

# 风成沙丘固定程度的定量分析

韩 广<sup>1</sup>, 张桂芳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学国土学院, 长沙, 410081; 2. 湖南大学土木工程系, 长沙, 410082)

**摘要:**用因子分析的方法确定影响沙丘固定程度的主导因素,并根据其共同度在总方差中所占比例来确定各主导因素的权重,然后对原始数据进行无量纲化处理,通过加权平均的方法计算出各样地沙丘固定程度的综合指数 $\alpha$ 。结果表明:①流动沙丘的 $\alpha$ 值一般低于0.6,半固定沙丘的 $\alpha$ 值介于0.6~0.7之间,固定沙丘的 $\alpha$ 值大于0.7;②单纯以植被盖度或特定植物种作为判断依据是片面的;③灌丛和土壤对沙丘的固定和演化起着非常重要的多重积极作用,应当加强对其保护和人工抚育工作。

**关键词:**风成沙丘;固定程度;因子分析;综合指数 $\alpha$ ;植被演替

## A quantitative analysis on fixing extent of aeolian sand-dunes

HAN Guang<sup>1</sup>, ZHANG Gui-Fang<sup>2</sup> (1. College of Land Science, Hu'nan Normal University, Changsha, 410081, China; 2. College of Civil Engineering, Hu'nan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** The study area is located in the central part of Naiman Banner, Korqin Sandy Land, a stretch of dunefield where there is a very favorable temperate climate, with the mean annual precipitation of 362.3 mm, for fixing aeolian sand-dunes. Nevertheless, the fixing extent greatly varies with different sites due to wide and intensive human activities (i.e. overgrazing, irrational cultivation, cutting woods for fuel, fencing dunes, afforestation, etc.). Therefore, this is an optimal area for studying quantitatively the fixing extent of dunes.

After deeply analyzing and comparing, vegetation and soil are determined as principal indicators which themselves are intuitive and the most important components of landscape in a certain area. Considering the seasonal variation of landscape and the vulnerability of dune ecosystem, the status of local vegetation on dunes in spring must be taken into account. Subsequently, based on these considerations, 14 parameters are cautiously chosen as variables in original data matrix, which are thought to be those which strongly affect the fixing extent of dunes and which can be measured in the field or analyzed in the laboratory, rather conveniently and rapidly, with the conventional methods and techniques. Of these, 6 edaphic variables are fine sand content, silt and clay content, bulk density, moisture content, organic matter content, pH, and 8 relative to vegetation include coverage, height of dominant layer, species saturation (total sum of seed plants), number of perennial seed plants, biomass measured in the warm seasons, and coverage, height of dominant layer and biomass in the cold seasons, all being measured in quadrats of one square meter with 9 repeats.

In order to make sure which variables virtually exert very important roles in influencing the fixing extent of dunes and how important, R-type factor analysis (FA) is used to determine the key variables and their weights. The criterion of covariance contribution percentage is 84% for selecting principal factors and 3 are acquired after computation. What is more, since load values represent the correlation between principal factors and variables, 0.8 is given to select key variables in the load matrix resulted from orthogonal varimax rotation. As a result, 10 key variables are determined, i.e. bulk density, organic matter content,

收稿日期:1999-09-06; 修订日期:2000-03-10

作者简介:韩广(1964-),男,内蒙古包头市人,博士,教授。主要从事自然地理学和生态学方面研究。

pH, number of perennial plants, and, coverage, height of dominant layer and biomass in growing and non-growing seasons, respectively. Their weights can be obtained using the proportion of communality to total variance for each key variable. After calculation, it can be seen that the weights of 10 key variables have almost the same values, being 0.1, suggesting that the 10 are actually of the same importance in indicating the fixing extent of dunes. Meanwhile, it must be aware of the fact that loads are with positive or negative signal, thus, signals ( $\alpha+$  or  $\alpha-$ ) must be attached to relative weights.

The law of additivity can be applied to calculate the integrated index  $\alpha$  of fixing extent of dunes in that the fixing extent of dunes in a certain area has statistically a normal or quasi-normal distribution. As such,  $\alpha$  values of a given aeolian dune can be figured out by weighted average after transferring 10 variables selected into non-dimensional quantities, by using some characteristic dimensions. The  $\alpha$  ranges between 0 and 1. In fact, it could not completely attained 1 because of the extensive normal soil erosion by wind in this area.

