

乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带 典型灌木群落及其多样性

宋兆斌¹, 罗凤敏², 马媛², 李星², 辛智鸣²

(1.中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091; 2.中国林业科学研究院 沙漠林业试验中心, 内蒙古 磴口 015200)

摘要: [目的] 研究乌兰布和沙漠—西鄂尔多斯荒漠草原生态过渡带典型灌木群落的多样性, 为该区生物多样性保护和生态环境建设提供理论依据。[方法] 通过重点精查的方式对该地区代表性群落类型设置样点进行植被调查, 分析了该过渡带主要灌木群落的类型、物种组成、群落特征和物种多样性。[结果] 该区共有 12 科 30 属 36 种植物。豆科、菊科、藜科和禾本科植物比例较高, 单种属较多。多年生草本和灌木居多, 以旱生植物为主。灌木群落包括分布在西鄂尔多斯荒漠草原的驼绒藜群落、霸王群落和四合木群落, 分布在乌兰布和沙漠的白刺群落、油蒿群落和沙冬青群落。西鄂尔多斯荒漠草原灌木群落的植株密度较高, 乌兰布和沙漠灌木群落的建群种重要值、盖度和地上生物量较高。西鄂尔多斯荒漠草原灌木群落的物种多样性普遍高于乌兰布和沙漠。大部分群落的相似性较低。[结论] 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带植物数量比较贫乏, 多年生草本和灌木是该区植物的主要部分, 植物旱生化明显, 西鄂尔多斯荒漠草原植物多样性变化幅度较小且保持在较高水平, 不同生境下群落相似性较低。

关键词: 乌兰布和沙漠; 西鄂尔多斯荒漠草原; 生态过渡带; 灌木群落; 物种多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)05-0065-08

中图分类号: Q948.1

文献参数: 宋兆斌, 罗凤敏, 马媛, 等. 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带典型灌木群落及其多样性 [J]. 水土保持通报, 2022, 42(5): 65-72. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.05.009; Song Zhaobin, Luo Fengmin, Ma Yuan, et al. Typical shrub communities and its diversity in Ulan Buh-Western Ordos steppe desert ecotone [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(5): 65-72.

Typical Shrub Communities and Its Diversity in Ulan Buh-Western Ordos Steppe Desert Ecotone

Song Zhaobin¹, Luo Fengmin², Ma Yuan², Li Xing², Xin Zhiming²

(1. Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China)

Abstract: [Objective] The diversity of typical shrub communities in the ecotone of the Ulan Buh-Western Ordos Steppe Desert was researched in order to provide a theoretical basis for protecting biodiversity and for ecological environment construction in the area. [Methods] A vegetation survey was carried out by setting up sample sites of representative community types in the area. The community types, species composition, community characteristics, and species diversity of the main shrub communities in the ecotone were analyzed. [Results] There were 12 families, 30 genera, and 36 species of plants in the area, among which there were more Fabaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, and Poaceae, and more single species. Plants were mainly composed of shrubs and perennial herbs. Most plants were xerophytes. The shrub communities included the *Krascheninnikovia ceratoides* community, the *Scarcozygium xanthoxylon* community, and the *Tetraena mongolica* community in the Western Ordos Steppe Desert, and the *Nitraria tangutorum* community, the *Artemisia ordosica* community, and the *Ammopiptanthus mongolicus* community in the Ulan Buh Desert. The plant density of the shrub community was higher in the Western Ordos Steppe Desert. The importance

收稿日期: 2022-03-15

修回日期: 2022-04-11

资助项目: 国家科技基础资源调查专项子课题“荒漠区生物多样性综合考察”(2019FY102002-5)

第一作者: 宋兆斌(1996—), 男(汉族), 山东省潍坊市人, 硕士研究生, 研究方向为荒漠生态学。Email: 1398962273@qq.com。

通信作者: 辛智鸣(1984—), 男(汉族), 内蒙古自治区杭锦旗人, 硕士, 高级工程师, 主要从事荒漠化防治研究。Email: xzmlkn@163.com。

value, coverage, and aboveground biomass of the shrub community were higher in the Ulan Buh Desert. The species diversity of the shrub communities in the Western Ordos Steppe Desert was generally higher than in the Ulan Buh Desert. The similarity of most communities was low. [Conclusion] The total number of plants in the Ulan Buh-Western Ordos Steppe Desert was relatively few. Perennial herbs and shrubs were the main types of plants in the ecotone. The plants exhibited obvious xerophytic characteristics. The variation range of plant diversity in the Western Ordos Steppe Desert was small and remained at a high level. Community similarity in different habitats was low.

Keywords: Ulan Buh Desert; the Western Ordos Steppe Desert; ecotone; shrub community; species diversity

物种多样性在生态系统生产力、稳定性、养分循环等方面发挥着重要作用^[1-2],是生态学研究的重点之一。植物多样性研究主要集中在植物的种类、植物群落特征和植物的分布等方面^[3]。在物种层次开展植物多样性研究不仅可以揭示植物群落的结构和功能,还可以反映环境的承载力^[4]。生态过渡带属于两种植被类型的过渡区域^[5]。该区域环境因子和植物群落都处于渐变的状态,其群落结构、功能及动态都相当复杂,对人类干扰和气候变化^[6]十分敏感。研究该地区植物群落多样性对于揭示群落的结构和功能都具有重要意义。

乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原生态过渡带是沙漠向荒漠草原过渡的地区,也是干旱区向半干旱区转换的过渡带^[7-8]。灌木群落是维持该地区多样性的重要组成部分。研究该地区典型灌木群落及其多样性不仅可以探究乌兰布和沙漠和西鄂尔多斯荒漠草原“边缘效应”对该地区灌木群落的影响,还可以为受气候变化^[9-11]和过度放牧等^[12-13]干扰背景下的干旱区植被资源有效保护提供参考价值。长期以来,学者们对乌兰布和沙漠和西鄂尔多斯荒漠草原开展了大量有关灌木群落多样性的研究。例如,对乌兰布和沙漠典型灌木群落的相关研究表明该沙漠中灌木群落内一年生草本占比较高,群落的盖度主要由灌木层决定,生境条件较好的灌木群落多样性更高^[8]。但该地区草本植物的组成种类较少,分布不均匀,普遍呈斑块化分布^[14]。且灌木群落中的一年生草本植物和多年生草本植物的种类易受年降水量的影响^[15]。西鄂尔多斯地区具有一定数量的单种属和寡种属,灌木是该区的建群种和优势种,灌木层和草本层的分化使该区植被稳定性较高^[7]。其次,该区的适生灌木,比如四合木(*Tetraena mongolica*)和沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)对改善当地的土壤质地和养分特征具有重要作用,是荒漠化防治的优良物种^[16]。目前有关研究主要在乌兰布和或西鄂尔多斯荒漠草原展开,在乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原生态过渡带开展植物多样性研究有助于全面理解乌兰布和沙漠和西鄂尔多斯荒漠草原植物多样性的特征和差异,进而补充整个地区的植物多样性保护和沙漠环境修

复的基础数据。鉴于此,本研究于2020年8月对乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带的典型灌木群落进行植被调查,旨在明确该过渡带的主要物种组成、群落类型和物种多样性,为乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原生态过渡带的生物多样性保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于乌兰布和沙漠东北部的磴口县和西鄂尔多斯荒漠草原西部的杭锦旗。磴口县年均降雨量为149.2 mm,年均温度为7.5℃,年均蒸发量为2 380.6 mm。杭锦旗年均降雨量为277.2 mm,年均温度为5.6℃,年均蒸发量为2 486.0 mm。土壤类型有粉砂黏土和风沙土等^[17-19]。植被以草原化荒漠和荒漠草原为主,优势灌木有驼绒藜(*Krascheninnikovia ceratoides*)、霸王(*Sarcozygium xanthoxylon*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)和沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)等,优势草本植物有猪毛菜(*Salsola collina*)、沙鞭(*Psammochloa villosa*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)和蒺藜(*Tribulus terrestris*)等^[20]。

1.2 植被调查

2020年8月,在对乌兰布和沙漠东北部的磴口县周边植被类型的初步考察的基础上,通过重点精查的方式对该地区分布范围较广的代表性植物群落设置了9个样地进行植被调查。每个样地均设3个重复样方。样方的大小根据植物群落的优势种的大小及分布方式而设定,样地和样方的具体信息见表1。本次调查记录了每个样地的经纬度、总盖度和总地上生物量,灌木的名称、株数、高度、冠幅、盖度和生物量,草本植物的名称、株数、高度和生物量。盖度采用网格目测法计算。灌木采用标准枝法测量地上生物量,剪下枝条带回实验室。草本植物地上生物量样方按物种将植株地上部分齐地面剪切,然后分别放于纸质信封中带回实验室。植物样品先放于烘箱中在105℃下进行0.5 h杀青处理,然后在65℃下烘干24 h至恒重,并用电子天平测量干质量(0.01 g)。GPS测得样地的经纬度。

表1 试验样地概况

编号	经度/(°)	纬度/(°)	所属地区	样方大小/m	建群种	主要伴生种
1	107.64	40.12	西鄂尔多斯	2×2	驼绒藜	蓍状亚菊、藏锦鸡儿
2	107.32	40.22	西鄂尔多斯	5×5	霸王	矮脚锦鸡儿、刺叶柄棘豆
3	107.10	40.26	西鄂尔多斯	5×5	四合木	长叶红砂、红砂
4	106.76	40.43	乌兰布和	10×10	白刺	油蒿、沙鞭、沙蓬
5	106.73	40.43	乌兰布和	10×10	白刺	油蒿、猪毛菜、沙蓬
6	106.93	40.32	乌兰布和	10×10	沙冬青	霸王、旱蒿、猪毛菜
7	106.94	40.26	乌兰布和	10×10	油蒿	沙鞭、沙蓬、雾冰藜
8	106.84	40.35	乌兰布和	10×10	油蒿	白刺、梭梭、沙蓬
9	106.26	40.49	乌兰布和	10×10	沙冬青	油蒿、旱蒿

1.3 植被特征分析

本试验参考《内蒙古植物志》^[21] 中的生活型和水分生态型分类方法。将植物生活型分为灌木、半灌木、多年生草本和一年生草本 4 种类型。将水分生态型分为强旱生、旱生、旱中生和中生植物 4 种类型。将 9 个样地根据建群种分为驼绒藜、霸王、四合木 (*Tetraena mongolica*)、白刺 (*Nitraria tangutorum*)、沙冬青和油蒿 6 个群落类型, 使用所有植物群落样方大小换算为 10 m×10 m 后的各项调查指标进行分析。采用群落建群种重要值^[22]、盖度、密度和地上生物量描述群落特征。采用 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 均匀度指数、Patrick 丰富度指数^[23] 和 Jaccard 相似性指数^[8] 描述不同植物群落的物种多样性及差异。具体计算方法见相关参考文献。

1.4 数据分析

本研究的数据整理和重要值计算在 Excel 2016 中完成。物种多样性指数和相似性指数有关计算使用 R 软件 (版本号: 4.0.2) 完成, 采用的工具包为 “vegan”。应用 SPSS 25 软件, 通过单因素方差分析比较不同群落的物种多样性指数差异是否显著。如果显著 ($p < 0.05$), 再通过最小显著差异法 (LSD) 分析不同群落之间的差异性。使用 Origin 2018 绘图。

