

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究

王有兵¹, 杨淑娇¹, 李子光², 胡昌平¹, 杨国斌³, 杨建军¹, 姜健发¹, 李静¹

(1. 云南省林业调查规划院大理分院, 云南 大理 671000; 2. 昆明市海口林场, 云南 昆明 650114;
3. 云南省林业调查规划院生态分院, 云南 昆明 650031)

摘要:采用样方调查法,对宾川县乌龙坝草甸进行植物多样性调查,共记录到维管束植物 148 种,隶属 51 科 112 属(含变种),其中唇形科、豆科、禾本科及菊科的属数较多,菊科的属数高达 15 种;种数在 5 种以上的科有 8 个,分别为唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科;寡种单种的科数量较多,是草甸植物种类的重要组成部分;菊科、禾本科、莎草科等植物是草地群落的重要组成部分,西南野古草、蕨和糙野青茅的重要值最高,分别为 13.651、5.431、4.163。研究结果表明,该区域植物属的地理成分可划分为 10 个类型 2 个变型,以北温带分布成分为主,占比达 37.26%。该草甸植物物种丰富度及多样性较高,物种丰富度最高值达 45, Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数分别达 0.908 和 2.921;总体上低海拔区域物种丰富度和多样性相对较高。

关键词:亚高山草甸;植物多样性;群落组成;区系分析;宾川县乌龙坝

中图分类号:Q948.158;Q16 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)06-0074-06

引文格式:王有兵,杨淑娇,李子光,等.宾川县乌龙坝亚高山草甸植物多样性调查研究[J].林业调查规划,2023,48(6):74-79. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

WANG Youbing, YANG Shujiao, LI Ziguang, et al. Plant Diversity of Subalpine Meadow in Wulongba of Binchuan County [J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 74-79. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.014

Plant Diversity of Subalpine Meadow in Wulongba of Binchuan County

WANG Youbing¹, YANG Shujiao¹, LI Ziguang², HU Changping¹, YANG Guobin³,
YANG Jianjun¹, JIANG Jianfa¹, LI Jing¹

(1. Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China;
2. Haikou Forest Farm, Kunming 650114, China; 3. Ecology Branch, Yunnan Institute, Forest Inventory and Planning, Kunming 650031, China)

Abstract: According to the quadrat survey, 148 species of vascular plants were recorded in Wulongba meadow of Binchuan County, belonging to 112 genera and 51 families (including varieties). The number of genera was large in Lamiaceae, Fabaceae, Poaceae and Asteraceae, with a total of 15 genera in Asteraceae; there were 8 families with species more than 5, including Lamiaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Apiaceae and Cyperaceae; most families only had few species or single species, which was the important part of meadow plant species; Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae and other plants were important components of grassland community; the important values of *Arundinella hookeri*, *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and *Deyeuxia scabrescens* were the highest, 13.651, 5.431

收稿日期:2021-11-16;修回日期:2021-12-06.

第一作者:王有兵(1986-),男,云南弥勒人,硕士,工程师.从事保护地及森林资源调查研究. Email:1789908001@qq.com

责任作者:胡昌平(1970-),男,云南宣威人,高级工程师.从事植物学及自然保护地研究.

and 4.163 respectively. The results showed that the geographical composition of the genera could be divided into 10 types and 2 forms, with 37.26% in the north temperate zone. The plant species richness and diversity of the meadow were high, the highest value of species richness was 45, and Simpson index and Shannon Wiener index were 0.908 and 2.921 respectively; in general, species richness and diversity were relatively high in low altitude areas.

