

# 不同沙地生境下黄柳 (*Salix gordejvii*) 种群若干数量特征的比较研究

梁 宇, 高玉葆\*, 任安芝, 陈世莘, 刘 宁, 刘 爽

(南开大学 生命科学学院, 天津 300071)

**摘要:** 对分布于 3 种不同沙地生境(半固定沙丘、固定沙丘、丘间低地)黄柳灌丛的个体形态、生长和群体数量特征进行了比较研究, 同时测定了灌丛下草本层植物种类组成及频度。结果显示: 分布于丘间低地的黄柳灌丛当年枝平均长度增加缓慢, 短枝条的比例较高, 枝长频度分布(当年枝)峰值偏左, 分枝也较多, 叶片短而狭, 长宽比大; 与之相比, 分布于半固定沙丘上的灌丛当年枝平均长度增加较快, 长枝条比例较高, 枝长频度分布趋于正态分布, 分枝较少, 叶片长而宽, 长宽比小; 固定沙丘上灌丛的上述特征大致介于二者之间, 其枝长频度符合 Weibull 分布。3 种生境条件下黄柳灌丛下草本层的种类组成频度也存在差异。

**关键词:** 黄柳; 沙地生境; 枝长频度分布(当年枝); 分枝系统; 叶形态

## Quantitative characteristics of *Salix gordejvii* population in different sandy land habitats

LIANG Yu, GAO Yu-Bao, REN An-Zhi, CHEN Shi-Ping, LIU Ning, LIU Shuang (College of Life Science, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** Plant morphology, growth and population characteristics of *S. gordejvii* in different sandy land habitats (semi-fixed sand dunes, fixed sand dunes and inter-dunes lowland), as well as species composition and their frequency in the herb layer of the scrubs, were compared. Plants in the inter-dunes lowland were more branchy with a larger number of first-year shoots which were shorter, and grew more slowly; the frequency distribution of the first-year shoot lengths tended to have a "thin" peak drifting towards the left; their leaves were shorter and narrower with a high length/width ratio. Plants growing in the semi-fixed sand dunes, on the other hand, were less branchy with a larger number of first-year shoots which were longer, and grew faster; the frequency distribution of the shoot lengths followed the Normal Distribution Model; their leaves were longer and wider with a low length/width ratio. The measures of the branching system and leaf dimensions of the plants in fixed sand dunes were rather intermediary between those of the above and the frequency distribution of the first-year shoot lengths followed the Weibull Distribution Model. The species composition and their frequency in the herb layer of the scrubs also varied with habitats.

**Key words:** *Salix gordejvii*; sandy land habitat; frequency distribution of shoot lengths (first-year shoots); branching system; leaf morphology

文章编号: 1000-0933(2000)01-0080-08 中图分类号: Q149 文献标识码: A

黄柳是内蒙古科尔沁沙地流动、半流动沙丘上的一种先锋灌木, 随着沙丘的固定其生长趋于衰退<sup>[1]</sup>。作为该地区的主要固沙树种之一, 人工栽植的黄柳多见于居民点附近的半流动沙丘、半固定沙丘、固定沙

基金项目: 中国科学院兰州沙漠研究所奈曼沙漠化研究站开放基金课题

\* 通讯联系人, E-mail: liangyu@sun.nankai.edu.cn

收稿日期: 1999-01-08; 修订日期: 1999-09-27

丘和丘间低地,然而栽植数年后它们的生长状况在不同生境之间就会产生明显的分异。关于黄柳的生物学特征和群落学特征已经有过一些研究<sup>[1~3]</sup>,也有关于人工干预(如平茬)对黄柳灌丛生长发育的影响的报道<sup>[3,4]</sup>。本文以生长在半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地上的黄柳灌丛为对象,对其当年枝生长、叶片尺度以及地上分枝系统做了集中的观察和测定,以期揭示3种典型的沙地生境之间黄柳种群数量特征的差异,增进关于黄柳对沙地生境适应性的了解,同时也为更有效地利用这一植物资源进行沙区环境保护提供理论依据。

## 1 研究区自然条件和研究方法

### 1.1 研究区自然条件

本研究区位于内蒙古自治区科尔沁沙地中南部奈曼旗,地理位置为北纬 42°58',东经 120°44',海拔约 360m。根据 1981~1994 年的气象资料,该区域年均气温 3~7℃,≥5℃年积温为 3421.3℃。年均降水量 362.3mm,主要集中于 6~8 月份,占全年降水的约 60%~70%;年蒸发量约为 1935.4mm。研究期间(5 月 5 日~8 月 14 日)降水量为 359.61mm,属雨量偏多年份。区域内地貌以缓起伏沙丘为主,相间分布沙质草甸或农田,土壤类型为隐域性风沙土和沙质草甸土。

