

半隐蔽式沙柳沙障的防风阻沙效益

蒙仲举¹, 任晓萌², 高永¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古气象科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要: 对毛乌素沙地 15, 25 和 35 cm 的 3 个高度, 1 m×0.5 m, 1 m×1 m, 1 m×2 m, 2 m×2 m, 2 m×3 m 5 种规格的半隐蔽格状沙柳沙障内近地表风沙流的活动过程进行了对比研究, 分析了不同规格沙障的防风阻沙效益。结果表明, 设置沙柳沙障后地表土壤中细颗粒物含量明显增加; 与裸沙丘相比, 沙柳沙障内的相对输沙率明显减少。根据当地的自然条件和经济状况, 认为毛乌素沙地适宜于当地铺设的沙柳沙障规格为 2 m×2 m。

关键词: 半隐蔽格状沙障; 沙柳; 机械组成; 防风阻沙效益; 毛乌素沙地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0178-03

中图分类号: S775

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.034

Effect of Semi-buried *Salix Psammophila* Checkerboard on Wind-preventing and Sand-resisting

MENG Zhong-ju¹, REN Xiao-meng², GAO Yong¹

(1. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China; 2. Meteorological Institute of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010051, China)

Abstract: Five sizes of *Salix psammophila* checkerboard sand barriers (1×0.5, 1×1, 1×2, 2×2 and 2×3 m² in size; 15, 25 and 35 cm in height) in Mu Us sand land were set and the processes of sand flow near dune surface were analyzed in order to determine the protective benefits of the sand barriers. Results showed that the component of fine powder on dune surface increased obviously by *Salix psammophila* checkerboard. Compared with bare dune, the sand flux relative-intensity of checkerboard was reduced obviously. Combined with the local natural conditions and economic factors, the 2 m×2 m *Salix psammophila* checkerboard sand barrier is suitable for windbreak and desertification control in Mu Us sand land.

Keywords: semi-buried checkerboard sand barrier; *Salix psammophila*; mechanical composition; effect of wind-preventing and sand-resisting; Mu Us sand land

在流沙的治理措施中, 工程措施治标, 生物措施治本, 工程措施和生物措施有机地结合, 可以从根本上达到治理流沙的目的。机械沙障是最主要的工程措施之一^[1-3]。

近年来, 沙障防风阻沙效益的研究取得了很大进展^[4-5]。高永等^[6]对沙柳沙障的防风固沙效益研究结果表明, 不同规格沙障防护效益, 在大风条件下, 小规格沙障的成本效益高于大规格的沙障; 在小风条件下, 大规格沙障的成本效益高于小规格的沙障。屈建军等^[7]对半隐蔽式格状沙障综合防护效益的研究表明, 半隐蔽式格状沙障不仅对沙地土壤改良有显著作用, 而且还可以调节局部地区小气候, 半隐蔽式格状

沙柳沙障的防护效益由其材料性质、成本、劳务和风沙流场性质、地形条件以及防沙功能等多种因素决定, 同时其高度、规格、紧密性、设置方法等直接影响防沙体系的稳定^[7-9]。

为此, 充分考虑到风沙流场特性以及不同地形部位的影响, 本试验于 2006 年 4—5 月, 在毛乌素沙地进行。试验设置了 15, 25, 35 cm 这 3 种高度, 1 m×0.5 m, 1 m×1 m, 1 m×2 m, 2 m×2 m, 2 m×3 m 这 5 种规格的半隐蔽式格状沙柳沙障, 旨在通过对比分析不同高度、不同规格的方格沙柳沙障的防风阻沙效益, 筛选出适宜当地的沙障规格, 以期对沙区的机械沙障防沙治沙提供技术支撑。

收稿日期: 2013-12-24

修回日期: 2014-01-09

资助项目: 内蒙古教育厅自然科学重点项目“基于数字图像处理技术的荒漠草原地表风蚀特征研究”(MJZZ13066)

作者简介: 蒙仲举(1980—), 男(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 博士, 讲师, 主要从事水土保持与荒漠化防治教学与研究工作。E-mail: mengzhongju@126.com。

