

文章编号:1000-694X(2003)03-0295-05

# 青海湖鸟岛沙地植物群落物种多样性研究

赵以莲, 陈桂琛, 周国英, 彭敏

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 根据野外样地调查资料,采用丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数对青海湖鸟岛沙地植物群落的多样性进行了研究,并用相关分析研究了多样性指数间的关系,结果表明:鸟岛7个主要沙地群落间的植物多样性差异很大,分布于固定沙丘上的赖草、甘青铁线莲等群落均具有较高的丰富度指数、多样性指数,而西伯利亚蓼、藏虫实等分布在流动沙丘上的群落则最小,但均匀度指数最高。从流动沙丘到固定沙丘阶段的变化过程中,丰富度指数、Shannon Wiener 指数和 Simpson 指数的变化趋势基本一致,而均匀度指数则呈相反趋势,半固定沙丘是这一变化的重要转折点。物种在各沙地类型中出现频率的多样性指数差异很大,特有种多样性指数在固定沙丘中最高,占主导地位,而在流动沙丘阶段,普通种的物种多样性指数最高。植物生活型上各沙丘类型上的物种多样性指数均以多年生草本为最高,其次为一年生草本,而且从流动沙丘至固定沙丘阶段呈递增变化。丰富度指数与多样性指数、均匀度指数之间存在极显著的相关性。

**关键词:** 青海湖鸟岛; 沙地植物群落; 物种多样性

**中图分类号:** Q948.15 **文献标识码:** A

青海湖地区以其重要的地理位置、环境特点以及独特的生物多样性组成而受到学术界的普遍关注<sup>[1-3]</sup>。近几十年来,由于气候变化和人类活动的综合影响,青海湖地区出现了湖水位下降、草地植被退化、土地沙漠化日益严重等生态问题<sup>[4-8]</sup>,其生态系统与生物多样性也受到了严重威胁。青海湖鸟岛地处青海湖的西北隅,由蛋岛、海西皮、鸬鹚岛等岛屿组成<sup>[9]</sup>,是我国以保护水禽为主的国家级自然保护区。每年3月中旬到9月栖息着从我国南方和东南亚等地远飞而来的候鸟十余万只,成为亚洲地区密度最大的鸟禽繁殖场所之一。鸟岛地区不仅是我国特有珍禽黑颈鹤的栖息地之一,也是我国极为濒危的哺乳动物普氏原羚的重要活动区之一<sup>[10]</sup>。近几十年来,鸟岛地区的沙漠化现象十分突出<sup>[6]</sup>。关于沙漠化及其防治,中外许多专家学者进行了广泛研究,并总结出了大量的理论和实践经验<sup>[7,11,12]</sup>。本文以鸟岛地区的沙地植物群落为研究对象,应用物种多样性分析方法,探讨青海湖鸟岛沙地植物群落的特征,旨在揭示其物种多样性及其变化规律,为沙漠化的防治提供植物学方面的理论依据。

## 1 自然条件概况

青海湖鸟岛沙地位于鸟岛的西北部,地理坐标

36°58' ~ 37°3' N, 99°44' ~ 99°55' E 之间,沙地面积约 26.53 km<sup>2</sup>,包括鸟岛周围的风沙地、流动沙丘、湖滨沙地及河床沙地。海拔约为 3 225 m。由于本区处于我国东部季风区和西北部干旱区的交汇地带,加上自身的湖泊效应,有明显的大陆性气候特点,干寒、少雨、多风、太阳辐射强烈、气温日较差大,属高原半干旱高寒气候区。气温多年平均值为 - 0.7℃,最热月(7月)平均气温为 12.4℃,最冷月(1月)平均气温为 - 12.7℃,极端最高气温为 28℃,极端最低气温 - 31℃。日照时数 3 040 h,雨水稀少,年均降水量为 322.7 mm,集中于 6~8 月份,年蒸发量大于年降水量,约为年降水量的 3.8 倍。年大风日数在 48 d 以上,最长达 78 d。植物生长期只有 90~100 d。

