

山西省亚高山草甸群落组成及其多样性研究

史雅楠,张喜斌,高龙,顾思思

(山西省林业和草原科学研究院,山西 太原 030012)

摘要:【目的】以山西省从南到北分布的6个亚高山草甸为研究对象,探讨亚高山草甸的群落物种多样性和空间分布格局。【方法】采用有限样方内生物多样性的测定方法,测定了从南到北分布的6个亚高山草甸的物种组成和多样性指数,并比较了各草甸之间的群落相似性。【结果】6个亚高山草甸上共有172种植物,菊科、禾本科、蔷薇科、豆科分布较为广泛。各草甸物种多样性指数存在显著差异($P < 0.05$),其中大同市灵丘县亚高山草甸的群落物种多样性和丰富度指数最高,太原市娄烦县亚高山草甸的均匀度最高。从物种组成的群落相似性结果来看,吕梁市离石区亚高山草甸与大同市灵丘县亚高山草甸的物种组成相似性最高,忻州市宁武县亚高山草甸和大同市广灵县亚高山草甸的物种组成相似度最低。【结论】随着海拔的升高,亚高山草甸的多样性指数呈现随之降低的趋势。

关键词:亚高山草甸;山西省;物种多样性;多样性指数

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)01-0175-08

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.01.020



亚高山草甸是高寒草甸(高山草甸)的一种类型,以耐寒冷、密丛短根茎地下植物嵩草以及藁草、禾草、杂草类为建群种的草甸群落。在我国,亚高山草甸主要分布在北方地区,其中山西省亚高山草甸分布面积达到35.3万 hm^2 ,零星分布在从南到北的各大山脉的林线以上,海拔高度在2000~2700 m^[1]。亚高山草甸作为一种特殊的草甸群落,在维持生物多样性稳定和调节气候变化上发挥着重要的作用^[2]。

在群落中,物种多样性是维持陆地生态系统多功能性和稳定性的关键因素之一,同时也是生态功能研究中非常重要的内容^[3]。当一个生态系统中的物种种类组成和数量发生变化时,会引起整个生态系统结构和功能的变化^[4]。基于此,研究亚高山草甸的物种多样性显得尤为重要^[5]。目前,关于山西省亚高山草甸物种多样性的研究已多有报道,如,关帝山亚高山草甸^[6]、五台山亚高山草甸^[7]、沁源花坡^[8]等地的研究,大

多研究集中在不同海拔梯度和人为干扰对当地物种或生态系统的影响^[9-10]。近年来,随着旅游业发展,因其夏季气候凉爽,牧草丰茂,一直是旅游观光和放牧的热门地区,长期以来,由于人类的过多干扰和使用,山西境内的多处亚高山草甸发生了不同程度的退化,生物多样性减少,生产力降低,导致草地生态系统衰退问题日趋严重^[11-13]。

随着我国对草原生态保护的重视,以及山西省对亚高山草甸生态修复工作的推进,研究不同区域亚高山草甸物种多样性之前的差异和共性,对亚高山草甸退化区域的修复具有重要意义。鉴于此,本文对山西省从南到北分布的亚高山草甸的植物组成与多样性进行了分析,旨在进一步加强对山西省亚高山草甸物种多样性的认识,分析其群落相似性,为当地的草甸修复与生物多样性保护提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区包括山西省6个草地面积大于8公顷的草原,研究区的草地类型均为亚高山草甸,主要分布在海拔2000 m以上、有地表水汇集的地方或华北落叶松林林缘。甸内为亚高山草甸土。从南到北调查的地理位置信息如表1。

收稿日期:2023-03-02;修回日期:2023-05-13

基金项目:2022年山西省林业重点计划专项项目“晋北地区典型草地主要草种组成与特征研究”

作者简介:史雅楠(1992-),女,山西沁源人,工程师,硕士,研究方向为草地生态恢复与管理。

E-mail:674265718@qq.com

表1 山西省6个亚高山草甸调查区基本概况

Table 1 Basic overview of the six subalpine meadow survey areas in Shanxi Province

