

2006—2014年民勤4种典型荒漠群落结构 及物种多样性变化研究

周兰萍^{1,2}, 王立¹, 詹科杰², 魏怀东², 陈芳², 李亚², 胡小柯², 张晓娟², 肖斌²

(¹甘肃农业大学林学院, 兰州 730070; ²甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室-省部共建国家重点实验室培育基地/甘肃省荒漠化防治重点实验室/甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站/甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

摘要:根据2006—2014年民勤荒漠植物4个样区36个样方调查数据,对该区沙蒿、梭梭、麻黄和白刺4种典型荒漠植物群落结构及物种多样性进行分析。结果表明:该区群落结构简单,物种相对单一且数量较少,植物都是以较低的芽位适应生境条件;灌木层物种的变化不大,草本层物种有所增加;多样性指数沙蒿群落、梭梭群落和白刺群落的略有增加,而麻黄群落略有减小;该区群落结构和物种多样性的变化主要由于草本层的物种变化引起。了解和掌握民勤荒漠植物群落的结构和物种多样性变化规律,对于推动干旱荒漠区植被恢复和物种多样性的保护提供依据。

关键词:民勤;荒漠植物;群落结构;物种多样性

中图分类号:S4

文献标志码:A

论文编号:casb16070071

Four Typical Desert Community Structures and Species Diversity in Minqin from 2006 to 2014

Zhou Lanping^{1,2}, Wang Li¹, Zhan Kejie², Wei Huaidong², Chen Fang², Li Ya²

Hu Xiaoke², Zhang Xiaojuan², Xiao Bin²

(¹Forestry College of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070;

²State Key Laboratory of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating/Gansu Key Lab of Desertification Combating/

Gansu Minqin National Station of Desertification Pasture Ecology System Research/

Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070)

Abstract: According to the survey data of 4 sample plots in 36 sample areas of Minqin from 2006 to 2014, the community structure and species diversity of *Artemisia desertorum*, *Chenopodiaceae*, *Ephedra przewalskii* Stapf and *Nitraria tangutorum* Bobr were analyzed. The results showed that the community structure in the study area was simple, and the species was homogeneous and the species number was small, the plants were low bud nodes to adapt to the habitat conditions; little variation was found in shrub layer species, but the species increased in herb layer; the diversity index of *Artemisia desertorum* community, *Chenopodiaceae* community and *Nitraria tangutorum* Bobr community increased slightly, and that of *Ephedra przewalskii* Stapf community decreased; the changes of community structure and species diversity in this area were mainly due to the change of species in the herb layer. Understanding and mastering the change rules of structure and species diversity of

基金项目:甘肃省青年科技基金计划“石羊河流域综合治理工程生态效益监测评估”(145RJYA262);国家自然科学基金“民勤荒漠绿洲过渡带白刺灌丛沙堆表面风沙流特征与沙堆形成演变的关系研究”(41361001),“甘肃民勤沙尘暴源区沙尘输运规律与理化特征及下垫面对其影响的实验观测研究”(31560235),“河西走廊典型荒漠植物抗旱结构及其光谱特征研究”(3136204),“荒漠绿洲过渡带白刺沙堆地表结皮生态水文效应研究”(41361004),“河西绿洲灌区保护性耕作的防风蚀效应”(41361059);甘肃省杰出青年基金项目“石羊河下游近地面0-50 m沙尘理化特征及其对区域地表景观异质性的响应”(145RJDA327)。

第一作者简介:周兰萍,女,1980年出生,甘肃兰州人,副研究员,本科,主要从事荒漠化监测与防治工作。通信地址:730070 甘肃省兰州市安宁区北滨河西路390号甘肃省治沙研究所, Tel: 0931-7686822, E-mail: zhoulp525@163.com。

通讯作者:王立,男,1963年出生,甘肃甘谷人,副教授,博士,主要从事水土保持与荒漠化防治。通信地址:730070 兰州市安宁区营门村1号, Tel: 0931-7632922, E-mail: wangli@gsau.edu.cn。

收稿日期:2016-07-13, **修回日期:**2016-09-17。

desert plant communities in Minqin could provide references for promoting arid desert vegetation restoration and conservation of species diversity.

