

# 乌兰布和沙漠绿洲东缘植被群落结构及物种多样性研究

杨光<sup>1</sup>, 郝玉光<sup>2</sup>, 包斯琴<sup>1</sup>, 杨瑞杰<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019; 2. 中国林业科学研究院 沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200)

**摘要:** 根据乌兰布和沙漠东北部绿洲东缘 7 个样区 25 个样地的样方调查数据, 对该区植物群落结构及物种多样性进行分析。结果表明: 研究区自然植被共有 52 种, 分属 17 科 45 属, 以菊科为优势种, 禾本科、豆科和藜科为亚优势种, 其他 13 科为伴生种; 群落结构类型以灌木群落为主, 草本群落次之; 根据群落物种多样性变化规律, 可以将研究区划分为南北两部分, 南部多样性指数变化幅度较小且保持较高水平, 北部多样性指数变化幅度较大且相对较低; 沙漠地区通过绿洲防护林建设, 能有效改善绿洲外围植物生长环境, 增加植物群落物种多样性, 控制沙漠扩张。

**关键词:** 乌兰布和沙漠; 绿洲; 群落结构; 物种多样性

**中图分类号:** Q948.15

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2016)03-0257-05

## Study on the Community Structure and Species Diversity in the Eastern Margin of the Ulanbuh Desert Oasis

YANG Guang<sup>1</sup>, HAO Yuguang<sup>2</sup>, BAO Siqin<sup>1</sup>, YANG Ruijie<sup>1</sup>

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China)

**Abstract:** According to quadrat survey data belonging to 25 sample plots of 7 sample areas in the oasis of northeastern margin of Ulanbuh desert, we analysed the community structure and species diversity of plant. The results show that there are 52 species of natural plants in the study area, which belong to 17 families and 45 genera, compositae is the dominant species, gramineae, leguminosae and chenopodiaceae are the sub dominant species, other 13 families are companion species; Most of community structure types are shrub communities, the second is herbaceous communities; According to the changes of species diversity, the research area can be divided into two parts: north and south, the range of diversity index change is small and the index maintains a high level in southern area, in northern area, the range of diversity index change is relatively larger and the index maintains a low level; Construction of oasis shelter forest can effectively improve plant growth environment around oasis, increase the species diversity of the plant community, control the expansion of desert.

**Keywords:** Ulanbuh Desert; oasis; community structure; species diversity

群落结构和物种多样性是一个群落功能复杂性的量度, 表征着生物群落和生态系统的结构复杂性, 体现了群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异, 是揭示植被组织水平的生态学基础<sup>[1-2]</sup>。物种多样性不仅反映了群落或生境中物种的丰富度、变化程度或均匀度, 也反映了群落的稳定性与动态以及不同自然条件与群落的相互关系, 是生态学研究的重要内容<sup>[3-4]</sup>。进行群落物种多样性分析能更好地评价群落结构及其发展变化, 同时植物群落物种多样性的测定可以反映群落的保护状态<sup>[5-6]</sup>, 对于生态保护和生物资源的合理利用具有重要意义。

目前物种多样性的研究包括所有植物、动物、微生物物种和它们所拥有的基因以及它们与其他生存环境形成的复杂生态系统<sup>[7]</sup>。我国学者对植物群落研究主要集中于较为敏感的生态脆弱区, 包括荒漠化地区<sup>[1,8-13]</sup>、黄土高原地区<sup>[14-15]</sup>、山区<sup>[2,4,16-17]</sup>及湿地保护区<sup>[18-22]</sup>等。

乌兰布和沙漠是中国八大沙漠之一, 也是我国西北地区沙尘暴的策源地, 大量流沙侵入或跨过黄河, 增加了黄河泥沙含量, 威胁周边地区的生态安全。因此, 对乌兰布和沙漠沙地植被进行有效保护或人工促进, 对本区自然生态环境和社会经济发展都具有深刻