序号	地名	经纬度	海拔/m
1	吕梁市离石区	111°32'16" E—111°33'44" E; 37°35'44" N—37°36'21" N	2 020~2 078
2	太原市娄烦县	111°33'18" E—111°33'29" E; 37°52'32" N—37°52'51" N	2 414~2 494
3	忻州市五寨县	111°50'17" E—111°84' E; 38°42'53" N—38°72'18" N	2 630~2 740
4	忻州市宁武县	111°33'39" E—111°56'15" E; 38°45'1" N—38°46'6" N	2 596~2 700
5	大同市灵丘县	114°31'44" E—114°32'15" E; 39°30'45" N—39°31'11" N	2 000~2 040
6	大同市广灵县	113°56'24" E—114°0'20" E; N 39°42'3"—39°50'59" N	2 028~2 288

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查 2020年7—8月从南到北在山西省6个亚高山草甸选择具有典型性和代表性的地段进行样方调查。随机选取3个20 m²的样地,各样地内按照坡上位、坡中位和坡下位,随机设置3个1 m²的样方,每个草甸共设置27个1 m²的样方。记录每个样方的植物种、多度、高度、盖度、高度等数量指标,同时记录样地的经纬度和海拔高度等环境因子。

1.2.2 数据处理及物种多样性指数的计算 物种多样性指数是反映物种丰富度和均匀度的综合指标,依据物种多样性测度指数应用的广泛程度。采用相对多度、相对频度和相对高度的平均值计算各物种的相对重要值(P_i)。

$P_i = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对高度}) / 3$ 。选取以下4种指数测度物种多样性^[5-6]。

Patrick 丰富度指数: $R = S$

物种丰富度(S)是每个样方的物种数量。

Simpson 多样性指数: $D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$

Shannon-wiener 指数: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i^2$

Pielou 均匀度指数: $E = H' / \ln(S)$

群落相似性是指不同群落结构特征的相似程度,选取以下3种指数测度群落相似性。

Jaccard 相似度指数(C_j): $C_j = c / (a + b - c)$

Sorensen 相似度指数(C_s): $C_s = 2c / (a + b)$

a、b是两个样地中各自的物种数目,c是两个样地中公共的类群数目

Cody 差异度指数(β_c): $\beta_c = g + l / 2$

$g = a - c$, $l = b - c$, g 、 l 是两样地各自特有类群数目

1.2.3 数据分析 采用Excel2010和SPSS软件进行数据统计分析和作图,分别对6个亚高山草甸的物种组成、物种分布特征、物种多样性指数等进行分析;利用SPSS软件对多样性指数、均匀度指数进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 群落物种组成及分布

植物群落物种组成是反应其结构变化的重要指示因子,是了解群落基础和群落性质的关键。依据样方调查的结果发现,在6大亚高山草甸上共有172种植物,隶属36科、98属(表2)。植物种类从多到少按科排序依次为菊科、禾本科、蔷薇科、豆科、毛茛科、莎草科等。其中,菊科19属36种,占总物种数的20.93%;禾本科15属20种,占总物种数的11.76%;蔷薇科5属16种,占总物种数的9.3%;豆科和毛茛科占总物种数的6.40%;败酱科、川续断科等14科均只有1属1种,均占总物种属的0.58%。由此可见,菊科、禾本科、蔷薇科、豆科、毛茛科应为亚高山草甸的优势科种。

其中,在6个亚高山草甸均有分布的植物为瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaloideum*)、节节草(*Equisetum ramosissimum*)、薹草(*Carex hirta*)、蓝花棘豆(*Oxytropis caerulea*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、鹅观草(*Elymus kamoji*)、老鹳草(*Geranium wilfordii*)、小红菊(*Chrysanthemum chanetii*)、珠芽蓼(*Bistorta vivipasa*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)。

大同市广灵县草甸的植被覆盖度最高,太原市娄烦县草甸的覆盖度最低(表3)。同时,大同市广灵县

表2 不同亚高山草甸植物物种科属组成

Table 2 The composition of the family and genus of different subalpine meadow plant species