Key words: subalpine meadow; plant diversity; community composition; flora analysis; Wulongba of Binchuan County

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式,是生物多样性最主要的结构和功能单位,也是生物多样性的核心,可表征生物群落的结构复杂性^[1-2]。受生态因子时空异质性影响,物种多样性在不同尺度上呈现明显的空间异质性^[3]。掌握物种多样性的空间异质性不仅对于深入理解生物多样性的形成和分布特征有重要的理论意义,而且对生物多样性保护也具有重要的实践意义^[4]。草地是陆地生态系统的重要组成部分,具有调节气候、涵养水源、防风固沙、改良土壤、保护生物多样性等生态服务功能^[5]。山地草地有其特殊性,其空间相对孤立,成为人们探索生物多样性、生态系统空间尺度、地方物种形成等问题的重要研究对象^[6]。草甸作为川西高原特殊气候和地形地貌条件下形成的生态产物,对区域生态系统以及社会经济产生较大影响,是我国八大生态脆弱区中的19项重点保护区域之一^[7]。草地植物群落的稳定是草地生态系统可持续发展的基础条件,近年来,随着人为干扰程度的增强,草地植物群落的稳定性逐渐下降,功能随之衰退^[8-9]。乌龙坝草甸位于宾川县西南侧斗顶山,属洱海流域的一部分,海拔2780 m以上区域零星分布着面积大小不一的亚高山草甸,是当地重要的畜牧场和生态系统保护区域。随着风车山、乌龙山和斗顶山的风电开发,人为干扰程度急剧增大,导致该区域原生植被破碎度增大,旅游观光人口密度增大,草地生态系统受到一定程度干扰。截至目前,尚未见该区域草甸植物多样性的有关研究报告,为了更好地实施该区域草甸植物多样性保护及监测,以乌龙坝主草场为调查研究对象,初步调查研究草地植物多样性及其分布特征,以期为该区域植物多样性保护及草地监测提供参考。

1 研究区域概况

研究区域位于大理白族自治州宾川县宾居镇乌龙坝村,草甸位于该村斗顶山山顶。研究区域地处宾川县、大理市及祥云县三地交汇处,地理坐标为100°25'48"~100°26'37"E,25°35'41"~25°36'13"N,

调查草甸面积为55 hm²(西侧、北侧及东侧以风电场路为界,不含灌木林地,南侧以灌木林缘为界),海拔2865~2983 m,整体地形呈东北高,西南低,西南角地势相对平坦,草甸汇水区域靠近研究区域南侧边缘,流向西南,属洱海流域的一部分。近年来实施草场生态环境保护,放牧程度有所降低,但由于可达性较好,备受旅游爱好者青睐,生态环境受到一定程度干扰。

2 研究方法

以划定草甸外围界线为基础,在ArcMap中创建渔网(间隔距离200 m),共获取21个渔网中心点,对部分靠近边界、道路及灌木丛的样方进行适当调整(图1),以此中心点布设1 m²样方,获取样方中心点坐标,采用GPS导航(精度保持在2~3 m)对样方进行全面植物物种调查,现场无法鉴定者采集实体标本和照片进一步鉴定,调查时间为2021年6—7月,其中高大灌木丛多变石栎(*Lithocarpus variolosus*)及帽斗栎(*Quercus guyavifolia*)两个物种未纳入多样性分析,统计各样方中各种植物的名称和数量,测

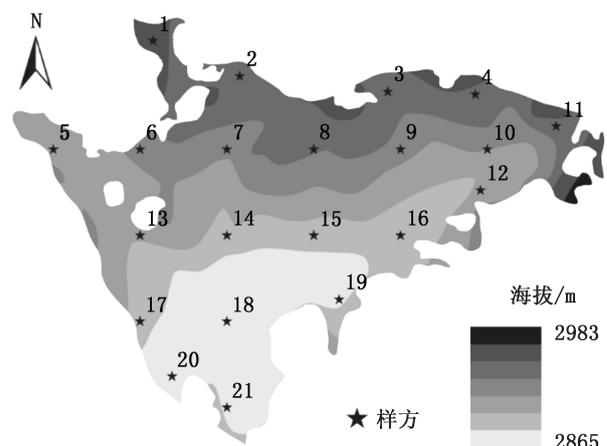


图1 研究区域地形及调查样方布设

Fig. 1 Topography and survey quadrat layout of the study area

量株高、盖度。计算各物种的重要值(IV)、物种丰富度(R)、Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J),评价指标计算公式^[4,10]为:

$$IV = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对多度})/3 \quad (1)$$

$$R = S \quad (2)$$

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (3)$$

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (4)$$

$$J = H' / \ln S \quad (5)$$

式中:相对高度为某物种高度/全部物种高度之和×100%;相对盖度为某个物种盖度/全部物种盖度之和×100%;相对多度为某个物种株数/全部物种株数之和×100%;S为 1 m²样方中所有植物种数;P_i为物种 i 个体数占样方中所有物种个体总数的比例。

