

宋兆斌,辛智鸣,朱雅娟.内蒙古荒漠-草原过渡带灌木群落特征[J].中国沙漠,2022,42(2):104-112.

内蒙古荒漠-草原过渡带灌木群落特征

宋兆斌¹,辛智鸣²,朱雅娟¹

(1.中国林业科学研究院荒漠化研究所/生态保护与修复研究所,北京 100091; 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:荒漠-草原过渡带是草原逐渐被荒漠取代的区域。沿阿拉善左旗-乌拉特后旗调查灌木群落,分析植物群落的结构和物种多样性,以期为生物多样性保育提供理论依据。结果表明:该荒漠-草原过渡带有62种植物,隶属于18科、47属,禾本科、藜科、豆科和菊科的植物较多。植物主要由灌木和多年生草本构成,以旱生植物为主,主要包括红砂(*Reaumuria soongarica*)群落、霸王(*Sarcozygium xanthoxylon*)群落、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)群落、白刺(*Nitraria tangutorum*)群落和旱蒿(*Artemisia xerophytica*)等群落。草原化荒漠植物群落的建群种重要值和生物量较高;荒漠草原植物群落的盖度和密度较高;草原化荒漠沙冬青群落和红砂群落的多样性和草本层多样性较高,红砂群落灌木层多样性较高;荒漠草原的霸王群落多样性最高,红砂群落草本层多样性最高。不同群落间相似性较低。建议重点保护具有建群和“沃岛效应”的灌木群落,同时重视多年生草本植物对维持荒漠-草原过渡带植物多样性的作用。

关键词:生态过渡带;物种多样性;红砂;霸王

文章编号:1000-694X(2022)02-104-09

DOI:10.7522/j.issn.1000-694X.2021.00128

中图分类号:Q948.11

文献标志码:A

0 引言

群落物种多样性可以反映群落结构和功能^[1]。研究群落的物种多样性除了能够明确其物种组成、结构和功能,还可以探索不同群落间生物和环境的相互作用及变化,对于植物资源保护、群落演替和脆弱生态环境修复等具有重要的作用^[2]。目前,气候变化,特别是气候变暖和降水格局变化已经对植物多样性产生了深刻影响,植物多样性降低必然会影 响生态系统稳定性。虽然现在对不同尺度、不同生态系统的植物多样性展开了大量研究,但对于生态过渡带的关注仍旧较少^[3]。生态过渡带属于两种植被类型的过渡区域^[4],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十分敏感。

目前,在干旱区和半干旱区生态过渡带的研究对象以绿洲-荒漠过渡带为主,研究内容包括群落物种组成、多样性及其影响因素。例如,随着沙化

程度的增加,毛乌素沙地-荒漠草原生态过渡带群落中的灌木、半灌木及一年生草本植物逐渐增加,而多年生草本植物逐渐减少,同时物种多样性下降^[5]。民勤绿洲-荒漠过渡带植物群落的灌木层多样性趋于稳定,群落整体结构简单导致物种多样性低^[6]。荒漠-草原生态过渡带是从草原到荒漠的过渡区域,包括荒漠草原和草原化荒漠两个植被亚型,对于生物多样性保护、荒漠化防治和维护草原生态安全具有重要意义。但对该区域的多样性研究关注较少,仅集中在局地小尺度。例如,西鄂尔多斯草原化荒漠比荒漠草原群落间具有更高的 β 多样性,所以该地区群落类型更加多样化^[7]。放牧会改变乌拉特荒漠草原植物群落组成、结构和功能,调控群落结构和功能之间的关系^[8]。降水减少会降低乌拉特荒漠草原植物群落优势种碱韭和骆驼蓬等植物高度,氮添加和增加降水的交互效应显著提高了植物群落的优势种高度^[9]。

内蒙古高原位于亚洲中部的干旱区、半干旱区

收稿日期:2021-08-06; 改回日期:2021-09-30

资助项目:国家科技基础资源调查专项子课题(2019FY102002-4)

作者简介:宋兆斌(1996—),男,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事荒漠生态学研究。E-mail:ericcsong@qq.com

通信作者:朱雅娟(E-mail:zhuyj@caf.ac.cn)