科名	属的数量	种的数量	占种的百分比/%	科名	属的数量	种的数量	占种的百分比/%
菊科(Asteraceae)	19	36	20.93	景天科(Crassulaceae)	2	2	1.16
禾本科(Poaceae)	15	20	11.63	木贼科(Equisetaceae)	2	2	1.16
蔷薇科(Rosaceae)	5	16	9.30	茜草科(Rubiaceae)	1	2	1.16
豆科(Fabaceae)	7	11	6.40	十字花科(Brassicaceae)	2	2	1.16
毛茛科(Ranunculaceae)	7	11	6.40	紫草科(Boraginaceae)	2	2	1.16
莎草科(Cyperaceae)	4	11	6.40	败酱科(Valerianaceae)	1	1	0.58
伞形科(Apiaceae)	3	7	4.67	忍冬科(Caprifoliaceae)	1	1	0.58
石竹科(Caryophyllaceae)	3	6	3.49	灯心草科(Juncaceae)	1	1	0.58
龙胆科(Gentianaceae)	2	5	2.91	虎耳草科(Saxifragaceae)	1	1	0.58
玄参科(Scrophulariaceae)	1	4	2.33	兰科(Orchidaceae)	1	1	0.58
蓼科(Polygonaceae)	1	4	2.33	藜科(Chenopodiaceae)	1	1	0.58
百合科(Liliaceae)	1	3	1.74	柳叶菜科(Onagraceae)	1	1	0.58
报春花科(Primulaceae)	2	3	1.74	瑞香科(Thymelaeaceae)	1	1	0.58
桔梗科(Campanulaceae)	1	3	1.74	檀香科(Santalaceae)	1	1	0.58
牻牛儿苗科(Geraniaceae)	1	3	1.74	藤黄科(Clusiaceae)	1	1	0.58
车前科(Plantaginaceae)	1	2	1.16	鸭跖草科(Commelinaceae)	1	1	0.58
唇形科(Lamiaceae)	2	2	1.16	鸢尾科(Iridaceae)	1	1	0.58
堇菜科(Violaceae)	1	2	1.16	远志科(Polygalaceae)	1	1	0.58
总计					98	172	100

表3 亚高山草甸植物群落特征

Table 3 Characteristics of plant community in subalpine meadow

草甸	总盖度/%	物种数	重要值	优势种
吕梁市 离石区	68.66	55	0.215 5	细叶薹草(<i>Carex duriuscula</i> subsp. <i>stenophylloides</i>)、瓣蕊唐松草(<i>Thalictrum petaloideum</i>)、小红菊(<i>Chrysanthemum chanetii</i>)、裂叶蒿(<i>Artemisia tanacetifolia</i>)、洮源披碱草(<i>Elymus alienus</i>)、天蓝苜蓿(<i>Medicago lupulina</i>)、蓬子菜(<i>Galium verum</i>)
太原市 娄烦县	49.00	49	0.197 9	紫羊茅(<i>Festuca rubra</i>)、珠芽蓼(<i>Bistorta vivipasa</i>)、委陵菜(<i>Potentilla chinensis</i>)、点叶薹草(<i>Carex hancockiana</i>)、鸟足毛茛(<i>Ranunculus brotherusii</i>)、魁薊(<i>Cirsium leo</i>)
忻州市 五寨县	89.35	56	0.197 3	珠芽蓼、瓣蕊唐松草、山地早熟禾(<i>Poa versicolor</i> subsp. <i>orinosa</i>)、细叶早熟禾(<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>angustifolia</i>)、火绒草(<i>Leontopodium leontopodioides</i>)、高山嵩草(<i>Kobresia pygmaea</i>)、
忻州市 宁武县	87.57	29	0.252 8	高山嵩草、珠芽蓼、早熟禾(<i>Poa annua</i>)、嵩草(<i>Kobresia myosuroides</i>)、蒲公英(<i>Taraxacum mongolicum</i>)、瓣蕊唐松草
大同市 灵丘县	90.5	52	0.230 3	薹草(<i>Carex hita</i>)、地榆(<i>Sanguisorba officinalis</i>)、柯孟披碱草(<i>Elymus kamoji</i>)、小红菊(<i>Chrysanthemum chanetii</i>)、瓣蕊唐松草、翻白草(<i>Potentilla discolor</i>)、蓬子菜、翠雀(<i>Delphinium grandiflorum</i>)
大同市 广灵县	93.88%	86	0.140 2	鼠掌老鹳草(<i>Geranium sibiricum</i>)、薹草、羊草(<i>Leymus chinensis</i>)、天蓝苜蓿(<i>Medicago lupulina</i>)、两型豆(<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>)、裂叶蒿(<i>Artemisia tanacetifolia</i>)、堇色早熟禾(<i>Poa araratica</i> subsp. <i>ianthina</i>)、赖草(<i>Leymus secalinus</i>)