3 结果与分析

3.1 植物群落组成

研究区域共记录到维管束植物 51 科 112 属 148 种(含变种),其中壳斗科的多变石栎和帽斗栎未纳入群落结构分析。属数大于 5 种的科有唇形科、豆科、禾本科及菊科,特别是菊科,属数达 15 属之多,占总属数的 13.62%,仅有 1 属的科有 28 个,占总属数的 25.48%。从种水平来看,含种数在 5 种以上的科有唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科等 8 个科,其中禾本科及菊科种数分别有 11 和 21 种,分别占总种数的 8.17%和 14.29%;含 3~4 种的科有报春花科、堇菜科、兰科、藜芦科、蓼科、茜草科、石竹科、天门冬科及鸭跖草科 9 个科,累计占总种数的 20.40%;仅含 1 种的科有 23 个,占总种数的 15.64%(表 1)。

计算 146 种植物的重要值,其中重要值大于 1 的种类有 22 种,按重要值大小顺序依次为西南野古草、蕨、糙野青茅、象牙参、云雾藁草、云南蒿、西南牡蒿、羊茅、云南毛连菜、夏枯草、滇西委陵菜、西南委陵菜、蓟、簇生卷耳、拟鼠麴草、小藁草、密穗马先蒿、牛至、大花韭、藏象牙参、蜈蚣藁草及歪头菜。重要值较高的植物主要由菊科、禾本科、莎草科等种类组成,西南野古草重要值高达 13.651,其次为蕨,重要值达 5.431,再次为糙野青茅,重要值达 4.163,第四为象牙参,重要值为 3.968(表 2)。

3.2 植物属的区系分析

宾川县乌龙坝在云南植被区划系统上位于亚热带常绿阔叶林区域,高原亚热带北部常绿阔叶林带,滇中高原盆谷滇青冈林、元江栲林、云南松林亚区。

表 1 研究区域植物群落种类组成

Tab. 1 Species composition of plant communities in the study area

序号	科名	属		种	
		数量	占比/%	数量	占比/%
1	百合科 Liliaceae	1	0.91	1	0.68
2	报春花科 Primulaceae	3	2.73	3	2.04
3	车前科 Plantaginaceae	2	1.82	2	1.36
4	唇形科 Lamiaceae	6	5.44	9	6.13
5	大戟科 Euphorbiaceae	1	0.91	1	0.68
6	灯心草科 Juncaceae	1	0.91	1	0.68
7	豆科 Fabaceae	7	6.35	9	6.13
8	杜鹃花科 Ericaceae	2	1.82	2	1.36
9	凤尾蕨科 Pteridaceae	1	0.91	1	0.68
10	禾本科 Poaceae	9	8.16	11	8.17
11	虎耳草科 Saxifragaceae	2	1.82	2	1.36
12	姜科 Zingiberaceae	1	0.91	2	1.36
13	金丝桃科 Hypericaceae	1	0.91	1	0.68
14	堇菜科 Violaceae	1	0.91	3	2.04
15	景天科 Crassulaceae	2	1.82	2	1.36
16	桔梗科 Campanulaceae	1	0.91	1	0.68
17	菊科 Asteraceae	15	13.62	21	14.29
18	兰科 Orchidaceae	3	2.73	4	2.72
19	冷蕨科 Cystopteridaceae	1	0.91	1	0.68
20	藜芦科 Melanthiaceae	2	1.82	3	2.04
21	蓼科 Polygonaceae	2	1.82	4	2.72
22	列当科 Orobanchaceae	1	0.91	1	0.68
23	柳叶菜科 Onagraceae	1	0.91	1	0.68
24	龙胆科 Gentianaceae	2	1.82	2	1.36
25	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1	0.91	1	0.68
26	毛茛科 Ranunculaceae	3	2.73	6	4.08
27	茅膏菜科 Droseraceae	1	0.91	1	0.68
28	茜草科 Rubiaceae	3	2.73	3	2.04
29	蔷薇科 Rosaceae	3	2.73	5	3.40
30	伞形科 Apiaceae	3	2.73	5	3.40
31	莎草科 Cyperaceae	1	0.91	7	4.76
32	十字花科 Brassicaceae	1	0.91	1	0.68
33	石蒜科 Amaryllidaceae	1	0.91	1	0.68
34	石竹科 Caryophyllaceae	3	2.73	4	2.72
35	薯蓣科 Dioscoreaceae	1	0.91	2	1.36
36	水龙骨科 Polypodiaceae	2	1.82	2	1.36
37	天门冬科 Asparagaceae	3	2.73	3	2.04
38	天南星科 Araceae	1	0.91	2	1.36
39	铁角蕨科 Asplenaceae	1	0.91	1	0.68

