

文章编号: 1000-694X(2004)03-0365-06

沙柳沙障的防风固沙效益研究

高永^{1,2}, 邱国玉³, 匡栋⁴, 清水英幸², 虞毅²,
胡春元¹, 刘艳萍⁵, 户部和夫², 王义⁶, 汪季^{1*}

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 日本国立环境研究所, 日本 茨城 3058506; 3. 北京师范大学, 北京 100875; 4. 北京林业大学, 北京 100083; 5. 水利部 牧区水利科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 6. 神府东胜煤田 环保处, 内蒙古 伊金霍洛旗 017200)

摘要: 研究测定了1 m×1 m, 1 m×2 m, 2 m×2 m, 2 m×3 m, 2 m×4 m, 2 m×5 m, 3 m×3 m, 3 m×4 m, 4 m×4 m, 4 m×5 m, 3 m×6 m等11种规格沙柳沙障内的风沙活动过程和分布规律。结果说明, 不同规格沙障内输沙率随着风速的变化其变化趋势不同, 小规格沙障内输沙率与风速呈对数曲线关系, 大规格沙障内输沙率与风速之间呈指数曲线关系。沙柳沙障中近地表0~4 cm范围内, 风沙流中的相对含沙量沙丘下部明显大于沙丘中部和上部, 说明沙障导致了近地表风沙流结构发生变化。面积等于或小于1 m²的沙障可以完全控制地表风蚀, 当沙障面积增加到一定程度后, 风蚀深度增加很快。不同规格沙障的防护效益, 在大风条件下, 小规格沙障的成本效益高于大规格的沙障; 在小风情况下, 大规格沙障的成本效益大于小规格沙障。

关键词: 沙柳; 沙障; 防风固沙; 荒漠化

中图分类号: P941.73 **文献标识码:** A

沙障是一种防风固沙效果很好的治沙措施, 包兰铁路沙坡头段使用的麦草方格沙障, 几十年来不但起到了很好的固沙阻沙作用, 而且降尘效果也很明显, 目前在沙障内已形成很厚的一层结皮, 从而更进一步加强了沙障的防风固沙作用。近几年, 内蒙古伊克昭盟等地以当地盛产的沙柳为原料设置沙障。沙柳沙障与麦草沙障有明显不同, 沙柳沙障一般是以单排沙柳做成, 如果设置沙障的季节合适, 插下去的沙柳枝条有个别的还能成活, 长成沙柳灌丛。设置沙柳沙障的一次施工能够同时达到工程治沙及生物治沙的双重目的, 因此, 这是一种很有推广价值的治沙措施。

沙柳沙障的高度、形状、大小等直接影响沙障的防护效果。沙柳沙障的高度如果过低, 沙障易被沙埋, 起不到很好的防护作用; 如果高度过高, 不但沙障易被风吹倒, 而且使沙障的成本提高很多。相同高度的沙障, 随着沙障规格的增大, 其防护效果在逐渐减小, 单位面积的成本也在减小。当沙障的规格大到一定程度后, 其防护效果变得很差, 起不到应有的防护效果。沙障的规格越小防护效果越好。但是, 如果太小, 会使沙障的成本很高。因此, 成本效益(即: 防护效益与成本比)最好的沙障配置参数是

生产中目前急需解决的问题。

1 材料与方法

试验地选择在内蒙古自治区伊克昭盟的伊金霍洛旗境内, 属神府东胜矿区巴图塔井田的防沙治沙区。该地区以当地产的沙柳为材料, 通过2000年和2001年的施工, 已建成700 hm²沙柳机械沙障。

我们在该地区进行了野外测定试验。试验地选择在一块坡度约15°的大面积平缓流动沙丘上。在设置沙障前测定了该沙丘不同部位的风速分布和风沙运动情况。然后上面设置了1 m×1 m, 1 m×2 m, 2 m×2 m, 2 m×3 m, 2 m×4 m, 2 m×5 m, 3 m×3 m, 3 m×4 m, 4 m×4 m, 4 m×5 m, 3 m×6 m等不同规格的沙柳沙障, 沙障高20~30 cm。每一种规格的沙障从沙丘的基部一直设置到沙丘的顶部, 方格沙障的短边走向与主风方向(NNW)平行。我们在沙丘的基部、中部、顶部等不同部位测定了每一种规格沙障的风速变化和近地表风沙流活动情况, 同时测定了不同规格沙障方格内中心和四角的风速变化。使用DEY-1多点遥测防沙风速仪测定风速变化情况, 风杯设在距地表200 cm、100 cm、50