和广泛的影响<sup>[23]</sup>。同时,有关乌兰布和沙漠地区及周边植被建设也引起了相关学者的广泛关注,学者们分别从乌兰布和沙漠植物群落特征、群落空间格局、群落演替、物种多样性等方面进行了研究<sup>[24-31]</sup>。本论文研究区位于乌兰布和沙漠东北部绿洲东缘,在植被调查的基础上,分析绿洲东部植物群落结构特征及物种多样性,揭示在沙漠边缘绿洲影响下天然植被的分布规律,以期为该区植被恢复及沙漠边缘风沙治理提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究区位于乌兰布和沙漠东北缘磴口县境内的中国林业科学研究院沙漠林业实验中心第一实验场东部,地理位置 106°56'E, 40°20'N。该区属于温带荒漠大陆性气候,多年平均降水量 144.5 mm,多年平均蒸发量 2 380.6 mm;年平均气温 7.8℃,年平均风速 3~3.7 m/s;土壤类型属荒漠向草原化荒漠过渡带,地带性土壤发育不完全,风沙土为其主要类型。植被以荒漠植被占主导地位,乔木以梭梭(*Haloxylon ammodendron* C. A. Mey. Bunge)、多枝柽柳(*Tamarix ramosissima* Ledeb.) 为主,灌木及半灌木以白刺(*Nitraria tangutorum* Bor.)、黑沙蒿(*Artemisia desertorum* Spreng. Syst. Veg.) 为主,草本植物以芦苇(*Phragmites australis* Cav. Trin. ex Steud.)、沙地旋覆花(*Inula ammophila* Bge.)、羊草(*Astragalus membranaceus* Fisch. Bunge.)、苦豆子(*Sophora alopecuroides* L.)、碱蓬(*Suaeda glauca* Bunge)、风毛菊(*Saussurea japonica* Thunb. DC.)、盐爪爪(*Kalidium foliatum* Pall. Moq.) 等为主。

## 2 研究方法

### 2.1 样地布设与调查

研究区位于乌兰布和沙漠东北部中国林业科学研究院沙漠林业实验中心一场东侧,绿洲是以杨树为主形成的农田防护林网。2014 年 7—8 月对乌兰布和沙漠东北部绿洲东缘天然植被进行了全面调查。首先将调查区划分为 7 个样区,由南向北排列,为减小人为主观影响,样区设置为固定的地理坐标经差和纬差形成的网格区域,其中样区 3 为经差 20", 纬差 10", 其余样区为经差 10", 纬差 20"。每个样区划分为 4 个样地,采用样线法进行样方调查,每条样线上分别设 7~8 个样方。样方的设置规格为乔木样方 10 m×10 m,灌木样方 5 m×5 m,草本样方 1 m×1 m,每个乔木样方内按对角线设置 2 个灌木样方,每个灌木样方内设 3 个草本样方。本次共调查植被群落样地 25 个,分别用 S<sub>1</sub>—S<sub>25</sub> 代表各样地,包括乔木样方 20 个,灌木样方 114 个,草本样方 374 个。调

查内容包括乔木或灌木种类、个体数量、高度、冠幅和草本植物种类、个体数量、高度、盖度等指标。调查过程中同时记录每个样方的经纬度、海拔高度、土壤质地、景观地貌类型等。

### 2.2 多样性指数计算

重要值 IV = (相对密度 + 相对频度 + 相对优势度) × 100/3 (1)

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$D_s = 1 - \sum_{i=1}^S (N_i/N)^2 \quad (3)$$

$$J' = H' / \ln S \quad (4)$$

式中:  $H'$ ——Shannon-Winer 多样性指数;  $D_s$ ——Simpson's 优势度指数;  $J'$ ——Pielou 均匀度指数;  $N_i$ ——种  $i$  的个体数;  $N$ ——群落中全部物种的个体数;  $S$ ——物种数目;  $P_i$ ——属于种  $i$  的个体在全个体中的比例,其中  $P_i = N_i/N$ 。