和半湿润区,对于维持中国北方乃至整个东亚的生态稳定和生物多样性具有重要作用^[10]。1985年至今,内蒙古高原的草地受自然和人为因素影响,发生了严重的退化和生物多样性的丧失^[11-12]。荒漠-草原生态过渡带作为两个植被类型的转换区,对于气候变化^[13]和人类干扰都十分敏感,也是防治荒漠化和保护草地安全^[14]的重要生态屏障。鉴于此,本研究沿荒漠-草原样带进行植被调查,旨在明确过渡带植物群落的物种组成、物种多样性及其生物量,为荒漠-草原过渡带的生物多样性保护提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于内蒙古中西部乌兰布和沙漠与西鄂尔多斯荒漠草原和乌拉特荒漠草原的生态过渡带。植被调查的范围包括内蒙古自治区的阿拉善左旗、磴口县、杭锦旗和乌拉特后旗。该区属于温带大陆性季风气候,冬季寒冷干旱,夏季炎热干燥。年降水量从东南到西北逐渐降低。杭锦旗的年降水量平均为245 mm,阿拉善地区年降水量平均仅100 mm。大部分地区的无霜期为120—180 d,年平均气温自西南到东北逐渐降低,范围为3.8—7.6 °C,年潜在蒸发量2 300—3 300 mm。多年平均风速2.4—5 m·s⁻¹。主要土壤类型有风沙土、灰漠土、棕钙土和栗钙土^[2,15-18]。植被以草原化荒漠和荒漠草原为主,优势物种有沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)、蒙古扁桃(*Amygdalus mongolica*)、黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、霸王(*Sarcogygium xanthoxylon*)、红砂(*Reaumuria soongarica*)和旱蒿(*Artemisia xerophytica*)等灌木,以及短花针茅(*Stipa breviflora*)和碱韭(*Allium polyrhizum*)等多年生草本植物^[19-20]。

2 研究方法

2.1 植被调查

2020年7—8月,沿阿拉善左旗-乌拉特后旗设置样带,横跨草原化荒漠和荒漠草原。在样带上设置33个样点,每个样点设置3个相距50—100 m的样方。根据生境特征和群落组成确定样方面积,沙冬青等灌木为10 m × 10 m,红砂等小灌木为5 m × 5 m。样方内设置3个1 m × 1 m的小样方调查草本植物。记录每个样方内植物的名称、株数、高度、冠幅、盖度,测量地上生物量。植物的生活型和生态

型参考《内蒙古植被》^[19]和《内蒙古植物志》^[21]。同时,记录样方总盖度、总生物量及是否存在干扰等。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分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。植物样品在65 °C烘箱中烘干至恒重,并用电子天平测量干质量(0.01 g)。GPS测得样地的海拔和经纬度。

2.2 植被特征分析

采用重要值^[22]、Shannon-wiener指数、Simpson指数、Pielow均匀度指数、Patrick丰富度指数^[23]和Jaccard相似性指数^[24]描述不同植物群落的物种多样性特征。

2.3 数据分析

数据整理和重要值计算在Excel 2016中完成。草原化荒漠和荒漠草原的植被类型划分是根据样点的经纬度和中国科学院环境科学与数据中心网站提供的中国植被区划数据(<https://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=133>)在ArcGIS 10.8中完成。物种多样性指数使用R软件(版本号:4.0.2)计算,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($P < 0.05$)。如果显著,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。

3 结果

3.1 荒漠-草原过渡带植物组成

本次植被调查共调查到植物18科47属62种(表1)。其中,藜科(11种)、禾本科(11种)、豆科(9种)和菊科(8种)的植物较多。这4科植物占植物总数的62.90%。猪毛菜属、锦鸡儿属和黄芪属有3种植物,白刺属、红砂属、棘豆属、蒿属、亚菊属、驼蹄瓣属、旋花属、画眉草属和葱属9个属均有2种植物,其他35个属均为单种属。

从植物生活型看,灌木有15种,半灌木有13种,多年生草本有22种,一年生草本有12种(图1)。多年生草本和灌木比例较高,分别占植物总数的35.48%和24.19%。其中,草原化荒漠有灌木10种,半灌木8种,多年生草本15种,一年生草本10种。荒漠草原有灌木8种,半灌木9种,多年生草本12种,一年生草本9种。