收稿日期: 2003-02-21; 改回日期: 2003-05-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(30360088)资助

作者简介: 高永(1962—), 男(汉族), 内蒙古包头市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事荒漠化防治方面的研究与教学工作。

E-mail: gaoyong315@yahoo.com.cn

*: 通讯联系人

cm、10 cm 高度,同时自动纪录不同高度的风速。每一测点作 3 次重复。用集沙仪测定近地表 10 cm 高度内的沙尘活动情况^[1~4]。

2 沙柳沙障内风速变化特征

有关沙障内风速变化特征研究报道较多的是 1 m×1 m 和 2 m×2 m 麦草方格等沙障^[5~8]。沙柳沙障内风速变化特征,特别是不同规格沙柳沙障内近地表风速分布特征的研究未见详细报道。因此,我们对上述问题进行了野外实验研究。测定位置分别在沙障的中心和四个角,测定时主风方向(NNW)与沙柳方格沙障的短边走向平行。由于测

定过程中风速变化较大,很难找到相同风速进行比较,因此我们采用 200 cm 高度处的风速与其他高度的风速比值(即相对风速)来说明沙障内风速的变化情况(表 1)。从表中可以看出,10 cm 高度处相对风速的变化与 200 cm 高度处的风速大小没有显著关系,它是随着沙障规格的变化而变化,沙障规格增大,近地表 10 cm 处的相对风速明显增大,从 5% 到 50% 不等,个别测点出现异常,可能是由于风向的变化引起。1 m×1 m 规格沙障近地表 10 cm 处的风速约为 200 cm 高处风速的 17%,西北角降低的更多,只有 5.17%。从 5 个测点的情况看,降低最多的一般是东北角,但也有例外。

表 1 不同规格沙障内风速变化特征

Tab. 1 Distributions of wind velocity at different sized checkerboards

测点位置	风速比 / %	沙障规格/(m×m)										
		1×1	1×2	2×2	2×3	2×4	2×5	3×3	3×4	3×6	4×4	4×5
沙障中心	V_2/V_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	V_1/V_2	82.71	85.04	88.02	85.76	86.14	92.55	82.71	85.02	85.50	79.67	82.26
	$V_{0.5}/V_2$	61.81	66.15	70.37	70.04	72.97	77.75	63.95	71.58	71.01	65.26	67.98
	$V_{0.1}/V_2$	17.80	18.23	35.63	34.32	36.70	48.53	32.46	44.66	37.35	40.91	41.78
东北角	V_2/V_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	V_1/V_2	83.78	86.29	84.54	78.70	83.81	90.54	82.82	78.76	85.81	84.44	79.03
	$V_{0.5}/V_2$	63.98	61.47	70.01	63.22	69.55	72.99	67.83	68.00	71.62	70.21	65.67
	$V_{0.1}/V_2$	17.57	15.70	25.99	23.74	20.66	28.37	15.09	24.46	38.67	31.02	19.32
东南角	V_2/V_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	V_1/V_2	86.73	86.75	86.67	85.91	84.87	90.52	84.43	84.23	79.71	76.78	82.83
	$V_{0.5}/V_2$	65.94	64.53	73.01	65.24	71.64	69.83	68.59	70.14	59.43	58.74	64.59
	$V_{0.1}/V_2$	17.94	26.97	34.93	27.52	25.37	30.34	34.04	23.36	12.33	27.52	27.40
西北角	V_2/V_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	V_1/V_2	82.68	88.31	84.60	83.37	83.73	91.80	85.70	85.43	86.10	83.36	79.20
	$V_{0.5}/V_2$	60.68	65.74	67.58	64.57	67.46	76.37	69.29	72.64	72.19	70.90	64.13
	$V_{0.1}/V_2$	5.17	19.65	29.13	26.23	29.69	33.10	48.44	36.99	39.91	31.10	39.46
西南角	V_2/V_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	V_1/V_2	86.24	85.75	77.46	80.92	83.17	91.58	84.05	81.16	83.31	83.34	81.28
	$V_{0.5}/V_2$	63.44	62.93	64.15	61.11	63.73	76.11	65.40	69.81	66.62	69.57	69.14
	$V_{0.1}/V_2$	17.32	20.11	37.08	37.52	39.97	45.68	44.19	47.93	27.86	52.04	52.11

