

青海湖流域人工治沙措施防风固沙效益初步研究

张登山¹, 石昊¹, 魏殿生¹, 鲁瑞洁¹, 赵爱斌², 田丽慧¹, 尚媛¹

(1. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 2. 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875)

摘要: 青海湖流域土地沙漠化现象日趋严重, 防治土地沙漠化的工作刻不容缓。本文通过野外实验、室内分析, 以粗糙度、风沙流结构、输沙率等为指标, 评估了人工治沙措施在青海湖流域沙区的防风固沙效益。采取设置麦草方格沙障, 并种植沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 或乌柳 (*Salix cheilophila*)、沙棘间种的人工治理措施, 起到了明显的防风固沙效果。采取人工治理措施的样地, 近地表风速降低, 粗糙度变大, 输沙量减少, 风沙流结构改变。

关键字: 青海湖流域; 沙棘; 乌柳; 人工治沙措施; 防风固沙

中图分类号: P931.3; P941.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2010)03-0239-04

Effects of artificial measures on wind-breaking and sand-fixation in Qinghai Lake drainage area

ZHANG Deng-shan¹, SHI Hao¹, WEI Dian-sheng¹, LU Rui-jie¹,
ZHAO Ai-bin², TIAN Li-hui¹, SHANG Yuan¹

(1. Key Laboratory of Environmental Changes and Natural Disaster under the Ministry of Education of China in Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. College of Life Science in Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: It is imperative to prevent the detrimental phenomenon for increasingly desertification in Qinghai Lake drainage area. In this paper, the benefits of vegetation measure on wind-breaking and sand-fixation in Qinghai Lake drainage area are valued through field testing and laboratory analysis. Planting *Hippophae rhamnoides* only or planting both *Salix cheilophila* and *Hippophae rhamnoides* after setting up the straw sand barrier could reduce wind speed and control sand move. The test sites with artificial measures make the near-surface wind speed decreased, the roughness becomes larger, the sediment discharge reduced and the wind-sand flow change.

Key words: Qinghai Lake drainage area; *Hippophae rhamnoides*; *Salix cheilophila*; artificial measures; wind-breaking and sand-fixation

青海省是我国土地沙漠化面积较大, 分布较广, 受风沙灾害影响最为严重的省份之一(张登山等, 2009; 张登山和高尚玉, 2007; 陈桂琛等, 2007)。青海湖流域处于东亚季风湿润区和内陆干旱区的过渡带, 其东临黄土高原, 西接荒漠、沙漠, 对全球变化十分敏感(科技部等, 2007)。近年来, 自然环境的变化和人类对资源的不合理利用, 导致了青海湖流域土地沙漠化现象的加剧, 这不仅造成

了该地区生态环境的恶化, 还影响了流域社会、经济等方面的可持续发展。因此, 防治青海湖流域土地沙漠化, 保护、修复青海湖区的环境刻不容缓。

针对不同的地理环境采取不同的治沙措施, 才能达到预期的防风固沙效果。青海湖流域平均气温 -3.1°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 473.6°C , 年均降水量 397mm , 年均风速 $4.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。依据青海湖流域高寒的特点, 在沙区采取设置麦草方格沙障, 配合种植抗寒耐旱

收稿日期: 2010-11-15

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAC30B03); 国家自然科学基金项目(40761026); 农业科技成果转化资金项目(2008GB23600462)

通讯作者: 张登山, E-mail: dshzhang@bnu.edu.cn

固沙植物的措施,符合该地区防风固沙的要求。自2007年起,选择了沙棘(*Hippophae rhamnoides*)与乌柳(*Salix cheilophila*)等抗寒耐旱植物,通过机械沙障和植物措施相结合的方法来治理流沙。

1 研究区概况

实验区位于青海湖湖东克土沙区,地理位置为100°46'29.434"E~100°48'26.628"E,36°46'5.181"N~36°48'15.468"N。实验区以流动沙丘为主,主要是新月形横向沙垄,呈斑块状分布于平沙地和丘间地之间,适宜分片治理。所以在设置样地时未将样地设置在同一沙丘上。该实验选择了三块样地,野外观测时间为2010年4月:

样地 I: 2007年在流动沙丘平坦的丘顶设置1.5 m×1.5 m的麦草方格沙障,流沙得到控制后,2008年4月采用挖坑植苗法,在每个草方格的西北角种植沙棘实生苗。2010年野外观测结果为残余麦草方沙障高5 cm,沙棘成活率达90%以上,最大高度为80 cm,最小高度为55 cm,平均高度为66 cm;最大冠幅为50 cm×50 cm,最小冠幅30 cm×25 cm;沙棘长势良好,植被总盖度为5.57%。