表1 荒漠-草原过渡带植物的生活型和生态型

Table 1 Life form and ecological form of plants in the desert-steppe ecotone

物种	生活型	生态型	物种	生活型	生态型
白刺科(Nitrariaceae)			大戟科(Euphorbiaceae)		
骆驼蓬(<i>Peganum harmala</i>)	多年生P	旱生X	地锦草(<i>Euphorbia humifusa</i>)	一年生A	中旱生M-X
白刺(<i>Nitraria tangutorum</i>)	灌木S	旱生X	伞形科(Apiaceae)		
泡泡刺(<i>Nitraria sphaerocarpa</i>)	灌木S	旱生X	硬阿魏(<i>Ferula bungeana</i>)	多年生P	旱生X
怪柳科(Tamaricaceae)			远志科(Polygalaceae)		
长叶红砂(<i>Reaumuria trigyna</i>)	灌木S	旱生X	细叶远志(<i>Polygala wattersii</i>)	多年生P	旱生X
红砂(<i>Reaumuria soongarica</i>)	灌木S	旱生X	夹竹桃科(Apocynaceae)		
怪柳(<i>Tamarix chinensis</i>)	灌木S	旱中生X-M	鹅绒藤(<i>Cynanchum chinense</i>)	多年生P	旱生X
藜科(Chenopodiaceae)			禾本科(Poaceae)		
驼绒藜(<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>)	半灌木SS	强旱生S-M	稗(<i>Echinochloa crus-galli</i>)	一年生A	中生M
雾冰藜(<i>Bassia dasyphylla</i>)	一年生A	旱生X	沙鞭(<i>Psammochloa villosa</i>)	多年生P	旱生X
蒙古虫实(<i>Corispermum mongolicum</i>)	一年生A	旱生X	虎尾草(<i>Chloris virgata</i>)	一年生A	中生M
白茎盐生草(<i>Halopteron glomeratus</i>)	一年生A	强旱生S-M	狗尾草(<i>Setaria viridis</i>)	一年生A	中生M
珍珠猪毛菜(<i>Salsola passerina</i>)	半灌木SS	强旱生S-M	芨芨草(<i>Achnatherum splendens</i>)	多年生P	旱中生X-M
木本猪毛菜(<i>Salsola arbuscula</i>)	半灌木SS	强旱生S-M	无芒隐子草(<i>Cleistogenes songorica</i>)	多年生P	旱生X
松叶猪毛菜(<i>Salsola laricifolia</i>)	半灌木SS	强旱生S-M	沙生针茅(<i>Stipa glareosa</i>)	多年生P	旱生X
梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>)	灌木S	强旱生S-M	画眉草(<i>Eragrostis pilosa</i>)	一年生A	中生M
盐穗木(<i>Halostachys caspica</i>)	半灌木SS	旱生X	小画眉草(<i>Eragrostis minor</i>)	一年生A	中旱生M-X
盐爪爪(<i>Kalidium foliatum</i>)	半灌木SS	旱生X	三芒草(<i>Aristida adscensionis</i>)	一年生A	旱生X
沙蓬(<i>Agriophyllum squarrosum</i>)	一年生A	旱生X	芦苇(<i>Phragmites australis</i>)	多年生P	湿生Hy
豆科(Fabaceae)			菊科(Asteraceae)		
沙冬青(<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>)	灌木S	旱生X	黑沙蒿(<i>Artemisia ordosica</i>)	半灌木SS	旱生X
矮脚锦鸡儿(<i>Caragana brachypoda</i>)	灌木S	强旱生S-M	早蒿(<i>Artemisia xerophytica</i>)	半灌木SS	旱生X
毛刺锦鸡儿(<i>Caragana tibetica</i>)	灌木S	旱生X	灌木亚菊(<i>Ajania fruticulosa</i>)	半灌木SS	旱生X
柠条锦鸡儿(<i>Caragana korshinskii</i>)	灌木S	旱生X	蓍状亚菊(<i>Ajania achilleoides</i>)	半灌木SS	旱生X
刺叶柄棘豆(<i>Oxytropis aciphylla</i>)	半灌木SS	旱生X	砂蓝刺头(<i>Echinops gmelinii</i>)	多年生P	旱生X
砂珍珠豆(<i>Oxytropis racemosa</i>)	多年生P	旱生X	砂地旋覆花(<i>Inula salsoides</i>)	半灌木SS	旱生X
乳白黄芪(<i>Astragalus galactites</i>)	多年生P	旱生X	蒙古鸢葱(<i>Scorzonera mongolica</i>)	多年生P	旱生X
变异黄芪(<i>Astragalus variabilis</i>)	多年生P	中旱生M-X	蒙疆苓菊(<i>Jurinea mongolica</i>)	多年生P	中生M
塔落山竹子(<i>Corethroedendron lignosum</i> var. <i>laeve</i>)	灌木S	中旱生M-X	蒺藜科(Zygophyllaceae)		
旋花科(Convolvulaceae)			蝎虎驼蹄瓣(<i>Zygophyllum mucronatum</i>)	多年生P	旱生X
银灰旋花(<i>Convolvulus ammannii</i>)	多年生P	旱生X	霸王(<i>Zygophyllum xanthoxylon</i>)	灌木S	强旱生S-M
刺旋花(<i>Convolvulus tragacanthoides</i>)	灌木S	旱生X	四合木(<i>Tetraena mongolica</i>)	灌木S	旱生X
天门冬科(Asparagaceae)			蒺藜(<i>Tribulus terrestris</i>)	一年生A	中生M
戈壁天门冬(<i>Asparagus cochinchinensis</i>)	多年生P	旱生X	蔷薇科(Rosaceae)		
唇形科(Lamiaceae)			绵刺(<i>Potaninia mongolica</i>)	灌木S	强旱生S-M
冬青叶兔唇花(<i>Lagochilus ilicifolius</i>)	多年生P	旱生X	紫草科(Boraginaceae)		
石蒜科(Amaryllidaceae)			砂引草(<i>Tournefortia sibirica</i>)	多年生P	中旱生M-X
蒙古韭(<i>Allium mongolicum</i>)	多年生P	旱生X	十字花科(Cruciferae)		
碱韭(<i>Allium polyrhizum</i>)	多年生P	旱生X	灰毛庭芥(<i>Alyssum canescens</i>)	半灌木SS	旱生X