Key words: Minqin; desert plants; community structure; species diversity

0 引言

植物群落是长期历史过程中发展而成的植物复合体,是由集合在一起的植物相互间以及与其他生物种间的作用,并经过长期的外界环境作用而形成的^[1]。植物群落结构特征取决于群落所在地的环境条件特征,种类组成是植物群落最重要最基本的特征之一,是群落结构形成及植物资源开发利用的基础性^[2]。物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映,体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异。它不仅可以反映群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性,也可反映不同自然地理条件与群落的相互关系^[3]。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^[4-5],为物种多样性保护和植物资源可持续利用提供理论依据。

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式,是群落生态学乃至整个生态学研究十分重要的内容^[6-8]。国内外学者进行了大量的研究工作:如杨光等^[7]对乌兰布和沙漠绿洲东缘植被群落结构及物种多样性的研究;王蒙等^[8]对巴丹吉林沙漠周边植被特征和物种多样性的研究;司建华等^[9]对阿拉善雅布赖风沙区荒漠植物群落结构和物种多样性的研究;魏乐等^[10]对宁夏荒漠草原植物群落物种多样性进行了研究;胡淑萍等^[11]对北京九龙山自然保持区植物群落物种多样性的分析;鱼腾飞等^[12]对黑河下游额济纳绿洲植物群落特征与物种多样性的研究;韦翠珍等^[13]对黄河下游河滨湿地不同草本植物群落物种多样性的研究;何友均等^[14]三江源自然保护区主要森林群落物种多样性的研究,等等。虽然目前对不同植物群落已开展大量研究工作,但有关荒漠植物群落时空动态变化特征方面的研究较少。笔者通过对2006—2014年民勤研究区内沙蒿(*Artemisia desertorum*)、白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr)、梭梭(*Chenopodiaceae*)和麻黄(*Ephedra przewalskii* Stapf)4种典型荒漠植物群落调查分析,研究其群落的组成、数量、生活型及其多样性的动态变化规律,以期为干旱荒漠区植物资源的保护与恢复提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

民勤县地处甘肃省河西走廊东北部^[16],石羊河流

域下游,东、西、北三面为腾格里和巴丹吉林两大沙漠包围,东北与内蒙古接壤,南邻武威市,西南与金昌市毗邻。地理坐标为103°03'—104°02' E, 38°05'—39°06' N。境内沙漠、戈壁、盐碱滩地和低山残丘占土地面积的94.2%,绿洲占5.8%^[15],属温带大陆性干旱气候区。当地年均气温7.8℃,无霜期138天,降水量116.7 mm,年蒸发量2644 mm,气象资料显示降水期主要集中于6—9月份,年日照时数2990 h左右;年风沙日数达140天,8级以上大风日数27.8天,沙尘暴日数37.3天,年平均风速2.3 m/s。干燥度4~16,灾害性天气类型有冻害、冰雹、干热风、大风、沙尘暴等^[16]。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及样方调查 本研究所采用的数据是2006年和2014年甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站所观测数据。植被调查采用样方调查法,每个群落选9个10 m×10 m样方,对每个样方的灌木和草本的物种数、株数、长轴、短轴、高度和覆盖度等进行调查,同时使用GPS对每个样方进行定位,并记录各样地的经纬度、海拔高度、地形地貌等环境因子。

1.2.2 数据统计分析 群落的物种多样性不仅反映了群落组成中物种的丰富程度,也反映了不同自然地理条件与群落的相互关系以及群落的稳定性与动态,是群落组织结构的重要特征^[17]。本研究在前人研究植物多样性的基础上,结合民勤群落的实际情况,选取丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数4个多样性指标来描述和评价民勤群落的多样性。具体计算见公式(1)~(5)^[18-20]。

重要值(*IV*)=(相对高度+相对盖度+相对密度)/3
..... (1)

Margalef 丰富度指数(*M*): $M=(S-1)/\log_2 N$ (2)

Simpson 优势度指数(*C*): $C = \sum_{i=1}^S N_i^2$ (3)

Simpson 多样性指数(*D*): $D = 1 - \sum_{i=1}^S N_i^2$ (4)

Pielou 均匀度指数(*J*): $J=D/(1-1/S)$ (5)

公式中:*S*为样方物种数;*N*为样方所有物种个体数总和;*N_i*为样方内种*i*的重要值。数据利用Excel和SPSS 19.0软件进行统计。

2 结果与分析

2.1 群落组成特征

通过对 2006—2014 年民勤典型的荒漠沙蒿、梭

梭、麻黄和白刺 4 个群落 36 个固定样方的野外调查统计分析(见表 1 和表 2),群落灌木层主要有 5 个科 5 个属,分别为菊科:沙蒿;麻黄科:麻黄(膜果麻黄);蓼科:

表 1 群落的主要物种

层次	物种	拉丁名	科	属
灌木层	沙蒿	<i>Artemisia desertorum</i>	菊科	蒿属
	膜果麻黄	<i>Ephedra przewalskii</i> Stapf	麻黄科	麻黄属
	沙拐枣	<i>Calligonum arborescens</i> Litv	蓼科	沙拐枣属
	泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim	蒺藜科	白刺属
	白刺	<i>Nitraria tangutorum</i> Bobr	蒺藜科	白刺属
	梭梭	<i>Chenopodiaceae</i>	藜科	梭梭属
草本层	沙米	<i>Agriophyllum squarrosum</i> (Linn.) Moq.	藜科	沙蓬属
	盐生草	<i>Halogeton glomeratus</i>	藜科	盐生草属
	碱蓬	<i>Suaeda glauca</i> (Bunge) Bunge	藜科	碱蓬属
	虫实	<i>Corispermum hyssopifolium</i> L	藜科	虫实属
	猪毛菜	<i>Salsola collina</i> Pall	藜科	猪毛菜属
	苦豆子	<i>Sophora alopecuroides</i> L	豆科	槐属
	旋复花	<i>Inula britannica</i> L. var. <i>chinensis</i> (Rupr.) Reg.	菊科	旋覆花属
	芦苇	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	禾本科	芦苇属
	棘豆	<i>Oxytropis</i>	蝶形花科	棘豆属
	针茅	<i>Stipa capillata</i> Linn	禾本科	针茅属
	沙蓝刺头	<i>Leontopodium leontopodioides</i>	菊科	蓝刺头属

表 2 2006—2014 年 4 种群落调查分析统计表

层次	年度	群落	物种	2006 年			2014 年		
				密度/(株/m ²)	高度/cm	冠幅/m ²	密度/(株/m ²)	高度/cm	冠幅/m ²
灌木层	沙蒿		沙蒿	0.55	26.60	0.14	0.75	32.59	0.17
			麻黄	0.04	23.77	0.41	0.11	34.42	0.85
			沙拐枣	0.08	17.65	0.15	0.07	28.43	0.26
			泡泡刺	0.01	14.00	0.06	0.01	12.50	0.15
			白刺	0.01	10.00	0.11	0.01	50.00	0.61
	梭梭		梭梭	0.06	114.39	0.94	0.05	107.44	1.55
			沙拐枣	0.09	28.40	0.18	0.10	45.58	0.36
			白刺	0.07	14.50	0.21	0.03	34.83	1.53
	麻黄		沙蒿	0.63	1.21	0.001	0.13	24.61	0.10
			麻黄	0.35	13.45	0.12	0.42	21.24	0.26
			泡泡刺	0.09	19.69	0.50	0.05	26.18	1.07
			沙拐枣	0.03	28.79	0.16	0.02	23.17	0.13
			白刺	0.02	14.75	0.94	0.01	20.50	2.77
			沙蒿	0.11	1.00	0.0001	0.03	21.33	0.02
			白刺	0.05	24.49	1.67	0.03	36.89	5.12
	白刺		沙蒿				0.11	48.92	0.17
沙拐枣						0.01	15.00	0.03	

续表2

年度		2006年				2014年		
层次	群落	物种	密度/(株/m ²)	高度/cm	冠幅/m ²	密度/(株/m ²)	高度/cm	冠幅/m ²
草本层	沙蒿	沙米	0.29	4.00	0.002	0.30	6.85	0.01
		盐生草	0.03	4.94	0.01	0.05	4.94	0.01
		针茅	0.01	12.50	0.02	0.02	12.50	0.02
		碱蓬				0.08	5.88	0.01
		虫实				0.02	13.00	0.08
		沙蓝刺头				0.02	4.00	0.01
		猪毛菜				0.03	11.66	0.05
	梭梭	虫实	0.77	2.50	0.001	0.03	9.11	0.09
		盐生草	0.53	1.50	0.010	1.35	9.44	0.05
		猪毛菜	0.20	1.00	0.0001	0.02	8.73	0.10
		沙蓝刺头	0.01	1.00	0.0009	0.03	14.77	0.03
	麻黄	沙米	0.09	1.00	0.0001			
		盐生草	0.02	2.00	0.0004			
		旋复花				0.02	25.00	0.11
		针茅				0.09	49.77	0.24
		猪毛菜				0.01	5.50	0.01
		芦苇	0.17	32.79	0.046	0.18	49.44	0.06
		虫实	0.56	2.26	0.002	0.04	3.43	0.01
		沙米	1.15	4.89	0.003	2.57	13.43	0.04
		猪毛菜	0.04	12.22	0.033	0.03	15.22	0.04
盐生草		0.10	3.14	0.004	0.68	11.53	0.06	
棘豆		0.02	16.00	0.037				
苦豆子					0.02	24.50	0.03	
碱蓬					0.07	6.68	0.02	