Finally, it can be drawn following conclusions: (1)  $\alpha$  values for movable and poorly-vegetated sand dunes, which are so-called shifting dunes, are generally lower than 0.6, whereas for well-vegetated sand dunes (fixed dunes), having the occurrence of remarkably pedogenetic process, mostly larger than 0.7, and 0.6~0.7 for the rest, which implies that this series of dunes is gradually transitional in nature and that it is very difficult to estimate their fixing extent precisely by man's eyes. In addition,  $\alpha$  is incapable of indicating the trends of succession of a certain dune ecosystem. (2) Generally, pedological properties, especially the level of soil development, play very important roles as well during the fixing process of sand-dunes and later secession of ecosystems. Moreover, the genesis and the development of soil, significantly lag behind the vegetation, and unreasonable human activities could further aggravate and complicate the lag. As a result, there are so complicated relationships between vegetation and soils that dunes with the same vegetation coverage or plant species could have different  $\alpha$  values, and that, inversely, the same  $\alpha$  values could occur to those dunes which are occupy by different vegetation or plants. Therefore, it is certainly unilateral to take the vegetation coverage or certain plant species as unique indicator of the fixing extent of dunes. (3) Various bushes and soils on dunes could, to a very great extent, retard the deterioration of dune ecosystems induced by climate change towards aridity and irrational human activities, thanks to their higher tolerance to bad and unfavorable environmental conditions. On the other hand, they can in turn promote the succession of dune ecosystems towards the climax by accommodating suitable colonizing and growing conditions for plants or other plants, together with their excellent qualities in prevention of wind and fixation of blown-sands. Thus, it is necessary to protect diverse bushes and poorly-developed soils on dunes, and to stimulate their developments through artificial upbringing measures (i. e. fencing, afforestation, etc.) so as to combat serious land desertification and rehabilitate desertified sandy lands effectually.

**Key words:** aeolian sand-dune; fixing extent of dunes; factor analysis (FA); integrated index ( $\alpha$ ); vegetation succession

文章编号: 1000-0933(2001)07-1057-07 中图分类号: X4 文献标识码: A

风成沙丘是地表松散砂在风力作用下形成的一种砂堆积体,在特定的生物气候条件和人类活动影响下,会随植被的建立与发展,土壤的形成与演化而被逐渐固定下来,最终形成稳定的生态系统而对风有很强的抵抗力。沙丘的固定过程也就是沙丘生态系统逐渐建立并不断发生进展演替的过程。反之,沙丘的形成或活化及不断发展过程,则是生态系统不断退化乃至崩溃的过程。

长期以来,我国科研工作者多从植被角度出发,按盖度高低划分出流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘

等 3 类<sup>[1]</sup>, 或流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘等 4 类<sup>[2]</sup>。这种分法在防风固沙和改造沙漠的实践中起到了非常重要的作用。但随着人们对沙丘生态系统认识的不断深入, 这种划分已远远满足不了科研和生产实践的需要。实际上, 这几类沙丘在野外并不能轻易区分开来, 而且还有很多中间类型。对于中国北方地区的沙漠和沙地来说, 植物旺盛生长的季节与风沙活动强烈的季节不一致, 沙丘固定程度在春天的大风季节表现得最为真实和准确。在生产实践中, 沙丘固定与否不仅仅取决于沙丘是否做整体移动, 还取决于风季沙丘表面是否有较强的风沙活动; 如果有较强的风沙活动, 即使已固定的沙丘也很容易退化乃至彻底活化。另一方面, 在沙丘表面无植被的条件下, 沙丘的固定程度主要取决于土体的理化性质, 如含水量、紧实度、粘粒和有机质含量等因素。因此, 很有必要在确定沙丘固定程度的判断依据和进行定量分析方面进一步做工作。

## 1 研究区简况与研究方法

### 1.1 研究区简况

研究区位于西辽河冲积平原上, 海拔在 350~380m 左右。本区属温带半干旱气候区, 年均温 6.4℃, 年均降水量 623mm, 集中于 7~8 月份, 年均蒸发量达 1935.4mm, 年均风速 3.5m/s, 大风日数( $\geq 17\text{m/s}$ )达 22.4d, 主要发生在春季 3~5 月份。地带性植被为榆树(*Ulmus pumila*)疏林干草原, 地带性土壤为砂质栗钙土。由于人为活动的强烈干扰, 境内大部分土地已为固定程度不同的沙丘所覆盖, 成为科尔沁草原土地沙漠化最严重的地区之一。坨甸相间和交错分布是本区一个非常突出的景观特点。