续表 1

序号	科名	属		种	
		数量	占比/%	数量	占比/%
40	碗蕨科 Dennstaedtiaceae	1	0.91	1	0.68
41	仙茅科 Hypoxidaceae	1	0.91	1	0.68
42	绣球花科 Hydrangeaceae	1	0.91	1	0.68
43	荨麻科 Urticaceae	1	0.91	1	0.68
44	鸭跖草科 Commelinaceae	3	2.73	3	2.04
45	罂粟科 Papaveraceae	1	0.91	1	0.68
46	鸢尾科 Iridaceae	1	0.91	1	0.68
47	远志科 Polygalaceae	1	0.91	1	0.68
48	紫草科 Boraginaceae	2	1.82	2	1.36
49	紫葳科 Bignoniaceae	1	0.91	1	0.68
50	酢浆草科 Oxalidaceae	1	0.91	1	0.68
合计		110	100.00	146	100.00

注:多变石柂及帽斗柂 2 种未纳入上表统计。

表 2 乌龙坝草甸重要值大于 1 的植物种类

Tab. 2 Plant species with important value greater than 1 in Wulongba

科名	种名	重要值
禾本科	西南野古草 <i>Arundinella hookeri</i>	13.651
	糙野青茅 <i>Deyeuxia scabrescens</i>	4.165
	羊茅 <i>Festuca ovina</i>	3.171
姜科	藏象牙参 <i>Roscoea tibetica</i>	1.104
	象牙参 <i>Roscoea purpurea</i>	3.968
碗蕨科	蕨 <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	5.431
菊科	云南蒿 <i>Artemisia yunnanensis</i>	3.271
	西南牡蒿 <i>Artemisia parviflora</i>	3.249
	云南毛连菜 <i>picris yunnanensis</i>	2.540
	薊 <i>Cirsium japonicum</i>	1.815
	拟鼠麴草 <i>Pseudognaphalium affine</i>	1.420
蔷薇科	西南委陵菜 <i>Potentilla lineata</i>	1.855
	滇西委陵菜 <i>Potentilla delavayi</i>	1.942
石竹科	簇生卷耳 <i>Cerastium fontanum</i>	1.477
莎草科	云雾薹草 <i>Carex nubigena</i>	3.611
	小薹草 <i>Carex parva</i>	1.348
	蜈蚣薹草 <i>Carex scolopendriiformis</i>	1.058
列当科	密穗马先蒿 <i>Pedicularis densispica</i>	1.285
唇形科	牛至 <i>Origanum vulgare</i>	1.185
	夏枯草 <i>Prunella vulgaris</i>	2.075
石蒜科	大花韭 <i>Allium macranthum</i>	1.182
豆科	歪头菜 <i>Vicia unijuga</i>	1.047

研究区域位于斗顶山顶部,海拔 2 865~2 983 m,植被类型为亚高山杂类草甸。与其他地区的亚高山草甸相比,海拔较低,周边分布有云南松林、多变石柂林,草甸优势种不明显,总体以西南野古草、羊茅、糙野青茅、蕨和象牙参等为主。

