a 的沙棘林, 总面积为 300 hm<sup>2</sup> 余。生长速度系在有代表性地段各测量 20 株, 计 3 个样点的平均值。生物量以称取 3~5 株分部(茎、叶和主要根系)鲜重、风干重。再由统一测量的沙棘地表径面积, 实行理论推算。分析化验分别由山西省生物研究所植物生理室、山西农业大学土壤化学室和安太堡露天煤矿化验室以现行标准方法测定。气象资料主要由平鲁气象观测站和矿区实测记录整理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 沙棘能良好地适应复垦土地的生态环境

该区气候条件恶劣, 开矿后被复垦的废弃土地均由采矿挖掘之深层黄土(马兰黄土、古黄土和黄土)所覆盖, 还有部分废弃岩石和钙质结核等不均匀地混杂其中, 有机质和速效植物营养成分缺乏, 尚有部分地区, 90% 为废弃岩石覆盖。土壤分析结果如表 1 所示, 岩石经水淋洗, pH 值为 6.5~7.4, 有害元素绝大部分在规定的允许范围, 植物所必需营养元素有的已超过土壤所含定额, 在春季干旱的季节里, 0~20 cm 范围内几乎无能被植物利用的水分。

在上述生态环境下, 沙棘经过 8 a 的时间考验, 与 71 种其它植物相比较, 综合评议的结果认为, 它是少数适宜发展的几种植物中最优良的种类之一。实践表明, 沙棘早春发芽较早, 秋季落叶较晚, 其抗寒能力较小黑杨(*Populus × xiaohai*)、合作杨(*Populus × xiaozhuauica*)、新疆杨(*Populus alba* var. *pyramidalis*)、刺槐、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia*)为强; 对干旱的忍耐及水分和养分的竞争能力仅次于牧草中的沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、白花草木樨(*Melilotus albus*)、无芒雀麦(*Bromus inermis*)和紫花苜蓿(*Medicago sativa*)。从沙棘生长根蘖的情况推断, 栽培当年根系即可达到  $1\text{ m}^2$  范围,  $2\sim 3\text{ a}$  即到  $3\sim 4\text{ m}^2$ , 在无强烈竞争情况下,  $5\text{ a}$  所发现最大范围是  $81\text{ m}^2$ ; 沙棘主要分布深度为  $80\text{ cm}$ , 因此其水分及营养物质有广泛的来源, 这也是它适宜贫瘠地区生长之原因。

表1 安太堡露天煤矿废弃地覆盖黄土的主要化学性状

项目	电导率/ ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	有机质/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全量/N/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效 N/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全量 P/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效 P/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全量 K/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效 K/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
数目	6	6	6	2	9	6	9	9
平均值	8.30	0.317	2.93	2.5	9.45	0.47	3.7	17.3

## 2.2 生长速度快, 可迅速改善矿区生态环境

试验结果表明: 采用沙棘种子直播, 实际出苗率很低, 虽也能有一定出苗, 但难以控制较适宜的密度, 而枝条扦插要求早期必须有高的水分作保证。沙棘在矿区较为成功的栽培方式是育苗移栽, 采用高密度栽培单一沙棘林或混交林。株行距为  $1.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ ,  $3\text{ a}$  即达到对地面  $90\%$  覆盖, 实现基本控制水土流失和改善矿区环境的目标。沙棘栽培不同密度及不同植物种类的混交栽培, 单株个体之间, 前  $3\text{ a}$  生长情况基本相近。单纯沙棘林生长及生物量调查测定结果如表 2, 但在  $3\text{ a}$  之后主要受到密度、质地及搭配植物种类不同而出现较大的差异。如有的沙棘单株生物量  $3\text{ a}$  即达到  $3\text{ kg}$ , 有的生长  $5\text{ a}$  尚不足  $2\text{ kg}$ 。在无竞争的情况下, 有的单株生长  $5\text{ a}$ , 在周围出现分蘖  $180$  余株, 占地  $80\text{ m}^2$  余, 由此可以看出, 沙棘在矿区复垦中栽培密度不是一个关键性的问题, 但应注意合理密度。

