

青海湖流域草地植被与物种多样性空间分异研究

石建丽¹, 仲俊涛^{1,2*}, 马勇洁¹

(1. 青海师范大学地理科学学院, 青海 西宁 810008; 2. 青海省自然地理与环境过程
重点实验室, 青海 西宁 810008)

摘要:【目的】揭示青海湖流域草地植被及物种多样性的空间分异规律。【方法】基于野外调查和遥感技术对草地进行分区, 采用Patrick丰富度指数、Shannon-wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Simpson优势度指数分析各类型区物种多样性和重要值。【结果】1) 青海湖流域草地主要以禾本科、菊科及莎草科为主。温性草原优势种以芨芨草、短花针茅和西北针茅为主; 中海拔的高寒草地形成以冰草、冷蒿和紫花针茅为优势种的草地类型; 高寒草甸以嵩草属为主, 形成了高山嵩草、矮嵩草、北方嵩草、线叶嵩草草地类型。2) 低盖度区以紫花针茅和北方嵩草为优势种, 具有耐寒、耐盐碱特点; 中盖度区优势种为高山嵩草、线叶嵩草、藏嵩草; 高盖度区多以芨芨草、克氏针茅、紫羊茅为优势种, 群落结构层次明显。3) 不同盖度分区的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数呈低盖度($VFC < 0.3$) < 中盖度($VFC 0.3 \sim 0.6$) < 高盖度($VFC > 0.6$), 优势度指数呈相反趋势。4) 不同草地类型: 丰富度指数、多样性指数, 形成了“低—高一低”的单峰曲线, 在高寒草原区较高, 分别介于(0.659~2.897)和(5~26); 高寒草甸均匀度指数较高(0.146~0.919)。【结论】盖度对草地物种多样性的影响较小, 不同草地类型物种多样性主要受海拔影响, 所以海拔是影响青海湖流域草地植被与物种多样性的主要因素。

关键词: 物种多样性; 空间分异; 植被群落; 青海湖流域

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)03-0019-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.03.003



植被在维持生态系统稳定方面发挥着重要作用^[1], 草地生态系统是陆地生态系统的重要组成部分^[2], 是人类生存发展不可缺少的生态资源。生物多样性和群落物种多样性分布格局一直是群落生态学研究的重点和热点^[3-5]。草地生态系统受到物种多样性变化的影响, 进而影响人类从生态系统获得产品服务的质与量, 因而探究草地物种多样性的空间分布格局和影响因素极为重要^[6]。

青海湖流域不仅是特殊生态功能区, 也是全球气候变化生态敏感区之一^[7], 其地形及海拔差异, 影响着

物种多样性^[8-9], 同时气候、土地利用和环境污染对物种多样性也有着直接或间接的影响^[10]。已有研究表明, 随着海拔的升高物种多样性先升高后降低^[11], 物种丰富度随经度和纬度的增加呈增加趋势, 随海拔的上升呈减少趋势^[12]。气温与降水是影响植被覆盖度变化的重要因子^[13-15], 低盖度区植被稀疏, 种类较少, 高盖度区植物种类较丰富^[16-17]。青海湖地区特殊的地理条件造就了以草原为主的植被类型构成的流域生态系统。在气候与海拔的影响下, 形成了温性草原、高寒草原和高寒草甸等主要草地类型^[18], 不同草地类型物种多样性沿海拔梯度的空间分布格局在气候和人为干扰的双重影响下发生重大变化^[19]。

草地调查方法目前比较成熟, 但传统的野外实地调查费时费力, 且限制性条件较多, 对调查结果存在一定影响。通过梳理发现, 青海湖流域草地植被与生物多样性的相关调查已取得一定成果, 但仍存在不

收稿日期: 2023-03-21; **修回日期:** 2023-05-25

基金资助: 国家自然科学基金项目(42001263); 青海省自然科学基金项目(2022-ZJ-906)