### 1.2 研究方法

本研究选取 3 块黄柳样地,均位于中国科学院奈曼沙漠化研究站西南 500~600m 处,主风向为西北-东南向。样地 I 位于半固定沙丘背风坡,沙丘高度约 10m,坡面呈扇形,坡度 35~40°,样地大小为 17m×20m。样地 II 位于固定沙丘的平缓坡面上,大小为 15m×15m。样地 III 位于丘间低地,样地大小为 6m×20m。样地 I 和样地 II 黄柳成片分布,样地 III 黄柳呈狭带状分布。据调查,3 块样地的黄柳均为人工栽植,灌丛年龄 4~5a,其中样地 II 和样地 III 的个别株丛有平茬过的痕迹(取样时避开平茬过的株丛)。

野外观察测定在 5 月上旬及 7~8 月份进行。5 月 5 日在各样地分别随机选取 10 株黄柳并作标记,当天测量 1 次,7~8 月份间每隔 10d 左右测 1 次。测定时,对每株植物自顶枝起测 10 个当年枝,同时采用样线法计数灌丛内各种伴生植物的频度。

8 月 12 日在各样地随机选取 10 株植物,自基部起统计各级分枝的枝条数(基部分枝记作 1 级分枝)。8 月 6 日在各样地随机测定 10 株植物上各 10 片叶子的长度和宽度(取叶片中部宽度),计算长宽比。

在上述指标测定期间,3 块样地土壤的容重、有机质含量、温度和含水量也做了测定,其结果列于表 1。

表 1 3 块样地土壤若干理化性质的测定\*

Table 1 Some physical and chemical properties of the soils in three plots

测定项目 Item	样地号 Plot number		
	I	II	III
土壤容重 Bulk density (15~30cm layer, g/cm <sup>3</sup> )	1.50±0.026	1.54±0.030	1.66±0.029
土壤有机质含量 Organic matter content (0~20cm, %)	0.49±0.07	0.52±0.09	0.47±0.09
土壤含水量 Water content (20~30cm layer, g/100g <sup>1</sup> )			
11 July	2.55±0.67	2.27±0.24	2.36±0.20
24 July	3.27±0.74	4.26±2.01	3.60±1.01
31 July	2.06±0.37	2.12±1.06	2.64±0.65
6 August	2.28±0.61	1.77±0.99	2.91±0.81
14 August	2.48±0.56	2.61±1.60	2.65±0.92
土壤温度(30cm 深处) Soil temperature (30cm in depth, C)			
11 July	27.0±1.08	25.0±0.87	26.9±1.40
24 July	24.5±1.07	23.0±0.30	23.2±0.25
31 July	25.3±0.46	24.9±0.79	25.6±0.72
7 August	25.8±0.63	25.4±0.95	25.3±0.62
14 August	24.4±0.57	24.4±0.50	24.6±0.72

\* 本表数据为 5 次取样的平均值及其标准差 Data are means of 5 samples and their standard deviation

## 2 结果与分析

### 2.1 当年枝平均长度及长度分布的动态变化

**2.1.1 当年枝平均长度的动态变化** 3块样地黄柳当年枝长度随时间的变化如图1所示。可以看出,在每一个测定日黄柳当年枝平均长度均有:样地I > 样地II > 样地III。5月5日对当年枝作第一次测量时,黄柳花期刚过,已进入结实期,当年枝开始旺盛生长,叶面积逐渐扩展,此时样地I、II和III之间在当年枝长度上已经拉开差距,可以明显看出样地I黄柳的生长优势。进入7月以后,沙地的水热条件变得十分有利于植物的生长。在7月11日至8月14日时间区段内,样地I黄柳当年枝长度始终呈持续增加趋势;样地II当年枝长度增加相对比较缓慢;样地III当年枝长度先上升并在8月7日达到峰值,其后呈下降趋势。因为当年枝长度的测量总是从每一标记株的顶端自上而下地进行的,而此间不断有新的枝条产生出来,所以每一个测定日的当年枝平均长度并不是固定的一批当年枝的累积长度,而是该测定日的那一批当年枝长度的平均值(相邻两次取样所测的当年生枝条重叠程度较高,相隔越久则重叠程度越低)。因此图1中的曲线实际上代表的是当年枝生长势的大小。这样,样地I黄柳的生长势始终很强,样地II则比较强,而样地III黄柳的生长势较弱并且持续时间短一些。由此可以推断3种生境下黄柳种群的扩展潜能: I > II > III。