### 1.2 研究方法

植被和土壤是生态系统中最具生机的部分, 也是两个非常直观且可进行定量观测的生态因子, 在沙丘生态系统的演化中起着非常重要的指示作用。

Whittacker R. H. 等人发展的间接梯度分析和直接梯度分析方法<sup>[3]</sup>, 分别从植被自身和环境条件入手对植被进行排序, 以确定具体的演替阶段, 这为本文进行沙丘固定程度的定量分析提供了必要的基础。但作为统一的生态系统, 植被和土壤之间的关系极为密切, 而且野外调查也表明, 单纯以植被或土壤为依据进行排序, 都很难取得理想的结果。所以, 沙丘固定程度的判定及定量化应考虑多方面因素。

因此, 本文选择了在当地非常普遍且着生于固定程度不同沙丘上的 10 种沙丘植被类型作为样地(见表 1), 于植物生长旺季(7~9 月份)和生态系统最为脆弱的春季(3~4 月份)进行了土壤和植被方面的定位观测。样方规格为 1m×1m, 9 个重复, 按沙丘不同部位半随机布设。确定观测项目时, 根据已有的大量研究成果, 将有可能影响沙丘固定程度的因素加以筛选, 本着直观、便捷、易操作、实用和便于监测的原则, 最终确定了 14 个项目。其中土壤测定项目有: 细砂含量、粘粒含量、容重、含水量、有机质、pH 值等 6 项, 分别用  $x_1 \sim x_6$  表示, 其中含水量是丘表结皮层之下 0~10cm 内的土体平均含水量, 当有结皮(无论是物理性的还是生物性的)时, 为结皮层以下 0~10 cm 内土体的平均含水量; 植被调查项目有: 暖季植被盖度、优势层平均高度、种饱和度和、多年生植物种数、生物量, 春季植被盖度、优势层高度和生物量等 8 项, 分别用  $x_7 \sim x_{14}$  表示。其中生物量的测定采用刈割法, 于室内在 88℃ 下烘干 12h 测定。

原始数据经整理见表 2。

## 2 结果与讨论

本文利用 R 型因子分析对原始数据进行处理, 以确定影响沙丘固定程度的主导因素及其权重。

### 2.1 影响沙丘固定程度的主导因素

首先, 根据原始数据矩阵求出各主因子的特征值和方差贡献率, 然后根据 84% 的方差贡献率选出 3 个主因子, 再经方差最大正交旋转得到各主因子的载荷(见表 3), 其中 Jacobi 旋转精度和最大方差正交旋转精度均为  $10^{-8}$ 。由于载荷值是主因子与变量之间的相关系数, 因此, 本文按 0.80 的阈值选取主导因素。

由表 3 可知,  $F_1$  的代表性变量为  $x_7$ , 即暖季植被盖度, 这与人们的习惯看法是一致的, 它在沙丘固定程度的判定方面起着非常重要的作用。从一定意义上说, 植被如同一个隔离层, 将风力和松散砂隔离开, 但隔离的程度则与风沙活动大小。在当地人为活动比较强烈的条件下, 盖度低往往容易退化, 若优势层高度也比较低, 生态系统则极为脆弱。然而,  $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_{10}$  和  $x_{12}$  也起着非常重要的作用, 从  $x_5$ 、 $x_6$  两变量(即有机质含

量和 pH 值)的入选来看,土壤发育程度对沙丘固定程度的影响也很大。而  $x_{10}$ (多年生植物种数)是直接受沙漠化影响且较为明显的因子,而且也是沙丘固定程度的一个重要标志<sup>[4-6]</sup>。从春季植被盖度  $x_{12}$ 的入选可以看出,盖度在春季也相当重要,尤其是在大风季节里。 $F_2$ 的代表性变量为  $x_{11}$ 和  $x_{14}$ ,表明暖季和冷季的生物量对沙丘固定程度的影响也很大,两者与盖度、优势高度及植物种类有密切关系;但  $x_8$ 和  $x_{13}$ 也很重要,即暖季和冷季的优势层高度不容忽视。优势层高度大,会使地表粗糙度  $z_0$ 和零平面位移  $d$ 增大。根据 Oke T. R. 的研究<sup>[7]</sup>,对于较大范围内较高和较密的植物而言, $d$ 和  $z_0$ 与植物平均高度  $h$ 的关系如下:

$$d = \frac{2}{3}h$$

$$\ln z_0 = \ln h - 0.98$$

当草层高 50cm 时, $d \approx 33.33\text{cm}$ , $z_0 = 18.76\text{cm}$ ;又根据萨顿 O. G. 的资料<sup>[8]</sup>,50cm 密草的  $z_0 = 9\text{cm}$ ,摩阻速度  $u_* = 0.63\text{m/s}$ ,大大减轻了风力对地面的直接作用,并使气流受到强烈扰动,有助于空气中沙尘的降落及结皮的形成和发育<sup>[9,10]</sup>,进而为植被的演替和土壤的发育提供了便利条件。 $F_3$ 的代表性变量为  $x_3$ ,即土体的容重,它在很大程度上可以反映出土体的物理性质和发育程度。可见,影响沙丘固定程度的因子很多,但最主要的是  $x_3$ 、 $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_8$ 、 $x_{10}$ 、 $x_{11}$ 、 $x_{12}$ 、 $x_{13}$ 和  $x_{14}$ 等 10 个因子。

表 1 样地基本概况

Table 1 Basic characteristics of sampling sites

样地编号 Quadrat No.	优势植物 Prevailing plants	沙丘部位 Position of dune	人为活动强度 Intensity of human activities	风沙活动特点 Features of shifting-sand movement
No. 01	无植物生长 No plants	顶部 Top	较强 Relatively strong	强烈 Strong
No. 02	沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	顶部 Top	较强 Relatively strong	强烈 Strong
No. 03	砂旋复花 <i>Inula salsoloides</i>	顶部 Top	较强, 践踏 Relatively strong, trampling	较强 Relatively strong
No. 04	差巴嘎蒿 <i>Artemisia halodendron</i>	迎风坡 Windward slope	较强, 放牧 Relatively strong, grazing	较弱 Relatively weak
No. 05	山竹子 <i>Hedysarum fruticosum</i>	顶部 Top	很弱 Very weak	很弱 Very weak
No. 06	芦苇 <i>Phragmites communis</i>	落沙坡 Leeward slope	较弱 Very weak	较弱 Very weak
No. 07	杠柳, 黄蒿 <i>Periploca sepium</i> , <i>Artemisia scoparia</i>	迎风坡 Windward slope	较强 Very strong	很弱 Very weak
No. 08	太阳花, 白草 <i>Erodium stephanianum</i> , <i>Pennisetum flaccidum</i>	沙丘缓坡 Gentle slope of dune	很弱, 围封 Very weak, fencing	很弱 Very weak
No. 09	赖草, 白草 <i>Leymus secalinus</i> , <i>Pennisetum flaccidum</i>	沙丘鞍部 Saddle of dunes	强烈, 过牧, 践踏 Strong, overgrazing, trampling	很强 Very strong
No. 10	扁蓿豆, 糙隐子草 <i>Melilotus ruthenicus</i> , <i>Cleistogenes squarosa</i>	沙丘缓坡 Gentle slope of dune	很弱 Very weak	很弱 Very weak

表 2 原始数据表

Table 2 Original data collected

Variable	No. 01	No. 02	No. 03	No. 04	No. 05	No. 06	No. 07	No. 08	No. 09	No. 10
$x_1$	87.0	87.0	83.3	83.1	76.0	76.1	71.5	68.5	61.9	70.1
$x_2$	2.4	2.4	2.9	3.1	3.2	3.2	4.9	6.3	7.0	4.3
$x_3$	1.5	1.5	1.52	1.57	1.51	1.5	1.67	1.47	1.68	1.58
$x_4$	4.99	5.0	5.93	3.16	2.07	2.57	6.51	7.05	11.98	8.51
$x_5$	0.03	0.03	0.13	0.3	0.3	0.29	0.34	0.59	0.28	0.32
$x_6$	7.82	7.82	7.8	7.95	7.69	7.83	8.4	8.64	8.1	8.23
$x_7$	0	3.33	16.05	19.11	36.67	3.67	69.44	97.11	29.44	35.56
$x_8$	0	23.33	22.67	23.56	61.73	25.11	41.11	25.67	3.08	16.11
$x_9$	0	1	3	8	7	6	13	9	8	9
$x_{10}$	0	0	1	3	3	2	5	5	3	5
$x_{11}$	0	46.29	198.85	277.14	601.08	473.39	295.73	233.33	60.39	83.29
$x_{12}$	0	1.59	7.44	22.22	29.63	20.0	18.11	91.11	1.78	13.67
$x_{13}$	0	4.39	22.33	10.67	33.22	17.56	6.78	12.67	1.56	7.78
$x_{14}$	0	14.71	72.67	178.64	407.02	190.16	143.68	104.86	9.01	23.34