数据处理采用 Excel 和 SPSS 19.0 完成。

## 3 结果与分析

### 3.1 群落种类组成与数量特征分析

由表 1 可知,研究区自然植被共有 52 种,分属 17 科 45 属。柽柳科 2 属 2 种,菊科 12 属 14 种,禾本科 5 属 6 种,豆科 8 属 10 种,藜科 6 属 7 种,蒺藜科 2 属 2 种,报春花科、蓼科、百合科、茄科、苋科、旋花科、胡颓子科、萝藦科、莎草科、木贼科及鸢尾科各 1 属 1 种。该区的植物以菊科为优势种,禾本科、豆科和藜科为亚优势种,其他 13 科为伴生种。菊科有沙地旋覆花、欧亚旋覆花(*Inula britannica* L.)、黑沙蒿、艾蒿(*Artemisia argyi* H. Lév. & Vaniot)、苣荬菜(*Sonchus brachyotus* DC.)、风毛菊、亚洲蒲公英(*Taraxacum asiatica* Dahlst.)、苍耳(*Xanthium sibiricum* Patr. ex Widder)、蓝刺头、乳苣(*Mulgedium tataricum* Linn. DC.)、顶羽菊(*Acroptilon repens* L. DC.)、马兰(*Kalimeris indica* Linn. Sch.)、鸦葱(*Scorzonera austriaca* Willd.)、苦苣(*Cichorium endivia* L.), 占总种数的 26.92%; 豆科有黄芪(*Astragalus membranaceus* Fisch. Bunge.)、斜茎黄芪(*Astragalus adsurgens* Pall.)、披针叶黄华(*Thermopsis lanceolata* R. Br.)、苦豆子、紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.)、苦马豆(*Sphaerophysa salsula* DC.)、花棒(*Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey.)、小花棘豆(*Oxytropis glabra* DC.), 占总种数的 19.23%; 藜科有碱蓬、茄叶碱蓬(*Suaeda przewalskit* Bge.)、梭梭、盐爪爪、灰菜(*Chenopodium album* L.)、地肤(*Kochia scoparia* L. Schrad.)、雾冰藜(*Bassia*

*dasyphylla* Fisch. & C. A. Mey. Kuntze), 占总种数的 13.46%; 禾本科有羊草、赖草(*Leymus secalinus* Georgi Tzvel.)、芦苇、芨芨草(*Achnatherum splendens* Trin. Nevski)、沙鞭(*Psammochloa villosa* Trin. Bor) 和狗尾草(*Setaria viridis* L. Beauv.), 占总种数的 11.45%。

由表 2 可以看出, 在调查区 52 种荒漠植物中, 乔木有 1 种, 点总数的 1.92%; 小乔木有 3 种, 占总数的 5.77%; 灌木有 2 种, 占总数的 3.85%; 半灌木有 3 种, 占总数的 5.77%, 多年生草本有 33 种, 占总数的 63.46%, 处于优势地位; 二年生草本 1 种, 占总数的 1.92%; 一年生草本 9 种, 占总数的 17.31%。

3.2 群落类型与结构特征

根据本次调查样地物种重要值大小, 将研究区内植被划分为 1 个乔木群落、8 个灌木群落和 7 个草本群落。各群落主要植物组成及重要值见表 3。

由表 3 可知, 研究区植物群落组成以灌木群落为主, 其次为草本群落, 仅有沙枣群落为乔木群落。

灌木群落是研究区主要群落组成, 通过样地主要植物组成和环境特征分析, 大体可以分成以黑沙蒿群落、花棒群落、黑沙蒿+梭梭群落、白刺+梭梭群落为主的沙地群落类型和以红柳群落、怪柳群落、白刺群落、怪柳+白刺群落为主的盐碱地群落类型。盐碱地

群落主要分布于研究区东南部和西北部, 由于地势低洼且离公路较近, 导致地下水位升高, 地表土壤盐碱化程度较高。沙地群落主要分布于研究区中部, 且分布面积较大, 地表沙化严重, 部分地方可看到明显的裸露小沙丘。

表 1 研究区天然植被科属种统计

序号	科名	属数	占属百分比/%	种数	占种百分比/%
1	怪柳科	1	2.22	2	3.85
2	菊科	12	26.67	14	26.92
3	豆科	8	17.78	10	19.23
4	藜科	6	13.33	7	13.46
5	禾本科	5	11.11	6	11.54
6	蒺藜科	2	4.45	2	3.85
7	报春花科	1	2.22	1	1.92
8	蓼科	1	2.22	1	1.92
9	百合科	1	2.22	1	1.92
10	茄科	1	2.22	1	1.92
11	苋科	1	2.22	1	1.92
12	旋花科	1	2.22	1	1.92
13	胡颓子科	1	2.22	1	1.92
14	萝藦科	1	2.22	1	1.92
15	莎草科	1	2.22	1	1.92
16	木贼科	1	2.22	1	1.92
17	鸢尾科	1	2.22	1	1.92
合计		45	100.00	52	100.00

