

## 沙柳沙障内植被恢复影响因子探究\*

周丹丹<sup>1</sup>, 胡生荣<sup>1</sup>, 韩敏<sup>2</sup>, 高永<sup>1</sup>, 姜丽娜<sup>1</sup>, 贺鹏威<sup>3</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019; 2. 鄂尔多斯市林业局 退耕办, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 3. 鄂尔多斯市碧苑绿化有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

**摘要:**以神东矿区宝勒高水库保护区为研究区域, 通过野外调查和统计分析, 对不同规格、不同坡位沙柳沙障内植被恢复情况、沙障破损情况、植被生长与沙障关系进行了详细调查, 以研究影响沙柳沙障植被恢复的几个主要因子。结果表明: 2 m × 2 m 规格的沙柳沙障最利于植被恢复; 沙丘背风坡在降水较好的条件下利于先锋植物种生长, 而迎风坡则表现为更利于植被的恢复及演替; 背风坡沙障破损较迎风坡严重, 每一障格四条边破损度依次为迎下 > 迎上 > 顺左 > 顺右; 植被生长对沙障有明显的依附作用, 障格中间不利于种子停留和植株生长, 在沙丘迎风坡, 顺风边植株数量和高度均略高于迎风边, 而到了沙丘背风坡, 迎风边植株数量和高度都高于顺风边; 风力是影响迎风坡植被恢复的主要因子, 坡度则是背风坡植被恢复的主要影响因子。

**关键词:**沙柳沙障; 植被恢复; 影响因子

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0115-04

## Research into the Vegetation Restoration Influencing Factor of *Salix psammophila* Checkerboard

ZHOU Dair dan<sup>1</sup>, HU Sheng-rong<sup>1</sup>, HAN Min<sup>2</sup>, GAO Yong<sup>1</sup>, JIANG Li-na<sup>1</sup>, HE Peng-wei<sup>3</sup>

(1. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. Forestry Bureau of Ordos City Management Center of Returning Land for Farming to Forestry, Ordos, Inner Mongolia 017000, China; 3. Biyuan Greening Ltd in Ordos City, Ordos, Inner Mongolia 017000, China)

**Abstract:** Restoration, disrepair and plant growth of the checkerboard were studied in different size and different position *Salix psammophila* Checkerboard, then the influencing factor of its vegetation restoration were analyzed. The results show 2 m × 2 m size checkerboard is the best one for restoration; the leeward slope is good for pioneer plant growth in the plentiful rain year and the windward slope is better for the vegetation restoration and succession; the checkerboard's breakage in leeward slope is more serious than the windward slope; in each checkerboard, the breakage level of the four boundary is windward below > windward above > left before the wind > right before the wind; the plant growth has relationship with the checkerboard and the middle don't suit the seed stay and its growth; in the windward, the plant quantity and height in boundary which before the wind is higher than the windward boundary and it is opposite in the leeward slope; the mainly influencing factor in windward slope and leeward slope is the wind and gradient respectively.

**Key words:** *Salix psammophila* Checkerboard; vegetation restoration; influencing factor

机械沙障是促进流动沙丘植被快速恢复的主要措施, 沙柳沙障是鄂尔多斯地区进行荒漠化防治所广泛采用的一种沙障类型, 它指的是用沙柳的枝条在沙面上设置的一种障蔽物, 能够在一定程度上控制风沙流动的方向、速度及结构, 改变地表蚀积状况, 从而达到固定沙面、防治沙害的目的。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, 这是一种很有价值的治沙措施。

关于沙柳沙障前人已经做了较为全面的研究, 包括防风固沙效益、土壤理化性质及植被恢复状况等方面, 如高永等曾从防风固沙效益角度对沙障规格、沙丘不同部位的影响做了较为全面的研究。然而工程措施的根本目的是植被恢复, 因此植被恢复情况是反映沙障效益的关键指标, 目前对于沙柳沙障植被恢复影响因子的研究还较少。本研究以神东公司宝勒高水库保护区内 2006 年设置的沙柳沙障为研究对