作者简介: 石建丽(1997-), 女, 甘肃庄浪人, 硕士研究生。

E-mail: sjl3248920231@163.com

*通信作者。E-mail: zhongjuntao88@163.com

足,主要表现为研究时序较早、分析视角单一,不能全面反映草地生态系统现状^[20]。为此,本研究将传统野外调查方法和遥感技术、地理信息系统技术相结合,按植被盖度和草地类型对青海湖流域草地植被覆盖状况和物种多样性进行调查,探讨不同草地类型、不同等级盖度区草地植物群落与物种多样性空间分布格局及主要影响因素,以期科学管理草地提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

青海湖流域地处西部干旱区、东部季风区和青藏高寒区的交汇处^[21],位于 $97^{\circ}35' \sim 101^{\circ}20' E$, $36^{\circ}15' \sim 38^{\circ}20' N$ 之间,整体呈东西长、南北宽的椭圆形,是一个四周被高山环绕的封闭式内陆盆地。海拔在3 194~5 286 m,为高原大陆性气候,冬寒夏凉,雨热同季,干湿季分明,年均气温 $-5 \sim 8.5^{\circ}C$,降水集中在6~9月,年均降水量50~580 mm^[22]。流域植被类型以高寒草原、高寒草甸和温性草原为主。土壤类型主要有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、灰褐土、黑钙土、栗钙土等^[23]。

1.2 草地野外调查

于2022年8月18~9月3日,参照《草地资源调查技术规程》,在青海湖流域的东北—西南方向和西北—东南方向布设126个 $30 m \times 30 m$ 样地,相邻样地间隔3~5 km,每个样地沿对角线设置3个 $1 m \times 1 m$

$$\text{物种重要值} = \frac{\text{相对多度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高度} + \text{相对生物量}}{5}$$

2 结果与分析

2.1 草地植被

所调查的126个草地样地主要以禾本科(Gramineae)、菊科和莎草科为主,芨芨草(*Achnatherum splendens*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、冰草(*Agropyronc ristatum*)、高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草(*K. humilis*)、线叶嵩草(*K. capillifolia*)、喜马拉雅嵩草(*K. royleana*)等是青海湖流域草地主要物种。

2.1.1 不同盖度下草地植被 低盖度区总面积5 645.54 km²,占流域总面积的19.03%,主要分布在流域西北部,海拔3 800~5 200 m的高山丘陵区。土壤

的小样方进行草地实地调查。记录每个样方内的物种组成,测定每个物种的高度、盖度、密度,收割法测定样方中草本植物地上鲜重,并在65℃烘箱内烘干,称其干重,计算干鲜比值。

1.3 数据及处理

将野外调查的样方数据分类整理,运用Excel对数据进行计算,得到群落物种多样性指数、丰富度指数、优势度指数、均匀度指数以及物种重要值。并通过Arcmap软件统计出流域不同植被盖度和不同草地类型分布面积,计算其占比,分区统计不同研究区的植被盖度。

1.4 数据计算

参照草地群落生物多样性计算方法^[24-27], Shannon-Wiener多样性指数(H)、Patrick丰富度指数(R)、Simpson优势度指数(D)及Pielou均匀度指数(E),并分别以多度、盖度和重要值为指标测度青海湖流域草地群落内的物种多样性。具体计算公式如下:

$$\text{Shannon多样性指数: } H = -\sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

$$\text{Patrick丰富度指数: } R = S$$

$$\text{Simpson优势度指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$$

$$\text{Pielou均匀度指数: } E = H/\ln S$$

式中: S 为样方内出现的物种数, P_i 为第 i 个物种的重要值。

选用相对多度、相对盖度、相对频度、相对高度和相对生物量5个植物特征值进行重要值的计量^[11],具体计算公式如下:

类型为高山草甸土,植被稀疏,种类较少,以禾本科为主,植被覆盖度25%~35%;中盖度区总面积12 116.68 km²,占流域总面积的40.85%,分布在青海湖湖滨西北部与北部边缘地区,以及高山与山区丘陵区交汇的中海拔地区。多年生草本植物占优势,主要以莎草为主,植物种类较丰富,植被覆盖度35%~65%;高盖度区总面积11 896.68 km²,占流域总面积的40.11%,分布在湖滨西南部以及东南部的丘陵地区,以禾本科、菊科为主,具有耐盐碱、耐旱的特点,植被覆盖度65%~92%(表1)。