3 对近地表风沙流结构的影响

在相同风速条件下,同一位置,流动沙丘表面和沙柳沙障内近地表风沙流结构明显不同。图 1 是沙丘下部在 $8.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速条件下,流沙表面和 3 m×4 m 沙柳沙障内近地表风沙流中相对含沙量的分布情况。由于沙障的作用,降低了近地表风速,使风沙流的结构发生了变化,与流沙相比相对含沙量下层增加,上层减少。0~1 cm 范围内,沙柳沙障的相对含沙量为 23.42%,流动沙丘表面的相对含沙量为 18.09%。0~4 cm 范围内的相对含沙量,沙柳沙障为 71.62%,流动沙丘表面为 58.24%,说明沙障内风的搬运能力在降低,沙障可以使近地表风沙流结

构发生显著的变化。

图 2 是沙丘设置了 2 m×5 m 沙柳沙障后不同部位近地表相对含沙量的垂直分布。下层 0~4 cm 范围内的相对含沙量沙丘下部明显大于沙丘中部和上部,特别是 0~1 cm 层更为显著,沙丘下部为 23%;中部为 17%;上部为 18%,说明沙障导致了沙丘上中下等部位近地表风沙流结构发生变化。其原因是过境风沙流在沙丘基部遇到沙障时,近地表面的风速被降低,风沙流中的沙粒开始下沉,随着沙粒的连续沉积,气流中的含沙量不断减少,从沙丘下部往上风沙流变得更不饱和,开始具备风蚀能力。但是,由于沙障的作用,地表沙尘被固定,切断了沙尘源,使风沙流无法获得沙尘,因此出现了上述结果。

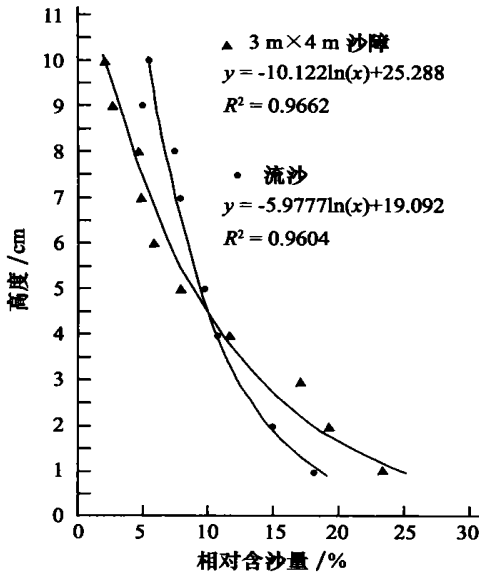


图 1 沙柳沙障对近地表风沙流结构的影响

Fig. 1 Sand flux structures near shifting-dune surface and *Salix* checkerboard surface

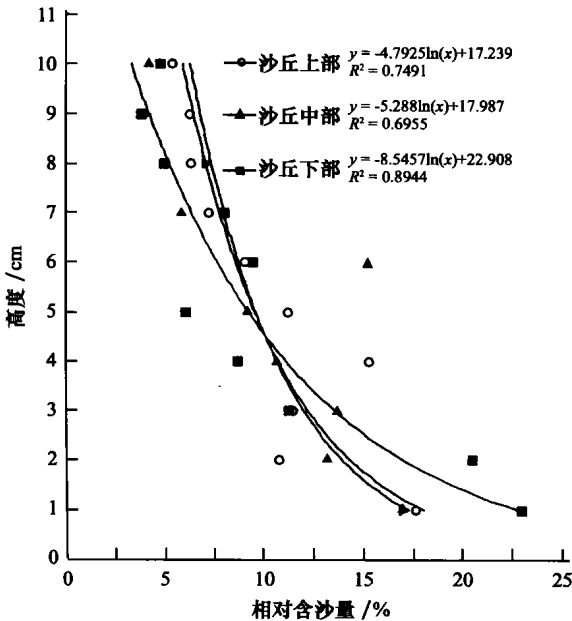


图 2 沙丘不同部位 2 m x 5 m 沙障内近地表风沙流中含沙量的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of blown sand near *Salix* checkerboard on dune surface