\* 收稿日期: 2008-05-15

基金项目: 国家自然科学基金(30771765); 国家林业避 948 项目(2006-4-07)

作者简介: 周丹丹(1982-), 女(蒙古族), 内蒙古通辽市人, 博士研究生, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: Zhouddan414@126.com

通信作者: 高永(1962-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事荒漠化防治、沙尘暴方面的教学和科研工作。E-mail: gaoyong315@yahoo.com.cn

象,通过对不同规格(2 m×2 m、1 m×2 m、1 m×1 m、1 m×0.5 m)、不同坡位(迎风坡下部、迎风坡中部、迎风坡上部、沙丘顶部、背风坡上部、背风坡中部、背风坡下部)沙柳沙障内的天然植被恢复情况、沙障破损情况以及主要植物种在沙障内生长的位置进行调查研究,以此分析沙障规格、沙丘坡位、沙障破损情况及植物本身 4 个因子对沙柳沙障植被恢复的影响。

宝勒高水库保护区是神东公司为保护水库免受风沙危害,在水库周围 1 km 范围内设置的以沙柳沙障为主要防护措施的保护区,保护区工程于 2006 年与水库建设同期完成,为完善沙柳沙障研究体系,本研究以水库保护工程为依托,在两个平缓流动沙丘上设置了不同规格(前已述及)的沙柳沙障作为试验研究区域,沙障高度为 30 cm 左右,孔隙度为 45% 左右,其中长方形沙障长边走向与主风方向(NW)垂直。

### 1 研究区概况

宝勒高水库作为神东矿区后备水源地,于 2006 年在黄河一级支流乌兰木伦河上游建成,水库位于毛乌素沙地东南缘,紧邻巴图塔沙柳基地。区域地理坐标为东经 110°03',北纬 39°31',地貌为覆盖有风成沙的硬梁地,自然地理地带为干草原。年平均温度 6.7℃,年降水量 370~410 mm,年平均风速 3.5 m/s,最大风速可达 24 m/s,年均大风日数 13~15 d,主风方向为西北风。天然植被主要有油蒿(*Artemisia ordsica* Krasch)、沙米(*DAGriophyllum squarrosum* (L.) Moq)、虫实(*Corispermum patelliforme* Iljin)、沙竹(*Psammochoila villosa* (Trin.) Bor)、牛心朴子(*Cynachum komarovii* Al. Iljinski)等。

### 2 研究方法

#### 2.1 调查方法

##### 2.1.1 植被调查方法

以宝勒高水库保护区作为调查样地,于 2007 年 7 月底对实验区的植被情况进行实地调查,具体方法是按不同规格区的不同坡位进行,每个规格的每个坡位设 5 个调查样方(与沙障规格一致)。调查指标有天然植被种类、分盖度、总盖度、密度、高度、频度、沙障每一障格四条边的破损情况等,此外,2006 年沙障设置完成后在试验区撒播了沙打旺种子,本次实验对沙打旺在障格中生长位置也进行了详细调查,包括迎风边、顺风边及障格中间(图 1)的沙打旺植株数及株高等指标,以研究植物种的生长对沙障的依附关系。

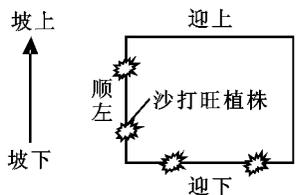


图 1 障格四边及植株生长位置示意图

##### 2.1.2 沙障破损情况调查方法

沙障设置后受自然及人为等因素的影响会发生不同程度的损坏,沙柳沙障常见的损坏状况是枝条倒失,给障边造

成缺口。沙障损坏后将直接影响到它的防护效益,因此研究沙障破损的规律及其对植被恢复的影响便具有相当重要的意义。本部分研究内容以 2 m×2 m 和 1 m×1 m 两种规格沙障为研究对象,分不同坡位进行调查,同样为 5 个重复,对每一方格 4 条边的破损度进行调查,以研究沙障破损的规格及其与植被恢复的关系。其中破损度是指每一条障边缺口的长度所占的百分比,数值越大,说明破损程度越大。

