

陕北沙区煤矸石山适宜的覆沙厚度试验研究

赵国平^{1,2}, 毕银丽¹, 李莹³, 李军保², 张继平²

(1. 中国矿业大学, 北京 010019; 2. 陕西省治沙研究所, 陕西 榆林 719000; 3. 兰州资源环境职业技术学院, 甘肃 兰州 730021)

摘要: [目的] 解决陕北沙区煤矸石废弃地占地面积大, 植被恢复困难和治理造价高的问题。[方法] 利用野外试验, 设计半隐蔽沙蒿沙障(2 m×2 m)下的 3 种覆沙厚度(30, 50 和 70 cm)共 3 种类型的处理。4 种乡土灌木树种沙地柏(*Sabina chinensis*)、长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)和蒙古莜(*Caryopteris mongholica*)进行对比试验。[结果] 成活率、保存率、新稍生长量和地径变化随着覆沙厚度的增加, 其指标均有所提高; 多因素方差分析表明种间存在极显著差异, 在 0.05 的显著水平下, 紫穗槐与其它植物种均存在显著差异, 蒙古莜与沙地柏间存在显著差异; 在 0.01 显著水平下, 蒙古莜、长柄扁桃和沙地柏间差异性不显著; 覆沙 30 cm 与覆沙 50 cm, 覆沙 70 cm 间均存在显著差异, 覆沙 50 cm 和覆沙 70 cm 间差异性均达不到显著水平。[结论] 综合因素条件下, 覆沙 50 cm 是该区域煤矸石山土地复垦及生态恢复植被需要基质的最佳选择。

关键词: 陕北沙区; 煤矸石山; 适宜覆沙厚度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)03-0329-03

中图分类号: F205

文献参数: 赵国平, 毕银丽, 李莹, 等. 陕北沙区煤矸石山适宜的覆沙厚度试验研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 329-331. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.03.056

Experimental Research on Suitable Sand Thickness in Coal Gangue Waste Land in Sandy Area of Northern Shaanxi Province

ZHAO Guoping^{1,2}, BI Yinli¹, LI Ying³, LI Junbao², ZHANG Jiping²

(1. China University of Mining Technology, Beijing 10083, China;

2. Shaanxi Province Research Institute for Sand Control, Yulin, Shaanxi 710009, China;

3. Lanzhou Resources and Environment Voc-Tech College, Lanzhou, Gansu 730021, China)

Abstract: [Objective] To solve the issues of large coal gangue waste land area and high cost in vegetation restoration in sandy area of Northern Shaanxi Province. [Methods] Three sand thickness(30, 50 and 70 cm) and a semi-covered *Artemisia* sand barrier(2 m×2 m) were set. Four different kinds of native shrub species including *Sabina chinensis*, *Amygdalus pedunculata*, *Amorpha fruticosa* and *Caryopteris mongholica* were selected for the experiments. [Results] The survival rate, saving rate, the amount of new growth and diameter had improved due to the increase of sand thickness. Multi-factor variance analysis showed that there were significant differences among different species. Significant differences were found between *A. fruticosa* Linn and other types, and between *C. mongholica* Bunge and *S. vulgaris*($p < 0.05$). There were no significant difference between *C. mongholica* Bunge, *A. pedunculata* Pall and *S. vulgaris*($p < 0.01$). There were significant differences among the 30, 50 and 70 cm sand thickness, and there were no significant differences between 50 cm and 70 cm sand. [Conclusion] With the consideration of all factors, a sand thickness of 50 cm is optimal in land reclamation and ecological restoration in the coal gangue waste land.

Keywords: sandy soil in Northern Shaanxi Province; mine rock dump; suitable sand thickness

收稿日期: 2015-10-30

修回日期: 2015-12-01

资助项目: 陕西省科学技术研究发展计划“陕北工矿区低效防护林评价体系及调控技术研究”(2014KJXX-21); 陕西省自然科学基金项目(2014JM5126); 榆林市科技攻关项目(sf13-35); 国家林业局林业公益性行业科研专项(200804016)

第一作者: 赵国平(1979—), 男(汉族), 青海省乐都区人, 博士, 副研究员, 主要从事荒漠化防治、矿区土地复垦及生态恢复方面的研究。
E-mail: fhqgu@126.com.