样地 II: 2009年4月在流动沙丘平坦丘顶采用高秆深栽法种植乌柳、挖坑植苗法种植沙棘,随后在11月设置1.5 m×1.5 m麦草方格沙障,每个草方格内有一株乌柳或沙棘,乌柳、沙棘间种。2010年野外观测结果为麦草沙障高10 cm,乌柳、沙棘的成活率均达90%以上。乌柳最大高度为95 cm,最小高度为40 cm,平均高度为68 cm,最大冠幅为60 cm×60 cm,最小冠幅40 cm×20 cm;沙棘最大高度为40 cm,最小高度为25 cm,平均高度为35 cm,最大冠幅为20 cm×20 cm,最小冠幅10 cm×10 cm;乌柳盖度为5.58%,沙棘盖度为0.26%,两种灌木植被的平均高度为55 cm,植被总盖度为5.84%。

样地 III: 流动沙丘平坦丘顶,存有已死亡的小叶杨,因此可将此沙丘视为未采取人工治沙措施的流动沙丘。

实验的观测均以样地 I 作为对照。测定了三块样地的地表风速和输沙量。

2 实验内容和方法

本次实验对三块实验样地进行野外风沙活动观测。通过风场观测,绘制样地风速廓线并比较各样

地风速的垂直分布情况,根据风速廓线,计算粗糙度;通过集沙量的观测,计算各样地输沙量、输沙率和风沙流结构。

风场观测使用北京师范大学自主研制的梯度风速仪完成。梯度仪可进行多高度同步观测,本次实验设置高度为0.1 m、0.2 m、0.5 m、1 m、1.5 m、2 m、2.5 m、3.5 m、4.5 m,共9个高度。测定风速的同时,在距风速梯度仪50~200 cm的范围内设置阶梯式集沙仪,集沙仪有30个集沙口(面积为2 cm×2 cm),测定观测点0~60 cm的输沙量,每次测定时间为10 min,将采集的沙子装入自封袋,在室内用精度为0.01 g的天平称重。

3 结果与分析

3.1 防风作用

防风作用主要是通过枝条阻挡或减缓气流的运动而实现的(张瑞麟等,2006)。一方面,气流经过沙障、疏林时,在枝条的阻挡下,气流穿越枝条时的摩擦以及引起的枝条的摆动降低了动能,使得风速减弱。另一方面是,气流经过枝条时,在枝条的阻挡下,形成了多种不定紊流,这些紊流相互缓冲、抵消,降低了气流的动能(张晋英,1999)。

3.1.1 风速廓线

风速廓线是风速沿垂直高度的分布,能反映近地面流场的垂直变化特征(Bagnold,1941;吴正,1987)。绘制风速廓线时,将平均风速订正到同一时间,进而分析同一时间不同地点风速变化特征。订正方法采用张春来等2006年分析包兰铁路防护体系近地面流场特征时使用的方法(张春来等,2006),见公式(1)。

$$\hat{U}_z = \frac{U_{\text{基准}(t=10, z=4.5)}}{U_{\text{基准}(t, z=4.5)}} \times U_{(t, z)} \quad (1)$$

式中 \hat{U}_z 为任意测点在高度 z 上订正后的风速, $U_{\text{基准}(t, z=4.5)}$ 为基准点在时刻 $(t, t+10)$ min内、高度4.5 m处的平均风速, $U_{\text{基准}(t=10, z=4.5)}$ 为基准点在时刻 $(0, 10)$ min内、高度4.5 m处的平均风速。 $U_{(t, z)}$ 为观测点在时刻 $(t, t+10)$ min内、高度 z 处的风速。将三块样地的测风结果订正到同一时间得到风速廓线图(图1、图2、图3)。

由图1、图2和图3可以看出,三块样地风速廓线拟合为指数递增曲线,相关度较高,符合前人研究规律。对三块样地同一时间不同高度的风速进行对比,由图4得到,0.1 m、0.2 m至4.5 m的9