表 2 研究区天然植被生活型统计

生活型	乔木	小乔木	灌木	半灌木	多年生草本	二年生草本	一年生草本	合计
种数	1	3	2	3	33	1	9	52
百分比/%	1.92	5.77	3.85	5.77	63.46	1.92	17.31	100.00

草本植物遍布于整个研究区, 既有沙生植物, 也有盐生植物, 分散于研究区从南向北各个区域, 多为乔木或灌木林下植被, 独立的草本群落大面积集中分布较少。独立草本群落以芦苇和羊草等较高大的草本组成的群落为主, 由于这些高大草本分布密集, 在调查样地占主导地位, 其他乔木或灌木植物难以入侵。

沙枣群落分布于研究区最北端, 林下无灌木, 该样地地势低洼, 地表有积水现象, 因此土壤盐碱化程度高, 林下草本植物以抗盐碱能力强的风毛菊、芦苇、苦豆子、沙地旋覆花、盐爪爪等为主。

3.3 植物群落的多样性

由图 1 可知, Shannon-Winer 多样性指数( $H'$ )为 0.67~2.05, 变化幅度较大。从  $H'$  变化趋势来看, 总体上可以将研究区划分为南北两部分, 南部包括样地  $S_1$ — $S_{11}$ ,  $H'$  变化幅度较小且保持较高水平, 北部包括样地  $S_{12}$ — $S_{25}$ ,  $H'$  值相对较低且变化幅度较大。根据实地调查, 北部沙地与低洼积水地相间分布, 是引起物种多样性变幅增大的重要因素。南部  $H'$  值较高的样地有  $S_3$ (梭梭+黑沙蒿群落)、 $S_4$ (黑沙

蒿群落)、 $S_7$ (红柳群落)、 $S_9$ (紫花苜蓿+沙地旋覆花+碱蓬群落)和  $S_{11}$ (怪柳+白刺群落), 其  $H'$  值均保持在 1.90 以上; 南部  $H'$  值较低的样地有  $S_1$ (花棒群落)、 $S_6$ (芦苇群落)和  $S_8$ (怪柳群落), 其  $H'$  值均在 1.60 以下。从植物组成分析来看, 南部  $H'$  值较低的样地, 其植物组成以盐生或碱生植物为主, 土壤盐碱化制约了更多植物的生长繁衍。北部  $H'$  值较高的样地有  $S_{20}$ (羊草+芨芨草群落)、 $S_{24}$ (黑沙蒿群落)和  $S_{25}$ (芦苇群落), 其  $H'$  值均保持在 1.80 以上; 北部  $H'$  值较低的样地有  $S_{17}$ (白刺群落)、 $S_{18}$ (羊草群落)和  $S_{21}$ (白刺+黑沙蒿群落), 其  $H'$  值均在 0.80 以下, 且为整个研究区  $H'$  值最低的样地。从植物组成分析来看, 北部  $H'$  值较低的样地, 主要组成植物中均有 1 种草本植物在整个样地中占据主导地位, 且其重要值均达到 40 以上, 使得竞争力弱的植物难以入侵, 物种多样性降低。

Simpson 优势度指数( $D_s$ )及 Pielou 均匀度指数( $J'$ )分别为 0.32~0.85, 0.36~0.89, 变化趋势与 Shannon-Winer 多样性指数相似, 但变化幅度较小, 总体上保持比较稳定状态。