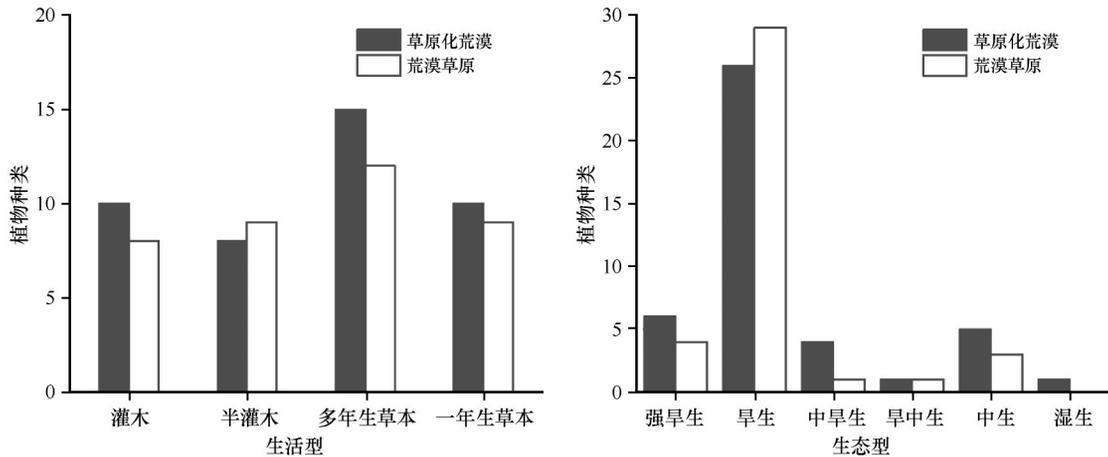


图 1 植物的生活型和生态型

Fig.1 The life form and ecological form of plants

从水分生态型看,强旱生植物有 9 种,旱生植物有 39 种,中旱生植物有 5 种,早中生植物有 2 种,中生植物有 6 种,湿生植物有 1 种(图 1)。旱生植物比例较高,占植物总数的 62.90%。其中,草原化荒漠有强旱生植物 6 种,旱生植物 26 种,中旱生植物 4 种,早中生植物 1 种,中生植物 5 种和湿生植物 1 种。荒漠草原有强旱生植物 4 种,旱生植物 29 种,中旱生和早中生植物各 1 种,中生植物 3 种。

此外,国家二级保护植物有 2 种,即沙冬青和绵刺(*Potaninia mongolica*)。

3.2 荒漠-草原过渡带优势群落特征

本次调查的草原化荒漠和荒漠草原优势灌木群落主要有霸王群落、白刺群落、红砂群落、沙冬青群落和早蒿群落。草原化荒漠群落建群种的重要

值大部分较高,最高的白刺为 0.39,最低沙冬青为 0.20。荒漠草原群落建群种重要值最高的红砂群落为 0.26,最低的早蒿群落为 0.10。草原化荒漠群落盖度最高的为霸王群落(16.33%)最低的为红砂群落(4.33%)。荒漠草原群落盖度最高的为早蒿群落(53.00%),最低的为霸王群落(9.33%)。草原化荒漠群落密度最高的为霸王群落(73.04 株·m⁻²),最低的为白刺群落(8.06 株·m⁻²)。荒漠草原群落密度最高的为早蒿群落(260.72 株·m⁻²),最低的为霸王群落(3.37 株·m⁻²)。草原化荒漠群落生物量最高的为霸王群落(273.48 g·m⁻²),最低的为红砂群落(19.32 g·m⁻²)。荒漠草原群落生物量最高的为霸王群落(186 g·m⁻²),最低的为红砂群落(69.02 g·m⁻²)。整体来看,草原化荒漠群落的建群种重要值和生物量较高,而荒漠草原群落的盖度和密度较高(表 2)。

表 2 灌木群落的群落特征

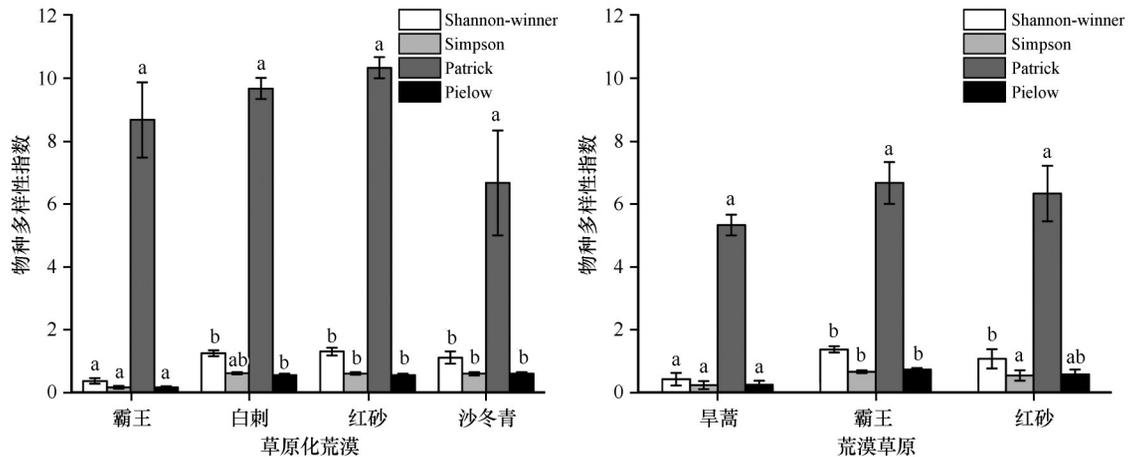
Table 2 Community characteristics of shrub communities