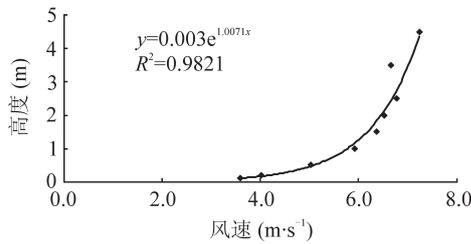


图 1 人工种植沙棘样地风速廓线图
Fig.1 Wind velocity profiles of test site I

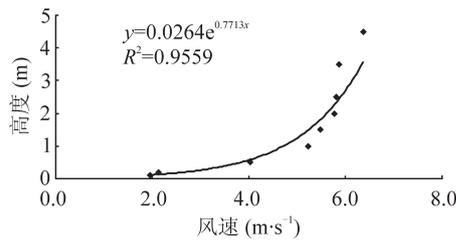


图 2 乌柳与沙棘混合种植样地风速廓线图
Fig.2 Wind velocity profiles of test site II

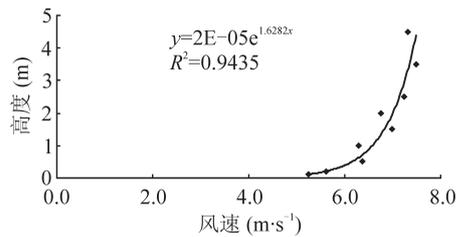


图 3 流沙样地风速廓线图
Fig.3 Wind velocity profiles of test site III

个不同高度, 未采取措施的流沙样地 III 的风速明显大于采取治理措施的样地 I 与样地 II 的风速。而样地 II 9 个高度的风速均低于样地 I 9 个高度的风速。结果明显, 运用机械沙障配合种植固沙植被治理的流沙, 其风速远低于未采取治理措施的流沙。

3.1.2 粗糙度

粗糙度不仅反映了下垫面的性质, 还是评价防风固沙效益的重要指标之一。根据三块样地的风速廓线图 (在半对数纸上, 高程为对数尺度), 将风速廓线外延, 直至它与风速为零的代表高程的坐标

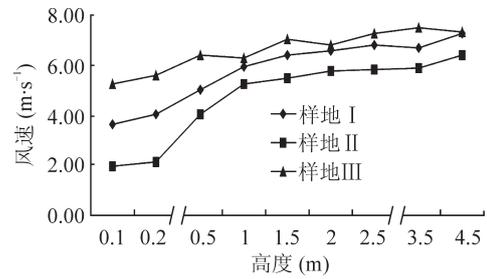


图 4 样地相同时间不同高度的风速比较图
Fig.4 Wind velocity of different height in different test site

轴相交, 相交高度即为三块样地的粗糙度 (张瑞麟等, 2006)。样地 III 为 0.00002 m, 样地 I 为 0.003 m, 是样地 III 的 150 倍, 样地 II 为 0.0264 m, 是样地 III 的 1320 倍, 是样地 I 的 8.8 倍。采取治理措施的样地地表粗糙度变化较大, 粗糙度明显高于未采取措施的流沙样地。

3.2 固沙作用

沙地中沙粒的运动都是以一定的风为动力的, 沙障和植被的固沙性能也取决于它的防风性能。不同措施的固沙效果可以通过风沙流结构和输沙量来表示。在进行集沙量观测时, 是以样地 I 为测定基点的, 因此可将样地 II 与样地 III 的集沙数据与样地 I 进行比较, 得到同一时间样地 I 与其他两块样地风沙流结构与输沙率的对比结果 (表 1)。

由表 1 得出, 同一时间样地 I 的输沙率小于未采取措施的流沙样地 III, 而样地 II 输沙率更小。样地 I 同样地 III 相比, 风沙流结构也有不同, 样地 I 0~10 cm 高度层输沙量为总输沙量的 57.05%, 而样地 III 0~10 cm 高度层输沙量占总输沙量的 78.03%。麦草方格和沙棘改变了风沙流结构, 降低了近地层的输沙量。另一方面, 样地 II, 其 0~10 cm 高度层输沙量在总输沙量中占的比例比样地 I 该高度层输沙量在总输沙量中的占的比例还要低。采取人工治理措施后, 底层输沙量的比重有所降低。由此可知, 人工治理措施起到了一定的固沙作用, 两

表 1 同一时间不同样地风沙流结构及输沙率的比较

Table 1 Differences of vertical distribution of sands and rate of sand transporting between test sites

时间	样地	2 m 风速 (m·s ⁻¹)	输沙量 (g)	输沙率 (g·(min·cm) ⁻¹)	各层沙量占总输沙量的比值 (%)			
					0~10 cm	10~20 cm	20~40 cm	40~60 cm
4 月 12 日	I	10.89	4.77	0.1192	45.07	30.61	19.71	4.61
	II	9.79	0.68	0.017	30	3.3	43.33	23.33
4 月 7 日	I	8.40	24.61	1.2305	57.05	24.46	16.09	2.40
	III	8.20	198.83	9.9415	78.03	17.91	3.76	0.30