本区基岩主要由下古生界浅变质岩组成,地表有砾石及黄沙堆积。在形态上主要有布哈河三角洲沙地、新月形沙丘、流沙地等。沙丘形体不高,一般在 20 m 以下,大部分湖滨沙地 1972 年以前均在水下,后因湖水位下降,这些水下潜伏沙才显露出来。由于受基岩、生物、气候等多种因素的综合影响,沙地土壤主要为风沙土,相应的沙生植被成分单一,生长稀疏。

收稿日期:2001-07-09; 改回日期:2002-03-20

基金项目:中西部专项基金项目(99-J-106-02)资助

作者简介:赵以莲(1973—),女(汉族),山东日照人,研究生,现从事植物生态学研究。E-mail:Zhyilian@sina.com

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

根据国际沙漠化程度类型划分的指标与标准,将调查区沙地划分为4种类型:固定沙丘、半固定沙丘、半流动沙丘和流动沙丘。分别在各类型沙丘上随机取样,固定沙丘样方为30个,半固定沙丘10个,半流动沙丘20个,流动沙丘10个,样方大小均为1 m × 1 m。记录群落样方的种类组成、植株高度、盖度、频度等,同时记录样地的生境条件。

### 2.2 数据整理和分析处理

对野外采集标本进行鉴定,整理样方数据。应用SPSS统计软件以及物种多样性测度指数对数据进行处理分析,以探讨鸟岛沙地植物群落物种多样性特征。

物种多样性的测定在生物多样性研究文献中都有论述<sup>[13~19]</sup>,常用的主要有物种丰富度、SIMPSON指数、SHANNON指数、PIELOU均匀度指数<sup>[20]</sup>。本文根据取样时间和群落范围、样方大小及数量、物种和个体非随机分布、物种间营养和竞争等因素,从以下几个方面分析:

#### 2.2.1 群落数据分析

以各个物种在每个群落中的平均盖度进行聚类,按照聚类的结果对植物群落进行分类,并简要描述各群落类型的基本特征。

#### 2.2.2 物种多样性分析

(1) 丰富度指数:  $R = S$  (1)

其中:  $S$  为出现在样方中的物种数目,下同。

(2) 物种多样性指数:

Shannon-Wiener 指数

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (\text{Pielou, 1975}) \quad (2)$$

Simpson 指数

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (\text{Pielou, 1975}) \quad (3)$$

其中:  $i = 1, 2, \dots, s$  物种序号;  $s$  为群落内物种总数;  $P_i$  为第  $i$  个物种的重要值之比,即  $P_i = n_i / N$ ,  $n_i$  为种  $i$  的重要值;  $N$  为总重要值。

(3) 均匀度指数:

$$E_1 = J_{sw} = H / H_{\max} = H / \ln S \quad (\text{Pielou, 1975}) \quad (4)$$

$$E_2 = e^{H / S} \quad (\text{Sheldon, 1969}) \quad (5)$$

## 3 结果与分析

### 3.1 鸟岛沙地植物群落特点

鸟岛沙地作为严重沙漠化地区<sup>[6]</sup>,其植物群落构成简单,种类十分贫乏。据调查,该区沙地植物约有21种,种类组成中菊科比重最大,为23.81%;其次是禾本科,占19.05%;藜科占14.29%,此外,豆科、莎草科各占9.52%,蓼科、毛茛科、伞形科、蔷薇科和唇形科比重较小,各占4.76%。该区优势植物有赖草 (*Leymus secalinus*)、甘青铁线莲 (*Clematis tangutica*)、西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum*) 等。其中,赖草具根茎,生长旺盛,返青早,再生力强,耐牧力优;甘青铁线莲,主根粗壮,落叶藤本,匍匐蔓长,高45~60 cm,具有明显的固沙作用。群落以单优种群落类型为主,流动沙地上植物往往仅有一种出现。主要群落类型及其主要优势种、伴生种如表1所示。