2 结果与分析

2.1 植物组成、生活型和水分生态型

由表 2 可知, 本试验的 9 个样地内有植物 12 科 30 属 36 种。其中, 豆科 (7 种)、藜科 (7 种)、菊科 (6 种) 和禾本科 (4 种) 的植物较多。这四科植物占植物总数的 66.67%。锦鸡儿属有 3 种植物, 棘豆属、蒿属、红砂属和葱属 4 个属均有 2 种植物, 其他 31 个属均有 1 种植物。从生活型看, 该地区共有灌木 10 种, 半灌木 5 种, 多年生草本 13 种, 一年生草本 8 种 (表 2)。多年生草本和灌木的数量较多, 分别占植物总数的 36.11% 和 27.78%。从水分生态型看, 该地区共有强旱生植物 14 种, 旱生植物 19 种, 旱中生植物 2 种,

中生植物 1 种。旱生植物和强旱生植物数量较多, 分别占植物总数的 52.78% 和 38.89%。

由图 1 可知, 在局地尺度, 西鄂尔多斯荒漠草原西北部有灌木 6 种, 半灌木 4 种, 多年生草本 7 种, 一年生草本 2 种; 乌兰布和沙漠东北部沙漠有灌木 5 种, 半灌木 1 种, 多年生草本 6 种, 一年生草本 7 种。西鄂尔多斯荒漠草原有强旱生植物 9 种, 旱生植物 9 种, 旱中生植物 1 种; 乌兰布和沙漠东北部有强旱生植物 8 种, 旱生植物 8 种, 旱中生植物 2 种, 中生植物 1 种。

由图 2 可知, 不同群落间的植物生活型和生态型构成具有较大差异。从生活型来看, 驼绒藜群落和霸王群落的多年生草本所占比例最高, 分别为 56% 和 33%。四合木群落的灌木比例最高, 为 44%。白刺和油蒿群落中的一年生草本比例最高, 分别为 57% 和 43%。沙冬青群落中的一年生草本和多年生草本均占有较高比例, 均为 36%。从水分生态型来看, 驼绒藜、白刺、沙冬青和油蒿群落的旱生植物比例最高, 分别为 78%、86%、43% 和 71%。四合木群落的强旱生植物比例最高, 为 56%。霸王群落的强旱生植物和旱生植物均占有较高比例, 均为 44%。

2.2 灌木群落特征

由表 3 可知, 分布在乌兰布和沙漠的灌木群落建群种的重要值普遍较高。最高的白刺为 0.31, 最低沙冬青为 0.11。西鄂尔多斯荒漠草原重要值最高的霸王群落为 0.12, 最低的为四合木为 0.08。乌兰布和沙漠群落盖度最高的油蒿群落为 20%, 最低的白刺群落为 6%。西鄂尔多斯荒漠草原盖度最高的驼绒藜群落为 15%, 最低的四合木群落为 6%。乌兰布和沙漠密度最高的白刺群落为 2.73 株/m², 最低的为油蒿群落为 0.30 株/m²。西鄂尔多斯荒漠草原密度最高的驼绒藜群落为 17.17 株/m², 最低的为油蒿群落为 2.12 株/m²。乌兰布和沙漠生物量最高的油蒿群落为 348.33 g/m², 最低的白刺群落为 37.12 g/m²。西鄂尔多斯荒漠草原生物量最高的四合木群落为 186.11 g/m², 最低的驼绒藜群落为 114.52 g/m²。