沙拐枣; 蒺藜科: 泡泡刺和白刺; 藜科: 梭梭。草本层有7个科11个属, 分别为藜科: 沙米、盐生草、碱蓬、虫实、猪毛菜; 豆科: 苦豆子; 菊科: 旋复花和沙蓝刺头; 禾本科: 芦苇和针茅; 蝶形花科: 棘豆。

由表1和表2可知, 2006年民勤研究区灌木层荒漠植物种有沙蒿、麻黄、沙拐枣、泡泡刺、白刺和梭梭共6种, 隶属5个科5个属, 占植物种数的42.86%; 草本层植物有沙米、盐生草、针茅、虫实、猪毛菜、沙蓝刺头、芦苇和棘豆共8种, 隶属5个科8个属, 占植物种数的57.14%, 2006年该研究区植物种共14种, 隶属7个科12个属。在沙蒿群落中灌木层植物有沙蒿、麻黄、沙拐枣、泡泡刺和白刺共5种, 占该群落植物种的62.50%; 草本层植物有沙米、盐生草、针茅共3种, 占该群落植物种的37.50%; 在梭梭群落中灌木层植物有梭梭、沙拐枣、沙蒿和白刺共4种, 占该群落植物种的

50%; 草本层植物有虫实、盐生草、猪毛菜和沙蓝刺头共4种, 占该群落植物种的50%; 在麻黄群落中灌木层植物有麻黄、沙拐枣、泡泡刺、白刺和沙蒿共5种, 占该群落植物种的71.43%; 草本层植物有沙米和盐生草共2种, 占该群落植物种的28.57%; 在白刺群落中灌木层植物仅有白刺1种, 占该群落植物种的14.29%; 草本层植物有芦苇、虫实、沙米、猪毛菜、盐生草和棘豆共6种, 占该群落植物种的85.71%。

2014年该研究区的灌木层的植物种未发生变化, 而草本层的植物种增加了苦豆子、碱蓬和旋复花3种草本植物, 2014年该区植物共17种, 隶属9个科16个属。其中灌木层植物占植物种数的35.29%; 草本层植物共11种, 隶属7个科11个属, 占植物种数的64.71%。

在沙蒿群落中灌木层植物种数未变化, 占该群落植物种的41.67%; 草本层植物有沙米、盐生草、针茅、

碱蓬、虫实、沙蓝刺头和猪毛菜共7种,占植物种数的58.33%;梭梭群落灌木层和草本层植物种数未变化;在麻黄群落中灌木层植物种数未变化,占该群落植物种的62.50%;草本层植物有旋复花、针茅和猪毛菜共3种,占植物种数的37.50%;在白刺群落中灌木层植物有白刺、沙拐枣和沙蒿共3种,占该群落植物种的30.00%;草本层植物有芦苇、虫实、沙米、猪毛菜、盐生草、苦豆子和碱蓬共7种,占植物种数的70.00%。

可见,该区群落结构简单,物种单一且数量较少,灌木层物种的变化不大,草本层物种有所增加。2006—2014年沙蒿、梭梭、麻黄和白刺4个群落中除白刺群落灌木层植物种有所增加,其他3个群落的灌木

层植物种数未变;梭梭群落的草本层植物种数未变,沙蒿、麻黄和白刺3个群落草本层物种增加2~4种。

2.2 群落生活型及灌木层密度特征

植物生活型,植物对综合生境条件长期适应而在外貌上表现出来的生长类型^[21]。本研究采用丹麦生态学家Raunkiaer生活型系统,即根据休眠和复苏芽所处位置的高低和保护方式,把高等植物划分为高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物和1年生植物^[22]。