的物种个数最高(86),吕梁市离石区和忻州市五寨县的物种数为56,其次为大同市灵丘县,有52个物种、太原市娄烦县有49种,忻州市宁武县草甸的物种数最低,只有29种。大同市广灵县的重要值最低(0.140 2),忻州市宁武县草甸的重要值最高(0.252 8)。说明随着植物群落覆盖度的提高,优势种在群落中的作用逐渐减弱。6个不同草甸的主要优势种有藁草(*Carex hirta*)、瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaloideum*)、天蓝苜蓿(*Medicago lupulina*)等。

2.2 亚高山草甸物种多样性

2.2.1 植物多样性 大同市灵丘县的草甸 Patrick 丰富度指数最大(21.83),其次为吕梁市离石区(20.67) > 大同市广灵县(20.14) > 忻州市五寨县(16.30) > 太原市娄烦县(14.22) > 忻州市宁武县(12.00)(图1)。其中,除大同市灵丘县、吕梁市离石区与大同市广灵县,各地物种丰富度指数差异显著($P < 0.05$)。这可能与草甸的海拔高度有一定关系,大同市灵丘县、广灵的亚高山草甸与吕梁市离石区草甸经纬度有差异,但是海拔范围均在2 000~2 230 m,而其他3个草甸海拔均在2 400 m以上。

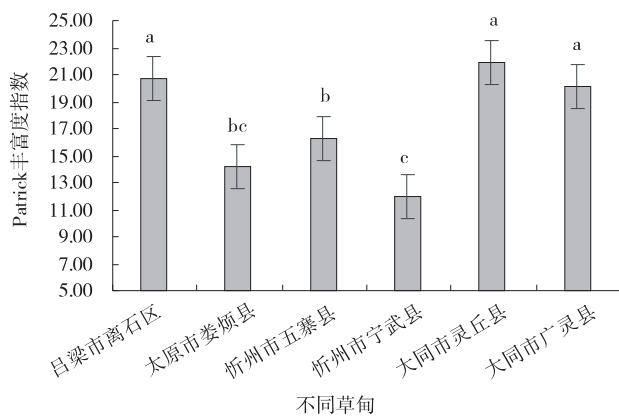


图1 不同亚高山草甸的 Patrick 丰富度比较

Fig. 1 Patrick richness index of different subalpine meadows

大同市灵丘县亚高山草甸的 Simpson 多样性指数也是最大的(0.942 5),其次依次为吕梁市离石区亚高山草甸(0.940 0)、大同市广灵县亚高山草甸(0.930 8)、忻州市五寨县草甸(0.917 1)、太原市娄烦县亚高山草甸(0.916 9)、忻州市宁武县亚高山草甸(0.892 1)(图2)。

大同市灵丘县亚高山草甸的 Shannon-wiener 多样性指数最大(2.957 0),其次为吕梁市离石区(2.908 1) > 大同市广灵县(2.840 7) > 忻州市五寨县

(2.624 5) > 太原市娄烦县(2.555 3) > 忻州市宁武县(2.341 8)(图3)。不同亚高山草甸的 Simpson 多样性指数和 Shannon-wiener 多样性指数以及 Patrick 丰富度指数变化趋势一致,说明山西的亚高山草甸的物种多样性具有一定的地带特征,大同市灵丘县亚高山草甸具有丰富的物种多样性。

大同市灵丘县、吕梁市离石区和大同市广灵县亚高山草甸的植物多样性指数与太原市娄烦县、忻州市五寨县荷叶坪,与忻州市宁武县之间存在显著差异($P < 0.05$),最南边和最北边的亚高山草甸多样性指数无显著差异。研究发现这6个地区下属的草地型之间存在一定差异,吕梁市离石区分布有苔草-蓝花棘豆型和苔草-杂类草型草甸,太原市娄烦县和忻州市五寨县除分布有高山草甸类草地外,还有部分属于山地灌丛类草地,有忻州市五寨县、忻州市宁武县的草甸型均包含苔草-杂类草型,大同市灵丘县和吕梁市离石区包含苔草+蓝花棘豆型,由于草地类别的差异导致植物群落的多样性存在差异。