**2.1.2 当年枝长度的分布模型** 把当年枝长度值由小到大排序,以  $d = (\text{Max} - \text{Min})/9$  为分组间距(其中Max为最大测量值,Min为最小测量值),以  $(\text{Min} - d/2)$  为起点,计算频度分布。将所得数据代入相应的概率分布模型,求得相应的理论分布概率  $P(x_i)$ (当  $nP(x_i) < 2$  时,合并相邻组)。作  $\chi^2$  检验:

$$\chi^2 = \sum [(f_i - nP(x_i))^2 / nP(x_i)] \quad i = 1, 2, 3, \dots, r$$

其中  $f_i$  为各组实际频数,  $n$  为样本个数,  $r$  为分组数,自由度为  $(r - s)$ ,  $s$  为模型参数个数。

样地I黄柳的当年枝长度频度分布除5月5日(刚好满足正态分布)外,均很好地符合正态分布(如图2所示)。6个测定日最小实测值分别为11.0、4.0、5.0、5.0、5.0和10.0cm,分组间距( $d$ )分别为8.89、9.78、9.33、9.67、9.89和10.00cm。同时,其样本实测值极差(Max - Min)较大,在80~90cm之间。符合正态分布的随机变量其实测值集中在平均值的附近,离开平均值越远则出现的频率就越低。样地I黄柳大多数当年枝的长度靠近平均值,过长或过短的当年枝所占的比例都很低。决定正态分布曲线位置的参数即样本平均值  $\mu$  随时间推移呈增大趋势,其意义已在2.1.1中说明(即当年枝平均长度的变化);而决定曲线陡峭程度的参数即样本标准差  $\sigma$  基本上保持在同一个水平上,显示出数据间的变异具有相当高的稳定性。

样地II黄柳的当年枝长度频度分布可用Weibull分布很好地拟合(如图3),Weibull分布密度函数为<sup>[5]</sup>:

$$W(x; \alpha, \beta, \delta) = \frac{\alpha}{\beta} (x - \delta)^{\alpha-1} \exp\{- (x - \delta)^\alpha / \beta\} \quad x \geq \delta$$

与样地I各个测定日的正态分布模型相比,样地II枝长的Weibull分布在曲线形状上表现为峰值的左偏,以c)、d)、e)尤为突出,在平均值左侧各组频度明显偏高,也即小于平均值的枝条数较多。6个测定日最小观测值分别为6.0、7.0、8.0、7.0、19.0和18.0cm,分组间距( $d$ )分别为5.44、5.67、5.78、8.11、5.00和5.11cm。其样本极差小于样地I,在45~73cm之间。

样地III黄柳当年枝长频度分布与样地I和样地II差异较大,无论正态分布还是Weibull分布均不能与之拟合(如图4)。从数据分布直方图上可以看出,其峰值明显偏于左侧,且峰形尖锐;也就是说当年枝中短枝的比例显著高于长枝的比例。6个测定日最小观测值分别为8.0、5.0、6.0、4.0、14.0和11.0cm,分组间距( $d$ )分别为4.44、4.00、5.33、4.22和4.44cm。其样本极差小于样地I和样地II,在38~48cm范围内。

### 2.2 不同生境条件下黄柳地上部分枝系统的比较

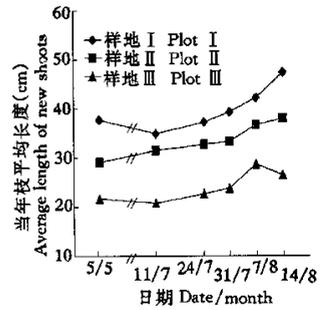


图1 3种生境黄柳当年枝长度的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of first-year shoot length of *S. gordejewii* in different habitats