通信作者: 高永(1962—), 男(汉族), 内蒙古自治区包头市人, 博士, 教授, 博导, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: 13948815709@163.com。

1 试验区概况

试验地位于毛乌素沙地的东北缘内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗纳林陶亥镇纳林塔境内,地理坐标为 $110^{\circ}04'06''$ — $110^{\circ}04'11''$ E, $39^{\circ}50'54''$ — $39^{\circ}50'60''$ N。该区广泛分布着固定、半固定沙丘,沙丘形态有新月型沙丘、新月型沙丘链、格状沙丘以及平沙地,平均海拔 $1\ 100\sim 1\ 300\text{ m}$ 。属干旱、半干旱大陆性季风气候。年均气温为 $5.5\sim 9.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最高气温为 $31\sim 39\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低为 $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$,气温年较差为 $33\text{ }^{\circ}\text{C}$,有效积温为 $3\ 200\sim 3\ 800\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期为 $164\sim 180\text{ d}$,年降水量为 $370\sim 410\text{ mm}$,年日照时数为 $2\ 600\sim 2\ 900\text{ h}$ 。风大且频繁,以西北风为主,持续时间长,年平均风速 3.6 m/s ,最大风速为 24 m/s ,年大风日数为 $13\sim 15\text{ d}$,年沙尘暴日数约为 $11\sim 25\text{ d}$,最多可达 37 d 。土壤类型为风沙土。该区沙地植被占绝对优势,主要植物种有沙柳(*Salix psammophila*)、沙蒿(*Artemisia arenaria*)、沙竹(*Psammochloa villosa*)、沙米[*Agriophyllum Squarrosum*]、叉子圆柏(*Sabina vulgaris*)、小叶杨(*Populus simonii*)、旱柳(*Salix matsudana*)、中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)、华北白前(*Cynanchum mongolicum*)等。

2 试验设计与方法

2.1 试验设计

根据地形选择较为平缓的Ⅰ,Ⅱ号两个大沙丘,沙丘高度、走向、面积等参数基本相似。在沙丘迎风坡分别设置 $1\text{ m}\times 0.5\text{ m}$, $1\text{ m}\times 1\text{ m}$, $1\text{ m}\times 2\text{ m}$, $2\text{ m}\times 2\text{ m}$, $2\text{ m}\times 3\text{ m}$ 这5个不同规格的沙柳沙障。沙障孔隙度控制在 45% ,沙障外露高度分别设置 $15,25$ 和 35 cm 这3种高度,每一种规格的沙障都是从沙丘的基部一直设置到沙丘的顶部,方格沙障的长边走向与当地的主害风向(NW)垂直。以裸沙丘作为对照(CK)。

沙障设置完成后,在自然状态下,大于起沙风速(5 m/s)的风对试验区的沙障吹蚀 7 d ,致使障格内形成较为稳定的凹曲面,之后进行观察。

2.2 测定方法

2.2.1 机械组成测定 设置沙障前,在沙丘坡中取 $0\sim 5\text{ cm}$ 表层沙样作为背景值。待障格内形成稳定的凹曲面后,分别在沙丘迎风坡沙障障格中心和4个边角取表层土样进行混合。

采用筛分法与比重计法测定其机械组成,粒径划分标准采用中国沙物质粒径划分标准(表1)^[10]。

表1 中国沙物质粒径划分标准

mm

砾石	极粗沙	粗沙	中沙	细沙	极细沙	粉沙
>2.0	$2.0\sim 1.0$	$1.0\sim 0.5$	$0.5\sim 0.25$	$0.25\sim 0.10$	$0.10\sim 0.05$	<0.05

2.2.2 风沙流测定 在不同处理的坡底、坡中和坡顶等位置,使用多路风速风向自动采集仪测定 $2, 0.5\text{ m}$ 两个垂直高度风速。输沙量观测的时间视风速大小、输沙强度而定,一般 $3\sim 10\text{ min}$ 。带回室内用 $1/1\ 000$ 的天平称重,计算输沙率。根据 2 和 0.5 m 高度处风速的实测资料,利用统计的方法舍去离散较大的数据后用以分析不同下垫面的地表粗糙度^[4]。