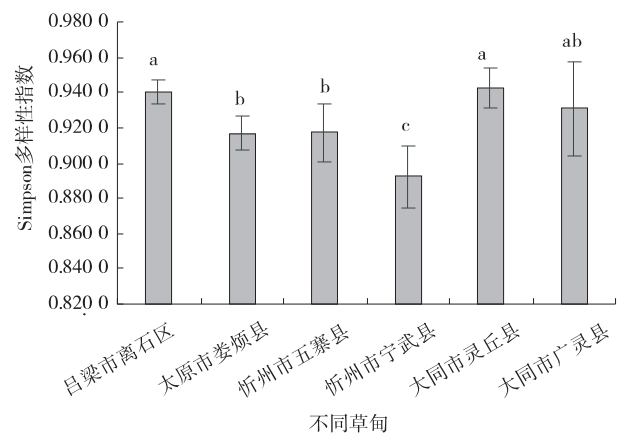


图2 不同亚高山草甸的 Simpson 多样性指数比较

Fig. 2 Simpson diversity index of different subalpine meadows

均匀度能体现群落中物种分布的均匀程度。不同亚高山草甸之间的 Pielou 均匀度指数均较大,其中,太原市娄烦县亚高山草甸 Pielou 均匀度指数最高(0.966 1),其次依次为大同市灵丘县亚高山草甸(0.963 0)、吕梁市离石区亚高山草甸(0.961 7)、大同市广灵县亚高山草甸(0.958 4)、忻州市五寨县亚高山草甸(0.945 2)、忻州市宁武县亚高山草甸(0.944 2),六者之间差异不大,其中吕梁市离石区、太原市娄烦县、大同市灵丘县和忻州市五寨县、忻州市宁武县的 Pielou 均匀度指数存在显著差异($P < 0.05$),这与6种

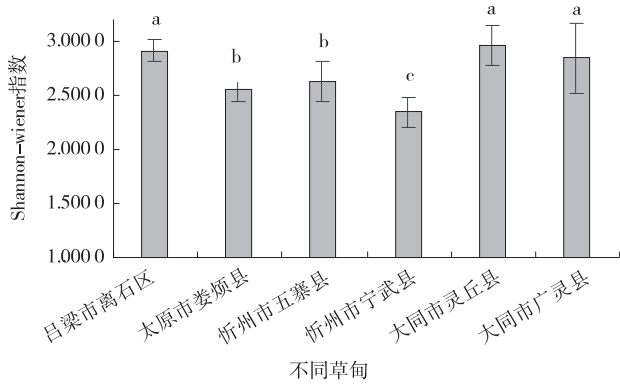


图 3 不同亚高山草甸的 Shannon-wiener 多样性指数比较
Fig. 3 Shannon-wiener diversity index of different subalpine meadows

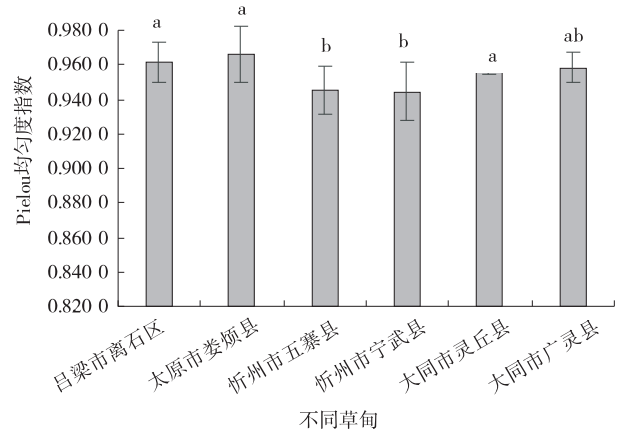


图 4 不同亚高山草甸的 Pielou 均匀度指数比较
Fig. 4 Pielou evenness index of different subalpine meadows

草甸的物种多样性指数的变化趋势大不相同(图 4)。

综上所述,大同市灵丘县亚高山草甸群落的 Patrick 丰富度指数、Simpson 多样性指数和 Shannon-wiener 多样性指数均为最大,表明该草甸的物种多样性最丰富。太原市娄烦县亚高山草甸 Pielou 均匀度指数最高,表明该草甸的群落分布比较均匀;大同市灵丘县、吕梁市离石区和大同市广灵县亚高山草甸的物种的丰富度相对较高。

2.2.2 亚高山草甸群落相似性 由表 4 和表 5 可知,

吕梁市离石区亚高山草甸和大同市灵丘县亚高山草甸的物种组成相似性最高,其次是忻州市五寨县和忻州市宁武县、吕梁市离石区和太原市娄烦县、吕梁市离石区和大同市广灵县的物种组成相似性较高,忻州市宁武县和大同市广灵县的物种组成相似度最低(表 6)。这与亚高山草甸草地类型分布有很大关系,吕梁市离石区和大同市灵丘县均包含苔草-蓝花棘豆型草地,且两地有着较相似的水分和营养条件,因此 2 种草甸群落中存在相同物种的几率较其他草甸群落大。