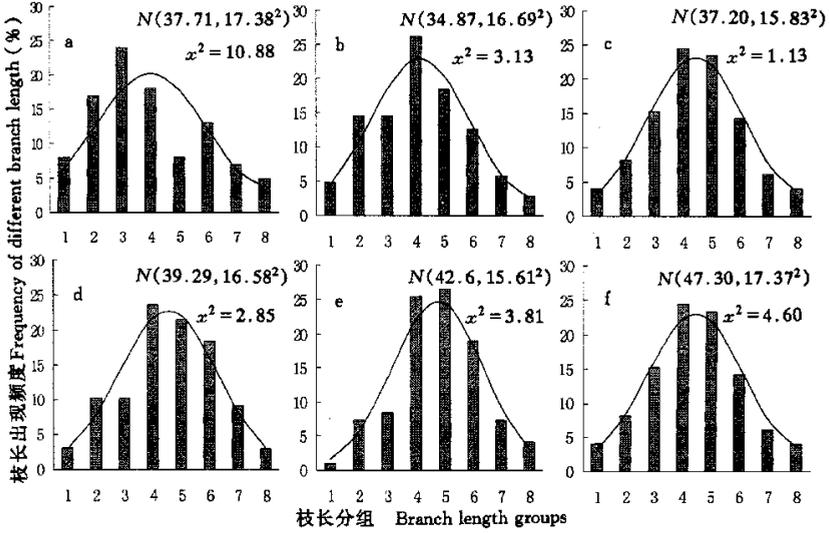


图2 样地 I 黄柳当年枝长频度分布

Fig. 2 Frequency distribution of shoot lengths (first-year shoots) of *S. gordejvii* in plot I 图中光滑曲线为正态分布  $[N(\mu, \sigma^2)]$  拟合曲线 Smooth lines are Normal Distribution curves  $[N(\mu, \sigma^2)]$  fitted from the observed data. a) May 5 b) July 11 c) July 24 d) July 31 e) August 7 f) August 14

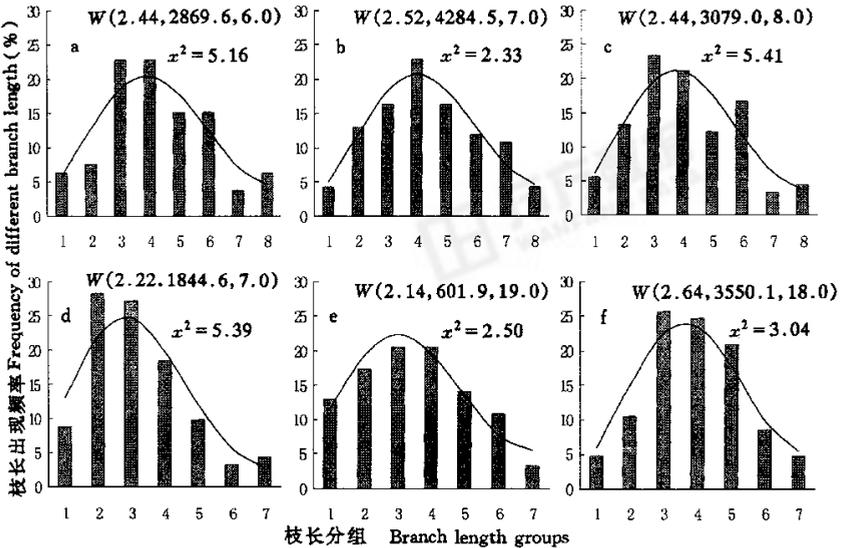


图3 样地 II 黄柳当年枝长频度分布

Fig. 3 Frequency distribution of shoot lengths (first-year shoots) of *S. gordejvii* in plot II 图中光滑曲线为正态分布  $[N(\mu, \sigma^2)]$  拟合曲线 Smooth lines are Normal Distribution curves  $[N(\mu, \sigma^2)]$  fitted from the observed data. a) May 5 b) July 11 c) July 24 d) July 31 e) August 7 f) August 14