表 3 群落类型及主要物种组成和重要值

群落类型	群落名称	所在样地	主要植物组成(重要值)
乔木群落	沙枣群落	S <sub>23</sub>	沙枣(22.76)、风毛菊(12.65)、芦苇(20.81)、苦豆子(12.34)
	花棒群落	S <sub>1</sub>	花棒(11.22)、芦苇(17.79)、蒲公英(22.53)
	梭梭+黑沙蒿群落	S <sub>3</sub>	梭梭(17.28)、黑沙蒿(12.17)、苦豆子(10.87)
		S <sub>4</sub>	黑沙蒿(19.65)、芦苇(11.50)、盐爪爪(10.89)、鸦葱(17.80)
灌木群落	黑沙蒿群落	S <sub>22</sub>	黑沙蒿(27.11)、羊草(18.92)、沙地旋覆花(15.47 芦苇(16.95)
		S <sub>24</sub>	黑沙蒿(21.45)、芦苇(15.80)、苦豆子(12.95)、鹅绒藤(12.65)
	怪柳群落	S <sub>6</sub>	怪柳(22.11)、芦苇(20.39)、海乳草(11.26)、盐爪爪(16.90)
		S <sub>12</sub>	怪柳(13.81)、猪毛菜(31.48)、芦苇(27.15)、碱蓬(27.57)
	怪柳+白刺群落	S <sub>11</sub>	怪柳(14.49)、白刺(14.09)、猪毛菜(28.67)、芦苇(10.50)
		S <sub>7</sub>	红柳(13.61)、芦苇(18.97)、碱蓬(14.01)、风毛菊(11.24)
	红柳群落	S <sub>14</sub>	白刺(18.44)、黑沙蒿(13.47)、芦苇(25.06)、苦马豆(22.02)、苦豆子(16.42)
		S <sub>15</sub>	白刺(11.02)、黑沙蒿(14.96)、沙地旋覆花(17.23)、芨芨草(31.82)
	白刺+黑沙蒿群落	S <sub>19</sub>	白刺(11.15)、黑沙蒿(28.66)、沙地旋覆花(15.33)
		S <sub>21</sub>	白刺(14.52)、黑沙蒿(26.15)、沙地旋覆花(59.33)
	白刺群落	S <sub>17</sub>	白刺(13.73)、羊草(44.53)、苦豆子(11.59)、风毛菊(15.51)、沙地旋覆花(12.07)
		S <sub>2</sub>	芦苇(12.41)、乳苣(13.06)、野决明(12.62)
草本群落	芦苇群落	S <sub>5</sub>	芦苇(16.54)、风毛菊(11.88)、碱蓬(10.95)
		S <sub>8</sub>	芦苇(34.52)、碱蓬(14.37)、风毛菊(11.89)
		S <sub>25</sub>	芦苇(18.72)、苍耳(16.26)、苦菜(12.52)、羊草(14.46)
		S <sub>18</sub>	羊草(44.78)、风毛菊(13.10)、芦苇(11.37)
	草本群落 2	S <sub>20</sub>	羊草(15.20)、芨芨草(21.65)
	草本群落 3	S <sub>16</sub>	羊草(27.55)、芨芨草(16.10)、苦豆子(12.88)
	草本群落 4	S <sub>13</sub>	羊草(20.74)、紫花苜蓿(28.07)、沙地旋覆花(12.82)
	草本群落 5	S <sub>10</sub>	苦豆子(10.51)、紫花苜蓿(14.48)、猪毛菜(16.39)、沙地旋覆花(15.14)
	草本群落 6	S <sub>9</sub>	紫花苜蓿(16.74)、沙地旋覆花(15.14)、碱蓬(16.97)
	草本群落 7		
	草本群落 8		