调查时,为方便统一分析计算,从坡下部至上部(迎风坡与背风坡相同),每一障格 4 条边的命名为图 1 所示,沙丘顶部与迎风坡命名方向相同,背风坡与迎风坡方向正好相反。

#### 2.2 数据处理

为了便于分析,在数据处理时将不同大小的样方数据全部转化为 1 m×1 m 样方数据。重要值能够反映植物种在群落中的相对重要性,本研究采用如下公式计算:

$$\text{重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高度}) / 4.$$

其中相对密度——某一植物种的个体数/全部植物种的个体数×100;相对盖度——某一物种分盖度/群落中所有物种分盖度之和×100;相对频度——某一物种频度/全部物种的频度之和×100;相对高度——某一物种的高度/全部物种的高度之和×100。

### 3 结果分析

#### 3.1 沙障规格及沙丘部位与植被恢复

植被盖度能够在一定程度上直接反映沙区的植被恢复情况,它是衡量沙柳沙障防护功能的一个重要指标。图 2 为几种规格沙障在沙丘不同坡位的植被盖度情况。

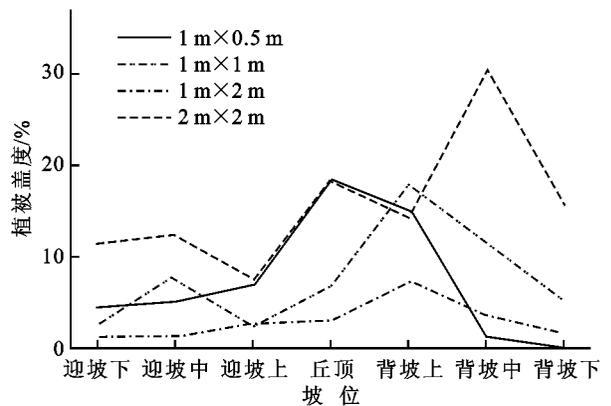


图 2 几种规格沙柳沙障不同坡位的植被盖度

从图 2 可以看出,无论是在沙丘迎风坡还是背风坡,2 m×2 m 规格沙障的植被盖度从整体上看是最好的,明显高于其他几种规格沙障,只有在背风坡上部这一规格沙障的植被盖度略低于 1 m×1 m 及 1 m×0.5 m。其他几种规格沙障相比,1 m×2 m 规格沙障整体植被盖度较低,表明其植被恢复情况较差。1 m×1 m 规格沙障和 1 m×0.5 m 规格沙障的植被盖度在迎风坡及背风坡趋势不同,在沙丘迎风坡,1 m×0.5 m 规格沙障植被盖度整体高于 1 m×1 m 规格沙障,而到了沙丘背风坡,趋势正好相反。从以上分析可以得出,几种规格相比,2 m×2 m 规格沙障最利于植被恢复。

从图 2 中还可以看出,不同规格沙障的植被盖度在沙丘

的不同位置也呈现出一定的规律性, 背风坡植被盖度总体上高于迎风坡, 特别是在背风坡的中部及上部, 植被盖度较高, 其原因可能是在沙丘背风坡, 既没有强烈的风蚀, 又能保证