表2 1997年安太堡露天煤矿废弃地栽植沙棘逐年生长特征及生物量

株龄/ a	株高/ m	基茎直径/ cm	幅宽/ m	单株生物量(鲜重)/kg			单位面积生物量/( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	
				地上部	根系	总量	鲜重	干重
1	0.55	1.54	0.15~0.70	0.23	0.39	0.62	5.1	2.7
2	1.46	2.28	0.45~1.00	1.13	0.67	1.80	13.6	7.2
3	2.05	3.05	0.62~1.14	1.87	1.12	2.99	22.4	11.9
4	2.14	3.82	1.30~1.85	2.43	1.52	3.95	29.6	15.7
5	2.23	3.92	1.40~2.00	3.02	1.89	4.91	36.8	19.5
6	2.46	4.01	1.47~2.08	3.53	2.04	5.57	42.0	25.3

从调查中发现, 凡是有天然降水径流的地方, 即有大量沙棘蘖生苗出现。有大量沙棘生长的地区很少出现天然降水的径流, 故边坡很少出现剥落崩塌现象, 可以说沙棘对矿区的水土保持作用是其它植物所难以相比的。沙棘雄株较雌株长势强, 地上生物量较高(如表 3), 地表蘖生苗较多, 水土保持效果更佳。

## 2.3 沙棘在矿区土地复垦中是良好搭配物种

依照矿区及环保部门要求, 必须同时考虑到近期及长期的生态效果, 保持土壤稳定和改良土壤作用, 做到一劳永逸。对多种牧草, 以沙打旺、红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)、紫花苜蓿在近期内的效果较好, 但在  $5\text{ a}$  之后均出现严重退化及死亡现象, 并且对水分的消耗量也较大。如表 4 所示, 栽植  $4\text{ a}$  后, 春季测得牧草地(沙打旺)土壤  $0\sim 80\text{ cm}$  各层次土壤含水量均

表3 沙棘雌雄株生长势的比较

植物性别	株龄/ a	株高/ cm	地表茎粗/ cm	地上生物量/ g
雄株	4	230	3.1	967.5
雌株	4	190	2.5	794.6
雄/雌		1.21	1.24	1.22
雄株	5	310	4.0	1197.3
雌株	5	230	3.1	920.4
雄/雌		1.34	1.29	1.30

在 7% 以下, 即萎蔫系数为 5% ~ 6%, 而沙棘地(与牧草条带种植)各层次土壤含水量在 7% 以上。若栽培油松、文冠果、云杉(*Pinus asperata*)、杨树可维持长久的生态效益, 但在短期之内对复垦土地水土保持、土壤改良效果很差, 采用沙棘与牧草条带种植则弥补了上述不足。从沙棘与其它植物生长周期及长势可看出, 沙棘不论在黄土区, 还是在以岩石为主的地区, 均有较佳的生态效益, 是黄土高原地区露天矿土地复垦的优良先锋植物。

表 4 安太堡矿废弃地不同植被类型下土壤水分状况

%

土层/ cm	牧草地			沙棘地			空地		
	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋
20	5.6	12.5	7.1	6.9	12.2	6.5	10.0	13.1	11.5
40	5.3	12.0	6.3	8.5	12.7	6.9	8.1	12.8	12.9
60	4.9	10.9	6.9	8.9	11.3	8.1	10.8	12.8	12.7
80	5.5	7.9	5.8	10.1	7.4	10.9	11.3	13.6	18.3
平均值	5.33	10.83	6.53	8.60	10.90	8.10	10.05	13.08	13.85

沙棘与牧草混合栽培, 沙棘生长受到强烈的抑制, 但有较强的忍耐能力, 其死亡率较杨树、刺槐、柳树为低, 直到所有牧草退化, 仍可继续发挥作用。在以岩石为主的阳坡试验, 沙棘(1a 生苗移栽)和杨树(2a 生苗移栽)、沙打旺、草木樨、红豆草(种子直播)实行混合种植。第 1a 5 种植物同步生长, 相互之间无显著的影响; 第 2a 牧草明显占据优势, 杨树、沙棘受到很大抑制; 第 3a 草木樨绝迹, 杨树出现部分死亡, 沙棘生长受到很大抑制, 沙打旺仍然占据优势; 第 4a 沙打旺大量死亡, 红豆草生长正常; 第 5a 沙打旺绝迹, 红豆草只有少量存活, 沙棘占据绝对优势。杨树仅少量存活, 但生长缓慢, 长势不佳。