表 3 因子载荷

Table 3 Factor load values

Variable	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$h^2$
$x_1$	0.5289	-0.0371	0.3173	0.3817
$x_2$	-0.6027	-0.1932	-0.2134	0.4460
$x_3$	-0.0314	-0.1731	-0.9214	0.8798
$x_4$	-0.1675	-0.6289	-0.2768	0.5001
$x_5$	-0.9115	0.2736	-0.0155	0.9058
$x_6$	-0.9172	-0.3338	-0.1620	0.9789
$x_7$	-0.9600	0.1905	-0.0227	0.9583
$x_8$	-0.2406	0.9361	-0.1340	0.9521
$x_9$	-0.7155	0.2629	-0.6142	0.9582
$x_{10}$	-0.8540	0.1775	-0.4266	0.9427
$x_{11}$	-0.1607	0.9862	0.0023	0.9983
$x_{12}$	-0.8632	0.2198	0.4509	0.9967
$x_{13}$	0.0339	0.9515	0.2930	0.9923
$x_{14}$	-0.1035	0.9900	-0.0247	0.9913
$s^2$	5.3476	4.5700	1.9658	11.8834

## 2.2 权重的确定

目前一般采用两种方法来确定权重,一种是咨询专家意见用综合打分的方式确定,另一种方法是用数学方法加以确定。本文采用后者加以确定。

各变量的共同度(即公因子方差)大小表明其在总体方差中的贡献,由此可求出各变量的权重。从表 3 可知,上述 10 个变量的共同度之和已占总体方差的 80.76%,由此可作一近似变换,将入选变量构成一个  $10 \times 10$  的矩阵重新进行计算,从而求出各变量的权重(见表 4)。从表中可以看出,这 10 个变量的权重近乎相等,表明它们在决定沙丘固定程度方面是同等重要的。另一方面,正如表 3 所显示的那样,各公因子在各变量上的载荷是有符号的,所以,算得的权重应加上相应的符号。

表 4 入选变量的权重

Table 4 weights of the variants selected

$x_i$	$x_3$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$
$w_i$	0.0917	0.0944	0.1020	0.0998	0.0992	0.0982	0.1040	0.1038	0.1034	0.1033

## 2.3 综合指数的计算

一般来说,一个地区在特定的时期内,其气候特征和人为活动的性质及强度是相对稳定的,因而所对应的植被、土壤也是特定的,偏离这种状况的情况是很有限的,其概率分布往往是正态分布,只不过不是标准正态分布而已,故可用加法法则来计算综合指数,即根据下式计算

$$a = \left| \sum_{i=1}^{10} w_i \cdot x_i \right|$$

其中  $a$  表示沙丘固定程度的综合指数,  $w_i$  表示变量  $i$  的权重,  $x_i$  表示变量  $i$  的实测值,  $i$  表示表 4 中入选的各变量依序排列。

需要指出的是,为了使综合指数有特定的意义,便于解释,必须对原始数据进行适当处理。对于中国北方草原区而言,草原群落的种饱和度可达 16 种/ $m^2$ ,草群的优势层高度可达 60cm,暖季和冷季的生物量分

别为  $90 \text{ g/m}^2$  和  $60 \text{ g/m}^2$ <sup>[9]</sup>,但从本项研究来看,样地 5 的山竹子群丛要高得多,达  $600 \text{ g/m}^2$  和  $400 \text{ g/m}^2$ ,因此本文以这些数值作为特征尺度进行数据变换。具体变换过程如下:

$x_3, (x_3 - 4 \text{ C 时水的容重})/4 \text{ C 时水的容重}; x_5, x_5/100; x_6, \text{本身无单位,无须转换}; x_7, x_7/100; x_8, (60 - x_8)/60; x_{10}, (16 - x_{10})/16; x_{11}, (600 - x_{11})/600; x_{12}, x_{12}/100; x_{13}, (60 - x_{13})/60; x_{14}, (400 - x_{14})/400$   
各样地的综合指数见表 5。