2.1.2 不同草地类型下草地植被 温性草原区总面积4 763.69 km²,分布于青海湖盆区的冲洪积平原、山

地坡麓地带,占流域总面积的16.06%,以典型早生的多年生丛生禾草占绝对优势地位,植被盖度为30%~65%;高寒草原区总面积7 527.39 km²,集中发育在流域北部和西北部,占流域总面积的25.38%,植被低矮,生长茂密,主要以禾本科、菊科为主,植被盖度30%~50%;高寒草甸区总面积17 367.55 km²,广泛分布于青藏高原东部及其周围山地,占流域总面积的58.65%,植物组成比较简单,具有草层低矮层次分化不明显等特点,主要以莎草科为主,植被类型较丰富,植被盖度65%~80%(表1)。

表1 不同类别和分级草地面积

Table 1 Grassland area under different categories and classifications

类别	分级	面积/km ²	占比/%
盖度	低盖度(VFC<0.3)	5 645.54	19.03
	中盖度(VFC0.3~0.6)	12 116.68	40.85
	高盖度(VFC>0.6)	11 896.68	40.11
类型	温性草原	4 763.69	16.06
	高寒草原	7 527.39	25.38
	高寒草甸	17 367.55	58.56

2.2 物种重要性

2.2.1 不同盖度下草本植物重要度 在15个低盖度草地样方中,包括主要草本植物51种,平均重要值1.96。根据重要值分析,北方嵩草是低盖度区草地最主要的植物种类,重要值达6.74。低盖度区由耐旱、耐盐碱的中生多年生草本植物为优势种组成的群落,优势种有紫花针茅和北方嵩草,次优势种有芨芨草、垂穗披碱草、矮火绒草、冰草、黑褐苔草、赖草等;在49个中盖度区草地样方中,主要草本植物69种,平均重要值1.45。根据重要值分析,高山嵩草和藏嵩草是中盖度区草地最主要的植物种类,分别达9.03、7.81。优势种有高山嵩草、线叶嵩草、藏嵩草等,次优势种有臭蒿、黑褐苔草、青藏苔草、矮火绒草等,形成高山嵩草草地型和线叶嵩草草地型;在62个高盖度草地样方中,包括主要草本植物77种,平均重要值1.29。根据重要值分析,芨芨草是高盖度区草原最主要的植物种类,重要值达8.76。高盖度区多以芨芨草、克氏针茅、紫羊茅为优势种,以猪毛蒿、天蓝韭(*Allium cyaneum*)、赖草、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、矮火绒草、早熟禾(*Poa annua*)等为次优势种,群落结构层次明显(表2)。

2.2.2 不同草地类型下草本植物重要度 在25个温性草地样方中,包括主要草本植物54种,平均重要值1.85。根据重要值分析,短花针茅是温性草原最主要的植物种类,重要值达6.53。本区以芨芨草、短花针茅、克氏针茅等为优势种,以赖草、冰草、洽草、伊凡苔草(*C. ivanovae*)、达乌里秦艽(*G. dahurica*)为次优势种,形成芨芨草原、短花针茅、克氏针茅草原,分布于湖盆区;在49个高寒草地样方中,主要草本植物36种,平均重要值2.78。根据重要值分析,冰草是高寒草原最主要的植物种类,重要值达5.18。形成以冰草、冷蒿等为优势种,赖草、乳白香青、洽草、冷蒿、阿尔泰狗娃花等为次优势种的高寒草原;在51个高寒草甸草地样方中,包括主要草本植物68种,平均重要值1.47。根据重要值分析,高山嵩草、矮嵩草是高寒草甸最主要的植物种类,二者的重要值分别达7.28和5.14。本区含多年生草本植物为优势种组成的群落,优势种以嵩草属为主,有高山嵩草、矮嵩草、北方嵩草等,次优势种以线叶嵩草、密生苔草、黑褐苔草、西藏嵩草(*C. tibetikobresia*)、珠芽蓼(*Polygonum vivipara*)等为主(表2)。