陕北沙区地处毛乌素沙地边缘的晋陕蒙接壤区,是中国目前已探明的煤炭储量最富集的地区,煤炭储量约占全国储量的 1/3^[1-4],是国家确定的跨世纪特大型煤炭开采、开发和首个批准的大型能源化工基地。该区地处中国的生态环境脆弱区,在气候、土壤、植被等因子上均表现出强烈的过渡性特征^[4-5],特别是伴随着人类活动的强度增加,生态环境对采煤的响应非常敏感。监测表明该区已经成为中国荒漠化严重发展地区,到目前为止煤炭采空塌陷区面积约 550 km²,形成 10 hm² 以上矸石山多达 400 多个,侵占土地资源,污染环境,境内大多数河流、湿地都受到不同程度的损害和污染。预计到 2015 年煤炭产量将达到 4.00×10⁸ t,估算新增加塌陷区面积约为 9 600 hm²,煤矸石山占压土地面积约为 3 000 hm²^[4]。煤炭资源开采对区域生态影响将持续累积,整个生态系统组成、结构、功能的演变也将日益增强,呈现出大规模、连锁性的特点^[6-9],迫切需要在区域的尺度层次上解决因人类干扰引起的植被衰退与土地退化等生态响应问题。因此,针对陕北风沙区煤矸石废弃地面积广,植被恢复困难和生态治理造价高的问题,本着就地取材,因地制宜的原则,利用野外试验,取试验煤矸石山附近的风沙土,设计半隐蔽沙蒿沙障(2 m×2 m)下的 3 种覆沙厚度(30,50 和 70 cm)共 3 种类型的处理。选择 4 种乡土灌木树种沙地柏(*Sabina vulgaris*)、长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata* Pall.)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Linn.)和蒙古莜(*Caryopteris mongholica* Bunge)进行对比试验,以达到就地取材、简单易行和经济实用的半干旱风沙区煤矸石山适宜的覆沙厚度,解决煤石山废弃地植被恢复困难的问题。

1 试验材料与方法

1.1 试验布置

在神木县大柳塔石圪台矿选择 1,2 号矸石场进

行覆沙试验,相距 500 m,其中 1 号矸石场南北长 200 m,东西宽 140 m,高约 15 m,总面积约 2.66 hm²; 2 号矸石场南北长 150 m,东西宽 140 m,高约 12 m,总面积约 2.0 hm²。试验布置如图 1 所示。

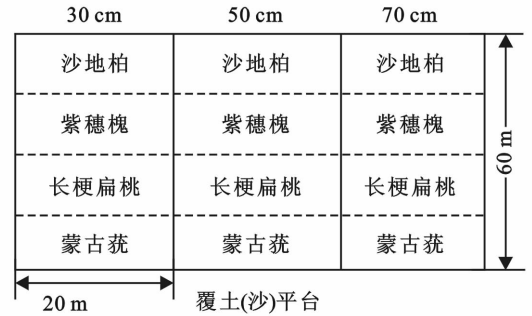


图 1 煤矸石山覆沙试验布置

覆沙材料取自矿区附近的毛乌素沙地风沙土(容重在 1.4~1.7 g/cm³ 之间),粒度组成以粗沙和中沙为主,占整个组成的 65% 以上。试验小区设置为 20 m×60 m,按 30,50 和 70 cm 厚的沙土覆盖平台小区,压实(容重约达到 1.6 g/cm³ 左右),再搭设 2 m×2 m 的沙蒿沙障,在春季种植 3 行沙地柏、紫穗槐、长柄扁桃以及蒙古莜,苗木规格均为 3 a 生裸根苗,株行距 2 m×2 m,栽植当天浇水灌溉,做对比试验。