2.3 沙障成本效益分析

结合当地的实际情况对其防护效益进行分析,单位面积内的延长米用沙障两个相邻边长的和(L)除以沙障的面积(S)来计算^[6]:

$$L=a+b \quad (1)$$

式中: L ——沙障两个相邻边长的和(m); a, b ——沙障的边长(m)。下同。

$$S=ab \quad (2)$$

$$M=L/S \quad (3)$$

式中: S ——沙障面积(m^2); a, b ——沙障的边长

(m); M ——单位面积内的延长米。下同。

沙障的成本效益(即:单位延长米的防护效益)用式(4)计算:

$$D=100(Q_1-Q_2)/Q_1M \quad (4)$$

式中: D ——成本效益; Q_1 ——裸沙丘表面的输沙率; Q_2 ——沙障内的输沙率。

3 结果与分析

3.1 沙柳沙障内土壤机械组成分析

风沙流是一种贴近沙面的沙物质搬运过程,它是风沙活动的最基本形式,又是各种风沙地貌形成和演变的主要动力条件^[10]。图1是不同规格沙柳沙障内土壤 $0\sim 5\text{ cm}$ 层机械组成分析结果。与对照相比,铺设沙障后 $0.5\sim 0.25\text{ mm}$ 沙粒含量增加 $7.22\%\sim 18.60\%$, $<0.05\text{ mm}$ 粉沙含量增幅较缓,而 $0.25\sim 0.1\text{ mm}$ 的细沙含量减少 $9.72\%\sim 21.60\%$ 。从图1可以看出, $1\text{ m}\times 2\text{ m}$ 和 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 两种规格沙柳沙障

中,粗沙含量减少 0.19%~0.21%,中沙含量降低 10.82%~13.30%,细沙含量增加 6.80%~8.90%。当沙柳沙障外露高度为 15 cm 时,中沙含量与对照相比减少 0.39%~4.56%,粉沙含量减少 2.78%~

4.47%,而细沙含量增加 1.08%~8.95%。

综上所述,沙障高度不同,改变过境气流的运动状态,从而在沙表面产生侵蚀、堆积现象,导致地表沙物质机械组成发生变化。

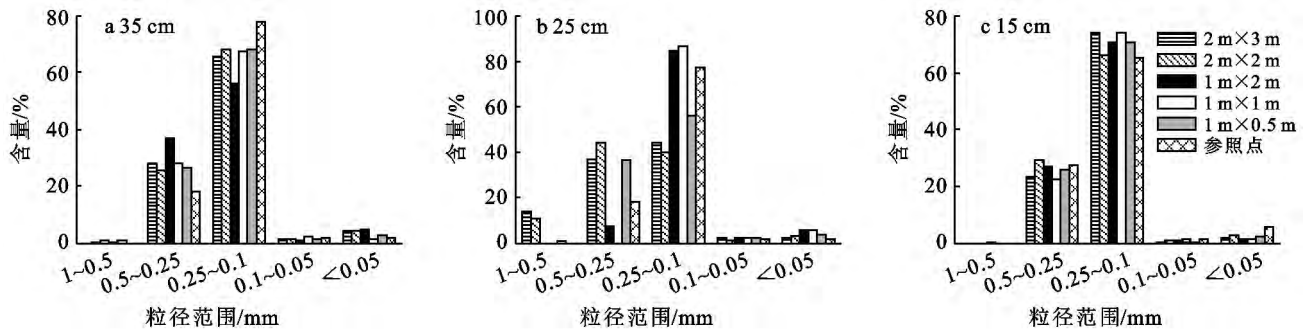


图 1 35,25,15 cm 高度不同规格沙柳沙障表层沙物质机械组成

3.2 沙柳沙障对风速的影响

在流动沙丘设置半隐蔽式、平铺式沙柳沙障防沙体系,既可增加地面粗糙度,阻止风沙流风蚀公路边坡,又可降低地面风速,从而达到防风阻沙的目的。从表 2 可以看出,所设的 5 种规格的沙障,1 m×0.5 m 沙柳沙障的地表粗糙度最大,其中 2 m×3 m 规格沙障的粗糙度最小,粗糙度变化规律整体呈现出随着沙障规格增大而减小,并且规格之间的差异在沙柳沙障外露高度越低表现越为明显。多重均值检验结果显示,规格越大,地表粗糙度越低,其中 2 m×2 m 规格可以视作一个转折点,低于此规格粗糙度急剧降低。