表 2 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带植物的组成

物种	拉丁文学名	科名	属名	生活型	生态型
猫头刺	<i>Oxytropis aciphylla</i>	豆科 (Fabaceae)	棘豆属 (<i>Oxytropis</i>)	SS	S-X
内蒙古棘豆	<i>Oxytropis neimonggolica</i>	豆科 (Fabaceae)	棘豆属 (<i>Oxytropis</i>)	P	X
矮脚锦鸡儿	<i>Caragana brachypoda</i>	豆科 (Fabaceae)	锦鸡儿属 (<i>Caragana</i>)	S	S-X
藏锦鸡儿	<i>Caragana tibetica</i>	豆科 (Fabaceae)	锦鸡儿属 (<i>Caragana</i>)	S	X
柠条锦鸡儿	<i>Caragana korshinskii</i>	豆科 (Fabaceae)	锦鸡儿属 (<i>Caragana</i>)	S	X
沙冬青	<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	豆科 (Fabaceae)	沙冬青属 (<i>Ammopiptanthus</i>)	S	S-X
乳白黄耆	<i>Astragalus galactites</i>	豆科 (Fabaceae)	黄芪属 (<i>Astragalus</i>)	P	X
猪毛菜	<i>Salsola collina</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	猪毛菜属 (<i>Kali</i>)	A	X-M
盐生草	<i>Halogeton glomeratus</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	盐生草属 (<i>Halogeton</i>)	A	S-X
雾冰藜	<i>Bassia dasyphylla</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	雾冰藜属 (<i>Grubovia</i>)	A	X
驼绒藜	<i>Kraschenimikovia ceratoides</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	驼绒藜属 (<i>Kraschenimikovia</i>)	SS	S-X
梭梭	<i>Haloxyylon ammodendron</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	梭梭属 (<i>Haloxyylon</i>)	S	S-X
沙蓬	<i>Agriophyllum squarrosum</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	沙蓬属 (<i>Agriophyllum</i>)	A	X
蒙古虫实	<i>Corispermum mongolicum</i>	藜科 (Chenopodiaceae)	虫实属 (<i>Corispermum</i>)	A	X
油蒿	<i>Artemisia ordosica</i>	菊科 (Asteraceae)	蒿属 (<i>Artemisia</i>)	SS	X
旱蒿	<i>Artemisia xerophytica</i>	菊科 (Asteraceae)	蒿属 (<i>Artemisia</i>)	P	S-X
著状亚菊	<i>Ajania achilleoides</i>	菊科 (Asteraceae)	亚菊属 (<i>Ajania</i>)	SS	S-X
砂蓝刺头	<i>Echinops gmelinii</i>	菊科 (Asteraceae)	蓝刺头属 (<i>Echinops</i>)	A	X
蒙古鸦葱	<i>Scorzonera mongolica</i>	菊科 (Asteraceae)	鸦葱属 (<i>Takhtajaniantha</i>)	P	X-M
蒙疆苓菊	<i>Jurinea mongolica</i>	菊科 (Asteraceae)	苓菊属 (<i>Jurinea</i>)	P	S-X
无芒隐子草	<i>Cleistogenes songorica</i>	禾本科 (Poaceae)	隐子草属 (<i>Cleistogenes</i>)	P	X
沙鞭	<i>Psammochloa villosa</i>	禾本科 (Poaceae)	沙鞭属 (<i>Psammochloa</i>)	P	X
沙生针茅	<i>Stipa glareosa</i>	禾本科 (Poaceae)	针茅属 (<i>Stipa</i>)	P	X
三芒草	<i>Aristida adscensionis</i>	禾本科 (Poaceae)	三芒草属 (<i>Aristida</i>)	A	X
四合木	<i>Tetraena mongolica</i>	蒺藜科 (Zygophyllaceae)	四合木属 (<i>Tetraena</i>)	S	S-X
蝎虎驼蹄瓣	<i>Zygophyllum mucronatum</i>	蒺藜科 (Zygophyllaceae)	驼蹄瓣属 (<i>Zygophyllum</i>)	P	S-X
霸王	<i>Scarcozygium xanthoxylon</i>	蒺藜科 (Zygophyllaceae)	霸王属 (<i>Scarcozygium</i>)	S	S-X
长叶红砂	<i>Reaumuria trigyna</i>	怪柳科 (Tamaricaceae)	红砂属 (<i>Hololachna</i>)	S	X
红砂	<i>Reaumuria soongarica</i>	怪柳科 (Tamaricaceae)	红砂属 (<i>Hololachna</i>)	S	S-X
蒙古韭	<i>Allium mongolicum</i>	百合科 (Liliaceae)	葱属 (<i>Allium</i>)	P	X
碱韭	<i>Allium polyrhizum</i>	百合科 (Liliaceae)	葱属 (<i>Allium</i>)	P	S-X
白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>	白刺科 (Nitrariaceae)	白刺属 (<i>Nitraria</i>)	S	X
地锦草	<i>Euphorbia humifusa</i>	大戟科 (Euphorbiaceae)	大戟属 (<i>Euphorbia</i>)	A	M
远志	<i>Polygala tenuifolia</i>	远志科 (Polygalaceae)	远志属 (<i>Polygala</i>)	P	X
银灰旋花	<i>Convolvulus ammannii</i>	旋花科 (Convolvulaceae)	旋花属 (<i>Convolvulus</i>)	P	X
灰毛庭芥	<i>Ptilotrichum canescens</i>	十字花科 (Brassicaceae)	庭芥属 (<i>Alyssum</i>)	SS	X

注释: ①生活型中 A 为年生草本, P 为多年生, S 为灌木, SS 为半灌木; ②生态型中 S-X 为强旱生, X 为旱生, X-M 为旱中生, M 为中生。