注:主要物种组成以重要值>10 为判别标准。

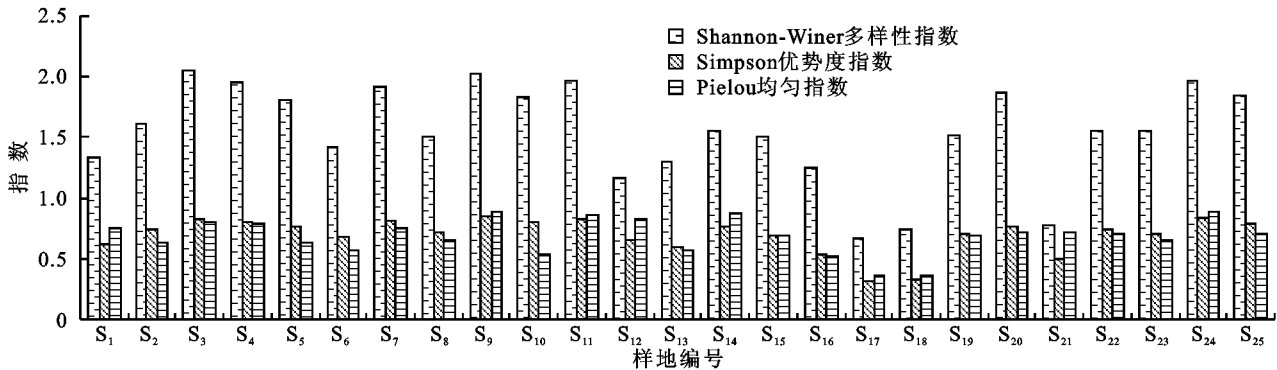


图 1 研究区各样地群落多样性指数

4 讨论与结论

通过野外调查和室内分析可知,研究区自然植被共 52 种,分属 17 科 45 属,以菊科为优势种,禾本科、豆科和藜科为亚优势种,群落类型以灌木群落为主,草本群落次之。研究区南部由于土壤性状及水分条件优越,群落多样性指数总体上高于北部,且变化幅度小。王君厚等<sup>[32]</sup>研究了中国林科院沙漠林业实验中心二场绿洲外围不同群落物种多样性,其结果表明绿洲外围植物群落以黑沙蒿群落、白刺+黑沙蒿群落为主,植物群落多样性指数变化范围为 0.603~2.984,均

匀度指数变化范围为 0.337~0.691,优势度指数变化范围为 0.195~0.724,研究结论与本文研究结果相似,近一步证明了绿洲在控制沙漠扩张及改善生态环境的积极作用。据沙漠林业中心老一辈科技工作人员介绍,研究区在未建绿洲防护林前,地表以流沙为主,植被稀少,盖度低,仅有零星可见的黑沙蒿或白刺沙包分布其间。因此,通过乌兰布和沙漠绿洲防护林建设,改善了绿洲边缘植物生长繁衍的自然条件,物种多样性有了极大提高且逐渐趋于稳定。

植物群落多样性研究方面,大部分学者选择调查样区时以优势植物作为划定研究样区的依据,本研究

在划分样区过程中,以研究区自然地理坐标围成的区域为不同研究样区,避免了人为主观影响,使调查数据更具有代表性。

从环境特征来看,影响研究区植物群落组成及分布特征的环境因子主要是地形、土壤性状及气候条件,其中,土壤含盐量是关键性因素。研究发现,在所调查的25个样地中,物种多样性较低的群落样地其共同特点是土壤盐碱化程度高,出现大量土壤盐碱化指示性植物,物种组成趋向单一。本论文在研究绿洲东缘群落结构及多样性时,未充分考虑植物生长的环境特征,只是从部分指示性植物的存在倒推出土壤盐碱化程度等环境特征,不能充分反映环境特征的变化对群落结构及物种多样性的影响以及植物群落对环境特征的改善效应,今后在此方面应加大研究力度。