1.2 观测内容

栽植当年 10 月份观测供试植物的成活率,2 a 后 10 月份观测不同供试植物的保存率、新梢枝长、地径及生物量(冠幅)等,重复 5 次。

2 结果与分析

2.1 覆沙厚度对植物的成活率和保存率影响

在相同条件下(基质为沙土,2 m×2 m 沙蒿沙障防护),平台分别覆沙 30,50 和 70 cm,对不同 4 个植物种的当年的成活率及 2 a 后保存率进行了调查,调查结果见表 1。

表 1 3 种覆沙厚度不同植物成活率和保存率变化

供试植物	覆沙 30 cm		覆沙 50 cm		覆沙 70 cm	
	2010 年成活率	2012 年保存率	2010 年成活率	2012 年保存率	2010 年成活率	2012 年保存率
沙地柏	80	70	80	85	82	88.3
紫穗槐	90	80	91	96	93	95.0
长柄扁桃	82	70	82	85	82	86.7
蒙古莜	85	64	85	80	84	84.3

由表 1 可知,4 种适宜该区域的乡土树种,在 3 种覆沙厚度影响下,栽植当年的成活率变化不大,基本

都在 80% 以上波动。对比 4 种灌木种成活率,发现紫穗槐成活率最高,长柄扁桃次之,沙地柏最低。同样,

2 a 后保存率也证明了这点,这说明在不考虑物种的生物学特性情况下,紫穗槐表现最好,长柄扁桃次之,蒙古莜第三,沙地柏最低。

为了便于分析不同树种与成活率、保存率,进行多因素方差分析。双因素方差分析表明,4 种植物成活率在树种间存在极显著差异($p=0.0001 < 0.05$),而 3 种覆沙厚度间差异性不显著($p=0.387 > 0.05$)。由多重比较可知,在 0.05 的显著水平下,紫穗槐与其它植物种均存在显著差异,蒙古莜与沙地柏间存在显著差异,在 0.01 显著水平下,蒙古莜、长柄扁桃和沙地柏间差异性不显著。

对不同的试验树种与覆沙厚度对保存率影响的双因素方差、植物种间保存率多重比较、不同覆沙厚度成活率多重比较表明:在不同覆沙厚度下,4 种植物的保存率均达到 70% 以上,4 种植物保存率在树种间和不同覆沙厚度间均存在极显著差异($p=0.0001 < 0.05$);在 0.05 的显著水平下,紫穗槐与其他植物种均存在显著差异,蒙古莜与沙地柏、长柄扁桃间存在显著差异;在 0.01 显著水平下,蒙古莜、长柄扁桃和沙地柏间差异性不显著;覆沙 30 cm 与覆沙 50 cm,

覆沙 70 cm 均存在显著差异,覆沙 50 cm 和覆沙 70 cm 间差异性均达不到显著水平。

2.2 覆沙厚度对植物的生物量影响

在相同条件下(基质为沙土,2 m×2 m 沙蒿沙障防护),平台分别覆沙 30、50 和 70 cm,对不同 4 种植物的新梢枝长和地径生物量进行了调查,调查结果见表 2。

如表 2 所示,在相同条件下,不同的覆沙厚度,4 种适宜乡土树种的生物量差异较大,横向比较结果表明,随着覆沙厚度的增大,4 种植物新梢枝长和地径生长量均有所增加,且随着不同植物的生长特性的变化而有所变化,其中紫穗槐生物量相对最大,长柄扁桃次之,蒙古莜最小。同样,对新梢枝长和地径生长量进行多因素方差分析,3 种植物新梢生长量在树种间和不同覆沙厚度间均存在显著差异($p < 0.05$);在 0.05,0.01 的显著水平下,3 种植物种间均存在显著差异;在 0.05 的显著水平下,覆沙 30 cm 与覆沙 70 cm 均存在显著差异,覆沙 50 cm 和覆沙 70 cm 间差异性不显著,在 0.01 的显著水平下,不同覆沙厚度间均达不到显著水平。