## 2.4 讨论

从表 5 的结果来看,与实际调查情况基本一致。流动沙丘的  $\alpha$  值一般在 0.6 以下,在本项研究中样地 1、2 属于此类,样地 2 虽然有沙米生长,个别地段盖度也较大,但这种植物系典型的沙生先锋植物,生命史短,根系浅,风季易被吹走,防风固沙作用有限,冷季仍显示出流动的特点。半固定沙丘的  $\alpha$  值一般介于 0.6 ~ 0.7 之间,样地 3、9、10 属于这类沙丘,其中样地 3 中的砂旋复花也属于沙生多年生先锋植物,根系发达,无性繁殖力很强,一旦着生于沙丘上,则会通过地下的根状茎迅速扩展,很快将沙丘固定,这类植物群丛在研究区内很普遍,防风固沙作用显著<sup>[12]</sup>,但风季风沙活动仍较强烈;样地 9 是以白草和赖草为主的群丛,在过度放牧条件下发生了强烈的沙漠化,冷季风沙活动强烈,而且白草一般生长在风沙活动较强的沙质土地上;样地 10 是以扁蓿豆和糙隐子草为主的群丛,由于有围栏及防护林保护,沙丘已基本固定,但草层的优势高度较低,零平面位移小,冷季风沙活动仍很明显,而且土壤发育过程很弱,若在当地现有的人为活动条件下是很易退化的故本文暂将其列为半固定沙丘。这从另一个方面说明,在人为采取积极措施固定沙丘的情况下,人工固沙区的景观空间格局变得非常复杂<sup>[11]</sup>,也就意味着沙丘的固定过程更为复杂,既有自然过程又有人为过程,使得在判定风成沙丘的固定程度方面出现一些新情况,有待进一步做工作。由此可见,即使  $\alpha$  值相同时,沙丘生态系统的演替方向也并不相同,这也反映出沙丘固定过程的复杂性;同时该指数也可看作是沙丘生态系统的稳定性指标, $\alpha$  值越大,其稳定性也越大,脆弱性越小。

表 5 各样地的综合指数

Table 5 Integrated index of fixing extent of sand-dune for sample sites

No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
$\alpha$ value	0.5318	0.5947	0.6785	0.7270	0.9373	0.7781	0.8323	0.9058	0.6105	0.6607

固定沙丘的  $\alpha$  值一般大于 0.7,样地 4~8 均属此类,其中优势层高度对沙丘的固定程度影响很大。差巴嘎蒿群系在科尔沁沙地非常普遍,差巴嘎蒿是一种比较独特的沙生植物,一方面起着促进沙丘生态系统向顶极群落演的作用,另一方面又减缓沙丘生态系统退化过程<sup>[12]</sup>,因而这种群系的存在不一定仅限于半固定沙丘,固定沙丘上也较普遍,而实际上由差巴嘎蒿群落向其他更高级的群落演替的过程非常复杂,并非直线式地发展,在半干旱气候条件下往往会持续很长时间。山竹子也是一种防风固沙特性非常好的多年生沙生植物,主要靠根状茎繁殖,植株高大茂密,可迅速使沙丘固定<sup>[16]</sup>。芦苇群落在本区分布也比较广泛,在有些沙丘上相当茂盛,其防风固沙作用不容忽视,比较高大的芦苇一般分布于沙丘背风坡,形成过程类似于黄柳(*Salix gordejvii*),是在下湿甸子被沙丘逐渐埋没的过程中发展演化而来<sup>[17]</sup>。杠柳属比较高大的植物类型,有人认为该群落的存在是半固定沙丘的表征,但从实地调查来看,它是在过牧条件下产生的一种特殊植被类型,因这种植物有毒,牲畜一般不采食,从而助长了其繁衍,即使在风季风沙活动也很弱,因此可以认为它是固定沙丘的象征。太阳花为 1 年生植物,虽然不算高大,但非常茂密,再加上小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)及东北木蓼(*Atrophaxis manshurica*)等灌丛的挡风作用,使得其冷季风沙活动也很弱。