表 4 不同亚高山草甸植物之间的 Jaccard 相似度指数 (C_j)

Table 4 Jaccard similarity index (C_j) between different subalpine meadow plants

地区	A	B	C	D	E	F
吕梁市离石区	1.000					
太原市娄烦县	0.300	1.000				
忻州市五寨县	0.194	0.180	1.000			
忻州市宁武县	0.135	0.147	0.349	1.000		
大同市灵丘县	0.354	0.217	0.213	0.174	1.000	
大同市广灵县	0.270	0.195	0.164	0.127	0.255	1.000

表 5 不同亚高山草甸植物之间的 Sorensen 相似度指数 (C_s)

Table 5 Sorensen similarity index (C_s) between different subalpine meadow plants

地区	A	B	C	D	E	F
吕梁市离石区	1.000					
太原市娄烦县	0.462	1.000				
忻州市五寨县	0.324	0.305	1.000			
忻州市宁武县	0.238	0.256	0.518	1.000		
大同市灵丘县	0.523	0.356	0.352	0.296	1.000	
大同市广灵县	0.426	0.326	0.282	0.226	0.406	1.000

2.3 不同草甸群落物种多样性与海拔的关系

随着海拔高度的增加,物种多样性指数均呈现出比较稳定的趋势(表 7)。多样性指数随着海拔的升

高呈现下降的趋势。其中,海拔 2 000 m 的多样性指数与海拔 2 600 米的多样性指数差异均显著 ($P < 0.05$)。

表6 不同亚高山草甸植物之间的Cody差异度指数(β_c)
Table 6 Cody difference index (β_c) between different subalpine meadow plants

地区	A	B	C	D	E	F
吕梁市离石区	0.0					
太原市娄烦县	28.0	0.0				
忻州市五寨县	37.5	36.5	0.0			
忻州市宁武县	32.0	29.0	20.5	0.0		
大同市灵丘县	25.5	32.5	35.0	28.5	0.0	
大同市广灵县	40.5	45.5	51.0	44.5	41.0	0.0

表7 不同海拔高度下物种群落多样性指数
Table 7 Species community diversity index at different altitudes

海拔/m	Simpson指数	Shannon—wiener指数	Pielou指数
2 000~2 200	0.941 3±0.009 2 ^a	2.932 5±0.144 3 ^a	0.962 4 ±0.009 9 ^a
2 200~2 400	0.930 8±0.026 8 ^{ab}	2.840 7±0.325 0 ^a	0.958 4 ±0.008 4 ^a
2 400~2 600	0.916 9±0.009 2 ^{bc}	2.555 3±0.119 9 ^b	0.966 1±0.016 5 ^a
2 600~2 800	0.906 0±0.020 5 ^c	2.498 9±0.213 1 ^b	0.944 8±0.014 1 ^b

3 讨论

本文对山西省6种不同区域下亚高山草甸群落物种多样性进行了调查,共记录野生植物170种,隶属36科、98属。菊科、禾本科、蔷薇科、豆科为当地的优势科种。在调查过程中发现优势种为藁草、瓣蕊唐松草、珠芽蓼、天蓝苜蓿等,其中,瓣蕊唐松草、节节草、蓝花棘豆、蒲公英在6大草甸上均有分布。同时在忻州市五寨县发现了国家Ⅱ级保护植物红景天(*Rhodiola rosea*),在太原市娄烦县发现了山西省重点保护野生植物楔裂美花草(*Callianthemum farreri*)。除大同市广灵县草甸上物种种类较高外,其他5个亚高山草甸整体上群落组成比较简单,这样的简单群落更容易遭到破坏,稳定性较差^[14],加之各地都存在不合理放牧现象,导致后期恢复难度较大。因此,通过此次亚高山草甸植物多样性的调查研究,对亚高山草甸生态系统恢复和生物多样性保护具有重要意义。

植物物种在一定区域内分布的疏密程度,直接或间接影响到植物群落多样性。从植物群落丰富度指数、均匀度指数和多样性指数来看,从南到北的6个亚高山草甸存在一定的差异性。其中,大同市广灵县草甸的植被覆盖率最高,北边大同市灵丘县草甸的物种多样性最高、群落物种最丰富,太原市娄烦县草甸的植物分布最均匀。表明北边的气候和土壤条件有利