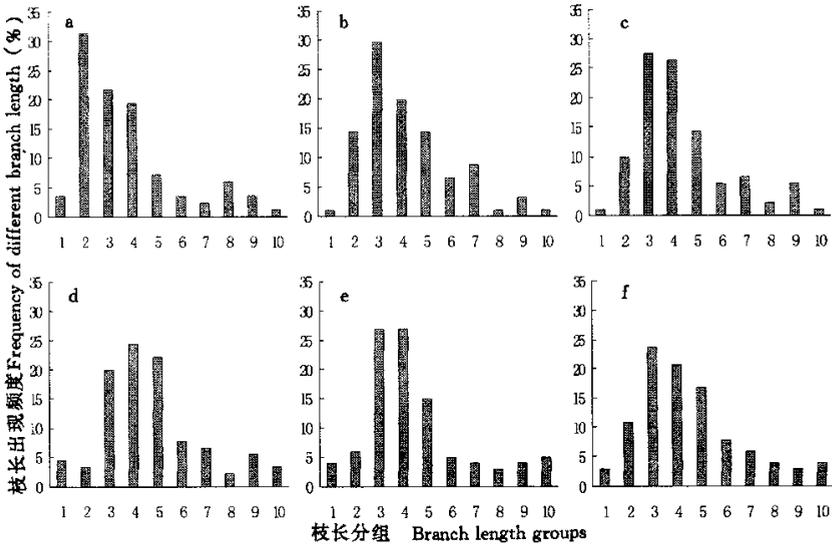


图 4 样地 III 黄柳当年枝长频度分布

Fig. 4 Frequency distribution of shoots lengths (first-year) of *S. gordejvii* on plot III  
a) May 5 b) July 11 c) July 24 d) July 31 e) August 7 f) August 14

样地 I、II 和 III 内黄柳地上部分各级分枝的枝条数和单株分枝总节点数(以每株各级分枝总数减 1 计)列于表 2。

表 2 不同生境黄柳分枝系统的比较

Table 2 Composition of branching system of *S. gordejvii* in different habitats

样地号 Plot number	各级分枝的枝条数 Shoot number of each level						节点总数 Total number of branching points
	i	ii	iii	iv	v	vi	
样地 I Plot I	1	4.6±2.5 <sup>a</sup>	19.5±7.4 <sup>a</sup>	49.3±14.2	25.6±20.3 <sup>a</sup>	—	99.0±24.6 <sup>a</sup>
样地 II Plot II	1	5.8±2.4 <sup>a</sup>	19.2±6.4 <sup>a</sup>	43.7±9.7	59.0±33.5 <sup>b</sup>	2.9±5.2	130.6±28.1 <sup>b</sup>
样地 III Plot III	1	14.9±5.4 <sup>b</sup>	49.0±31.7 <sup>b</sup>	50.6±30.2	53.4±58.3 <sup>ab</sup>	—	167.9±77.4 <sup>b</sup>

\* 表中数据以平均值±95%置信区间表示;右上角有相同字母差别不显著,字母不同则差别显著( $\alpha=0.05$ ) Data are presented in the format of mean±95% confidence range; same letter denotes non-significant difference while different letters denote a significant difference ( $\alpha=0.05$ ).

不同生境中黄柳灌丛的分枝系统的异同点也很明显。样地 I 和样地 II 在第 ii、iii、iv 级分枝的数量上相当接近,在第 v 级分枝上 II > I, 且样地 II 还出现了少量的第 vi 级分枝,最终样地 II 的节点总数大于样地 I。这说明在人工栽植后的最初几年中,黄柳在半固定沙丘和固定沙丘两种生境中的生长型很相似,但随着时间推移出现了分异。样地 II 和样地 III 相比较,起初在第 ii、iii 级分枝数量上 III > II, 但后来在第 iv、v 级分枝上二者出现了趋同现象。从节点总数上看样地 III 最多,形成了多分枝的形态。

### 2.3 不同生境条件下黄柳叶片的二维尺度差异

样地 I、II、III 黄柳叶片的平均长度、宽度和长宽比列于表 3。经统计显著性检验,除了样地 II 和样地 III 之间黄柳叶片长度差异不显著外,样地 I 与 II、样地 I 与 III 黄柳的叶长,3 块样地之间黄柳的叶宽及长宽比的差异都是显著数据( $<0.01$ )。也就是说,与样地 II 和 III 相比,分布于样地 I (半固定沙丘)上的黄柳,其叶片明显更长、更宽且长宽比较小;与样地 III 相比,样地 II 上黄柳的叶片长度差别不明显,但明显较宽,长

宽比较小。从野外观察结果来看,3种生境中生长的黄柳植株的外部形态特征(包括分枝形态、树皮颜色、叶形及颜色、花序及蒴果形态等)以及发育历期都很相似,因此可以初步判断3块样地上黄柳仍属于同一生态型,而它们在叶片长度、宽度和长度比长的分异是由生境的差异造成的。

表3 不同生境黄柳叶片的长、宽和长宽比

Table 3 Length, width and length/width ratio of *S. gordejvii* in different habitats

样地号 Plot number	叶维度 Leaf dimension		
	叶长 (cm)	叶宽 (mm)	长宽比
	Leaf length	Leaf width	Length/width ratio
样地 I Plot I	9.592±0.290 <sup>A</sup>	5.402±0.108 <sup>A</sup>	17.815±0.382 <sup>A</sup>
样地 II Plot II	7.107±0.168 <sup>B</sup>	3.622±0.046 <sup>B</sup>	19.896±0.587 <sup>B</sup>
样地 III Plot III	7.251±0.300 <sup>B</sup>	3.204±0.058 <sup>C</sup>	23.106±0.721 <sup>C</sup>

\*:表中数据以平均值±95%置信区间表示;右上角有相同字母差别不显著,字母不同则差别显著( $\alpha=0.01$ )。Data are presented in the format of mean ±95% confidence range; same letter denotes non-significant difference while different letters denote a significant difference ( $\alpha=0.01$ ).