编号	植被类型	群落类型	伴生种	建群种重要值	盖度/%	密度/(株·m ⁻²)	生物量/(g·m ⁻²)
1	草原化荒漠	霸王	猫头刺、驼绒藜、骆驼蓬、雾冰藜	0.21	16.33	73.04	273.48
2	草原化荒漠	白刺	红砂、长叶红砂、骆驼蓬、盐生草	0.39	16.00	8.06	39.87
3	草原化荒漠	红砂	木本猪毛菜、珍珠猪毛菜、蒙古韭	0.26	4.33	11.68	19.32
4	草原化荒漠	沙冬青	刺旋花、猫头刺、蒙古韭、蒺藜	0.20	15.00	18.21	185.74
5	荒漠草原	早蒿	黑沙蒿、虎尾草、蒙古韭	0.10	53.00	260.72	69.44
6	荒漠草原	霸王	短脚锦鸡儿、无芒隐子草	0.20	9.33	3.37	186.00
7	荒漠草原	红砂	珍珠猪毛菜、雾冰藜	0.26	18.67	137.88	69.02

3.3 荒漠-草原过渡带优势群落多样性

草原化荒漠群落的 Shannon-winner、Simpson 和

Pielow 指数具有显著差异($P < 0.05$, 图 2)。沙冬青群落和红砂群落的 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数显著高于霸王群落($P < 0.05$)。白刺群落



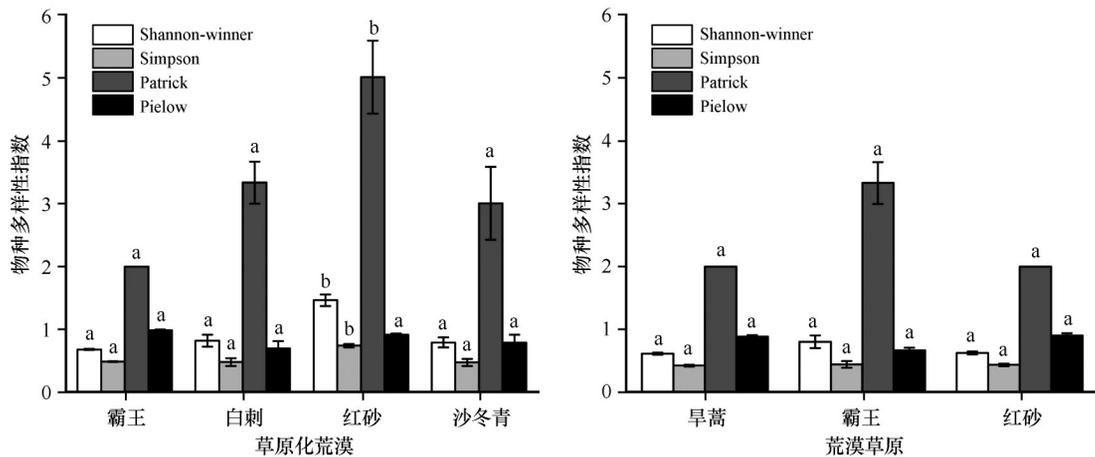
不同小写字母表示不同群落之间的相同指数差异显著($P < 0.05$)

图2 灌木群落多样性指数

Fig.2 Diversity indexes of shrub communities

的 Shannon-winner 和 Pielow 指数也显著高于霸王群落 ($P < 0.05$)。荒漠草原群落的 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数具有显著差异 ($P < 0.05$, 图2)。霸王群落的 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数显著高于旱蒿群落 ($P < 0.05$)。红砂群落的 Shannon-winner 指数显著高于旱蒿群落 ($P < 0.05$)。

草原化荒漠群落灌木层 Shannon-winner、Simpson 和 Patrick 指数具有显著差异 ($P < 0.05$, 图3)。草原化荒漠红砂群落的灌木层 Shannon-winner、Simpson 和 Patrick 指数显著高于其他灌木群落 ($P < 0.05$)。荒漠草原灌木层多样性指数差异均不显著 ($P > 0.05$, 图3)。



不同小写字母表示不同群落之间的相同指数差异显著($P < 0.05$)