2.3 物种多样性

2.3.1 不同植被盖度草地物种多样性分布格局 低盖度区多样性指数、丰富度指数和均匀度指数最低,均值依次为1.124、5.846和0.470,优势度指数达到最高,为0.518;多样性指数、丰富度指数和均匀度指数在高盖度区达到最大,均值分别为1.515、9.425、0.601,优势度指数最低,为0.408;中盖度区多样性指数、丰富度指数和均匀度指数略低于高盖度区,均值依次为1.443、6.532、0.513。在3个盖度区间内,丰富度指数、多样性指数和均匀度指数在不同盖度分区的大小趋势为低盖度<中盖度<高盖度,优势度指数呈相反趋势(表3)。

2.3.2 不同草地类型草地物种多样性分布格局 在3个主要草地类型中,温性草原多样性指数、丰富度指数、均匀度指数和优势度指数均值最低,依次为1.452、7.314、0.393、0.486;高寒草原多样性指数、丰富度指数和优势度指数均值达到最高,分别为1.604、10.113、0.708,形成了“低—高一低”的单峰分布格;均匀度指数次之,为0.515;高寒草甸多样性指数、丰富度指数、优势度指数均值仅次于高寒草原。

表2 青海湖流域不同类别下草地主要物种重要值

Table 2 Important values of major grassland species under different categories in the Qinghai Lake basin

类别	草本植物种数	主要物种及重要值	
低盖度	51	北方嵩草(<i>K. bellcodii</i>)6.74、紫花针茅4.65、芨芨草4.31、垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>)3.24、冰草3.16、矮火绒草(<i>Leontopodium nanum</i>)3.05	
盖度	中盖度	69	高山嵩草9.03、藏嵩草(<i>K. xchoenoides</i>)7.81、线叶嵩草4.17、臭蒿(<i>Artemisia hedinii</i>)3.91、黑褐苔草(<i>Carexatrofusca</i>)3.28、青藏苔草(<i>C. moorcroftii</i>)2.77
	高盖度	77	芨芨草8.76、紫羊茅(<i>Festuca rubra</i>)4.58、克氏针茅(<i>S. krylovii</i>)4.08、美丽风毛菊(<i>Saussurea superba</i>)3.99、矮火绒草3.52猪毛蒿(<i>A. scoparia</i>)3.06
类型	温性草原	54	短花针茅(<i>S. breriflora</i>)6.53、克氏针茅4.17、芨芨草4.05、赖草(<i>Leymus secalinus</i>)3.51、冰草3.36、洽草(<i>Koeleria litvinowii</i>)3.09
	高寒草原	36	冰草5.18、洽草4.12、冷蒿(<i>A. frigida</i>)3.55、阿尔泰狗娃花(<i>Heteropappusaltaicus</i>)3.26、赖草3.14、乳白香青(<i>Anaphalislactea</i>)2.98
	高寒草甸	68	高山嵩草7.28、矮嵩草5.14、线叶嵩草4.09、北方嵩草3.98、密生苔草(<i>C. crebra</i>)3.26、黑褐苔草3.15

表3 青海湖流域草地群落生物多样性

Table 3 Grassland community biodiversity in the Qinghai Lake basin

类别	多样性指数	均值	丰富度指数	均值	均匀度指数	均值	优势度指数	均值
低盖度	0.357~2.106	1.124	4~10	5.846	0.341~0.736	0.470	0.199~0.895	0.518
中盖度	0.435~2.464	1.443	3~15	6.532	0.158~0.802	0.513	0.129~0.773	0.486
高盖度	0.545~2.897	1.515	3~26	9.425	0.112~0.919	0.601	0.124~0.674	0.408
温性草原	0.395~2.317	1.452	5~19	7.314	0.112~0.521	0.393	0.124~0.749	0.486
高寒草原	0.659~2.897	1.604	5~26	10.113	0.212~0.831	0.515	0.233~0.895	0.708
高寒草甸	0.357~2.617	1.535	3~20	8.836	0.146~0.919	0.614	0.158~0.725	0.586