#### 2.4 不同生境条件下黄柳灌丛草本层主要成分的差异比较

用样线法测定3个样地的伴生植物平均频度列于表4。

在丘间低地(样地 III)黄柳灌丛内草本层植物虽然种类不多,但频度高的种类所占比例大,以差巴嘎蒿、木岩黄芪、地梢瓜占优势,狗尾草、胡枝子、虫实频度也较高;它们的大量存在对黄柳形成了竞争上的压力,郁闭的草本层在缺乏沙埋的条件下阻碍了黄柳植株基部不定根的形成。半固定沙丘(样地 I)以差巴嘎蒿、地梢瓜占优势,苦苣菜也较多,而木岩黄芪、狗尾草、虫实、胡枝子频度明显较样地 III 低,并存在一些沙生先锋植物,如沙蓬、沙打旺、白草、沙地旋覆花等,它们的存在可能与半固定沙丘基质的不稳定有关。在固定沙丘(样地 II)上,黄柳灌丛下的草本层郁闭度较大,扁蓿豆出现频度最高,狗尾草、丝叶苦苣菜等大量出现,一些木本植物如胡枝子、小叶锦鸡儿、榆树幼苗等也有分布,指示出群落环境的稳定性。

#### 3 讨论

本文的研究对象黄柳存在于3种不同的沙地生境中,栽植后只有4~5a,但是种群的一些数量统计特征已经有了明显的分异。半固定沙丘背风坡上的黄柳灌丛其当年枝平均长度最大,并且在观测期间始终呈上升趋势,突出地反映了黄柳在此生境中的生长优势。耐沙埋是许多沙漠植物的共同特征,许多植物表现出形态学和生理上的适应性变化。Disraeli<sup>[6]</sup>发现,禾本科植物 *Ammophila breviligulata* 在沙埋深度增加时地上、地下部分增加,分蘖芽数、垂直根茎节间长、根茎数增加;叶面积、株高和叶绿素含量也与沙埋相关。

本文研究中样地 I 所在的沙丘虽然处于半固定阶段,但生境仍不够稳定,黄柳灌丛基部被沙埋还是经常发生的现象,特别是春季4~5月份当迎风坡上的1、2年生植物尚未覆盖沙面时,这种情况更为突出。沙埋能使黄柳茎干基部萌发形成不定根,从而扩大水分和养分的吸收面积,同时也限制了其他植物的侵入和定居,减少了竞争<sup>[1]</sup>。样地 II 所在的固定沙丘坡面平缓,没有观察到沙埋现象,草本层植物出现了一些稳定的群落成分,并有相当高的郁闭度,已经成为黄柳的竞争者,因而这里的黄柳生长发育状况明显不及半固定沙丘,主要反映在当年枝长度及其变化趋势上。已有研究指出,黄柳起源于湿地、旺盛生长于半固定沙丘、衰退于固定沙丘,故从群落演替角度来看,黄柳并不是沙丘上的先锋植物<sup>[7]</sup>。黄柳种子上有绒毛,易被风吹到有利于其发芽和生长的背风区如背风坡脚、丘间低地等<sup>[3]</sup>,因此从种子繁殖的适宜生境来看,它的确可能源于湿地。但黄柳同时又具备喜沙埋、抗风蚀的特点,它对于其他植物的竞争优势只有在类似流动或半固定沙丘这样的不稳定环境中才得以充分体现,黄柳在样地 III 所代表的丘间低地生境中的生长状况明显较差正说明了这一点。在以往的研究中,人们发现其他植物也有同黄柳类似的在半流动半固定沙丘生长良好、而沙丘固定后逐渐衰亡的特点,如差巴嘎蒿<sup>[1,7~9]</sup>和砂生槐<sup>[10]</sup>。在对砂生槐的研究中,赵文智发现,生长于有一层沙的固定地、半固定沙地、半流动沙地上的砂生槐,其新枝生长量、冠幅、盖度明显增加<sup>[10]</sup>。黄柳还有一点与砂生槐很相似,即二者从演替关系上来说,都不是沙丘的先锋植物类型,而是由湿地残留下