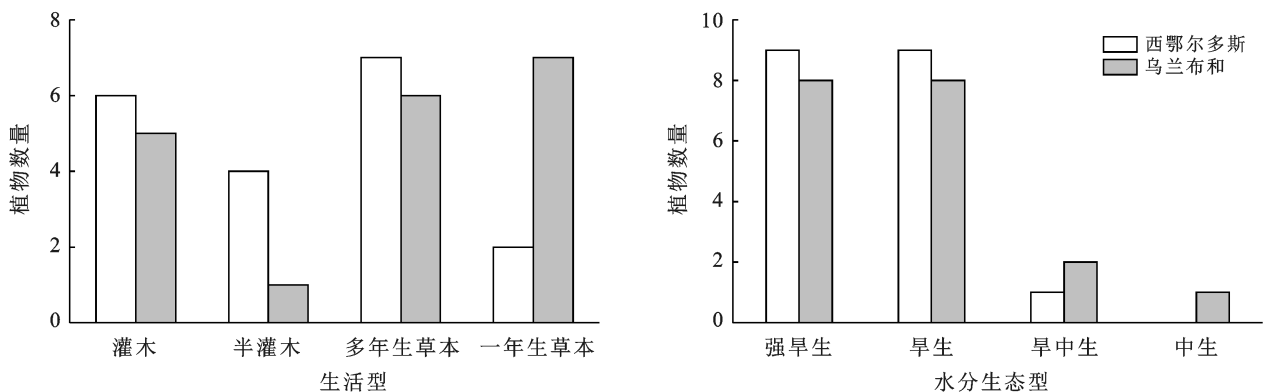


图 1 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带植物的生活型和水分生态型

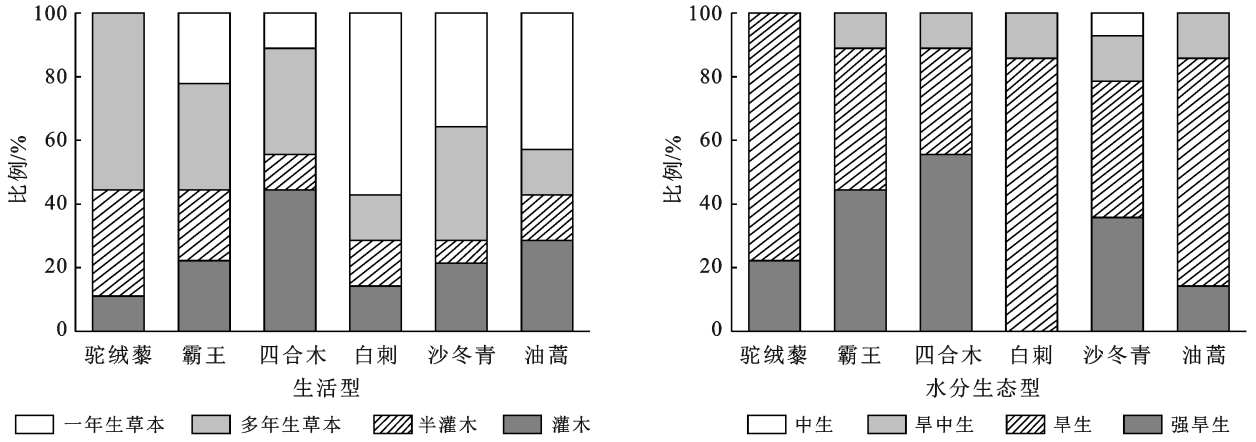


图2 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带灌木群落的生活型和水分生态型

表3 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带灌木群落的群落特征

群落类型	所属沙漠	建群种重要值	盖度/%	密度/(株·m ⁻²)	地上生物量/(g·m ⁻²)
驼绒藜	库布齐	0.10	15.00	17.17	114.52
霸王	库布齐	0.12	9.00	3.37	186.00
四合木	库布齐	0.08	6.00	2.12	186.11
白刺	乌兰布和	0.31	8.00	2.73	37.12
沙冬青	乌兰布和	0.11	13.00	1.76	263.73
油蒿	乌兰布和	0.24	20.00	0.30	348.33

2.3 灌木群落的多样性及相似性

由图3可知,该地区不同群落间的物种多样性存

在不同程度的差异。分布在西鄂尔多斯荒漠草原的3个灌木群落的多样性指数差异不显著。

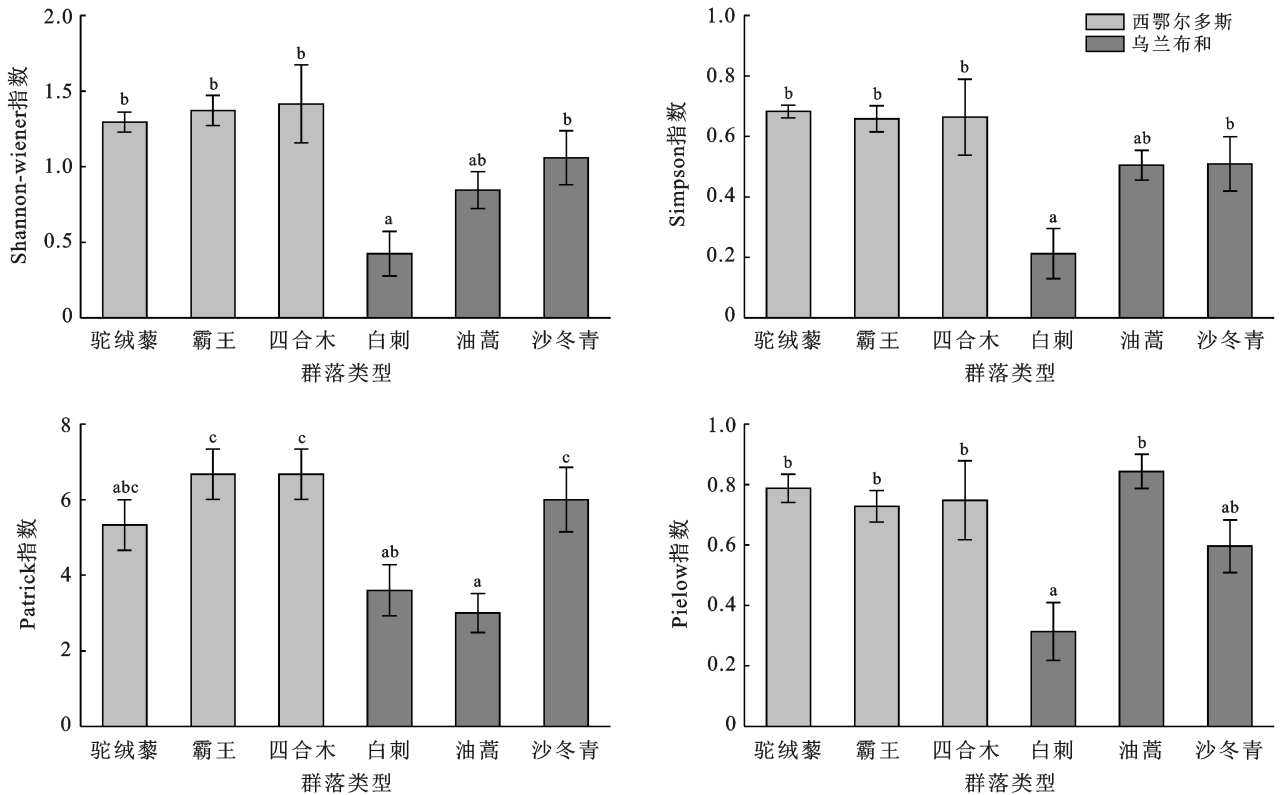


图3 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带不同灌木群落的物种多样性指数

分布在乌兰布和沙漠的白刺油蒿和沙冬青群落差异显著 ($p < 0.05$)。乌兰布和沙漠的白刺群落的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数显著 ($p < 0.05$) 低于沙冬青群落和西鄂尔多斯荒漠草原的驼绒藜群落、霸王群落和四合木群落。乌兰布和沙漠油蒿群落的 Patrick 指数显著 ($p < 0.05$) 低于沙冬青群落和西鄂尔多斯荒漠草原的霸王和四合木群落。乌兰布和沙漠白刺群落的 Pielow 指数显著 ($p < 0.05$) 低于油蒿群落和西鄂尔多斯荒漠草原的驼绒藜群落、霸王群落和四合木群落。