4 沙障规格与地表粗糙度的关系

粗糙度是近地表风速为零的高度,它是反映地表对风阻抗的重要参数^[9]。粗糙度大对气流的阻抗作用大,有许多学者研究报道地表覆盖物能够增大地表粗糙度^[10~16]。我们在毛乌素沙地测定了流沙表面的粗糙度及设置不同规格沙柳沙障后粗糙度的变化情况。研究结果表明,试验区内流沙的粒径

均一,粗糙度很小,流沙表面的粗糙度约为 0.029 cm。然而,设置 1 m x 1 m 规格的沙障后粗糙度变为 5.773 cm,明显高于流沙表面的粗糙度。

我们测定了 11 种规格沙柳沙障内的粗糙度后发现,在沙障高度一定的情况下,不同规格的沙柳沙障其粗糙度的变化与沙障的面积有一定的关系,图 3 显示出粗糙度(Z_0)与沙障面积(S)基本成对数函数关系,关系式为

$$Z_0 = -1.5873\ln(S) + 6.2005$$
$$(R^2 = 0.9364)$$

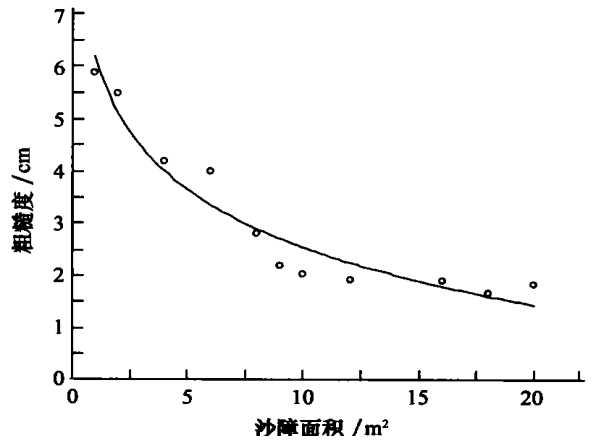


图 3 沙障面积与地表粗糙度的关系

Fig. 3 Relation between checkerboard area and roughness length

从 1 m x 1 m 规格沙障开始,随着沙障面积的增大,粗糙度下降很快,到 3 m x 3 m 规格沙障之后,粗糙度下降幅度减小。当沙障面积增大到 8 m²时,粗糙度为 2.823 cm; 9 m²为 2.192 cm; 10 m²为 2.022 cm。8 m²与 9 m²之间的差为 0.631 cm,明显大于 9 m²与 10 m²之间的差值(0.17 cm)。从图中也可以看出,当沙障面积增大到 9 m²之后,粗糙度的变化趋于缓慢。

5 不同规格沙柳沙障的防护效益

沙柳沙障高度一定的情况下,沙障的形状和大小直接影响沙障的防护效果^[6]。相同高度的沙障,随着沙障规格的增大,其防护效果在逐渐减小,单位面积的成本也在减小。当沙障的规格大到一定程度后,其防护效果变得很差,起不到应有的防护效果。沙障的规格越小防护效果越好。但是,如果太小,会使沙障的成本提高很多。因此,研究某一地区特定环境条件下沙障的最适规格,特别是沙障的防护效益与其成本比(成本效益),是生产中急需解决的问题。

我们选择了一块大面积平缓流动沙丘,在设置

沙障前测定了该沙丘不同部位近地表风速与输沙率的关系(图4),结果表明风速与输沙率呈显著的指数相关,其关系式为

$$Q = 0.00006V^{6.9852} \quad (R^2 = 0.9173)$$

式中: V 为 2 m 高处的风速; Q 为输沙率。利用此关系式可以计算出该地区流沙表面近地表不同风速时的输沙率。此沙丘上设置沙障后,在不同规格的沙障内测定近地表不同风速条件下的输沙率及风蚀情况,然后与流沙表面对应风速条件下进行比较,从而来确定沙障的防护效益。我们用野外测定数据计