一定的通风, 利于植被生长。除 2 m × 2 m 规格以外, 另几种类型沙障植被盖度均是在沙丘顶部较高, 并至迎风坡上部达到最大值。

表 1 不同规格沙柳沙障在不同坡位的植物种及重要值

植物种	规格	迎坡下	迎坡中	迎坡上	丘顶	背坡上	背坡中	背坡下
油蒿	2 m × 2 m	71.9	82.6	74.2	37.0	52.0	56.6	48.5
	1 m × 2 m	49.2	79.8	72.5	58.0	51.3	58.8	53.7
	1 m × 1 m	75.3	85.6	60.1	45.3	50.1	65.0	68.6
	1 m × 0.5 m	75.2	56.0	68.5	58.8	60.5	64.3	57.4
沙米	2 m × 2 m	15.5	17.5	18.8	36.2	40.4	43.5	51.5
	1 m × 2 m	50.9	20.2	16.9	42.0	38.6	41.2	46.3
	1 m × 1 m	24.7	14.4	26.9	35.0	36.1	28.8	24.6
	1 m × 0.5 m	15.6	17.8	21.8	24.5	27.1	35.7	42.6
虫实	2 m × 2 m	-	-	-	15.1	7.6	-	-
	1 m × 2 m	-	-	10.7	-	10.1	-	-
	1 m × 1 m	-	-	-	19.7	13.8	-	-
	1 m × 0.5 m	9.3	-	9.8	16.7	-	-	-
白草	2 m × 2 m	12.7	-	-	-	-	-	-
	1 m × 2 m	-	-	-	-	-	-	-
	1 m × 1 m	-	-	-	-	-	-	-
	1 m × 0.5 m	-	13.3	-	-	-	-	-
细叶苦蕒	2 m × 2 m	-	-	7.0	-	-	-	-
	1 m × 2 m	-	-	-	-	-	-	-
	1 m × 1 m	-	-	13.0	-	-	6.2	6.9
	1 m × 0.5 m	-	12.9	-	-	12.5	-	-
沙珍珠豆	2 m × 2 m	-	-	-	11.7	-	-	-
	1 m × 2 m	-	-	-	-	-	-	-
	1 m × 1 m	-	-	-	-	-	-	-
	1 m × 0.5 m	-	-	-	-	-	-	-

从表 1 可以看出, 沙柳沙障设置一年后已基本形成稳定的油蒿+沙米群落, 二者重要值的累积贡献率基本均在 85% 以上, 二者为现阶段优势种, 此外调查阶段在沙丘顶部两侧虫实较多, 也是主要植物种。几种规格相比, 2 m × 2 m 规格沙柳沙障内物种最多, 除油蒿、沙米、虫实外, 还出现了禾本科的白草(*Pennisetum centrasiaticum* Tzvel.)、菊科的细叶苦蕒(*Ixeris gracilis* Stebb.)、豆科的沙珍珠豆(*Oxytropis psammocharis*), 表明该规格沙障植被在向良性方向发展。除几个优势种外, 1 m × 2 m 沙障内再无其他植物种, 1 m × 1 m 沙障有细叶苦蕒出现, 1 m × 0.5 m 沙障则出现了白草和细叶苦蕒。从植被重要值来看, 2 m × 2 m 规格沙障中油蒿整体贡献率最高, 沙米相对最低, 其他种类植物已占有一定的群落地位, 表明该规格沙障植被演替在向良性方向发展, 也更进一步说明 2 m × 2 m 规格沙障内植被恢复情况最好。

从沙丘不同部位来看, 迎风坡油蒿贡献率高于背风坡, 且总体上高于沙米的贡献率, 沙米的贡献率是背风坡高于迎风坡, 而白草等植物首先集中出现在迎风坡, 从植被恢复角度看, 说明迎风坡的群落演替比背风坡更快, 然而之前分析得出的是背风坡植被盖度较高(图 2), 分析原因为调查当年降水较为充足, 给一些短命植物的生长创造了条件。此外, 迎风坡和背风坡不同坡位间植被恢复差异不太明显。

综上所述, 几种规格相比, 2 m × 2 m 规格沙柳沙障更利

于植被恢复; 从沙丘不同部位来看, 背风坡在降水较好的条件下利于先锋植物种生长, 而从植被演替角度看, 迎风坡比背风坡更利于植被恢复, 各坡位间无明显差异。

### 3.2 沙障破损与植被恢复

#### 3.2.1 沙障破损情况研究

如图 3 所示, 沙丘背风坡沙障各边破损度都明显高于迎风坡, 调查时我们对沙丘坡度也进行了测量, 发现两种规格沙障所在沙丘的迎风坡度在 10° 左右, 而背风坡坡度均在 30° 左