由表 4 得知, 6 种灌木群落间的 Jaccard 相似性指数范围为 0.00~0.75。其中大部分灌木群落类型间的物种相似性降低。分布在乌兰布和沙漠东北部的白刺群落和油蒿群落极其相似, 相似性指数为 0.75。分布在西鄂尔多斯荒漠草原的霸王群落与四合木群落中度相似, 相似性指数为 0.35。其他群落间均轻度相似或不相似。

表 4 乌兰布和一西鄂尔多斯荒漠草原的过渡带不同灌木群落的相似性指数

群落类型	相似性指数					
	驼绒藜	霸王	四合木	白刺	油蒿	沙冬青
沙冬青	0.00	0.08	0.04	0.22	0.16	1.00
油蒿	0.00	0.06	0.06	0.75	1.00	
白刺	0.00	0.04	0.06	1.00		
四合木	0.24	0.35	1.00			
霸王	0.11	1.00				
驼绒藜	1.00					

3 讨论

3.1 过渡带物种组成、生活型和水分生态型

本次植被调查记录到乌兰布和一西鄂尔多斯荒漠草原过渡带有植物 36 种, 隶属于 12 科, 30 属。其中, 豆科、藜科、菊科和禾本科的植物较多。乌兰布和沙漠植物物种区系以菊科、藜科、豆科和禾本科为主^[24]。西鄂尔多斯地区植物以菊科、禾本科、藜科和豆科为主^[25]。这反映了该区植物组成深受乌兰布和与西鄂尔多斯地区植物区系的影响。该区植物属内物种为 1~3 种且以单种属居多, 反映了该区植物多样性较低。对乌兰布和沙漠东北部荒漠—绿洲生态过渡带的荒漠植被带、沙漠和人工绿洲进行调查发现 54 种植物^[26]; 毛乌素沙地—荒漠草原生态过渡带自流动沙丘开始, 经过固定半固定沙地、盐化丘间低地到缓坡丘陵梁地共调查到 43 种植物^[27]。该过渡带物种组成相对贫乏, 这是因为本次调查的景观类型(草原化荒漠)单一, 生境类型(覆土沙地、沙地和盐化沙地)相对较少。

过渡带的植物生活型以多年生草本和灌木居多, 多年生植物层片作为草原成分占比较高, 反映了该区的草原化特征^[28]。水分生态型以旱生和强旱生植物为主, 与该地区干旱气候特征相吻合^[29]。从局地尺度分析, 西鄂尔多斯荒漠草原灌木群落中灌木、半灌木和多年生草本比例较高。乌兰布和沙漠灌木群落中一年生草本比例较高。有效水分是影响荒漠区植物分布的重要因素, 比如生物因素^[30](植物生活策略等)和非生物因素(年降水量、土壤性质、距水源距离等)都会对水分利用方式有深刻影响^[31-33]。西鄂尔多斯荒漠草原距离黄河较近, 稳定的水分补给使群落内优势层片生长较好。乌兰布和沙漠植物的水分主要来自降水, 所以利用深层地下水生长的灌木^[31]和依赖降水生长的一年生草本较多^[30]。两个区域的灌木群落均以强旱生植物和旱生植物占比较高, 这说明所调查的灌木群落对于当地的干旱气候具有较强的适应能力, 稳定性较高。

3.2 过渡带灌木群落特征

乌兰布和沙漠灌木群落建群种的重要值普遍比西鄂尔多斯荒漠草原高, 灌木在土壤养分和水分较高的生境内优势度会降低^[32]。白刺作为建群种的重要值最高为 0.31。白刺作为匍匐性小灌木, 具有抗旱、耐盐等特点^[34], 且作为克隆植物萌生能力较强^[35]。所以白刺在群落内具有较高的优势度。而四合木作为建群种的重要值最低为 0.08。四合木群落内强旱生灌木的占比较高, 其优势度受到群落内其他灌木的限制。乌兰布和沙漠灌木群落的盖度相对高于西鄂尔多斯荒漠草原。灌木层相对稳定、变率小是植被盖度的决定成分^[8], 乌兰布和沙漠群落内灌木分布较多, 使群落的盖度保持在较高水平。西鄂尔多斯荒漠草原灌木群落植株密度较高, 这是因为该区毗邻黄河, 水分条件利于草本生长。灌木群落的生物量主要由灌木层决定, 不同灌木类型的群落生物量差别较大。油蒿群落的生物量最高为 348.33 g/m², 白刺群落的生物量最低为 37.12 g/m²。这符合质量比假说的描述, 群落的大部分生态系统功能由优势种的属性决定^[36]。

3.3 过渡带灌木群落多样性及相似性

灌木群落间的多样性存在不同程度的差异。在区域尺度, 西鄂尔多斯荒漠草原的植物群落多样性普遍高于乌兰布和沙漠植物多样性。水分梯度是影响该区植物多样性影响分布的重要因素。本次调查的西鄂尔多斯荒漠草原灌木群落靠近黄河, 黄河是该区地下水补给的主要水源^[37], 稳定的地下水补给有利于植物生长。塔里木河荒漠—绿洲过渡带的植物群