于更多亚高山草甸植被物种的生长繁育。这是由于物种对不同生长环境有一定的选择倾向,群落生长环境是形成物种多样性的主要原因^[15]。亚高山草甸气候温凉且湿润,海拔较高,长期在这种气候条件下,植物表现出一定的适生性,藁草、禾草等植物生长良好,并占据优势地位。调查过程中也发现,在北边亚高山草甸上藁草、羊草等多为当地优势种。

有研究发现,物种多样性的地理分布特征是多因素综合作用的结果^[16],海拔梯度的垂直分布,可通过影响草地物种生长的环境因子来影响草地植物多样性的垂直分布格局^[17],吕婷等^[18]研究发现在不同生境下柴达木盆地的群落物种多样性与海拔有显著联系。王誉陶等^[19]研究发现,在山西境内亚高山草甸植物物种多样性呈现出随海拔升高而逐渐递减的趋势,曲波等^[20]在山西五鹿山研究发现,物种多样性与海拔呈现负相关。在本文中,海拔从低到高依次为大同市灵丘县<吕梁市离石区<大同市广灵县<太原市娄烦县<忻州市宁武县<忻州市五寨县,物种多样性指数则随海拔升高而逐渐递减的趋势,呈现出一定的地理特征。在已有的研究中,物种多样性与海拔呈负相关的结论较多^[21-23]。草本植物对水热因子敏感^[24],低海拔地区水热环境相对优越,群落分布较为稳定,而高海拔地区,水热环境相对恶劣,气温低、降水少,影响到

某些物种的生存环境,其物种丰富度和多样性相对较低^[24]。本研究支持物种多样性与海拔呈负相关的结论。

4 结论

对山西省从南到北的6个亚高山草甸的群落物种组成和多样性的研究发现,6大草甸的物种组成基本相似,菊科、禾本科、蔷薇科、豆科分布广泛,且为当地的优势科种;不同草甸的物种多样性具有相似性,但也存在差异。从南到北,大同市广灵县亚高山草甸的物种数最多,大同市灵丘县亚高山草甸的多样性指数和丰富度指数最大,太原市娄烦县亚高山草甸的Pielou均匀度指数最大,指数变化并没有呈现明显的南北差异。吕梁市离石区亚高山草甸和大同市灵丘县亚高山草甸的物种组成相似性最高。而物种多样性指数与海拔高度呈负相关。在亚高山草甸修复中可以优先考虑瓣蕊唐松草、节节草、藁草、鹅观草、蓝花棘豆等分布广泛的草种,以改善该地区的物种丰富度,维持并提高草甸群落稳定性。

参考文献:

- [1] 庞晓瑜,雷静品,王奥,等. 亚高山草甸植物群落对气候变化的响应[J]. 西北植物学报,2016,36(8):1678-1686.
- [2] 董宽虎,胡畅. 山西亚高山草甸青草期羔羊划区轮牧试验[J]. 山西农业大学学报:自然科学版,1993,13(3):222-224.
- [3] 李禄军,曾德慧. 物种多样性与生态系统功能的关系研究进展[J]. 生态学杂志,2008,27(11):2010-20147.
- [4] Hector A, E Bazeley-White, Loreau M, *et al.* Overyielding in grassland communities: testing the sampling effect hypothesis with replicated biodiversity experiments[J]. *Ecology Letters*,2002,5(4):502-511.
- [5] 窦全虎. 秦岭山地5种亚高山草甸的物种多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015(5):71-78.
- [6] 袁建英,张金屯,席跃翔. 山西关帝山亚高山灌丛、草甸物种多样性的研究[J]. 草业学报,2004,13(3):34-39.
- [7] 张金屯,米湘成,郑凤英,等. 五台山亚高山草甸群落生态关系分析[J]. 草地学报,1997,5(3):6.
- [8] 董宽虎,张建强. 亚高山草甸不同坡向牧草产量动态的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),1994,2(1):74-78.
- [9] 卢爱英,张先平,王世裕,等. 干扰对云顶山亚高山草甸群落物种多样性的影响[J]. 植物研究,2011,31(1):6.
- [10] 江源,章异平,杨艳刚,等. 放牧对五台山高山、亚高山草甸植被-土壤系统耦合的影响[J]. 生态学报,2010(4):837-846.
- [11] 章异平,江源,刘全儒,等. 放牧压力下五台山高山、亚高山草甸的退化特征[J]. 资源科学,2008,30(10):1555-1563.
- [12] 周春丽,林丽,朋措吉,等. 不同演替状态下高寒蒿草草甸植物功能群分异特征[J]. 甘肃农业大学学报,2020,55(1):136-144.
- [13] 张桂萍,张峰,茹文明. 旅游干扰对历山亚高山草甸植物多样性的影响[J]. 生态学报,2008,28(1):407-415.
- [14] 张馨文,安慧,刘小平,等. 短期氮添加对荒漠草原植物群落组成及稳定性的影响[J]. 生态学杂志,2021,40(8):2400-2409.
- [15] 王健铭,董芳宇,巴海·那斯拉,等. 中国黑戈壁植物多样性分布格局及其影响因素[J]. 生态学报,2016,36(12):3488-3498.
- [16] 刘开明,郑智,龚大洁. 物种丰富度的垂直分布格局及其形成机制[J]. 生态学杂志,2017,36(2):541-554.
- [17] 栗文瀚,干珠扎布,曹旭娟,等. 海拔梯度对藏北高寒草地生产力和物种多样性的影响[J]. 草业学报,2017,26(9):200-207.
- [18] 吕婷,刘玉萍,亢俊铎,等. 德令哈-哈拉湖沿线不同生境下群落的物种组成及其多样性[J]. 草地学报,2021,29(S1):146-155.
- [19] 王誉陶,毕玉婷,王倩,等. 山西亚高山草甸植物群落多样性的空间分异[J]. 中国农学通报,2018,34(18):77-83.
- [20] 曲波,苗艳明,张钦弟,等. 山西五鹿山植物物种多样性及其海拔梯度格局[J]. 植物分类与资源学报,2012,34(4):376-382.
- [21] 沙威,董世魁,刘世梁,等. 阿尔金山自然保护区植物群落生物量和物种多样性的空间格局及其影响因素[J]. 生态学杂志,2016,35(2):330-337.
- [22] 王金兰,曹文侠,张德罡,等. 东祁连山高寒杜鹃灌丛群落结构和物种多样性对海拔梯度的响应[J]. 草原与草坪,2019,39(5):1-9.
- [23] 张晓龙,邓清月,秦浩,等. 不同海拔梯度灌丛草甸群落多样性的分布特征—以五台山亚高山—高山带南坡为例[J]. 生态环境学报,2020,29(4):657-664.
- [24] 许宏刚,张建旗,朱亚灵,等. 兰州市南北两山草本植物

多样性研究[J]. 草原与草坪, 2021, 41(3): 130–137.

植被分布格局特征的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(6):

[25] 刘玉祯, 刘文亭, 冯斌, 等. 坡向和海拔对高寒山地草甸

1166–1173.

Composition and diversity of subalpine meadow communities in Shanxi Province

SHI Ya-nan, ZHANG Xi-bin, GAO long, Gu si-si

(*Shanxi Academy of Forestry and Grassland Science, Taiyuan 030012, China*)

Abstract: 【Objective】 In order to explore the community species diversity and spatial distribution pattern of subalpine meadows in Shanxi Province, we selected six subalpine meadows distributed from south to north in Shanxi as the research objects. 【Method】 We used a method of measuring biodiversity within a limited sample, calculated the species composition and diversity index of plant communities in six subalpine meadows distributed from south to north, and compared community similarity among the meadows. 【Result】 The results showed that 172 species of plants were recorded in the six subalpine meadows, and the main dominant families included Compositae, Poaceae, Rosaceae and Leguminosae. There were significant differences in the species diversity index among the meadows ($P < 0.05$). Community species diversity and richness indices were highest in the subalpine meadows of Datong Lingqiu, and the Pielou evenness index of Taiyuan Loufan subalpine meadow was the highest. According to the results of the community similarity in species composition, the species composition similarity between the Lüliang Lishi subalpine meadow and Datong Lingqiu subalpine meadow was the highest, while that of the Xinzhou Ningwu subalpine meadow and Datong Guangling subalpine meadow was the lowest. 【Conclusion】 With the increase of altitude, the diversity index of the subalpine meadow showed a decreasing trend.

Key words: subalpine meadow; Shanxi Province; species diversity; diversity index

(责任编辑 靳奇峰)