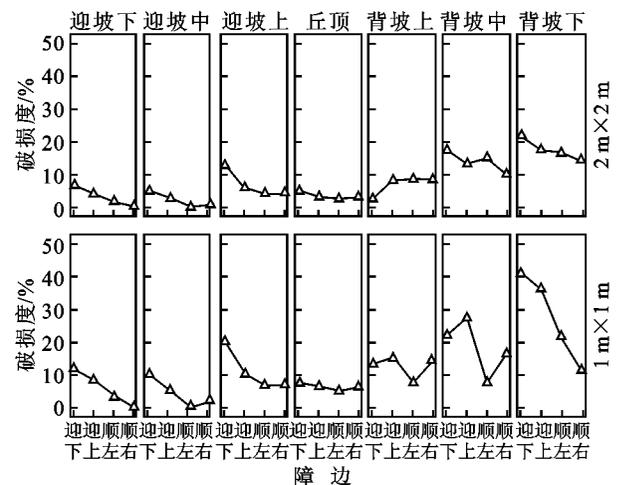


图 3 两种规格沙柳沙障在沙丘不同部位各边破损情况

右,因此,分析背风坡沙障破损严重的主要原因在于沙丘坡度太陡,障边枝条本身受重力作用会发生偏倒,同时干沙受重力作用不断向下堆积,压制障边至倒缺。从背风坡上部到下部,两种规格沙障各边破损度均呈逐渐变大趋势,表明较陡的坡度是造成该部位沙障破损的主要原因,原因在于较陡的坡度会引起坡上沙土受重力作用向坡下堆积而压倒或裹走沙障枝条,导致沙障破损。从每一障格的 4 条边看,迎下边破损度高于其他三边,迎风边高于顺风边。而在沙丘迎风坡,从下部到上部,4 条边破损度却表现为迎下> 迎上> 顺左> 顺右。表明沙丘迎风坡沙障的破损主要是由风沙流作用所致,而且迎风坡上部风沙流作用最强,这也符合风沙流运动特点。在沙丘顶部,各边虽均有一定程度的破损,但无明显的差异,说明

在这一位置受各边受风力作用相近,且受坡度影响较小。

3.2.2 沙障破损与植被恢复的关系

沙障破损将影响其防风固沙效益,进而影响植被的恢复。将各区域四边破损情况进行平均得平均破损度,以分析其与植被盖度的关系。从表 2 及其相关分析结果得出,到目前为止,除顺右边外,其他边及沙障整体的破损度与植被盖度间均无显著相关关系。分析原因可能是沙障目前破损程度还较轻,尚未达到对其效益产生影响的程度,或者说这种破损会对植被恢复产生影响,只是目前时间较短,其影响还没有体现出来。而顺右边破损度与植被盖度间呈较强正相关,相关系数为 0.565 ( $R^2 < 0.05$ ),出现这种现象的原因尚无法解释,有待于进一步的观测研究。

表 2 各区域植被盖度及沙障的平均破损度

沙障规格	变量	迎坡下	迎坡中	迎坡上	丘顶	背坡上	背坡中	背坡下	
2 m × 2 m	破损度	迎下	6.7	5.0	12.5	5.0	2.5	20.5	21.7
		迎上	4.2	2.5	5.9	3.2	8.3	13.0	17.5
		顺左	1.7	0	4.2	2.5	45.0	15.0	16.7
		顺右	0	0.9	4.2	3.2	38.4	30.0	14.2
		平均	3.2	2.1	6.7	3.5	23.6	19.6	17.5
	植被盖度	11.2	12.4	7.5	18.1	14.3	30.3	15.5	
1 m × 1 m	破损度	迎下	11.7	10.0	20.0	7.5	13.0	22.0	41.0
		迎上	8.3	5.0	10.0	6.3	15.0	27.5	36.0
		顺左	3.3	0.0	6.7	5.0	7.5	7.5	21.2
		顺右	0	1.7	6.7	6.3	14.0	16.0	11.0
		平均	5.8	4.2	10.9	6.3	12.4	18.3	27.3
	植被盖度	2.6	8.0	2.3	6.8	17.7	11.6	5.0	

3.3 植物生长对沙障的依附作用

沙障设置完成后在试验区内撒播沙打旺种子,对沙打旺在障格中生长的位置、株数及株高进行了调查,以植被恢复较好的 2 m × 2 m 规格为研究对象,结果见图 4、5。