根据表2和表3统计结果,2006年沙蒿群落中矮高芽植物占总种数62.50%,地面芽植物占12.50%,1年生植物占25.00%;梭梭群落中矮高芽植物占总种数

表3 2006—2014年4种群落生活型

群落类型	2006年			2014年		
	灌木层	草本层		灌木层	草本层	
	矮高位芽植物	地面芽植物	1年生植物	矮高位芽植物	地面芽植物	1年生植物
沙蒿群落	5	1	2	5	2	5
梭梭群落	4	1	3	4	1	3
麻黄群落	5	0	2	5	2	1
白刺群落	1	2	4	3	1	6

50.00%,地面芽植物占12.50%,1年生植物占37.50%;麻黄群落中矮高芽植物占总种数71.43%,1年生植物占28.57%。白刺群落中矮高芽植物占总种数14.29%,地面芽植物占28.57%,1年生植物占57.14%。沙蒿群落的灌木层中密度最大为沙蒿0.55株/m²,其次为沙拐枣、麻黄、泡泡刺和白刺;在梭梭群落的灌木层中密度最大为沙蒿0.63株/m²,其次为沙拐枣、白刺和梭梭;在麻黄群落的灌木层中密度最大麻黄为0.35株/m²,其次为沙蒿、泡泡刺、沙拐枣和白刺;在白刺群落的灌木层中密度最大白刺为0.05株/m²。

2014年沙蒿群落中矮高芽植物和一年生植物都占总种数41.67%,地面芽植物占16.67%。生活型谱和2006年相同。麻黄群落中矮高芽植物占总种数62.50%,地面芽植物占25.00%,1年生植物占12.50%。白刺群落中矮高芽植物占总种数30.00%,地面芽植物占10.00%,1年生植物占60.00%。沙蒿群落的灌木层密度最大为沙蒿0.75株/m²,其次为麻黄、沙拐枣、泡泡刺和白刺;在梭梭群落的灌木层中密度最大为沙蒿0.13株/m²,其次为沙拐枣、梭梭和白刺;在麻黄群落的灌木层中密度最大麻黄为0.42株/m²,其次为沙蒿、泡泡刺、沙拐枣和白刺;在白刺群落的灌木层中密度最大沙蒿为0.11株/m²,其次白刺和沙拐枣。

可见,民勤群落结构简单,主要有灌木片层和草本片层2个基本层次,沙蒿、梭梭、麻黄和白刺群落都是以较低的芽位适应生境条件。除白刺群落灌木层物种有所增加外,各群落生活型的变化主要是由于草本层物种的变化引起,致使群落的生活型谱占的比例发生相应的变化。

2.3 群落多样性指数

植物物种多样性指数反映了植物群落内各植物种类的多少及各植物种的数量在种间分布的均匀程度^[23]。笔者以群落物种的重要值为依据,计算2006—2014年沙蒿、梭梭、麻黄和白刺群落的丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数(表4)。

8年间沙蒿、梭梭、麻黄和白刺群落的丰富度指数都增大,依次增加了0.48、0.06、0.18和0.28;优势度指数沙蒿群落、梭梭群落和白刺群落都减小,依次减小了0.07、0.05和0.03,而麻黄群落增大,增加了0.03;多样性指数沙蒿群落、梭梭群落和白刺群落都增大,依次增加了0.07、0.05和0.03,而麻黄群落减小,减小了0.03;均匀度指数沙蒿群落、梭梭群落和白刺群落都增大,依次增加了0.05、0.05和0.02,麻黄群落减小,减小了0.02。就某个荒漠植物群落,丰富度指数,多样性指数和均匀度指数3个多样性指标的变化趋势基本一致;

多样性指数与均匀度指数呈正相关关系,而与优势度指数呈负相关;该区群落优势度指数和多样性指数都较低,群落间的均匀度指数相差不大。

3 结论与讨论

通过对民勤沙蒿、白刺、梭梭和麻黄4种典型的荒漠植物群落进行野外调查和室内分析可知,2006年该区植物共14种,隶属7个科12个属;2014年该区植物共17种,隶属9个科16个属,研究区群落结构简单,物种单一且数量较少,植物都是以较低的芽位适应生境条件;灌木层物种的变化不大,草本层物种有所增加;多样性指数沙蒿群落、梭梭群落和白刺群落的略有增加,而麻黄群落略有减小。