根据吴征镒等^[11]、李学梅^[12]等对植物区系研究成果,对乌龙坝草甸植物属的区系进行分析(表 3)。

表 3 乌龙坝草甸植物属的区系分布类型

Tab. 3 Areal-types of meadow plants genera in Wulongba

分布区类型	属数	占比/%
1 世界分布	23	20.91
2 泛热带分布	14	12.73
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	2	1.82
4 旧世界热带分布	3	2.73
6 热带亚洲至热带非洲分布	2	1.82
8 北温带分布	41	37.26
9 东亚和北美间断分布	5	4.55
10 旧世界温带分布	9	8.18
10-1 地中海区、西亚和东亚间断分布	1	0.91
13 中亚分布	1	0.91
14 东亚分布	6	5.45
14 SH 中国—喜马拉雅	3	2.73

研究区域植物在属级水平上可划分为 10 个类型 2 个变型。该区域植物以北温带分布属的数量最多,达 41 个,占总属数的 37.26%,其次为世界分布属,占 20.91%,再次为泛热带分布属,占 12.73%,总体上该草甸植物属的区系以北温带分布属为主。

3.3 植物多样性分析

采用物种丰富度指数(R)、Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J)对研究区域草甸植物多样性进行评价(图 2)。

从图 2 可知,乌龙坝草甸物种丰富度较高,单位面积(1 m^2)内植物种类数量可达 22 种以上,最高达 45 种,海拔较高区域物种丰富度相对较低,随海拔的降低物种丰富度逐渐提高。从 Simpson 优势度指数来看,该区域植物多样性较高,其指数值介于 0.737~0.908 范围,从空间位置来看,多样性较高区域为南侧、中北部及东侧,中部次之,西北部相对较低;Shannon-Wiener 多样性指数呈现的空间分布规律