3 讨论

近几十年,国内许多学者对物种多样性的影响因素和海拔梯度分布格局进行大量研究,认为气候变化将引起物种丰富度改变;物种多样性指数与生物量呈“单峰”、“U”型曲线和“不显著相关”关系;与坡度存在“负相关”关系,呈“单峰”曲线,随着坡度的增加,样方的草地物种多样性呈现出先上升后下降的趋势;少数认为,物种多样性与海拔存在“负相关”关系,呈“U”型曲线,随着海拔的增加,物种多样性呈下降趋势^[9-11],目前,针对青藏高原高寒草甸的研究,大部分认为,物种丰富度随海拔高度的变化均呈单峰曲线,Shannon-Wiener指数、Simpson指数和物种丰富度在中间海拔最大^[12]。草地类型以及植被盖度的不同是由于海拔因素,地理因素的不同而导致的,青海湖流域与青藏高原同属高原大陆性气候,草地类型以高寒草原、高寒草甸为主。本研究中,草地物种多样性的分布格局与地形、海拔、气候密切相关。物种多样性在不同草地类型具有与低海拔—中海拔—高海拔相

似的规律,呈单峰曲线分布,与刘哲和李奇^[12]研究结果一致。本研究发现,高盖度区优势种以紫羊茅、针茅等为优势种,优势种盖度45%~70%,群落总盖度55%~85%,低盖度区优势种盖度30%~60%,群落总盖度达45%~85%^[18]。丰富度指数、多样性指数和均匀度指数在低盖度区较低,高盖度区达到最高,符合植被盖度正向调控物种丰富度这一规律^[30]。此外,本研究表明,不同草地类型草地物种多样性分布格局的形成,原因是温性草原分布在海拔较低的青海湖盆地的冲洪积平原,低海拔区温度适宜,但降水少,且受人类活动和畜牧业影响较大,高寒草原集中发育在流域北部和西北部的中海拔区,降水量增加,气温降低,一些耐寒物种进入群落中,物种多样性和丰富度达到最高,高寒草甸广泛分布于青藏高原东部及其周围山地,属高海拔区,一些耐寒程度地的植物逐渐消失,物种丰富度和多样性呈平缓下降趋势。

本研究草地物种多样性形成原因主要有两方面,一是自然因素,二是人为因素,自然因素占主导。影响物种多样性的自然因素有温度、水分、坡度和海拔,

海拔影响最为显著,人为因素主要有旅游和放牧两方面。近年来,青海湖周边地区旅游业发展迅猛,且随着气温升高,湖水上涨,导致周边草地淹没,牧民放牧强度^[31]、放牧模式^[32]发生改变,对草地生态系统造成了一定影响和破坏。鉴于以上原因,保护草地物种多样性、促进生态稳定发展十分重要。围栏和禁牧有利于改善草地植物群落组成^[34-35],加强生态管制以提高草地植被覆盖和生产力,进而提高物种丰富度与多样性,促进生态系统的稳定发展,是草地资源管理需要重点解决的问题之一。

4 结论

1) 青海湖流域草地物种以禾本科、菊科、莎草科为主。温性草原优势种以芨芨草、短花针茅、西北针茅为主;高寒草原主要优势种为冰草、冷蒿、紫花针茅;高寒草甸形成了高山嵩草、矮嵩草、北方嵩草、线叶嵩草草地型。

2) 低盖度区以紫花针茅和北方嵩草为优势种,具有耐寒、耐盐碱特点;中盖度区优势种为高山嵩草、线叶嵩草、藏嵩草;高盖度区多以芨芨草、克氏针茅、紫羊茅为优势种,群落结构层次明显。

3) 低盖度区—中盖度区—高盖度区,丰富度指数、多样性指数、均匀度指数大小趋势为低盖度<中盖度<高盖度,优势度指数变化呈相反趋势,高盖度区最小,均值为0.408,低盖度区达到最大,为0.518。4种指数在3种盖度区间内存在差异,但变化幅度不大。

4) 温性草原—高寒草原—高寒草甸,物种丰富度指数、多样性指数、优势度指数形成了低—高一低的单峰分布格局,3种指数在高寒草原区较高,均值依次为10.113、1.604、0.708;均匀度指数从温性草原到高寒草甸呈线性增长,高寒草甸最大,为0.614,但4种指数在不同草地类型之间存在较大差异。

参考文献:

[1] 李凯辉,胡玉昆,阿德里·麦地,等. 草地植物群落多样性研究进展[J]. 干旱区研究,2005,22(4):165-169.