图3 灌木群落灌木层多样性指数

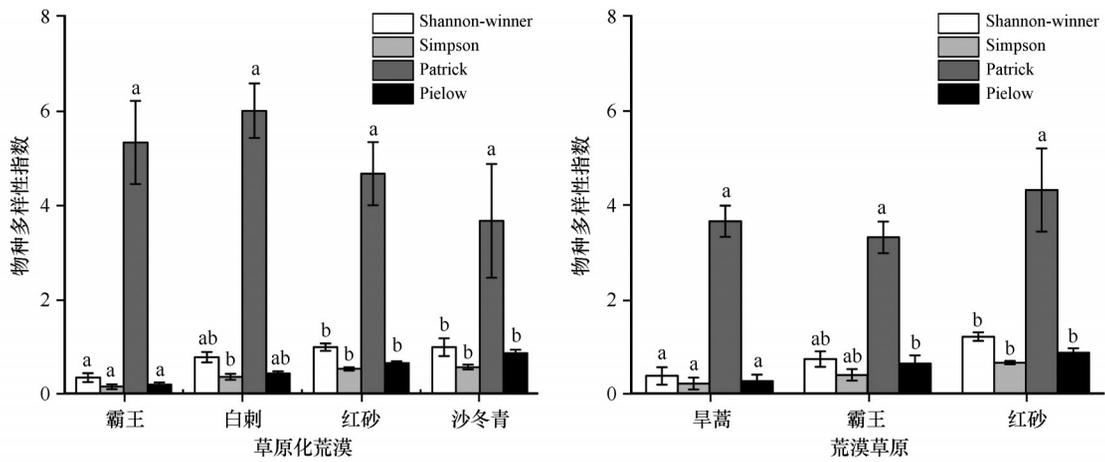
Fig.3 Shrub layer diversity indexes of shrub communities

草原化荒漠群落草本层 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数具有显著差异 ($P < 0.05$, 图4)。沙冬青群落和红砂群落的 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数显著高于霸王群落 ($P < 0.05$)。白刺群落的 Simpson 指数显著高于霸王群落 ($P < 0.05$)。荒漠草原群落草本层 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数具有显著差异 ($P < 0.05$, 图4)。红砂群落的 Shannon-winner、Simpson 和 Pielow 指数显著高于早

蒿群落 ($P < 0.05$)。霸王群落的 Pielow 指数显著高于旱蒿群落 ($P < 0.05$)。

3.4 不同灌木群落的相似性

灌木群落的 Jaccard 相似性指数为 0—0.300, 其中大部分灌木群落类型间的物种相似性存在较大差异(表3)。草原化荒漠的霸王群落与沙冬青群落的相似性最高, 为 0.300, 仅为轻度相似。荒漠草原



不同小写字母表示不同群落之间的相同指数差异显著 ($P < 0.05$)

图 4 灌木群落草本层多样性指数

Fig.4 Herbaceous layer diversity indexes of shrub communities

表 3 灌木群落相似性指数

Table 3 Similarity indexes of shrub communities

植被类型	群落	红砂	霸王	旱蒿	沙冬青	红砂	白刺	霸王
草原化荒漠	霸王	0.004	0.150	0.053	0.300	0.227	0.167	1.000
草原化荒漠	白刺	0.217	0.087	0.048	0.167	0.160	1.000	
草原化荒漠	红砂	0.125	0.043	0.105	0.174	1.000		
草原化荒漠	沙冬青	0.130	0.278	0.111	1.000			
荒漠草原	旱蒿	0.000	0.000	1.000				
荒漠草原	霸王	0.211	1.000					
荒漠草原	红砂	1.000						

的旱蒿群落与霸王群落和红砂群落均不相似,相似度为 0。荒漠草原和草原化荒漠的群落间灌木群落的相似度均较低。

4 讨论

4.1 荒漠-草原过渡带物种组成

在本次植被调查中,荒漠-草原过渡带有 62 种植物,隶属 18 科、47 属。相较于乌兰布和沙漠东北部荒漠-绿洲(54 种)、毛乌素沙地南缘(43 种)以及民勤绿洲-荒漠等过渡带(23 种)^[5-6,25],该过渡带的物种组成较丰富。荒漠-草原过渡带的灌木有 22 种。鄂尔多斯高原荒漠草原与草原化荒漠调查统计的灌木和半灌木共 16 种^[26]。荒漠-草原过渡带的灌木种类比较丰富,可能因为过渡带的生境更复杂,导致物种多样性较高。

植物生活型以灌木和多年生草本为主,占总数

的 59.67%。水分生态型以旱生植物为主,占总数的 62.90%,与该地区干旱的气候相吻合。从生活型来看,草原化荒漠以多年生草本为主,表明了草原化荒漠的草原化特征。从水分生态型来看,荒漠草原以旱生植物为主,反映了荒漠草原干旱的气候特征。鄂尔多斯高原的植物组成以多年生草本和一年生草本为主,占植物总数的 79.27%。水分生态型以旱生和中生植物为主,占植物总数的 70.73%^[27]。这反映了气候差异对于植物组成的影响。随着气候更加干旱,生态过渡带植物组成逐渐以多年生草本和灌木为主,旱生植物占优。

4.2 荒漠-草原过渡带优势群落特征

草原化荒漠灌木群落的建群种重要值普遍比荒漠草原高。灌木的优势度在土壤养分较高或水分较高的环境内会降低^[28]。白刺作为建群种的重要值最高为 0.39。植物对生境适应能力的差异可能是导致其重要值差异的重要因素。白刺可以在荒