3.3 沙柳沙障的防护效益分析

沙柳沙障的成本效益分析结果见表 3。由表 3 可以看出,沙障规格越小,沙障的输沙率越小,1 m×0.5 m 规格沙障的输沙率仅为 78.86 kg/(h·m²),而 2 m×3 m 规格的沙柳沙障的输沙率高达 629.77 kg/(h·m²)。

与对照相比,5 种规格的半隐蔽沙柳沙障均表现出了较好的阻沙效应。同时可以看出,1 m×2 m 和 2 m×2 m 两种规格的输沙率较为接近。在此,兼顾防风阻沙和成本等方面综合考虑,对沙障的成本效益进行分析,结果显示:沙障规格越小,防风阻沙效应越大,然而成本效益越低。因此,结合当地的自然条件和经济状况,2 m×2 m 规格的半隐蔽式格状沙柳沙障防护效益较好,是适合于当地的一种设障规格。

表 2 不同规格沙障的粗糙度

沙障高度	不同沙障规格(m×m)粗糙度				
	1×0.5	1×1	1×2	2×2	2×3
15 cm	0.64a	0.58a	0.37b	0.35b	0.08c
25 cm	0.72a	0.65a	0.42b	0.41b	0.13c
35 cm	0.80a	0.61b	0.47c	0.43c	0.18d

注:同行不同字母表示差异显著($p=0.05$)。

表 3 不同规格沙柳沙障的防护效益计算

沙障规格/ m ²	输沙率 Q_2 / (kg·h ⁻¹ ·m ⁻²)	相邻边长 L / m	沙障面积 S / m ²	单位面积内沙障 长度/(m·m ⁻²)	降低输沙率/ %	成本效益
1×0.5	78.86	1.5	0.5	3.00	97.36	32.45
1×1	157.31	2.0	1.0	2.00	67.28	33.64
1×2	375.00	3.0	2.0	1.50	87.45	58.30
2×2	374.92	4.0	4.0	1.00	87.45	87.45
2×3	629.77	5.0	6.0	0.86	78.92	94.70
CK	2 987.25	—	—	—	—	—

4 结论

设置沙柳沙障初期,对地表沙物质的机械组成产生不同程度的影响,铺设沙障后地表土壤中细颗粒物含量也在增加,土壤的物理性质得到改善。

沙障规格越小,防风阻沙效应越大,然而成本效益越低。结合研究区的自然条件和经济状况,2 m×2 m 规格的半隐蔽式格状沙柳沙障是适合于当地的一种设障规格。

(下转第 206 页)

木兰、大叶猪屎豆、高羊茅等物种在粤北地区具有明显优势。

(3) 本文所用研究方法与研究成果在粤北某高速公路边坡生态防护设计中得到了成功应用,固坡效果良好,生态防护作用突出,为中国其他地区的各类边坡生态防护技术,特别是防护物种选择与评价提供了新的思路与方法。

[参 考 文 献]