表 2 3 种覆沙厚度情况下不同植物的生物量变化

供试植物	覆沙 30 cm		覆沙 50 cm		覆沙 70 cm	
	新梢枝长/cm	地径/cm	新梢枝长/cm	地径/cm	新梢枝长/cm	地径/cm
沙地柏	19.7	1.186	23.2	1.420	26.5	1.566
紫穗槐	101.6	1.327	105.8	1.460	118.3	1.595
长柄扁桃	59.8	0.753	65.7	0.914	68.9	1.020
蒙古莜	40.2	—	45.5	—	47.7	—

对不同覆沙厚度下 3 种植物的地径生长量进行双因素方差分析,3 种植物地径生长量在树种间和不同覆沙厚度间均存在极显著差异($p < 0.01$);由植物种间保存率多重比较表明,在 0.05,0.01 的显著水平下,长柄扁桃与紫穗槐和沙地柏间均存在显著差异;不同覆沙厚度成活率多重比较表明,在 0.05 的显著水平下,不同覆沙厚度间均存在显著差异,在 0.01 的显著水平下,覆沙厚度 30 cm 与 50 cm,70 cm 间差异性极显著,覆沙 50 cm 和覆沙 70 cm 间差异性不显著。

2.3 适宜沙区煤矸石山适宜的覆沙厚度确定

由以上分析可知,不同的覆沙厚度,对本区域适生种的成活率、保存率以及生物量的影响较大。当然,覆沙厚度越大对植物的生长越有利,但考虑到经济造价以及工程量的大小,经过对 4 种适宜种平均成活率、平均保存率和生物量总和以及每平方米的经济造价综合考虑(表 3),确定覆沙 50 cm 是区域煤矸

石山土地复垦及生态恢复植被所需要基质的最佳选择。

表 3 综合影响因素下适宜覆沙厚度的变化

覆沙厚度/cm	平均成活率/%	平均保存率/%	生物量总和/cm	经济造价/(元·m ⁻²)
30	84.25	71.00	190	2
50	85.28	86.50	245	3
70	86.75	88.58	266	5

3 讨论与结论

(1) 4 种适宜本区域的乡土树种,在 3 种覆沙厚度影响下,成活率、保存率、新梢枝长生长量和地径变化随着覆沙厚度的增加,其影响指标均有所提高。其中,以紫穗槐表现最优,长柄扁桃次之,蒙古莜第 3,沙地柏最低。

(下转第 337 页)

由表 5 对比一重预测和二重预测的相对误差值可知,基于一重预测测厚的二重预测,很大程度上提高了预测精度,二重预测的相对误差值均小于 1%,预测精度较高,且相比一重预测模型的预测精度,有了极大的提高,综合组合预测的预测精度均是优于单一预测的预测结果,也说明了综合预测的有效性,为滑坡的变形预测提供了一重新思路。

3 结论

(1) 该滑坡所处的环境因素变异性较大,通过变异程度分析得出库水位的最大升速及最大变幅的变形系数值大于 1,具有强变异特征;而库水位的变异系数最小,属于弱变异;其余降雨量、降雨强度及最小降速均是属于中等变异。

(2) 通过分析滑坡两变形时间序列与环境因素的相关性,得出滑坡两时间序列与环境因素之间的相关性具有一定的差异,但二者与三峡库水位均具有较大的相关性,说明滑坡的稳定性很大程度上将会受三峡周期性库水位升降的影响。

(3) 通过对滑坡两变形时间序列的一重预测,得出两种预测模型对两时间序列的预测结果各有优势,并利用二重组合预测,对一重预测结果进行了合理的优化统一,提高的预测精度,证明了本文预测方法的有效性,为滑坡变形的预测提供了一种较好的组合预测思路。

[参 考 文 献]