由图 4 可见,在沙丘迎风坡,植株数量顺风边> 迎风边> 障格中间,而从沙丘顶部到背风坡下部,迎风边> 顺风边> 障格中间,障格中间变化趋势为从迎风坡下部到背风坡下部逐渐减少。表明在沙丘迎风坡,受风力作用影响,迎风边不利于种子停留,会不断受到风的吹动,障格中间受风力影响最大,因此植株数最低,而在沙丘背风坡,受坡度影响较为严重,背风坡坡度陡,受重力作用种子会向下运动,所以障格

中间和顺风边停留种子较少,而迎风边对种子具有一定的拦截作用,故植株数相对较多。

从图 5 的植株高度上来看,同样是障格中间植株高度最低,而迎风坡和背风坡相比,迎风坡顺风边植株高度略高于迎风边,到了背风坡,迎风边植株高度越来越高于顺风边,基本趋势与植株数相近。表明风力及坡度两个因子不仅影响种子的停留,还对植株生长有显著影响。总之,植被生长对沙障有明显的依附作用,障格中间不利于种子停留和植株生长,在沙丘迎风坡,顺风边植株数量和高度均略高于迎风边,而到了沙丘背风坡,迎风边植株数量和高度都高于顺风边,更进一步证明风力是影响迎风坡植被恢复的主要因素,背风坡的主要影响因素则是坡度。

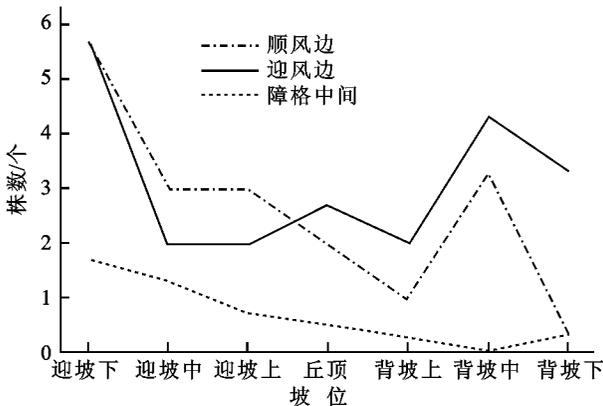


图 4 不同位置沙打旺生长株数

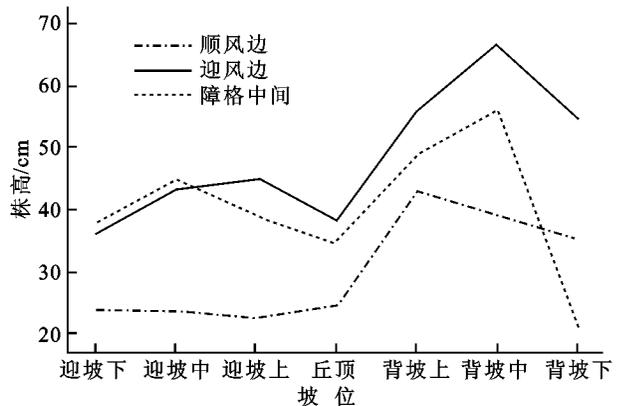


图 5 不同位置沙打旺平均高度

$B_2-C$  判断矩阵

$B_2$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$\overline{W}_i$	$W_i$
$C_6$	1	3	2	3	3	2.221	0.394
$C_7$	1/3	1	1/2	1	1	0.699	0.124
$C_8$	1/2	2	1	2	2	1.320	0.234
$C_9$	1/3	1	1/2	1	1	0.699	0.124
$C_{10}$	1/3	1	1/2	1	1	0.699	0.124
$\Sigma$							1

$\lambda_{max} = 5.01$   $CI = 0.002$   $RI = 1.12$   $CR = 0.002 < 0.1$

$B_3-C$  判断矩阵

$B_3$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$\overline{W}_i$	$W_i$
$C_{11}$	1	3	2	1.817	0.540
$C_{12}$	1/3	1	1/2	0.550	0.163
$C_{13}$	1/2	2	1	1	0.297
$\Sigma$					1