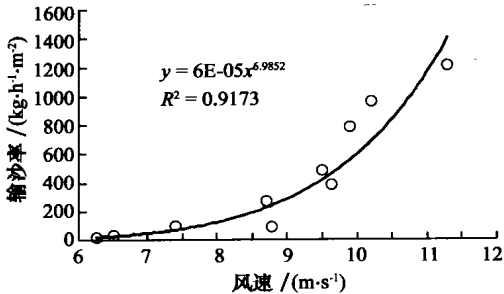


图4 流沙表面风速与输沙量的关系

Fig. 4 Relation between sand flux and wind velocity on shifting dune surface

算出沙障面积与沙障中心被风蚀深度之间是对数函数关系,当沙障面积小于 1.27 m^2 时,障内没有风蚀,面积等于或小于 1 m^2 的沙障可以完全控制地表风蚀;当沙障面积为 1.5 m^2 时,有少量风蚀;当沙障面积增加到一定程度后,风蚀深度增加很快。

在生产实践中,一般以单位面积的延长米来计算成本。因此,可以用单位面积内的延长米来代替成本。用相对减少输沙量与单位面积内延长米的比作为沙障的成本效益。不同规格沙障,单位面积内的延长米用沙障俩个相邻边长的和(L)除以沙障的面积(S)来计算

$$L = a + b$$

$$S = ab$$

$$M = L/S$$

式中: a, b 为沙障的边长; M 为单位面积内的延长米。沙障的成本效益(即:单位延长米的防护效益)用下式计算

$$D = 100 \times (Q_1 - Q_2) / Q_1 M$$

式中: D 为成本效益; Q_1 为流沙表面的输沙率; Q_2 为沙障内的输沙率,计算结果见表2。 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 和

表2 不同规格沙障的防护效益

Tab. 2 Effects of different sized checkerboard

沙障规格	风速 V (200 cm)	流沙输沙率 Q_1 /($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	沙障输沙率 Q_2 /($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	L /m	S / m^2	单位面积内 沙障长度/m	减少输沙率 /%	成本效益
1 m×1 m	9.5	396.416	14.798	2	1	2.00	96.27	48.1
1 m×1 m	11.0	1 121.317	18.300	2	1	2.00	98.37	49.2
1 m×1 m	11.7	1 705.511	19.753	2	1	2.00	98.84	49.4
1 m×2 m	9.1	297.791	9.802	3	2	1.50	96.71	64.5
1 m×2 m	9.4	378.264	12.432	3	2	1.50	96.71	64.5
1 m×2 m	10.2	661.378	15.998	3	2	1.50	97.58	65.1
2 m×2 m	8.6	204.967	1.792	4	4	1.00	99.13	99.1
2 m×2 m	9.5	395.442	78.275	4	4	1.00	80.21	80.2
2 m×2 m	11.1	1 222.415	234.849	4	4	1.00	80.79	80.8
2 m×3 m	8.3	152.990	2.583	5	6	0.83	98.31	118.0
2 m×3 m	9.7	474.413	10.020	5	6	0.83	97.89	117.5
2 m×3 m	10.2	676.637	28.124	5	6	0.83	95.84	115.0
2 m×4 m	6.6	31.606	3.635	6	8	0.75	88.50	118.0
2 m×4 m	7.2	59.980	5.115	6	8	0.75	91.47	122.0
2 m×4 m	7.7	94.847	25.183	6	8	0.75	73.45	97.9
2 m×5 m	7.9	107.859	48.325	7	10	0.70	55.20	78.9
2 m×5 m	8.1	136.167	95.689	7	10	0.70	29.73	42.5
2 m×5 m	8.9	265.806	136.179	7	10	0.70	48.77	69.7
3 m×3 m	6.7	35.478	3.028	6	9	0.67	91.47	137.2
3 m×3 m	7.8	105.016	6.002	6	9	0.67	94.28	141.4
3 m×3 m	8.4	172.996	10.685	6	9	0.67	93.82	140.7
3 m×4 m	8.9	261.000	94.931	7	12	0.58	63.63	109.1
3 m×4 m	9.7	484.740	248.096	7	12	0.58	48.82	83.7
3 m×6 m	6.5	28.815	28.002	9	18	0.50	2.82	5.6
4 m×4 m	7.0	46.435	4.043	8	16	0.50	91.29	182.6
4 m×4 m	7.2	56.771	9.460	8	16	0.50	83.34	166.7
4 m×4 m	7.3	62.138	31.980	8	16	0.50	48.53	97.1
4 m×5 m	6.0	17.134	2.617	9	20	0.45	84.73	188.3
4 m×5 m	6.9	44.906	13.163	9	20	0.45	70.69	157.1