落多样性的研究也表明由绿洲内部到荒漠区植物群落的多样性呈降低趋势,地下水埋深是影响该区植物多样性的主要因素^[38]。在局地尺度,西鄂尔多斯荒漠草原的3种灌木群落多样性指数差异均不显著,这是因为这3种灌木群落均分布在覆土沙地,生境异质性较低。乌兰布和沙漠白刺群落的多样性显著低于油蒿群落和沙冬青群落。一方面是因为白刺群落分布在盐化沙地中,生境条件严酷。生境异质性可以通过调控土壤机械组成、土壤有机质和全氮等因素影响植物多样性^[39-40]。乌兰布和沙漠绿洲东缘盐碱化程度高的灌木群落多样性也较低^[41]。另一方面白刺的聚集型生长格局会限制群落内其他植物的生长,使群落多样性较低。乌兰布和沙漠东北部的白刺群落以沙包形式生长会限制其他植物生长,使群落多样性较低^[42]。

大部分灌木群落间相似性存在较大差异。西鄂尔多斯荒漠草原的灌木群落与乌兰布和沙漠灌木群落间相似性较低,这是因为两个区域的环境因素差异较大。乌兰布和沙漠东北部的白刺群落和油蒿群落极其相似,这是因为两个群落分布在生境差异较小的沙地。西鄂尔多斯荒漠草原的霸王群落与四合木群落中度相似,这是因为两个群落的分布在生境差异较小的覆土沙地。乌兰布和沙漠的有关研究也表明分布在相同生境的沙冬青和梭梭群落相似度较高,而分布在流动沙丘的沙蒿和分布在盐碱地的盐爪爪群落相似度较低^[8]。可见,生境差异对于灌木群落的相似性具有重要影响。

4 结论

(1) 乌兰布和—西鄂尔多斯荒漠草原过渡带有植物36种,隶属于12科,30属,植物相对贫乏。植物组成深受乌兰布和与西鄂尔多斯地区植物区系的影响,以菊科、藜科、豆科和禾本科为主。单种属较多,表明该区植物多样性较低。植物以多年生草本和灌木居多,它们是维持该区植物多样性的主要成分;水分生态型以旱生和强旱生植物为主,植物旱生化明显。

(2) 典型灌木群落包括驼绒藜群落、霸王群落、四合木群落、白刺群落、油蒿群落和沙冬青群落6个类型。不同灌木群落的特征差较大,白刺群落的中优势种重要值较高为0.31;油蒿群落的盖度和生物量较高,分别为20%和348.33 g/m²;驼绒藜群落的密度最高为17.17株/m²。群落特征差异与不同群落内的建群种和优势种类型以及生境条件等密切相关。

(3) 灌木群落间多样性差异较大。西鄂尔多斯

荒漠草原的植物群落的物种多样性较高且群落间变化幅度较小;而乌兰布和沙漠群落的物种多样性较低且群落间的变化幅度较大。该区植物多样性在区域尺度主要受水分分布的影响,在局地尺度主要受生境条件的影响。

(4) 该过渡带的灌木群落相似性范围为0.00~0.75,白刺群落和油蒿群落相似度最高为0.75,其他群落的相似性较低,不同群落间的生境差异是群落相似性较低的主要因素。

[参 考 文 献]

- [1] Tilman D, Isbell F, Cowles J M. Biodiversity and ecosystem functioning [J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2014, 45: 471-493.
- [2] Aubree F, David P, Jarne P, et al. How community adaptation affects biodiversity-ecosystem functioning relationships [J]. *Ecology Letters*, 2020, 23(8): 1263-1275.
- [3] 刘德团, 马永鹏. 植物多样性监测研究进展[J]. *应用生态学报*, 2020, 31(2): 667-673.
- [4] 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 等. 科尔沁沙质草地群落物种多样性、生产力与土壤特性的关系[J]. *环境科学*, 2007, 28(5): 945-951.
- [5] 陈旭东, 陈仲新, 赵雨兴. 鄂尔多斯高原生态过渡带的判定及生物群区特征[J]. *植物生态学报*, 1998, 22(4): 312.
- [6] 岳喜元, 左小安, 常学礼, 等. 内蒙古典型草原与荒漠草原 NDVI对气象因子的响应[J]. *中国沙漠*, 2019, 39(3): 25-33.
- [7] 王乐, 赵利清, 陈育, 等. 西鄂尔多斯草原化荒漠植物群落多样性[J]. *干旱区研究*, 2015, 32(2): 258-265.
- [8] 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.
- [9] 马爱华, 岳大鹏, 赵景波, 等. 近60 a来内蒙古极端降水时空变化及其影响[J]. *干旱区研究*, 2020, 37(1): 74-85.
- [10] 闫昕昉, 张强, 张文波, 等. 泛中亚干旱区气候变化特征分析[J]. *干旱区研究*, 2021, 38(1): 1-11.
- [11] 申露婷, 张方敏, 黄进, 等. 1961—2018年内蒙古生长季昼夜降水气候特征[J]. *干旱区研究*, 2020, 37(6): 1519-1527.
- [12] 祁正超, 常佩静, 李永善, 等. 放牧对荒漠灌丛草地土壤团聚体组成及其稳定性的影响[J]. *干旱区研究*, 2021, 38(1): 87-94.
- [13] 赵生龙, 左小安, 张铜会, 等. 乌拉特荒漠草原群落物种多样性和生物量关系对放牧强度的响应[J]. *干旱区研究*, 2020, 37(1): 168-177.
- [14] 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.
- [15] 黄雅茹, 辛智鸣, 郝玉光, 等. 乌兰布和沙漠降水量对典型灌木群落结构及多样性的影响[J]. *水土保持通报*, 2015, 35(4): 79-84.