$\lambda_{max} = 3.009$   $CI = 0.005$   $RI = 0.58$   $CR = 0.008 < 0.1$

#### 4 结论

通过召开专家咨询会,对指标体系进行了调整和归并。通过专家对评价指标两两重要性进行打分,并运用层次分析法构建判断矩阵,计算出各指标权重,并进行一致性检验,最终得出草原沙化治理工程生态效益快速评价体系的指标权重(表 4)。

(上接第 118 页)

#### 4 结论与讨论

(1) 几种规格相比,  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  规格的沙柳沙障不仅防风固沙效益好,而且也是最有利于植被恢复的一种规格。高永等曾从防风固沙效益角度指出在大风条件下,小规格沙障(小于  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ )成本效益高于大规格的沙障,在小风情况下,大规格沙障(大于  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ )的成本效益大于小规格沙障。表明  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  是沙柳沙障的关键规格,其防风固沙效益在任何风况下都是较好的,具有持久的防护效益,为植被恢复奠定了基础。

(2) 从沙丘部位看,背风坡在降水较好的条件下更有利于先锋植物种生长,而从植被演替角度看,迎风坡比背风坡更利于植被恢复,同时同一坡向不同坡位间植被恢复情况在沙障设置一年后尚无规律性。

(3) 与迎风坡相比,背风坡沙障破损较严重。每一障格 4 条边破损度表现为迎下 > 迎上 > 顺左 > 顺右。风力作用和重力作用(坡度)分别是影响迎风坡和背风坡沙障破损的主要因子。沙障的破损情况在短时间内未对植被整体恢复产生显著影响,沙障破损度与植被盖度之间无明显的相关关系,推测原因是沙障破损程度较轻,未达到产生影响的程度,

表 4 草原沙化治理工程生态效益快速评价指标权重表

目标层	准则层	权重	指标层	对上层指标的权重	组合权重
草原沙化治理工程生态效益快速评价	植被	0.637	植被盖度变化	0.34	0.217
			地上生物量变化	0.258	0.164
			草层高度变化	0.088	0.056
			植物种数变化	0.157	0.100
			一年生植物比例	0.157	0.100
土壤	0.105	0.258	固定沙地比例	0.385	0.099
			固定沙地破碎度	0.112	0.029
			裸沙地比例	0.27	0.070
			裸沙地破碎度	0.121	0.031
			土壤风蚀模数	0.112	0.029
			土壤有机质	0.54	0.057
			细沙比重	0.163	0.017
			土壤结皮	0.297	0.031

#### 参考文献:

[1] 卓莉,曹鑫,陈晋,等.锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价[J].地理学报,2007,63(5):472-479.

[2] 雷孝章,王金锡,彭沛好,等.中国生态林业工程效益评价指标体系[J].自然资源学报,1999,14(2):175-182.

[3] 赵英伟.我国草地利用系统可持续性评价指标体系与评价方法研究[D].北京:中国农业大学,2003.

[4] 王晓光,王珠娜,余雪标,等.退耕还林生态效益评价指标体系研究[J].防护林科技,2006(6):5-53.

或者是其影响因时间短还没体现出来。

(4) 植被生长对沙障有明显的依附作用,障格中间不利于种子停留和植株生长,在沙丘迎风坡,顺风边植株数量和高度均略高于迎风边,而到了沙丘背风坡,迎风边植株数量和高度都高于顺风边,更进一步证明风力是影响迎风坡植被恢复的主要因子,坡度则是背风坡的主要影响因子。

#### 参考文献:

[1] 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.

[2] 任余艳,胡春元,贺晓,等.毛乌素沙地巴图塔沙柳沙障对植被恢复作用的研究[J].水土保持研究,2007,14(2):13-15.

[3] 王博,丁国栋,顾小华,等.毛乌素沙地腹地植被恢复效果初步研究:以内蒙古乌审旗为例[J].水土保持研究,2007,14(3):237-238.

[4] 张奎壁,邹受益.治沙原理与技术[M].北京:中国林业出版社,1994:11-116.

[5] 赵廷宁,曹子龙,郑翠玲,等.平行高立式沙障对严重沙化草地植被及土壤种子库的影响[J].北京林业大学学报,2005,27(2):34-37.