- [1] 卓慕宁,李定强,郑煜基. 高速公路生态护坡技术的水土保持效应研究[J]. 水土保持学报,2006,20(1):164-167.
- [2] 叶建军. 边坡生态防护工程中的若干问题探讨[J]. 水土保持研究,2007,14(5):333-335.
- [3] Turzin P S. Methodological approaches to a problem concerning specification and improvement of means protecting against ecological hazards[M]// Gendenko B, Ushakov I A. Probabilistic Reliability Engineering. Wiley-Interscience. 1998:13-16.
- [4] 谭少华,汪益敏. 高速公路边坡生态防护技术研究进展与思考[J]. 水土保持研究,2004,11(3):81-84.
- [5] 顾小华,丁国栋,刘胜,等. 一种新型的高速公路边坡生态防护技术[J]. 水土保持研究,2006,13(1):106-107.
- [6] 张俊云,周德培. 红层泥岩边坡生态防护机制研究[J]. 岩石力学与工程学报,2006,25(2):250-256.
- [7] 张俊云,周德培,李绍才. 厚层基材喷射护坡试验研究[J]. 水土保持通报,2001,21(4):44-46.
- [8] 许文年,叶建军,周明涛,等. 植被混凝土护坡绿化技术若干问题探讨[J]. 水利水电技术,2004,35(10):50-52.
- [9] 周颖,曹映泓,廖晓瑾,等. 喷混植生技术在高速公路岩石边坡防护和绿化中的应用[J]. 岩土力学,2001,22(3):353-356.
- [10] Bellman R E, Zadeh L A. Decision-making in a fuzzy environment[J]. Management Science, 1970, 17(4): 141-164.
- [11] Ribeiro R A. Fuzzy multiple attribute decision making: A review and new preference elicitation techniques[J] Fuzzy Sets and Systems, 1996,78(2):155-181.
- [12] 程晔,赵明华,曹文贵. 路基下岩溶稳定性评价的模糊多层次多属性决策方法研究[J]. 岩土力学,2007,28(9):1914-1918.
- [13] 陈红,魏风虎. 公路生态系统评价指标体系构建方法研究[J]. 中国公路学报,2004,17(4):92-95.
- [14] 张敏,陈红,蒋鹏. 高速公路建设区域生态功能区划方法[J]. 公路交通科技,2010,27(4):137-143.
- [15] 徐宪立,耿红,张科利,等. 西部地区高速公路发展规划生态环境影响评价: 指标体系构建及评价方法探讨[J]. 公路交通科技,2006,23(7):154-157.
- [16] 李斌. 层次分析法和特尔菲法的赋权精度与定权[J]. 系统工程理论与实践,1998(12):75-80.
- [17] 武文婷,田密密,赵衡宇,等. 植物景观评价技术创新的障碍与对策研究[J]. 浙江工业大学学报,2011,39(5):586-590.
- [18] 徐锦海. 肇庆市区道路绿化带植物景观评价研究[J]. 生态科学,2007,26(6):513-518.
- [19] 汪益敏,王秉纲. 公路土质路基边坡坡面冲刷稳定性的模糊综合评价[J]. 中国公路学报,2005,18(1):28-33.
- [20] 程晔,方靓,赵俊锋,等. 高速公路边坡 CF 网防护抗冲刷室内模型试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2010,29(S1):2935-2942.

(上接第 180 页)

[参 考 文 献]

- [1] 郜永贵,林庆功. 高立式移动沙障应用技术试验研究[J]. 中国沙漠,2005,25(5):790-794.
- [2] 王礼先,朱金兆. 水土保持学[M]. 北京:中国林业出版社,1995:360-368.
- [3] 马玉明. 内蒙古资源大辞典[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1997.
- [4] 赵国平,左合君,徐连秀,等. 沙柳沙障防风阻沙效益的研究[J]. 水土保持学报,2008,22(2):39-43.
- [5] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京:中国林业出版社,2000:144-148.
- [6] 高永,邱国玉,丁国栋,等. 沙柳沙障的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠,2004,24(3):365-370.
- [7] 屈建军,凌裕泉,俎瑞平,等. 半隐蔽式格状沙障的综合防护效益观测研究[J]. 中国沙漠,2005(3):329-335.
- [8] 凌裕泉,屈建军,樊锦诗,等. 莫高窟崖顶防沙工程的效益分析[J]. 中国沙漠,1996,16(1):13-18.
- [9] 曹子龙,赵廷宁,郑翠玲,等. 带状高立式沙障防治草地沙化机理的研究[J]. 水土保持通报,2005,25(4):15-19.
- [10] 马世威,马玉明,王林和,等. 沙漠学[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1998:22-23.