应当指出的是,由于高大茂密植物层的影响,风沙活动已很弱,但土壤的发育远滞后于植被演替,成土过程很弱而且很漫长,一旦植被被破坏,沙丘生态系统会很快退化掉,这也是选定的主导因素中土壤因子比较少的原因之一。因此,在保护沙丘上已有植被的同时,必须千方百计地保护和促进微弱的成土过程。同时,高大茂密植物层着生于沙丘之上,在充分发挥防风固沙作用的同时,也会阻留一部分植物种子并为其提供较为适宜的生长条件,起着蓄种保种及种源基地的作用<sup>[18]</sup>,从而促进着沙丘的固定过程;而当沙



丘生态系统发生退化时,它们又起着缓冲和延缓的作用。因此,在生产实践中,应特别注意对已有灌丛的保护和加强人工抚育,这一点与陈仲新、谢海生在毛乌素沙地的研究结果是一致的<sup>[16]</sup>。根据野外定位观测,又分蓼(*Polygonum divaricatum*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)等草丛也有着不可忽视的防风固沙、蓄种保种、种源基地和抵抗外来干扰的多重作用。

### 3 结论

3.1 影响沙丘固定程度的因素很多,但最主要的是土体的容重、有机质含量和 pH 值,多年生植物种数、暖季和冷季的植被盖度和优势层高度及生物量等。

3.2 计算沙丘固定程度的综合指数  $\alpha$  时,必须对原始数据进行统一量纲或无量纲化处理,以使所获数据有特定的意义,并且可以解释。

3.3 同样的植被类型可以出现在固定程度不同的沙丘上,即沙丘固定程度的综合指数  $\alpha$ ,并不能指示植被的演化方向,而且用特定植物类型来指示沙丘固定程度有很大的局限性。

3.4 本区土壤的发育滞后于植被的演化,在植被覆盖沙丘后的很长时间内仍处于土壤形成的初期阶段,对沙丘生态系统稳定性的影响很有限,为了促进土壤的形成演化过程,增强生态系统的稳定性,应对着生有植被的沙丘实施封育,采取人工措施为其提供便利条件,严禁人畜践踏。

3.5 沙丘上的各种灌(草)丛起着显著的防风固沙、蓄种保种和种源基地的作用,在生态系统退化过程中又起着非常明显的延缓作用,因此,在治沙实践中要特别重视对灌(草)丛的保护,并积极实施人工抚育。

### 参考文献

- [1] 中国科学院内蒙宁夏综合考察. 内蒙古自治区及东北西部地区地貌. 北京:科学出版社,1980.178~182
- [2] 朱震达. 关于沙漠化地图编制的原则与方法. 中国沙漠,1984,4(1):3~15.
- [3] 惠特克 R H. (王伯荪译),植物群落排序. 北京:科学出版社,1986.228~278.
- [4] 常学礼,邬建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性. 应用生态学报,1997,8(2):151~156.
- [5] Oke T R. Boundary Layer Climates, London:Methuen & Co. LTD,1978,92~99.
- [6] 萨顿 O G. 徐尔灏,吴和赓译. 微气象学,北京:高等教育出版社,1959.263~274.
- [7] 张继贤,杨达明. 沙面结皮的自然形成过程及人工促进措施的探讨. 见:兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所. 流沙治理研究. 银川:宁夏人民出版社,1980,205~220.
- [8] 凌裕泉,等. 沙面结皮形成与微环境变化. 应用生态学报,1993,4(4):393~398.
- [9] 章祖同,刘起. 中国重点牧区草地资源及其开发利用,北京:中国科学技术出版社,1992.45~47.
- [10] 韩 广. 砂旋复花的防风固沙作用. 中国沙漠,1995,15(3):273~277.
- [11] 常学礼,邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析. 生态学报,1998,18(3):225~232.
- [12] 李 进,等. 差巴嘎蒿特性的初步研究. 中国沙漠,1991,11(1):50~58.
- [13] 刘志民. 木岩黄芪的繁殖特性及其与沙生适应性的关系. 植物生态学与地植物学学报,1992,16(2):136~142.
- [14] 刘慎谔. 章古台的天然固沙与人工植被固沙造林. 见:刘慎谔文集,北京:科学出版社.136~138
- [15] 赵哈林,周瑞莲. 科尔沁沙漠化草场植被恢复过程中的种源特性. 中国草地,1994,(4):1~18
- [16] 陈仲新,谢海生. 毛乌素沙地景观生态类型与灌丛生物多样性初步研究. 生态学报,14(4):345~354.