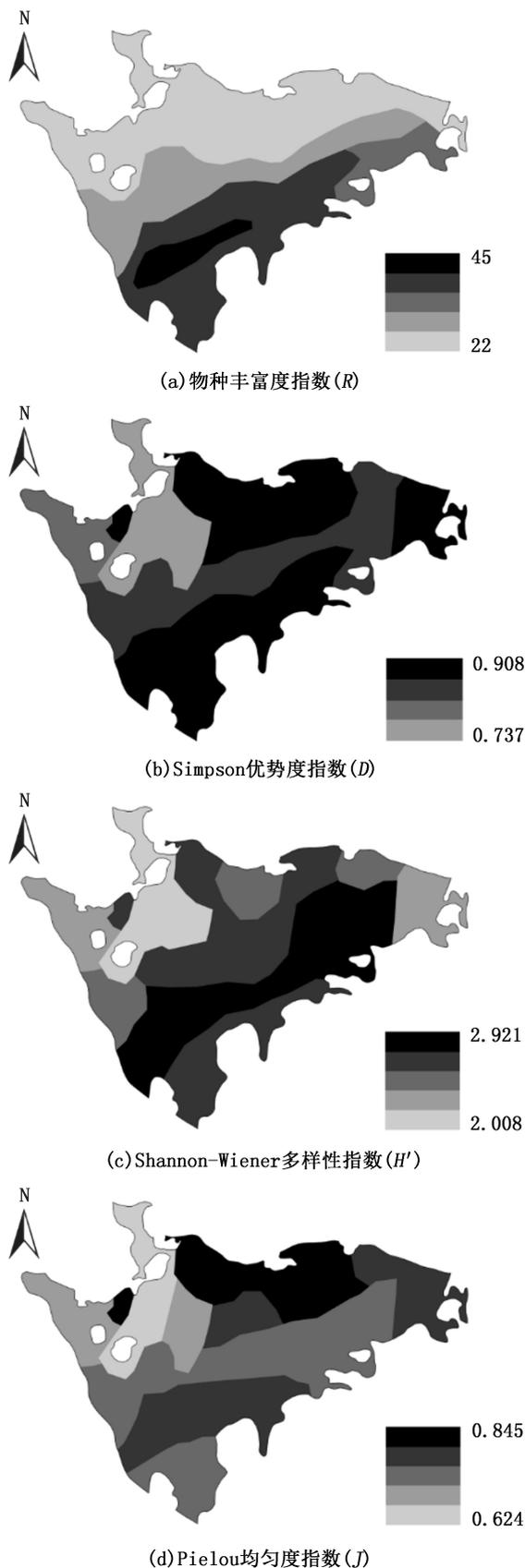


图 2 研究区域物种多样性空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of species diversity in the study area

与 Simpson 优势度指数有所差异,多样性最高区域位于中南部海拔较低区域,向北坡和南侧逐渐过渡,其值最高达 2.921,表现出具有较高的多样性;从 Pielou 均匀度指数呈现的规律来看,物种丰富度较高区域均匀度并不高,相反,北部物种丰富度低的区域均匀度最高,中部、东部及海拔较低区域均匀度次之,达 0.7 以上,研究表明,在物种丰富度较高区域某些物种的优势度较大,导致样方内物种均匀度降低。

4 结论与讨论

经初步调查,乌龙坝草甸共记录到维管束植物 51 科 112 属 148 种(含壳斗科 2 属 2 种),唇形科、豆科、禾本科及菊科的属数较多,特别是菊科,属数达 15 属之多,含种数在 5 种以上的科有唇形科、豆科、禾本科、菊科、毛茛科、蔷薇科、伞形科及莎草科等 8 个,单种科有 23 个,占总种数的 15.64%。菊科、禾本科、莎草科等植物是草地群落的重要组成,重要值最高的 3 种植物分别为西南野古草、蕨和糙野青茅。在属一级水平上,该草甸植物区系以北温带分布属为主。

乌龙坝草甸植物物种丰富度及多样性较高,物种丰富度最高区域样方中植物种数多达 45 种/m², Simpson 优势度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数分别可达 0.908 和 2.921。植物多样性较高区域总体上与海拔有一定关系,海拔较低区域植物多样性一般较高,部分高海拔区域也呈现较高的植物多样性。低海拔区域物种丰富度较高,但因某些种优势度较高而导致物种均匀度降低。

山地环境具有明显的空间异质性,受环境空间异质性的影响,植物物种多样性具有明显的空间异质性^[13-14]。宾川县乌龙坝亚高山草甸面积虽小,但连片区域海拔高差达 118 m,小地形明显,气候特殊,两侧山脊及西南侧山坳对草甸积温较为有利,有利于提高草甸空气湿度和温度,对维持该区域物种多样性是积极有利的。从物种多样性的空间布局来看,海拔对物种多样性的影响较大,由于近年来西南部区域游客增加,放牧频率减少,加之水势条件较好,各类植物长势较好,形成了较高的物种丰富度;北部高海拔区域牧草被啃食现象明显,丰富度较低,但均匀度较高。调查过程中发现,海拔较低区域,薊、云南蒿、蕨等牲畜不食的植物种类较多,部分区域已严重影响了放牧;北部部分区域蕨成为绝对优势种,降低了物种丰富度,一些区域采挖中草药现象明显,较为严重地破坏了草甸植被。总体上应加强

对游客行为的监督,禁止随意采挖野生植物、践踏草甸现象,禁止遗落生活垃圾,加强对草甸植被的保护及监测,维持好草甸物种多样性水平。

参考文献:

- [1] 蒋志刚,马克平,韩兴国. 保护生物学[M]. 杭州:浙江科技出版社,1997.
- [2] 康秀琴,魏小丛,李颜斐,等. 湘西南喀斯特石漠化地区植物多样性研究[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(1):100-107.
- [3] 许涵. 海南尖峰岭热带天然林物种多样性时空变化规律研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [4] 富金赤,李晓莎,许中旗,等. 冀北山地阳坡草本植物物种多样性的空间异质性研究[J]. 草地学报,2018,26(6):1298-1304.
- [5] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.
- [6] CLÉMENT C, LEGAY N, PELLET G, et al. Spatial scale and intraspecific trait variability mediate assembly rules in alpine grasslands[J]. Journal of Ecology, 2017, 105(1): 277-287.
- [7] 刘军会,邹长新,高吉喜,等. 中国生态环境脆弱区范围界定[J]. 生物多样性,2015,23(6):725-732.
- [8] 韦惠兰,祁应军. 中国草原问题及其治理[J]. 中国草地学报,2016,38(3):1-6,18.
- [9] 赵敏,徐文兵,孔杨云,等. 祁连山东段干旱草原2种群落物种构成及稳定性研究[J]. 西北植物学报,2017,37(9):1847-1853.
- [10] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法——多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [11] 吴征镒,周浙昆,孙航,等. 种子植物的分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明:云南科技出版社,2006.
- [12] 李学梅,陆树刚,徐成东. 云南蕨类植物的物种多样性和区系组成[J]. 广西植物,2015,35(2):273-281.
- [13] 李晓莎,许中旗,赵娉,等. 冀北山地干旱阳坡土壤厚度及土壤养分的空间异质性[J]. 河北农业大学学报,2018,41(1):24-30,48.
- [14] 王兴,宋乃平,杨新国,等. 荒漠草原植物多样性分布格局对微地形尺度环境变化的响应[J]. 水土保持学报,2016,30(4):274-280.

责任编辑:许易琦

(上接第57页)

- [12] 傅伯杰. 国土空间生态修复亟待把握的几个要点[J]. 中国科学院院刊,2021,36(1):64-69.
- [13] 樊晶,杨志刚,郭盛才,等. 广东省自然保护地空间分布特征研究[J]. 林业与环境科学,2021,37(6):111-117.
- [14] 于萍萍. 广东省自然保护地体系构建研究[D]. 广州:华南理工大学建筑学院,2019.
- [15] 徐国良,黄忠良,欧阳学军,等. 广东鼎湖山自然保护区物种多样性[J]. 林业与环境科学,2021,37(3):54-60.
- [16] 李立合,江惠兰,刘雪芳. 新形势下自然保护地现状调查及可持续发展对策浅析——以国家公园为主体的自然保护地体系下惠州市自然保护地为例[J]. 农业与技术,2021,41(22):97-99.
- [17] 广东省自然资源厅. 广东省国土空间规划(2020—2035年)公众版[EB/OL]. (2021-04-01)[2021-09-10]. <https://wenku.baidu.com/view/7445d4b6a06925c52cc58bd63186bceb18e8ed94.html>.
- [18] 黄金玲. 广东自然保护区空缺性分析[J]. 广州大学学报(自然科学版),2007,6(6):63-66.
- [19] 唐小平,蒋亚芳,刘增力,等. 中国自然保护地体系的顶层设计[J]. 林业资源管理,2019(3):1-7.
- [20] 徐网谷,王智,钱者东. 中国自然保护区范围界定和有效保护面积现状分析[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(6):791-795.
- [21] 马董慧,吕偲,雷光春. 中国自然保护地空间重叠分析与保护地体系优化整合对策[J]. 生物多样性,2019,27(7):758-771.
- [22] 王诗童,王锐锋,黄治昊,等. 辽宁省自然保护地空间分布格局与重叠现状分析[J]. 北京林业大学学报,2021,43(11):89-98.
- [23] 李永进,汤玉喜,黎蕾. 湖南省自然保护地空间分布特征及其重叠关系分析[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(12):1540-1547.
- [24] 杨志刚,郭盛才,林寿明,等. 广东省自然保护地数量类型及空间重叠分析[J]. 林业与环境科学,2021,37(3):54-60.
- [25] 张瑶瑶,鲍海君,余振国. 国外生态修复研究进展评述[J]. 中国土地科学,2020,34(7):106-114.
- [26] 李淑娟,郑鑫,隋玉正. 国内外生态修复效果评价研究进展[J]. 生态学报,2021,41(10):4240-4249.

责任编辑:陈旭