来的种类。特殊的是,它们能与新生的固沙先锋植物如差巴嘎蒿等同时继续生长,而且生长特别好,直至沙丘定、先锋植物消退时,它们也随之衰退。赵文智<sup>[10]</sup>认为,对于砂生槐来说,水分和竞争是影响其长势的主要因素。一定程度的沙埋有利于减少竞争和在一定程度上改善水分状况,而随沙丘的逐渐固定,其他植物侵入沙地,种间竞争加剧并且沙地土壤水分减少。

表 4 3 种生境黄柳灌丛下草本层植物种类及其频度

Table 4 Species composition and their frequency in the herb layer of the scrub between different habitats

植物名称 Species	频度 Frequency (%)		
	样地 I Plot I	样地 II Plot II	样地 III Plot III
差巴嘎蒿 <i>Artemisia halodron</i>	91.9	81.5	97.9
地 梢 瓜 <i>Cynanchum thesioides</i>	74.2	67.0	89.3
苦 苣 菜 <i>Ixeris denticulata</i>	63.6	13.4	11.0
狗 尾 草 <i>Setaria viridis</i>	39.3	75.3	65.0
扁 蓿 豆 <i>Melissitus ruthenicus</i>	30.1	100	3.5
白 草 <i>Pennisium centrasiatiticum</i>	30.1	—	—
木岩黄芪 <i>Hedysarum fruticosum var. lignosum</i>	25.5	5.4	92.2
苦 参 <i>Sophora flavescens</i>	17.4	27.0	8.8
刺 儿 菜 <i>Cirsium setosump</i>	12.5	—	—
沙地旋覆花 <i>Inula salsoloids</i>	7.3	—	—
沙 打 旺 <i>Astragalus adsurgens</i>	6.2	—	—
虫 实 <i>Corispermum spp.</i>	5.2	8.3	37.9
小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	5.2	10.6	—
丝叶苦苣菜 <i>Ixetis chinensis sub sp. Graminifolia</i>	2.8	40.8	14.6
猪 毛 菜 <i>Salsola collina</i>	2.1	—	19.7
沙 蓬 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	2.1	—	—
尖头叶藜 <i>Chenopodium acuminatum</i>	1.0	6.2	—
胡 枝 子 <i>Lespedeza bicolor</i>	—	26.8	24.5
小 藜 <i>Chenopodium serotinum</i>	—	15.2	—
马 唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	—	12.5	—
菟 丝 子 <i>Cuscuta chinensis</i>	—	6.2	—
大 籽 蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	—	4.2	—
棘 豆 <i>Oxytropis spp.</i>	—	3.3	—
榆 树 <i>Ulmus pumila</i>	—	2.1	—
木 地 肤 <i>Kochia prostrata</i>	—	—	8.3

沙丘不同部位土壤松紧度也是影响植物生长与分布的重要因素<sup>[1]</sup>。据研究黄柳的垂直根深达 3.5m 以下,但根系主要分布在 10~30cm 土层中<sup>[11,12]</sup>。从本研究测定的结果来看,3 块样地之间 30cm 处土壤的含水量并无显著差异(表 1),但土壤容重反映的土壤紧实度顺序(Ⅲ > Ⅱ > Ⅰ)可能在一定程度上影响到各样地之间黄柳生长发育的差异,因为紧实度与土壤通气状况密切相关,在一定范围内土壤越疏松就越有利于沙生植物根系的发育。

要说明黄柳当年枝生长状况在 3 种不同生境之间的分异,仅仅考察其平均长度是不够的,还必须考察样本实测值的变异情况,因此本文采用了随机变量分布模型的表征方法。3 种生境之间再次显示出明显差异,样地 I 的枝长分布以正态分布为特征,样地 II 以 Weibull 分布为特征,样地 III 呈现一种峰形显著左偏的分布。正态分布是概率论和数理统计中最重要和最常见的一种分布,从理论上说,只要某一个随机变量是大量相互独立的偶然因素之和,而且每个因素的个别影响在总的影响中所起作用都很微小,那么就可以断定这个随机变量服从近似地服从正态分布<sup>[13]</sup>。在实际观察中许多生物学现象所产生的数据都服从正态分布,因为它们是由许多作用很小的相互独立的随机变量组成的<sup>[14]</sup>。本研究 3 块样地黄柳当年枝平均长