[2] 王长庭,龙瑞军,丁路明,等. 草地生态系统中物种多样性、群落稳定性和生态系统功能的关系[J]. 草业科学,2005,22(6):1-7.

[3] 宋创业,郭柯,刘高焕,等. 浑善达克沙地植物群落物种多

样性与土壤因子的关系[J]. 生态学报,2008,27(1):8-13.

- [4] 傅伯杰,于丹丹,吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系[J]. 生态学报,2017,37(2):341-348.
- [5] 杨洁,余华光,徐凤洁,等. 崇明东滩围垦区草本植物群落组成及物种多样性[J]. 生态学报,2013,32(7):1748-1755.
- [6] 张中华,周华坤,赵新全,等. 青藏高原高寒草地生物多样性与生态系统功能的关系[J]. 生物多样性,2018,26(2):111-129.
- [7] 王志刚,曹生奎,曹广超,等. 近15年来青海湖流域气温、降水变化对植被物候驱动分析[J]. 水土保持研究,2022,29(1):249-255.
- [8] 向响,黄永梅,杨崇曜,等. 海拔对青海湖流域群落水平植物功能性状的影响[J]. 植物生态学报,2021,45(5):456-466.
- [9] 郭建兴,罗腾飞,叶茂,等. 新疆阿尔泰山富蕴矿区草地物种多样性与地形因子关系[J]. 中国野生植物资源,2022,41(8):89-94.
- [10] 吴建国,吕佳佳,艾丽,等. 气候变化对生物多样性的影响:脆弱性和适应[J]. 生态环境学报,2009,18(2):693-703.
- [11] 杨元合,饶胜,胡会峰,等. 青藏高原高寒草地植物物种丰富度及其与环境因子和生物量的关系[J]. 生物多样性,2004,12(1):200-205.
- [12] 刘哲,李奇,陈懂懂,等. 青藏高原高寒草甸物种多样性的海拔梯度分布格局及对地上生物量的影响[J]. 生物多样性,2015,23(4):451-462.
- [13] 王永繁,余世孝,刘蔚秋,等. 物种多样性指数及其分形分析[J]. 植物生态学报,2002,26(4):391-395.
- [14] 张江蕾,陈少辉. 祁连山自然保护区植被覆盖时空变化及地形分异研究[J]. 西部林业科学,2023,52(1):106-112+121.
- [15] 候勇,陈文龙,钟成,等. 内蒙古地区植被覆盖度时空变化遥感监测[J]. 东北林业大学学报,2018,46(11):35-40.
- [16] 刘雪梅,高小红,马元仓. 2002—2015年青海省不同气候区植被覆盖时空变化[J]. 干旱区研究,2017,34(6):1345-1352.
- [17] 鲍文楷,张研,代李彝,等. 基于LSMM的青海湖流域植被覆盖度时空变化分析[J]. 湖北农业科学,2018,57(20):44-48.
- [18] 陈桂琛,彭敏. 青海湖地区植被及其分布规律[J]. 植物