1 m×2 m 规格沙障的成本效益随着风速的增加而增加。2 m×2 m; 2 m×3 m; 3 m×4 m; 4 m×4 m; 4 m×5 m 沙障的成本效益随着风速的增加而具有明显的下降趋势。2 m×4 m; 2 m×5 m; 3 m×3 m 沙障的成本效益没有明显的变化趋势。在大风条件下, 小规格沙障的成本效益高于大规格的沙障。在小风速情况下, 大规格沙障的成本效益高于小规格沙障。如: 在 $9.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速条件下, 2 m×3 m 规格沙障的成本效益为 117.5; 3 m×4 m 规格沙障的成本效益为 83.7。表 2 也可以说明, 在相同成本效益情况下, 绝对防护效益小规格沙障远大于大规格沙障。如: 成本效益为 97.9 的 2 m×4 m 沙障, 在 $7.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速条件下, 其减少输沙率 73.45%; 而成本效益为 97.1 的 4 m×4 m 沙障, 在 $7.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速条件下, 其减少输沙率为 48.53%。因此, 在相同成本效益情况下沙障设置的越小越好。关于每一种规格沙障的成本效益与风速的关系, 及最佳成本效益的确定, 需要测定各种风速条件下输沙率的变化情况。本次测定时由于天气条件的限制, 测定过程中没能测到更多不同风速条件下的输沙率, 因此只能得出这一初步结论。

不同规格沙障内输沙率随着风速的变化其变化趋势不同, 小规格沙障内输沙率随着风速的变化呈对数曲线趋势, 大规格沙障内输沙率随着风速的变化呈指数曲线趋势。图 5 是沙柳沙障内输沙率与风速关系的近似曲线, 1 m×2 m 规格沙障内输沙率与风速呈指数函数关系; 3 m×3 m 规格沙障内输沙率与风速呈对数函数关系。说明小规格沙障对大风的防护效果远高于大规格沙障, 大规格沙障在风速不很大的情况下也能起到较好的防护作用。

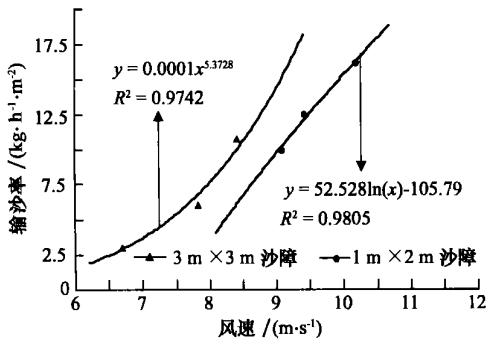


图 5 不同规格沙障内输水程序结构变化

Fig. 5 Sand flux changing with wind velocity in different sized checkerboards

中国沙区的沙漠沙, 多属于粒径 0.1~0.25 mm 的细沙, 野外大量观测确定, 对于一般干燥裸露的沙质地表来说, 离地表 2 m 高处, 当风速达到 4 m

s^{-1} 左右时, 沙子被起动, 形成风沙流^[17]。上面的这些结果说明, 沙柳沙障可以阻截风沙流控制地表风蚀。对于某一地区设置什么规格的沙障为好, 要根据当地的主害风强度及持续时间来确定。

6 结论

沙柳机械沙障在高度一定的情况下, 沙障的形状和大小直接影响沙障的防护效果。相同高度的沙障, 随着沙障规格的增大, 其防护效果在逐渐减小, 单位面积的成本也在减小。当沙障的规格大到一定程度后, 其防护效果变得很差, 起不到应有的防护效果。沙障的规格越小防护效果越好。

不同规格沙障内输沙率随着风速的变化其变化趋势不同, 小规格沙障内输沙率随着风速的变化呈对数曲线趋势, 大规格沙障内输沙率随风速的变化呈指数曲线趋势。沙柳沙障内近地表 0~4 cm 范围, 沙尘暴中的相对含沙量沙丘下部明显大于沙丘中部和上部, 特别是 0~1 cm 层更为显著, 说明沙障导致了近地表沙尘暴结构发生变化。面积等于或小于 1 m^2 的沙障可以完全控制地表风蚀, 当沙障面积增加到一定程度后, 风蚀深度增加很快。不同规格沙障的防护效益, 在大风条件下, 小规格沙障的成本效益高于大规格的沙障; 在小风情况下, 大规格沙障的成本效益高于小规格沙障。