度所对应的 3 种不同的分布模型分别代表何种生物学意义是一个值得思索的问题。对于样地 I, 正态分布的直观解释应当是, 大量的中等长度的或接近中等长度的当年生枝条表明种群的构件生长一致性较高, 种群正处于发展阶段; 而正态分布所隐含的意义可能是, 半固定沙丘生境对于黄柳种群的更新和发展不存在任何明显的限制因素(否则正态分布就不大可能形成)。对于样地 II, Weibull 分布的直观意义是, 黄柳当年生枝条集中出现在比平均值偏低的枝条组中, 种群出现了衰退倾向; 它所隐含的意义是固定沙地中存在某种或某些因素, 它(们)可能会限制种群的维持和稳定。对于样地 III, 峰形显著左偏的分布表明当年生枝条大部分集中在比平均值低得多的枝条组中, 种群已处于衰退状态, 生境中存在某种或某些不利的因素使种群不能维持下去。前面提到过的样地 II 和样地 III 缺乏刺激黄柳生长的沙埋条件、土壤紧实度相对较高以及有竞争者侵入并已定居等, 可能就是这样一些限制因素。

3 种生境之间黄柳地上分枝系统的差异和叶片二维尺度上的差异同样也是很明显的。半固定沙丘的黄柳株丛高大, 以较少的分枝、较长且宽的叶片进行旺盛的营养生长, 实现其对生境中水热条件和养分资源的充分利用。丘间低地上的黄柳株丛低矮、分枝较多、叶片较短而狭, 生长状况明显处于劣势。固定沙丘上的黄柳分枝数和叶片二维尺度值大致处于上述二者之间。值得注意的是, 黄柳作为科尔沁沙地主要的固沙造林树种和当地居民编织、建筑、薪炭用材的主要来源之一<sup>[4]</sup>, 在保护和利用之间常常存在着矛盾, 特别是半固定沙丘上的黄柳灌丛, 因具有枝条长、分枝少、长度相对一致等一系列生产利用方面的优点和方便之处, 必须对其加以保护, 以利于发挥防风固沙的作用。固定沙丘上的黄柳生长数年后即呈现衰退趋势, 利用价值也随之降低, 可采取平茬方式使其更新复壮。丘间低地上的黄柳灌丛分枝多、枝条短、衰退开始早, 利用价值不大。在丘间低地栽植黄柳, 应选择靠近流动沙丘或半流动沙丘落沙坡一侧, 以便利用沙埋促进黄柳生长的特点形成挡风的屏障。

## 参考文献

- [1] 刘新民, 赵哈林, 赵爱芬. 科尔沁沙地风沙环境与植被. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 常学礼, 等. 黄柳灌丛地上生物量特征及生长的研究. 科尔沁沙地生态环境综合整治研究. 兰州: 甘肃科技出版社, 1993. 201~208.
- [3] 王康富. 辽宁省章古台主要固沙植物的习性. 林业集刊(3). 北京: 科学出版社, 1959. 182~197.
- [4] 常学礼, 李胜功, 赵学勇, 等. 平茬对黄柳灌丛影响的研究. 中国沙漠, 1997, 17(增刊 1): 54~59.
- [5] 方开泰, 许建伦. 统计分布. 北京: 科学出版社, 1987. 223~235.
- [6] Disraeli D J. The effect of sand deposits on *Ammophila breviligulata*. *Journal of ecology*, 1984, 72: 145~154.
- [7] 刘慎谔文集编委会. 刘慎谔文集. 北京: 科学出版社, 1985. 136~144.
- [8] 李胜功, 赵爱芬, 常学礼. 科尔沁沙地植被演替的几个问题. 中国沙漠, 1997, 17(增刊 1): 25~33.
- [9] 中国科学院兰州沙漠所. 中国沙漠植物志. 北京: 科学出版社, 1985.
- [10] 赵文智. 砂生槐沙生适应性初步研究. 植物生态学报, 1998, 22(4): 379~384.
- [11] 高尚武主编. 治沙造林学. 北京: 中国林业出版社, 1984. 242~245.
- [12] 刘中民, 等. 几种沙生植物的特性及其栽培的研究. 治沙研究(5), 北京: 科学出版社, 1963.
- [13] 天津大学数学系概率统计教研室. 应用概率统计. 天津: 天津大学出版社, 1990. 84~85, 212~213.
- [14] 杨 持. 生物统计学. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1996. 41~42, 47.