- 生态学与地植物学学报,1993(1):73-83.
- [19] 殷锡凯,叶茂,郭建兴,等. 阿尔泰山布尔津林区不同草地类型物种多样性特征与生产力的关系[J]. 水土保持学报,2022,36(1):110-115.
- [20] 仲俊涛,王蓓,米文宝,等. 盐池县草地生态系统调查[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(4):176-182.
- [21] 陈克龙,朵海瑞,李准,等. 基于景观结构变化的青海湖流域湿地空间分析[J]. 湿地科学与管理,2009,5(4):36-39.
- [22] 高黎明,张乐乐. 青海湖流域植被盖度时空变化研究[J]. 地球信息科学报,2019,21(9):1318-1329.
- [23] 青海省草原总站. 青海草地资源[M]. 西宁:青海人民出版社,2012.
- [24] 杨星辰,雷少刚,徐军,等. 生物多样性指数遥感制图方法研究[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(6):105-113.
- [25] 孙义,秦彧,魏天锋,等. 草地植物物种多样性测度方法及发展趋势[J]. 应用生态学报,2022,33(3):655-663.
- [26] 李亚园,邱开阳,何毅,等. 毛乌素沙地南缘柠条固沙恢复区植物多样性及生物量对水氮添加的响应[J]. 草原与草坪,2022,42(6):10-20.
- [27] 姜晓燕,高圣杰,蒋燕,等. 毛乌素沙地植被不同恢复阶段植物群落物种多样性、功能多样性和系统发育多样性[J]. 生物多样性,2022,30(5):18-28.
- [28] 武彦朋,陈克龙,张斐,等. 青海湖流域典型草地物种丰富度与生产力的关系[J]. 生态学杂志,2011,30(7):1449-1453.
- [29] 王长庭,龙瑞军,丁路明,等. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响[J]. 生物多样性,2004,12(4):403-409.
- [30] 何文亮. 中国北方不同荒漠区植物多样性及群落稳定性研究[D]. 兰州. 兰州大学,2019.
- [31] 高成芬,张德罡,王国栋. 不同强度短期放牧对高寒草甸植被特征的影响[J]. 草原与草坪,2021,41(5):9-15.
- [32] 张倩,杨晶,姚宝辉,等. 放牧模式对祁连山东缘高寒草甸土壤理化特性和物种多样性的影响[J]. 草原与草坪,2021,41(2):105-112.
- [33] 沈婷婷,王悦骅,韩国栋. 短花针茅草原生态系统稳定性对放牧的响应[J]. 草原与草坪,2022,42(6):88-94.
- [34] 郎鹏,王勇辉,徐海量,等. 禁牧年限对温性荒漠草地群落特征及土壤因子的影响[J]. 草业科学,2022,39(3):431-442.
- [35] 付伟,赵俊权,杜国祯. 青藏高原高寒草地放牧生态系统可持续发展研究[J]. 草原与草坪,2013,33(1):84-88.

Spatial differentiation of grassland vegetation and species diversity in Qinghai Lake basin

SHI Jian-li¹, ZHONG Jun-tao^{1,2*}, MA Yong-jie¹

(1. College of Geographical Sciences, Qinghai Normal University, Xining, 810008; 2. Key Laboratory of Natural Geography and Environmental Processes of Qinghai Province, Xining, 810008)

Abstract: **[Objective]** To reveal the spatial differentiation of grassland vegetation and species diversity in Qinghai Lake Basin. **[Method]** The Patrick richness index, Shannon-wiener diversity index, Pielou evenness index and Simpson dominance index were used to analyze the species diversity and importance values of the grassland based on field survey and remote sensing. **[Result]** 1) Grasses, Compositae and sedges were dominant in the grassland of Qinghai Lake Basin. The dominant species in warm steppe are mainly *Achnatherum splendens*, *Stipa breviflorum* and *Stipa Splendens*. In the middle altitude alpine grassland, the dominant species of the grassland were grass, *artemisia frigida* and *Stipa purple*. The alpine meadow was mainly composed of *kobresia*, *kobresia alba*, *Kobresia alba*, *Kobresia borealis* and *Kobresia alba*. 2) In the low coverage area, *Stipa purple* and *Kobresia boreal* were the dominant species, which had the characteristics of cold tolerance, salt and alkali tolerance. In the middle coverage area, the dominant species were *kobresiaaltifolia*, *Kobresiaaltifolia* and *Kobresiaaltifolia*. In the high coverage area, the dominant species of

Achnatherum Splendens, *Stipa clari* and *Fescue purple* were mainly found, and the hierarchy of community structure was obvious. 3) In different coverage regions, richness index, diversity index and evenness index showed low coverage ($VFC < 0.3$), medium coverage ($VFC 0.3 \sim 0.6$) and high coverage ($VFC > 0.6$), while dominance index showed opposite trend. 4) The richness index and diversity index of different grassland types formed a unimodal curve of "low, high and low", which was higher in the alpine grassland area, ranging from (0.659~2.897) and (5~26), respectively. The evenness index of alpine meadow was higher (0.146~0.919). 【Conclusion】The results showed that the coverage had little effect on grassland species diversity, and the grassland species diversity of different grassland types was mainly affected by altitude. Therefore, altitude was the main factor affecting the grassland vegetation and species diversity in Qinghai Lake Basin.

Key words: species diversity; spatial differentiation; vegetation communities; Qinghai Lake basin

(责任编辑 康宇坤)