致谢: 参加本研究工作的还有: 高喜平、席荣、张春雨、杨廷华、陈福龙, 在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] Buckley R. The effect of sparse vegetation on the transport of dune sand by wind [J]. *Nature*, 1987, 325(29): 426-428.
- [2] Shao Yaping. Physics and Modeling of Wind Erosion [M]. London: Kluwer Academic Publishers, 2000. 113-142.
- [3] Gao Yong, Qiu Guoyu, Shimizu H, et al. A 10-year study on techniques for vegetation restoration in a desertified salt lake area [J]. *Journal of Arid Environments*, 2002, 52(4): 483-497.
- [4] Fryrear D W. A field dust sampler [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1986, 41: 117-120.
- [5] 兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所. 包兰铁路沙坡头段固沙原理与措施 [M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1999.
- [6] 刘贤万. 草方格沙障的风洞实验 [A]. 流沙治理研究(二) [C]. 银川: 宁夏人民出版社, 1991. 326-334.
- [7] 韩志文, 刘贤万, 姚正义, 等. 复膜沙袋阻沙体与芦苇高立式方格沙障防风机理风洞模拟实验 [J]. *中国沙漠*, 1982, 2(1): 13-20.
- [8] 董治宝, 高尚玉, Fryrear D W. 直立植物-砾石覆盖组合措施的防风作用 [J]. *水土保持学报* 2000, 14: 8-11.

- [9] 马世威, 马玉明, 等. 沙漠学[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998. 20—36.
- [10] Daily G C. Restoring value to the worlds degraded lands [J]. *Science*, 1995, 269(5222): 350—354.
- [11] Qiu Guoyu, Gao Yong, Shimizu H, *et al.* Study on the changes of plant diversity in the established communities for rehabilitation of desertified land [J]. *Journal of Arid Land Studies*, 2001, 11(1): 63—70.
- [12] 屈建军, 张伟民, 王远平, 等. 敦煌莫高窟岩体风蚀机理及其防护对策的研究[J]. 中国沙漠, 1994, 14(2): 18—23.
- [13] 王式功, 董光荣, 陈慧忠, 等. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 350—356.
- [14] Mc Tainsh G H, Lynch W, Tews E K. Climatic controls upon dust storm occurrence in eastern Australia [J]. *Journal of Arid Environments*, 1998, 39: 457—466.
- [15] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究进展[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 299—311.
- [16] 杨明元. 对地表粗糙度测定的分析与研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4): 383—387.
- [17] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000, 7. 144—202.

Effect of *Salix psammophila* Checkerboard on Reducing Wind and Stabilizing Sand

GAO Yong^{1,2}, QIU Guo-yu³, DING Guo-dong⁴, SHIMIZU Hideyuki², YU Yi²,
HU Chun-yuan¹, LIU Yan-ping⁵, TOBE Kazuo², WANG Yi⁶, WANG Ji¹

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki 3058506, Japan; 3. Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 4. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 5. Grassland Hydraulic Research Institute of the Ministry of Water Resources, Hohhot 010010, China; 6. Environment Protection Department of Shen-fu Dongsheng Coalfield, Yijinhuo 017200, Inner Mongolia, China)

Abstract: In this study, the material used to build straw checkerboard is branch of *Salix psammophila*, one native shrub in desert area. The sizes of checkerboard are 1 m×1 m, 1 m×2 m, 2 m×2 m, 2 m×3 m, 2 m×4 m, 2 m×5 m, 3 m×3 m, 3 m×4 m, 4 m×4 m, 4 m×5 m, 3 m×6 m. Results show that different sized checkerboards have different effects to reduce the sand flux intensity. Sand flux intensity varies logarithmically with wind velocity in the small sized checkerboard. Meanwhile, sand flux intensity varies exponentially with wind velocity in the large sized checkerboard. At the foot of dune with checkerboard on it, the sand flux intensity in 0~4 cm surface layer is significantly larger than that at the slope and the top of dune. The checkerboards with a size area equal to or less than 1 m² can completely control wind erosion. If the size of checkerboard increases to over certain area, wind erosion will increase fast considerably. When considered both the effect of checkerboard on wind erosion control and its cost, small sized checkerboard has good effect under strong wind condition; the larger sized checkerboard is better under relatively weak condition.

Key words: *Salix psammophila*; checkerboard; reducing wind and stabilizing sand; desertification