种措施都对风沙流结构产生了影响,但是影响的结果又略有不同。

4 结论与讨论

4.1 结论

在青海湖流域,设置机械沙障(麦草方格沙障)配合种植防风固沙植被是治理土地沙漠化的重要措施。多年实践与初步实验证明这种措施是合理可行的。通过实验、观测得到以下结论:

(1) 设置麦草方格沙障、种植沙棘或者乌柳沙棘混种,可有效降低沙区地表风速;麦草方格沙障、沙棘、乌柳明显提高了沙区地表粗糙度。

(2) 机械措施与生物措施相结合的治沙措施起到了明显的固沙效果。同一时间,种植沙棘的样地其输沙量远低于流沙样地的输沙量。人工措施对风沙流结构的改变作用也较明显,采取人工治理措施的样地底层输沙量比重降低。

4.2 讨论

人工治沙措施在青海湖流沙区确实起到了防风固沙的作用。但是通过前文所述不难看出,样地 II 无论是在防风效果方面还是在固沙效果方面都优于样地 I。经分析,我们认为原因大致如下,在治理初期,除了植物的防风固沙作用外,机械沙障也起到了重要的防风固沙作用。采取实验的两种治理措施实施的时间不同。样地 I 的麦草方格沙障设置于 2007 年秋,而样地 II 的麦草方格沙障设置于 2009 年秋,经过两年多的沙埋,样地 I 的麦草方格沙障高度已经降为 5 cm,且麦草方格沙障的麦草密度也有所降低,而样地 II 的麦草方格沙障仍然有 10 cm 高。在样地 I,麦草方格沙障高度、密度的降低影响了其防风固沙的能力。

在人工治理流沙的初期,机械沙障在防风固沙方面起到了关键的作用,但是,随着植物的生长,植被将在防风固沙中将起到更大的作用。另外,值得一提的是,采取生物措施除了要发挥植物的防风固沙作用,还有一重要目的就是要发挥植物的成土

作用,改变流沙土壤理化性质,改善沙区生态环境。在实验初期,我们只对机械措施和生物措施的防风、固沙效果进行了初步的研究,随着实验的深入,人工治理措施对土壤理化性质及植被恢复的影响也将成为研究的重点。

另外,本文仅选择了麦草方格沙障配合种植沙棘和麦草方格沙障配合乌柳沙棘混合种植两种植物固沙模式进行实验。实验的结果说明,在青海湖流域运用机械沙障配合种植固沙植被的方法治理沙害是有效可行的。在今后的工作中,还应当选取多种具有防风固沙能力、抗寒耐旱特性的植被进行实验,筛选出更多、更适合青海湖流域环境的植被固沙技术措施。期待通过我们的研究,能以低成本、高效率的方式服务于青海湖沙区生态环境保护与修复。

参考文献

- 陈桂琛,陈孝全,苟新京,等. 2007. 青海湖流域生态环境保护与修复 [M]. 青海: 青海人民出版社.
- 范志平,曾德慧. 2002. 农田防护林生态作用研究 [J]. *水土保持学报*, 16(4): 130-133.
- 科技部,中国气象局,中国科学院,等. 2007. 气候变化国家评估报告 [M]. 北京: 科学出版社.
- 吴正. 1987. 风沙地貌学 [M]. 北京: 科学出版社.
- 张春来,邹学勇,程宏,等. 2006. 包兰铁路沙坡头段防护体系近地面流场特征 [J]. *应用基础与工程科学学报*, 14(3): 353-341.
- 张登山,高尚玉,石蒙沂,等. 2009. 青海高原土地沙漠化及其防治 [M]. 北京: 科学出版社.
- 张登山,高尚玉. 2007. 青海高原沙漠化研究进展 [J]. *中国沙漠*, 27(3): 367-372.
- 张晋英. 1999. 半干旱风沙区农田防护林的功能及效益评价 [J]. *山西林业科技*, (4): 28-31.
- 张瑞麟,刘果厚,崔秀萍,等. 2006. 浑善达克沙地黄柳活沙障防风固沙效益的研究 [J]. *中国沙漠*, 26(5): 717-721.
- Bagnold R A. 1941. The physics of blown sand and desert dunes [M]. London: Methuen, 64-69.