漠的大部分生境生长,是群落的优势种。荒漠草原灌木群落的盖度大部分高于草原化荒漠。灌木层植被相对稳定、变率小,是植被盖度的决定成分^[24]。而且,草本植物在荒漠草原生长更加旺盛,增加了对盖度的贡献。群落中的密度一般由草本层主导。荒漠草原群落的植株密度较高,反映了荒漠草原的气候、土壤和水分条件等好于草原化荒漠^[26],更有利于草本植物生长。

在荒漠草原和草原化荒漠中,群落的生物量主要由灌木层决定,霸王群落的生物量分别为 273.48 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 186.00 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$,而红砂群落的生物量分别为 19.32 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 69.02 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。这与质量比假说描述一致,群落中优势种的属性决定了大部分的生态系统功能^[29]。

4.3 荒漠-草原过渡带优势群落多样性

总的来看,该过渡带灌木群落间的多样性均存在不同程度的差异。草原化荒漠沙冬青群落和红砂群落的多样性较高,红砂群落的灌木层多样性最高,二者的草本层多样性也较高。荒漠草原的霸王群落多样性最高,红砂群落的草本层多样性最高。本研究区自阿拉善左旗至乌拉特后旗东西跨度大,年降水量从东南到西北呈降低趋势,年均气温自西南到东北呈降低趋势。内蒙古东北-西南草地样带中生物多样性随着温度的增加而降低,随着水分的增加而增加^[30]。乌兰巴托-锡林浩特样带植物多样性与夏季月均温度均呈负相关,与夏季降水量呈正相关^[31]。这表明水热变化是影响群落多样性的关键因素。此外,乌兰布和沙漠东北部荒漠-绿洲生态交错带的生境差异会影响群落多样性,绿洲低湿地群落多样性高于绿洲外围植被^[25]。同时,不同生活型植物对环境的响应程度也不一致,草本层植物对环境变化的敏感性较高^[32]。所以,在草原化荒漠和荒漠草原气候、生境等因素差异较大的背景下,两个区域群落的物种组成和数量差异比较明显。群落多样性也必然存在不同程度的差异。

4.4 不同灌木群落的相似性

荒漠-草原生态过渡带灌木群落相似性指数为 0—0.300。乌兰布和沙漠灌木群落的相似性指数为 0.068—0.605^[24]。这表明群落同一种区域环境下具有更高的相似性。草原化荒漠的霸王群落与沙冬青群落的相似性最高。这说明两个群落的生境

异质性较低。白刺与其他3个植物群落的相似性较低。这可能是因为白刺具有较强的抗旱和耐瘠薄特点,其群落生长的生境均存在不同程度的盐化现象,导致其生境差异较大^[33]。荒漠草原的旱蒿群落与霸王群落和红砂群落均不相似。这可能是因为旱蒿群落在地理位置上更靠近草原化荒漠,群落中有更多的荒漠植物。然而,霸王群落和红砂群落位于荒漠草原,群落中有更多的草本植物。草原化荒漠和荒漠草原的霸王群落或红砂群落,即使建群种相同,由于气候和生境不同,群落相似性较低。虽然灌木的“沃岛效应”可以改变微尺度的土壤养分和水分的分布,为草本植物提供适宜的生存条件^[34-35],但群落之间相似性受气候和生境异质性影响较大。

5 结论

内蒙古荒漠-草原过渡带有62种植物,以禾本科、藜科、豆科和菊科为主。多年生草本植物种类最多,灌木次之。水分生态型则以旱生植物为主。主要群落包括霸王群落、白刺群落、红砂群落、沙冬青群落和旱蒿群落。不同灌木群落的特征和多样性具有较大差异。草原化荒漠植物群落的建群种重要值和生物量较高。荒漠草原植物群落的盖度和密度较高。草原化荒漠沙冬青群落的多样性和草本层多样性、红砂群落的多样性、灌木层和草本层多样性均较高。荒漠草原霸王群落的多样性最高,红砂群落的草本层多样性最高。同一植被类型的不同灌木群落具有较高的相似性。今后应重点保护灌木和多年生草本植物,从而维持荒漠-草原过渡带的植物多样性。

参考文献:

- [1] 汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏.植物群落物种多样性研究综述[J].生态学杂志,2001,20(4):55-60.
- [2] 董雪,辛智鸣,段瑞兵,等.乌兰布和沙漠典型灌木群落多样性及其生态位[J].干旱区研究,2020,37(4):1009-1017.
- [3] 何远政,黄文达,赵昕,等.气候变化对植物多样性的影响研究综述[J].中国沙漠,2021,41(1):59-66.
- [4] 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,1998,44(4):25-31.
- [5] 许冬梅,刘彩凤,谢应忠,等.毛乌素沙地南缘生态过渡带植被物种多样性的研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(3):153-157.
- [6] 汪媛燕,王立,满多清.民勤绿洲荒漠过渡带群落特征及其物种多样性研究[J].四川农业大学学报,2014,32(4):355-361.