- [1] 周超,殷坤龙,曹颖,等. 基于诱发因素响应与支持向量机的阶跃式滑坡位移预测[J]. 岩石力学与工程学报, 2015(S2):4132-4139.
- [2] 董辉,陈家博,杨果岳,等. 工程先验知识辨识下的滑坡非平稳变形支持向量机预测[J]. 岩土力学, 2012, 33(8): 2366-2372.
- [3] 林大超,安风平,郭章林,等. 滑坡位移的多模态支持向量机模型预测[J]. 岩土力学, 2011(S1):451-458.
- [4] 赵艳南,牛瑞卿,彭令,等. 基于粗糙集和粒子群优化支持向量机的滑坡变形预测[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2015, 46(6):2324-2332.
- [5] 彭令,牛瑞卿,赵艳南,等. 基于核主成分分析和粒子群优化支持向量机的滑坡位移预测[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2013, 38(2):148-152.
- [6] 武雪玲,任福,牛瑞卿. 多源数据支持下的三峡库区滑坡灾害空间智能预测[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2013, 38(8):963-968.
- [7] 张群,许强,吴礼舟,等. 南江滑坡群体积的 BP 神经网络模型与预测[J]. 水文地质工程地质, 2015(1):134-139.
- [8] 柯福阳,李亚云. 基于 BP 神经网络的滑坡地质灾害预测方法[J]. 工程勘察, 2014, 42(8):55-60.
- [9] 李蔚,盛德仁,陈坚红,等. 双重 BP 神经网络组合模型在实时数据预测中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(17):94-97.
- [10] 曹洋兵,晏鄂川,谢良甫. 考虑环境变量作用的滑坡变形动态灰色:进化神经网络预测研究[J]. 岩土力学, 2012, 33(3):848-852.

(上接第 331 页)

(2) 多方差分析表明,成活率、保存率、新梢枝生长量和地径种间存在极显著差异。多重比较在 0.05 的显著水平下,紫穗槐与其他植物种均存在显著差异,蒙古莜与沙地柏间存在显著差异,在 0.01 显著水平下,蒙古莜、长柄扁桃和沙地柏间差异性不显著。覆沙 30 cm 与覆沙 50 cm、覆沙 70 cm 均存在显著差异,覆沙 50 cm 和覆沙 70 cm 间差异性均达不到显著水平。

(3) 综合考虑到经济造价以及工程量的大小,确定覆沙 50 cm 是该区域煤矸石山土地复垦及生态恢复植被所需要基质的最佳选择。

[参 考 文 献]

- [1] 赵国平,李晖,张洪江,等. 神府煤田风沙区采煤塌陷地表环境动态变化的综合评价[J]. 西安交通大学学报, 2012, 46(5):137-142.
- [2] 傅耀军,李曦滨,孙占起,等. 晋陕蒙能源基地榆神府矿区水土流失综合评价[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 32-35.
- [3] 赵国平,左合君,胡春元,等. 神府一东胜煤田采煤塌陷区塌陷强度与风沙蚀积量相关分析[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6):176-180.
- [4] 赵国平,李晖,张洪江,等. 榆林市环境负荷的动态分析与预测[J]. 西安交通大学学报, 2012, 46(3):126-132.
- [5] 姚伟. 神府东胜矿区地质环境综合评价与灾害防治[D]. 西安:西安科技学院, 2002:23-29.
- [6] 王惠亮. 浅谈西曲矿采空塌陷地表裂缝的分布特征[J]. 采矿技术, 2006, 6(3):358-359.
- [7] 甘兵勇. 采煤塌陷对生态环境的影响及对策[J]. 能源环境保护, 2003, 17(3):46-47.
- [8] 张锦瑞,陈娟迎,岳志新,等. 采煤塌陷引起的地质环境问题及其治理[J]. 中国水土保持, 2007(4):37-39.
- [9] 黄仲青,黄正来,刘晓玲. 采煤塌陷区农田复耕技术的研究[J]. 安徽农业科学, 1995, 23(2):188-190.