- [16] 董雪, 迟悦春, 许德浩, 等. 西鄂尔多斯荒漠灌丛土壤粒径分形特征与养分的耦合关系[J]. 草业科学, 2020, 37(12): 2403-2413.
- [17] 李艳龙, 孙虎, 王贵平. 近 34 年来内蒙古杭锦旗气候变化的主要特点分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 71-76.
- [18] 厉静文, 郭浩, 吕永军, 等. 磴口县引种胡杨的生长规律及其评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 97-104.
- [19] 于强, 岳德鹏, 张启斌, 等. 磴口县景观格局演变特征及生态网络构建[J]. 中国沙漠, 2017, 37(3): 601-609.
- [20] 曲艳, 李青丰. 磴口县不同生境条件下的群落结构及多样性变化[J]. 草原与草业, 2019, 31(3): 18-27.
- [21] 赵一之, 赵利清, 曹瑞. 内蒙古植物志[M]. 3 版. 内蒙古呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2019.
- [22] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 15-17.
- [23] 赵丽娅, 钟韩珊, 赵美玉, 等. 围封和放牧对科尔沁沙地群落物种多样性与地上生物量的影响[J]. 生态环境学报, 2018, 27(10): 1783-1790.
- [24] 张锦春, 刘长仲, 姚拓, 等. 乌兰布和沙漠天然植物区系特征及地理成分分析[J]. 草原与草坪, 2013, 33(1): 29-33.
- [25] 包萨如拉, 赵利清, 朴顺姬, 等. 西鄂尔多斯维管植物区系特征分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 428-436.
- [26] 张瑞, 刘芳, 郝玉光, 等. 乌兰布和东北部荒漠—绿洲生态交错带植被特征及其群落多样性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(7): 196-200.
- [27] 许冬梅, 刘彩凤, 谢应忠, 等. 毛乌素沙地南缘生态过渡带植物多样性的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(3): 153-157.
- [28] 何明珠, 张志山, 李小军, 等. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释(II): C_4 植物组成、分布特征与环境的关系[J]. 中国沙漠, 2010, 30(1): 57-62.
- [29] 何明珠. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释(III): 植物功能群多样性对环境因素的响应[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 278-286.
- [30] 张景光, 王新平, 李新荣, 等. 荒漠植物生活史对策研究进展与展望[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 306-314.
- [31] Li Xinrong, Zhang Zhishan, Zhang J G, et al. Association between vegetation patterns and soil properties in the southeastern tengger desert, China [J]. Arid Land Research and Management, 2004, 18(4): 369-383.
- [32] El-Ghani M M A, Amer W M. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of Southern Sinai, Egypt [J]. Journal of Arid Environments, 2003, 55(4): 607-628.
- [33] Parker K C. Topography, substrate, and vegetation patterns in the Northern Sonoran desert [J]. Journal of Biogeography, 1991, 18(2): 151.
- [34] 董雪, 辛智鸣, 鲍芳, 等. 模拟降雨格局变化下白刺 (*Nitraria tangutorum*) 表型变异[J]. 中国沙漠, 2019, 39(1): 127-134.
- [35] 周资行, 李真, 焦健, 等. 腾格里沙漠南缘唐古特白刺克隆分株生长格局及枝系构型分析[J]. 草业学报, 2014, 23(1): 12-21.
- [36] Grime J P. Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and founder effects [J]. Journal of Ecology, 1998, 86(6): 902-910.
- [37] 黄元, 岳德鹏, 于强, 等. 磴口县地表水与地下水时空变化特征及交互作用[J]. 中国沙漠, 2019, 39(1): 161-170.
- [38] 周洪华, 陈亚宁, 李卫红. 塔里木河下游绿洲—荒漠过渡带植物多样性特征及优势种群分布格局[J]. 中国沙漠, 2009, 29(4): 688-696.
- [39] 何明珠, 张志山, 李小军, 等. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释(I): 典型荒漠植被分布格局的环境解释[J]. 中国沙漠, 2010, 30(1): 46-56.
- [40] 闫建成. 阿拉善荒漠植被空间格局及其形成机制[D]. 内蒙古呼和浩特: 内蒙古大学, 2012.
- [41] 杨光, 郝玉光, 包斯琴, 等. 乌兰布和沙漠绿洲东缘植被群落结构及物种多样性研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(3): 257-261.
- [42] 李清河, 高婷婷, 李慧卿, 等. 乌兰布和沙漠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.

(上接第 64 页)

- [32] Folk R L, Ward W C. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters [J]. Journal of Sedimentary Research, 1957, 27(1): 3-26.
- [33] 苏志珠, 梁爱民, 马义娟, 等. 库姆塔格沙漠典型线形沙丘粒度特征[J]. 中国沙漠, 2016, 36(4): 877-884.
- [34] Visher G S. Grain size distributions and depositional processes [J]. Journal of Sedimentary Research, 1969, 39: 1074-1106.
- [35] 魏怀东, 徐先英, 王继和, 等. 库姆塔格沙漠沙丘的粒度特征[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3): 6-9.
- [36] 于禄鹏, 赖忠平, 安萍. 柴达木盆地中部与西南部古沙丘的光释光年代学研究[J]. 中国沙漠, 2013, 33(2): 453-462.
- [37] Cooper W S. Coastal sand dunes of Oregon and Washington [J]. Geological Society of America, 1958.
- [38] 吴正. 塔克拉玛干沙漠成因的探讨[J]. 地理学报, 1981, 36(3): 280-291.
- [39] 刘英姿. 腾格里沙漠中格状沙丘形态及成因研究[D]. 陕西 西安: 陕西师范大学, 2013.
- [40] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.