表1 鸟岛沙地植物群落类型及其主要植物种类

Tab. 1 Sand plant community and its main species in the Bird Island

群落序号	群落名称	主要优势种	主要伴生种
1	赖草 + 猪毛菜 ( <i>Salsola collina</i> ) 群落	赖草、猪毛菜	梭罗草 ( <i>Kengyilia thoroldiana</i> )、披针叶黄华
2	西伯利亚蓼群落	西伯利亚蓼	赖草、藏虫实
3	西伯利亚蓼 + 赖草群落	西伯利亚蓼、赖草	展穗碱茅 ( <i>Puccinellia diffusa</i> )、藏虫实
4	赖草群落	赖草、披针叶黄华 ( <i>Thermopsis lanceolata</i> )	
5	藏虫实 ( <i>Corispermum tibeticum</i> ) 群落	藏虫实	
6	赖草 + 甘青铁线莲群落	赖草、甘青铁线莲	迷果芹 ( <i>Sphallerocarpus gracilis</i> )、青藏苔草 ( <i>Carex moorcroftii</i> )
7	甘青铁线莲群落	甘青铁线莲	龙蒿 ( <i>Artemisia dracunculus</i> )、黄鹌菜 ( <i>Youngia simulatrix</i> )、披针叶黄华

### 3.2 不同沙地类型中植物物种多样性特征

常学礼等<sup>[20]</sup>按植物种在各沙地类型出现的频率划分为:特有种(只在1种生境中出现);稀有种(在2种生境中出现);普通种(在3种生境中出现);共有种(在所有生境中出现)。本文依照此划分法,

将在不同沙地类型中出现的物种划分为特有种、稀有种、普通种和共有种。在生活型上,本区植物主要为一年生和多年生草本(表2)。从表2可以看出,不同沙地类型中植物物种丰富度差异很大,流动沙丘最少为3个种,半流动沙丘为4个种,半固定沙丘为6个种,固定沙丘最高,为20个种。

表 2 不同沙地类型植被组成

Tab. 2 Vegetation composition at different sand dune types

植物种	生活型	F <sub>1</sub>		C		F <sub>2</sub>		C	
		F <sub>1</sub>	C	F <sub>1</sub>	C	F <sub>1</sub>	C	F <sub>1</sub>	C
赖草	A	v	1.57	v	5.6	v	38.4	v	72.3
猪毛菜	B							#	0.7
梭罗草	A							#	1.4
披针叶黄华	A					+	4.5	+	1.8
西伯利亚蓼	A	v	3.51	v	18.4	v	1	v	0.75
展穗碱茅	A							#	5
藏虫实	B	v	6.3	v	5.2	v	1	v	0.6
西伯利亚滨藜 ( <i>Atriplex sibirica</i> )	B			*	0.5	*	4	*	8
甘青铁线莲	A							#	61
迷果芹	A							#	2.45
青藏苔草	A							#	1.7
大籽蒿 ( <i>Artemisia sieversiana</i> )	C							#	0.85
灰绿藜 ( <i>Chenopodium glaucum</i> )	B							#	0.05
刺儿菜 ( <i>Cirsium lanatum</i> )	A							#	0.1
鹅绒委陵菜 ( <i>Potentilla anserina</i> )	A							#	0.5
无茎黄鹌菜	A							#	2.7
龙蒿	A							#	5.15
垂穗披碱草 ( <i>Elymus nutans</i> )	A							#	0.2
青海苔草 ( <i>Carex qinghaiensis</i> )	A							#	0.2
直立黄芪 ( <i>Astragalus sp</i> )	A							#	0.05
异叶青兰 ( <i>Dracocephalum eterophyllum</i> )	A							#	0.6
总计			3		4		6		20

注:A. 多年生草本(草质藤本)植物; B. 一年生草本植物; C. 二年生草本植物。 . 流动沙丘; . 半流动沙丘; . 半固定沙丘; . 固定沙丘; v. 共有种; \*. 普通种; +. 稀有种; #. 特有种。下同。

从物种多样性指数(表 3)来看,从流动沙丘到固定沙丘,Shannon-Wiener 指数( $H$ )逐渐增加,从 0.963 增加到 1.420; Simpson 指数( $D$ )先减少后增加,由 0.579 减少到 0.550 后再增加到 0.651。 $H$ 和 $D$ 的变化显示,从流动沙丘到固定沙丘这一过程中,半固定沙丘阶段是物种多样性的一个重要转折点。 $H$ 和 $D$ 的变化还表明,在各阶段沙丘类型的物种多样性中(表 4),特有种在固定沙丘中占主导地位, $H$ 和 $D$ 最高分别为 0.962 和 0.375;在流动沙丘阶段,共有种的物种多样性指数最高, $H$ 和 $D$ 分别为 0.963 和 0.579;稀有种只在半固定和固定沙丘