- [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] 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.
- [9] 李香云,岳平,郭新新,等.荒漠草原植物群落光合速率对水氮添加的响应[J].中国沙漠,2020,40(1):116-124.
- [10] Chen J, Huang D, Shiyomi M, et al. Spatial heterogeneity and diversity of vegetation at the landscape level in Inner Mongolia, China, with special reference to water resources [J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 82(4): 222-232.
- [11] Fang J, Bai Y, Wu J. Towards a better understanding of landscape patterns and ecosystem processes of the Mongolian Plateau [J]. Landscape Ecology, 2015, 30: 1573-1578.
- [12] 白永飞,潘庆民,邢旗.草地生产与生态功能合理配置的理论基础与关键技术[J].科学通报,2016,57(61):201-212.
- [13] 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.
- [14] Su R, Yu T, Dayananda B, et al. Impact of climate change on primary production of Inner Mongolian grasslands [J]. Global Ecology and Conservation, 2020, 22: e00928.
- [15] 周志宇,颜淑云,秦彧,等.阿拉善干旱荒漠区灌木多样性的特点[J].干旱区资源与环境,2009,23(9):146-150.
- [16] 韩梦琪,王忠武,靳宇曦,等.短花针茅荒漠草原物种多样性及生产力对长期不同放牧强度的响应[J].西北植物学报,2017,37(11):2273-2281.
- [17] 董雪,辛智鸣,李新乐,等.乌兰布和沙漠沙冬青群落特征的研究[J].西北植物学报,2017,37(8):1627-1634.
- [18] 杨雪栋,孙卫国,宝音陶格涛.内蒙古荒漠草原小针茅群落土壤养分的化学计量学特征[J].中国草地学报,2012,34(5):30-34.
- [19] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队.内蒙古植被[M].北京:科学出版社,1985.
- [20] 张蕊,赵学勇,左小安,等.荒漠草原沙生针茅(*Stipa glareosa*)群落物种多样性和地上生物量对降雨量的响应[J].中国沙漠,2019,39(2):45-52.
- [21] 赵一之,赵利清,曹瑞.内蒙古植物志(1-6卷)[M].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] 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.
- [25] 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.
- [26] 李新荣,张新时.鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究[J].应用生态学报,1999,10(6):3-5.
- [27] 朱雅娟,叶学华,初玉,等.降水对鄂尔多斯高原克隆植物分布的影响[J].生态学报,2020,40(3):952-963.
- [28] El-Ghani M, 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.
- [29] Grime J P. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects [J]. Journal of Ecology, 1998, 86: 902-910.
- [30] 胡云锋,艳燕,阿拉腾图雅,等.内蒙古东北-西南草地样带植物多样性变化[J].资源科学,2012,34(6):1024-1031.
- [31] 胡云锋,巴图娜存,毕力格吉夫,等.乌兰巴托-锡林浩特样带草地植被特征与水热因子的关系[J].生态学报,2015,35(10):3258-3266.
- [32] 张继义,赵哈林.短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较[J].生态学报,2011,31(20):6060-6071.
- [33] 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.
- [34] Cai Y, Yan Y, Xu D, et al. The fertile island effect collapses under extreme overgrazing: evidence from a shrub-encroached grassland [J]. Plant and Soil, 2020, 448 (S1-2): 201-212.
- [35] Ding J, Eldridge D J. The fertile island effect varies with aridity and plant patch type across an extensive continental gradient [J]. Plant and Soil, 2020, 459 (S1-2): 173-183.

Characteristics of shrub communities in the desert-steppe ecotone of Inner Mongolia, China

Song Zhaobin¹, Xin Zhiming², Zhu Yajuan¹

(1. Institute of Desertification Studies / Institute of Ecological Conservation and Restoration, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy Forestry, Dengkou 015200, Inner Mongolia, China)

Abstract: The desert-steppe ecotone is a transition area in which steppe is gradually replaced by desert. In this study, vegetation was investigated along desert-steppe ecotone from Alxa Left Banner to Urad Back Banner. Plant community structure and species diversity were analyzed to give theoretical support to biodiversity conservation. The results of the survey showed that there were 62 plant species, belonging to 18 families and 47 genera in desert-steppe ecotone of Inner Mongolia. There were more species in Poaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae and Asteraceae. Plant species were mainly composed of shrub and perennial herb, and mainly consisted of xerophyte. The main communities included *Reaumuria soongarica* community, *Zygophyllum xanthoxylon* community, *Ammopiptanthus mongolicus* community, *Nitraria tangutorum* community and *Artemisia xerophytica* community etc. The importance value of constructive species and biomass were higher in steppe desert plant community. The coverage and density were higher in desert steppe plant community. The diversity and herb layer diversity of *A. mongolicus* community and *R. soongarica* community were higher in steppe desert. Shrub layer diversity of *R. soongarica* community was higher in steppe desert. The diversity of *S. xanthoxylon* community was highest in desert steppe. Herb layer diversity in *R. soongarica* community was highest in desert steppe. The similarity was low between different communities. It is suggested that shrub communities with constructive and "fertile island" effect should be protected primarily, while perennial herb should be considered in maintaining plant diversity of desert-steppe ecotone.

Key words: ecotone; species diversity; *Reaumuria soongarica*; *Zygophyllum xanthoxylon*