#### 参考文献:

- [1] 司建华,冯起,常宗强,等.阿拉善雅布赖风沙区荒漠植物群落结构和物种多样性研究[J].西北植物学报,2011,31(3):602-608.
- [2] 黄忠良,孔国辉,何道泉.鼎湖山植物群落多样性的研究[J].生态学报,2000,20(2):193-198.
- [3] 王伯荪.植物群落学[M].北京:高等教育出版社,1987.
- [4] 马克平,黄建辉,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究Ⅱ.丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1995,15(3):268-277.
- [5] 张锦春,王继和,赵明,等.库姆塔格沙漠南缘荒漠植物群落多样性分析[J].植物生态学报,2006,30(3):375-382.
- [6] 钟彦龙,吕光辉,傅德平.克拉玛依植物群落物种多样性研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(6):127-131.
- [7] McNeely J A, Miller K R, Reid W V, 等.保护世界的生物多样性[M]//中国科学院生物多样性委员会.生物多样性译丛(一).北京:中国科学技术出版社,1992.
- [8] 郭树江,杨自辉,王多泽,等.民勤绿洲—荒漠过渡带植物物种多样性及其优势种群空间分布格局研究[J].水土保持研究,2011,18(3):92-96.
- [9] 刘鹏,马增旺,刑存旺,等.冀北沙漠化土地人工防风固沙林下植被物种多样性研究[J].河北农业大学学报,2013,36(2):23-29.
- [10] 王代懿,容丽,梅再美,等.喀斯特石漠化生态治理区结构与物种多样性研究[J].水土保持通报,2005,25(2):31-35.
- [11] 王妍,吴波,李小英,等.毛乌素沙地黑沙蒿群落不同演替阶段的物种多样性研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(2):167-172.
- [12] 杜茜,沈海亮,王季槐.宁夏荒漠草原植物群落结构和物种多样性研究[J].生态学杂志,2006,25(2):222-224.
- [13] 魏乐,耿森,宋乃平,等.宁夏荒漠草原植物群落物种多样性研究[J].宁夏大学学报:自然科学版,2013,34(4):347-350.
- [14] 汪超,王孝安,郭华,等.黄土高原马栏林区主要森林群落物种多样性研究[J].西北植物学报,2006,26(4):791-797.
- [15] 王国梁,刘国彬,侯喜禄.黄土高原丘陵沟壑区植被恢复重建后的物种多样性研究[J].山地学报,2002,20(2):182-187.
- [16] 茹文明,张金屯,毕润成,等.山西霍山森林群落林下物种多样性研究[J].生态学杂志,2005,24(10):1139-1142.
- [17] 胡淑萍,刘鹏举,高开通,等.北京九龙山自然保持区植物群落物种多样性分析[J].水土保持研究,2013,20(4):125-130.
- [18] 马玉娥,钱亦兵,段士民,等.艾比湖地区植被分布及物种多样性研究[J].干旱区研究,2012,29(5):776-783.
- [19] 鱼腾飞,冯起,司建华,等.黑河下游额济纳绿洲植物群落特征与物种多样性研究[J].西北植物学报,2011,31(5):1032-1038.
- [20] 韦翠珍,张佳宝,周凌云.黄河下游河滨湿地不同草本植物群落物种多样性研究[J].湿地科学,2012,10(1):58-64.
- [21] 杨元武,李希来,祁盛仓.江河源地区不同荒漠化草地物种多样性研究[J].青海大学学报,2005,23(3):42-45.
- [22] 何友均,崔国发,邹大林,等.三江源自然保护区主要森林群落物种多样性研究[J].林业科学研究,2007,20(2):241-245.
- [23] 马全林,郑庆中,贾举杰,等.乌兰布和沙漠沙蒿与黑沙蒿群落的物种组成与数量特征[J].生态学报,2012,32(11):3423-3431.
- [24] 韩胜利,叶冬梅,秦佳琪,等.乌兰布和沙漠白刺灌丛土壤水分及物理特性的研究[J].干旱区地理,2005,28(4):506-510.
- [25] 张德魁,马全林,靳虎甲,等.乌兰布和沙漠典型草本植物群落特征[J].中国农学通报,2011,27(4):53-59.
- [26] 靳虎甲,马全林,张德魁,等.乌兰布和沙漠典型灌木群落结构及数量特征[J].西北植物学报,2012,32(3):579-588.
- [27] 李清河,刘建锋,张景波,等.乌兰布和沙漠东北部8种沙生灌木生长季末期的光合生理特性[J].西北植物学报,2006,26(11):2318-2323.
- [28] 李清河,高婷婷,李慧卿,等.乌兰布和东北部几种白刺群落植物多样性研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(7):137-141.
- [29] 宋英春,李凤日.乌兰布和沙漠灌木种群空间格局研究[J].植物研究,2007,27(3):331-337.
- [30] 孙利鹏,王继和,王辉,等.乌兰布和沙漠天然梭梭种群径级结构及种群动态分析[J].甘肃农业大学学报,2012,47(2):110-114.
- [31] 朱守谦.贵州部分森林群落物种多样性初步研究[J].植物生态学与地植物学学报,1987,11(4):286-295.
- [32] 王君厚,周士威,任培政.乌兰布和沙漠东北边缘植物群落物种多样性及其生态环境[J].中国沙漠,1996,16(3):259-266.