的生境中出现,多样性指数都较低,仅有一种植物存在。由均匀度指数  $E_1$  和  $E_2$  的计算结果表明,随着 Shannon-Wiener 多样性指数从流动沙丘 半流动沙丘 半固定沙丘 固定沙丘的逐渐升高, $E_1$  和  $E_2$  都呈相反的趋势降低。

表 3 不同沙丘类型植物物种多样性指数

Tab. 3 Species diversity indices at different sand dunes

多样性指数				
$H$	0.963	0.985	1.01	1.420
$D$	0.579	0.550	0.471	0.651
$E_1$	0.877	0.711	0.564	0.474
$E_2$	0.874	0.669	0.458	0.207

表 4 不同沙丘类型植物种出现频率特点

Tab. 4 Occurrence frequency of plant species at different sand dunes

植物种特征	H		D		H		D	
	H	D	H	D	H	D	H	D
共有种(v)	0.963	0.579	0.915	0.534	0.231	0.095	0.104	0.036
普通种(*)			0	0	0	0	0	0
稀有种(+)					0	0	0	0
特有种(#)					0	0	0.962	0.375

按植物种生活型计算的物种多样性结果表明(表 5),在不同沙丘类型阶段中,植物种多样性都以多年生草本为最高,其次为一年生草本。依据生活型所计算的  $H$  和  $D$  还表明,一年生、多年生草本的物种多样性指数从流动沙丘 固定沙丘呈增长趋势;在本调查区中,二年生的草本植物仅在固定沙丘中依稀出现。

### 3.2 物种多样性与群落类型的关系

鸟岛沙地植物群落在结构和功能上都存在很大的差异,这种差异主要受制于组成种不同的生物生态学特性。换言之,具有不同功能作用的不同物种及其个体相对多度的差异是形成不同群落的基础。

表5 不同沙丘类型植物生活型组成特点

Tab. 5 Composition of plant life form at different sand dunes

生活型	H		D		H		D	
	H	D	H	D	H	D	H	D
A	0.618	0.427	0.543	0.358	0.722	0.364	1.214	0.605
B	0	0	0.397	0.160	0.500	0.320	0.501	0.250
C							0	0

因此,对于群落组织化程度的测度指标即物种多样性的研究具有十分重要的意义。

图1显示了鸟岛沙地7个植物群落类型(群落号见表1)的丰富度( $S$ )、物种多样性指数( $H$ 、 $D$ )及均匀度指数( $E_1$ 、 $E_2$ )的变化曲线。丰富度指数和多样性指数表现出基本一致的变化趋势,即随物种丰富度指数的增加, $H$ 和 $D$ 也呈增长趋势。但就 $D$ 而言,由于群落2位于半流动沙丘,虽然物种种类比群落3(位于流动沙丘)多2种,但由于其生境较不稳定,群落内各个种类无论相对盖度还是出现的相对频度都较低,即每个种类在群落内的重要值较小,在群落中的地位与作用很小,由此反映在 $D$ 上就较小。由于群落3分布在流动沙丘上,其内的种类贫乏,小于4%,但每个植物种的个体出现的频率较高,超过80%,即其在群落内地位显著,均匀性较高,集中性较低,因此,其 $D$ 较高,大于分布在半流动沙丘上的群落2;从均匀度指数 $E_1$ 、 $E_2$ 的变化曲线上可以看出, $E_1$ 和 $E_2$ 反映的变化趋势相同,两者都在丰富度指数 $S$ 小于11时,随着丰富度指数的升高而降低,而在丰富度指数大于或等于11时,与丰富度指数表现出一致的变化趋势,即随丰富度指数的增加而增加,均匀度指数 $E_2$ 在群落中的排列大小顺序如下:群落5 > 群落3 > 群落2 > 群落1 > 群落4 > 群落7 > 群落6。