## 2.4 沙棘林为野生鸟兽创造了优良的栖息环境

由于矿区近几年来有大面积稠密沙棘林存在, 鸟兽生境明显优于周边地区, 在秋冬季节里, 果实可为多种鸟兽提供食物。据初步调查, 鸟兽数量有显著的增多。现已发现的鸟类有: 雉鸡(*Phasianus colchicus*)、斑翅山鹑(*Perdix dauuricae*)、喜鹊(*Pica pica*)、灰喜鹊(*Cyanopica cyana*)、大嘴乌鸦(*Corvus macrorhynchus*)、金雕(*Aquila chrysaetos*)等; 野生兽类有: 草兔(*Lepus capensis*)、大仓鼠(*Cricetulus triton*)、黄鼠狼(*Mustela sibirica*)、狐狸(*Vulpes vulpes*)、蛇类等。上述野生动物, 有的是以沙棘林作为繁衍、栖息、觅食的场所, 还有若干种食肉类动物是在此寻找猎物和隐蔽。所以说沙棘作为高寒区露天煤矿土地复垦植物, 对生态平衡及动物生存所做的贡献亦是非常重要的。

## 2.5 沙棘对矿区复垦土地有良好的改良作用

栽植沙棘林地, 经过几年之后, 辟为农田会取得丰收, 这是当地农民的普通常识。据实际测量结果, 沙棘逐年可返回地表枯枝落叶、死亡根系数量如表 5, 这对矿区有机质极度缺乏的土壤来说, 无疑是非常必要的。加之沙棘有共生固氮的本能, 矿区所栽培沙棘不经接菌即可观察到有大量与 *Frankia* 氏菌所形成的根瘤。据有关资料报道(曾定, 1987), 沙棘每年从空气中固定氮素约为 100 kg/hm<sup>2</sup>。

表 5 1997 年沙棘林累计枯枝

落叶及死亡根系的数量 (t · hm<sup>-2</sup>)

栽植年 数/a	鲜 重		干 重	
	1a	累 计	1a	累 计
1	1.53	1.53	0.65	0.65
2	4.53	6.06	1.93	2.58
3	7.16	13.22	3.08	5.66
4	9.77	22.99	4.20	9.86
5	12.14	35.13	5.34	15.22
6	15.04	41.21	6.10	19.33

实际测定亦可看出

(表6), 有机质及速效养分均有增加。至今所发现的沙棘最主要缺点是在被碾过的紧密土壤(容重超过  $1.5 \text{ g/cm}^3$ )及长期受光不足的情况下, 生长不良。

表6 4a 生纯沙棘林土壤主要化学成分分析

采样点	土层/ cm	有机质/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全 N/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效 N/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效 P/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效 K/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
同时段	10	3.35	0.29	14.9	1.70	1115.6
休闲地	20	3.40	0.29	15.5	2.08	65.3
	10	9.04	0.45	16.6	8.97	95.0
沙棘林	20	7.18	0.47	17.8	2.74	84.4
	30	7.34	0.48	17.2	5.48	89.6

### 3 结 语

以上试验研究结果表明, 利用沙棘作为安太堡露天煤矿废弃地复垦中的先锋植物, 不仅可以适应矿区不良环境, 起到迅速恢复植被、有效控制水土流失、改善土壤理化性质的作用, 并可为多种鸟兽创造良好的栖息环境, 这是其它植物所难以相比的。煤炭资源的露天开采, 对自然环境的破坏常常是难以避免的, 而在土地复垦中, 沙棘对恢复和重建生态平衡, 以及持续发展可发挥重要作用。露天煤矿区发展沙棘栽培, 有条件实现集约化经营、管理、机械化和品种优化, 一旦开发出有较高价值的产品, 其效益绝非其它地区所能相比。所以我们认为无论现在还是将来, 沙棘在矿区土地复垦中, 有着极为广阔的前途。

本文得到马志本研究员的指导, 谨致谢意。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘利年. 国内外开发矿区造成的恶果和复垦经验[J]. 水土保持通报, 1986, 16(2): 75—86.
- [2] 马志本. 沙棘在黄土高原地区工矿废弃地复垦中作用的探讨[J]. 沙棘, 1990(3): 1—7.
- [3] 马志本, 等. 沙棘在安太堡露天煤矿废弃地复垦应用研究与示范区建设进展[C]. 黄土高原地区露天煤矿土地复垦研究论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [4] 卢崇恩, 等. 沙棘雌雄间某些生理生化差异[J]. 沙棘, 1995, 8(2): 16—18.
- [5] 曾定. 固氮生物学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1987.
- [6] Barannik L P. Plantations of *Hippophae rhamnoides* on reclaimed lands. Commonwealth Agricultural Bureaux Food Administration. FA 41.3819, 1980.
- [7] Keleberda T N. The use of seabuckhorn in afforestation of dumps[J]. Lesovedenie, 4: 69—74.