该区群落结构和物种多样性的变化主要由于草本

层的物种变化引起,草本层植物的稳定性较差,受降水分布格局以及土壤异质性的影响大^[24]。草本层植物虽然高度、冠幅和覆盖度较小,但是每个物种数量较大,很大程度的影响了整个群落数据的统计,使得灌木植物在群落中所占得比例下降,各群落的生活型谱占的比例也发生相应的变化。草本层的数据是否参加整个群落的计算统计,后续还需做大量的研究工作。本研究盖度采用人工目视估算的方法确定的,由于不同的人目视估算的盖度有所差异,使统计结果存在一定的误差。

民勤植被主要以旱生和超旱生的荒漠植被为主,对抵御风沙危害,减少和降低沙尘暴发生的次数和强度,保护绿洲、维护生态安全等都有重要作用^[25]。了解

表4 4种群落物种多样性指数

群落	年份	丰富度指数(M)	优势度指数(C)	多样性指数(D)	均匀度指数(J)
沙蒿	2006	1.05	0.28	0.72	0.82
	2014	1.53	0.21	0.79	0.87
梭梭	2006	1.01	0.29	0.71	0.80
	2014	1.07	0.24	0.76	0.85
麻黄	2006	0.98	0.23	0.77	0.90
	2014	1.16	0.26	0.74	0.85
白刺	2006	0.78	0.24	0.76	0.87
	2014	1.05	0.21	0.79	0.89

和掌握民勤荒漠植物群落的结构和物种多样性变化规律,对于推动干旱荒漠区植被恢复和物种多样性的保护提供依据。

参考文献

[1] 王伯荪.植物群落学[M].北京:高等教育出版社,1987.
 [2] 张鹤鹤,樊林,袁志忠,等.酒鬼酒生态功能保护区典型样地植物群落特征[J].中南林业科技大学学报,2015,35(4):89-96.
 [3] 郭峰,陈丽华,汲文宪,等.北沟林场天然次生林植物群落结构及物种多样性研究[J].水土保持通报,2013,33(2):124-129,134.
 [4] 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.
 [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] 张林静,岳明,张远东,等.新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性特征[J].地理科学,2003,23(3):329-334.
 [7] 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.
 [8] 王蒙,董治宝,逯军峰,等.巴丹吉林沙漠周边植被特征和物种多样性[J].中国沙漠,2015,35(5):1226-1233.
 [9] 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.
 [10] 魏乐,耿淼,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,(4):347-350.
 [11] 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.
 [12] 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.
 [13] 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.
 [14] 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.
 [15] 常兆丰,王耀林,韩福贵,等.沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系—以民勤荒漠区为例[J].生态学报,2012,32(5):1378-1386.
 [16] 孙得祥.民勤荒漠区白刺群落和沙蒿群落的自然更新能力[J].中国农学通报,2010,26(11):346-349.
 [17] 唐诚,刘彤,刘学录,等.古尔班通古特沙漠西南缘梭梭群落多样性和稳定性研究[J].干旱区资源与环境,2010,8(24):148-153.
 [18] 周兰萍,纪永福,李亚,等.腾格里沙漠东南缘绿洲过渡带天然群落结构特征及其多样性研究[J].中国农学通报,2012,28(19):80-84.
 [19] 彭羽,蒋高明,牛书丽,等.浑善达克沙地中部典型固定沙丘植物群落分析[J].西北植物学报,2006,26(7):1414-1419.

-
- [20] 何雪芬,高翔,吕光辉,等.艾比湖湿地自然保护区植物群落多样性对土壤理化因子的响应[J].新疆农业科学,2010,47(5):1018-102.
- [21] 杨红艳.相同郁闭度或覆盖度行带式配置的不同生活型植被的防风效能[J].环境与发展,2014,26(7):56-58.
- [22] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社,2004:78-79.
- [23] 李悦,马溪平,李法云,等.太子河河岸带植物群落特征及其物种多样性研究[J].科技导报,2011,(23):23-28.
- [24] 李昌龙,王继和,孙坤,等.民勤连古城自然保护区群落结构和物种多样性特征分析[J].西北植物学报,2006,26(11):2338-2344.
- [25] 刘晓春,洪绂增,纪永福,等.民勤北部天然柠条群落结构特征及其优势种群动态研究[J].甘肃农业大学学报,2008,43(6):113-118.