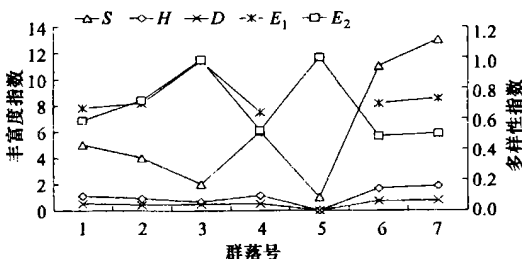


图1 青海湖鸟岛沙地植物群落物种多样性变化曲线

Fig. 1 The curves of species diversity indices of sandy plant community of Bird Island in Qinghai Lake

### 3.3 多样性指数之间的关系

由表6可以看出,物种丰富度指数与多样性指数之间具有显著的相关性,其中,与 $H$ 的相关性极显著,相关系数为0.948且 $p < 0.01$ ,表明在一定程度上物种多样性是丰富度的函数。物种多样性指数之

间显著相关且 $p < 0.01$ ,表明两个指数作用相近。均匀度指数之间没有显著的相关性,丰富度指数与 $E_2$ 呈显著的负相关,而与 $E_1$ 基本上没有相关性。

由以上相关分析可以得出:在所用的3类5种多样性指数中 $S$ 、 $H$ 、 $D$ 和 $E_2$ 较好,从各多样性指数的相关系数也可以看出,它们能够表征同样的生态学意义。

表6 鸟岛沙地植物群落丰富度指数( $S$ )、物种多样性指数( $H$ 、 $D$ )与均匀度指数( $E_1$ 、 $E_2$ )之间的关系

Tab. 6 Correlation coefficients among richness index, species diversity index and evenness index of sandland plant communities on Bird Island

	$S$	$H$	$D$	$E_1$	$E_2$
$S$	1				
$H$	0.948 **	1			
$D$	0.834 *	0.958 **	1		
$E_1$	-0.394	-0.436	-0.181	1	
$E_2$	-0.838 *	-0.886 **	-0.789 *	0.860 *	1

注: \*示 $p < 0.05$ ; \*\*示 $p < 0.01$ 。

## 4 结论

(1) 由于地理分布及群落组成的差异,鸟岛沙地7个主要群落间的植物多样性差异很大,甘青铁线莲群落的植物多样性指数、丰富度指数最大,而西伯利亚蓼、藏虫实等分布在流动沙丘上的群落则最小,但均匀度指数最高。分布于固定沙丘上的赖草、甘青铁线莲等群落均具有较高的丰富度指数、多样性指数。均匀度指数在物种低于11种的群落中,随物种丰富度指数、Shannon-Wiener指数的增加而降低;相反在物种不低于11种的情况下,与物种丰富度指数、Shannon-Wiener指数具有相同的变化趋势,即随物种的增加而升高,至于能不能超过前者的最高值有待于进一步研究。

(2) 在不同沙地类型中的物种多样性指数变化较大。对丰富度指数来说,流动沙丘最少为3个种,半流动沙丘为4个种,半固定沙丘为6个种,固定沙丘最高为20种;从流动沙丘到固定沙丘阶段这一梯度过程中,就Shannon-Wiener指数而言,物种多样性指数由小而大,增加率为47.46%;而Simpson指数则相对变化较小,先减少后增加;均匀度指数呈相反的趋势降低。半固定沙丘阶段是这一变化的重要转折

点。各物种出现频率的物种多样性指数差异也很大, 特有种多样性指数在固定沙丘中最高, 占主导地位, 而在流动沙丘阶段, 普通种的物种多样性指数最高。

(3) 因鸟岛沙地位于高寒、多风、少雨气候区, 生长季短, 为了适应此高寒干燥气候, 沙地上的植物多以多年生为主。因此, 植物生活型上物种多样性指数在各沙丘类型上均以多年生草本的最高, 其次为一年生草本, 而且从流动沙丘至固定沙丘阶段呈递增趋势变化。

**致谢:** 野外考察得到鸟岛自然保护区管理处的大力支持和帮助, 特此致谢。

#### 参考文献(References):

- [1] 中国科学院兰州分院等. 青海湖近代环境的演化和预测[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 中国科学院兰州地质研究所. 青海湖综合考察报告[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [3] 宋春晖, 方小敏, 师永民, 等. 青海湖西岸风成沙丘特征及成因[J]. 中国沙漠, 2000, 12(4): 443 - 446.
- [4] 陈桂琛, 彭敏, 赵京. 青海湖地区沙生植被遥感解译及其保护[J]. 中国沙漠, 1991, 11(3): 44 - 49.
- [5] 陈桂琛, 彭敏, 周立华, 等. 青海湖地区人类活动对生态环境影响及其保护对策[J]. 干旱区地理, 1995, 18(3): 57 - 62.
- [6] 何东宁. 青海湖盆地沙地特征及风沙化趋势[J]. 地理科学, 1993, 13(4): 382 - 388.
- [7] 王涛. 西部大开发中的沙漠化研究及其灾害防治[J]. 中国沙漠, 2000, 12(4): 345 - 348.
- [8] 蔡景龙. 青海湖鸟岛之蛋岛连陆后繁殖鸟类受到的危害及防治措施[J]. 青海农林科技, 2000, 4: 62 - 64.
- [9] 长春地理研究所. 鸟岛自然保护区图, 中国自然保护地图集[Z]. 北京: 科学出版社, 1989. 148 - 149.
- [10] 蒋志刚, 王祖望, 冯祚建, 等. 普氏原羚的历史分布与现状[J]. 兽类学报, 1995, 15(4): 241 - 245.
- [11] 王涛. 走向世界的中国沙漠化防治的研究与实践[J]. 中国沙漠, 2001, 3(1): 1 - 3.
- [12] 吴微. 近 50 年来毛乌素沙地的沙漠化过程研究[J]. 中国沙漠, 2001, 6(2): 164 - 169.
- [13] Tilman D D, Wedin, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems [J]. *Nature*, 1996, 379: 718 - 720.
- [14] Hector A, Schmid B, Beierkuhnlein C, et al. Plant diversity and productivity experiment in european grasslands [J]. *Science*, 1999, 286: 1123 - 1127.
- [15] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988.
- [16] Noss, Reed F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach [J]. *Conserve. Biol.*, 1990, 4: 355 - 364.
- [17] Peet R E. Measurement of species diversity [J]. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 1974, 5: 285 - 307.
- [18] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity [J]. *Taxon*, 1972, 21: 213 - 251.
- [19] 郭勒峰. 物种多样性研究现状及趋势[A]. 现代生态学讲座[C]. 北京: 科学出版社, 1995. 89 - 107.
- [20] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性[J]. 应用生态学报, 1997, 8(2): 151 - 156.

## Sand Plant Community Diversity on the Bird Island of Qinghai Lake

ZHAO Yr-lian, CHEN Gui-chen, ZHOU Guo-ying, PENG Min

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract:** Based on the data investigated from the field, one richness index, two species diversity indices and two evenness indices were used to analyze the vegetation on the Bird Island of Qinghai Lake. In addition, relationships among these indices were studied by correlation analysis. There are some results:

(1) The species diversity was much different between the seven main sand plant communities. Those distributed on fixed sand dunes had higher richness and diversity indices, such as *Leymus secalinus* and *Clematis tangutic*; indices of *Polygonum sibiricum* and *Corispermum tibeticum* on shifting sand dunes were the lowest, while the evenness indices were the highest.

(2) In the gradient from shifting to fixed sand dune, the changing tendency of the richness index, Shannon-Wiener index and Simpson index showed almost the same, but the evenness indices showed the contrary tendency and semifixed sand dune was an important turning point.

(3) The species frequent diversities on different sand dunes were different. Special species dominated on fixed sand dunes, the Shannon-Wiener index and Simpson index were the highest. But on shifting sand dunes, the common species diversity indices were the highest.

(4) For all dune types the species diversity indices of perennial plants were the highest, those of annual plants were at the second, they increased from shifting sand dune stage to fixed stage.

(5) There was very near correlation between the richness and species diversity indices or evenness indices.

**Key words:** Bird Island of Qinghai Lake; sandy plant community; species diversity