

崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落特征研究

周玉霞¹, 郭馨逸², 胡童童³, 杨富强⁴, 周晓雷^{3*}

1. 华亭市莲花湖公园管理所, 甘肃 华亭 744000;
2. 华亭市关山旅游经济区管理委员会, 甘肃 华亭 744000;
3. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070;
4. 天水林业职业技术学院, 甘肃 天水 741020)

摘要: 采用样地调查的方法对崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落进行野外调查, 共布设 26 个 20 m × 20 m 的标准样地, 共调查野生维管植物 86 科 230 属 323 种。对植物群落外貌分析发现, 研究区野生群落的外貌结构层次清晰, 其中高位芽占比达到 43.34%, 地面芽植物占比 23.30%, 地上芽植物和一年生植物分别占比为 18.58% 和 8.98%, 地下芽植物最少, 仅有 5.80%; 主要以纸质 4 级中型叶的中高位芽植物和草质 3 级小型叶的地面芽植物为主, 反映出半湿润暖温带气候区所具有的谱系特征。野生植物群落在垂直结构上, 乔木层以青榨槭(*Acer davidii*)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)、少脉槲(*Tilia paucicostata*)、毛桃(*Prunus davidiana*)等为主的优势种; 灌木层以箭竹(*Fargesia nitida*)、毛叶欧李(*Cerasus dictyoneura*)、栓翅卫矛(*Euonymus phellomanus*)分布密集, 为主要的优势种; 草本层中除了有较多的蕨类草本植物外, 其优势种主要有地丁草(*Corydalis bungeana*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)等。在径级结构分析中, 径级分布比较规整, 随着径级等级的增加从 I 至 V, 植株数整体呈急剧下降的趋势。采用 Margalef 丰富度、Shannon-Wiener 多样性、Simpson 优势度和 Pielou 均匀度指数对崆峒山国家级风景名胜区典型野生植物群落进行分析, 不同的野生群落物种多样性存在明显差异, 但四个指数在群落层次的变化趋势中均表现为乔木层 > 灌木层 > 草本层。

关键词: 崆峒山; 风景名胜区; 野生植物; 群落

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)05-0493-11

Study on the characteristics of wild plant community in Kongtong Mountain National Scenic Area

ZHOU Yuxia¹, GUO Xinyi², HU Tongtong³, YANG Fuqiang⁴, ZHOU Xiaolei^{3*}

1. Huating Lotus Lake Park Management Institute, Huating 744000, Gansu, China;
2. Huating Guanshan Tourism Economic Zone Management Committee, Huating 744000, Gansu, China;
3. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China;
4. Tianshui Forestry Technical College, Tianshui 741020, Gansu, China)

Abstract: The wild plant communities in Kongtong Mountain National Scenic Area were investigated by means of sample plot survey. A total of 26 standard sample plots of 20 m × 20 m were set up, and 323 species of wild vascular plants belonging to 230 genera and 86 families were investigated. The analysis of plant community appearance showed that the appearance structure of wild communities was clear, among which the proportion of phanerophytes reached 43.34%, the proportion of hemicryptophytes was 23.30%, the proportions of chamaephytes and annual plants were 18.58% and 8.98%, respectively, and the proportion of subterranean plants was the least, only 5.88%. The phyloge-

收稿日期: 2023-03-12 修回日期: 2023-09-21 接受日期: 2023-09-22

作者简介: 周玉霞(1996-), 女, 回族, 硕士生, 研究方向为风景园林。E-mail: 1980538625@qq.com

* 通讯联系人: 周晓雷(1974-), 男, 教授, 研究方向为园林规划、生物多样性保护。E-mail: zhouxl@gsau.edu.cn

引用格式: 周玉霞, 郭馨逸, 胡童童, 等. 崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落特征研究[J]. 生物资源, 2023, 45(5): 493-503.

Zhou Y X, Guo X Y, Hu T T, et al. Study on the characteristics of wild plant community in Kongtong Mountain National Scenic Area [J]. Biotic Resources, 2023, 45(5): 493-503.

netic characteristics of semi-humid warm temperate climate zone are mainly reflected by the mesophanerophytes of paper grade 4 medium leaves and the hemicryptophytes of grass grade 3 small leaves. In the vertical structure of the wild plant community, *Acer davidii*, *Carpinus turczaninowii*, *Tilia paucicostata* and *Prunus davidiana* are the main dominant species in the tree layer, while *Fargesia nitida*, *Cerasus dictyoneura* and *Euonymus phellomanus* are densely distributed in the shrub layer. In addition to more fern herbs in the herb layer, the dominant species are mainly *Corydalis bungeana*, *Potentilla chinensis* and so on. In the analysis of diameter class structure, the distribution of diameter class is relatively regular, and with the increase of diameter class, number of plants shows a sharp decline from I to V as a whole. The typical wild plant communities in Kongtong Mountain National Scenic Area were analyzed by Margalef richness, Shannon-Wiener diversity, Simpson dominance and Pielou evenness indexes. There were significant differences in species diversity among different wild communities, but all of the four indexes showed tree layer > shrub layer > herb layer.

Key words: Kongtong mountain; scenic area; wild plant; plant community

0 引言

植物群落是指生活在一定区域内的所有植物的集合^[1],是每个植物个体之间和谐共生、相互竞争等相互作用而形成的一个组合^[2],是相互适应之后共同生存的统一环境^[3]。植物群落一般在优越的环境中,群落的层次比较明显、群落结构比较丰富;在恶劣的环境中,只有少数植物能够适应,群落结构也比较简单^[4]。野生植物群落层次的复杂程度与群落内野生植物多样性及组成成分之间紧密联系。在植物群落的研究体系中,野生植物群落处于优势地位,对野生植物群落调查是极其重要的^[5]。崆峒山国家级风景名胜区野生植物资源丰富,包括一些珍稀濒危植物资源。截至目前,世界各国的植物研究学者对其的调查都十分关注^[6]。如已有的研究显示,崆峒山维管植物811种,其中新分布的有16种,珍稀濒危植物9种^[7];崆峒山蕨类植物共有46种,其研究成果较碎片化,只是其中的一方面,野生植物群落的研究鲜有报道,崆峒山国家级风景名胜区的野生植物群落资源信息掌握不够清晰,未建立完整的植物群落系统,因此对崆峒山国家级风景名胜区进行全面的野生植物群落调查研究具有重要意义^[8],并为今后的研究提供理论依据。本研究旨在研究崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落的特征,试图通过对崆峒山国家级风景名胜区的现有野生维管植物资源的调查,对野生植物群落进行定性和定量分析。生物群落边界不仅取决于外部非生物约束,而是确定了一个内在的生物机制——性状间、植物-植物竞争和生态系统条件间的选择性反馈^[9]。经过时间更替和演变以及大自然选择的野生植物群落,研究植物之间的相互作用有重要的意义,也能为生态环境的建设以及濒危物种的保护提供启发和思考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

崆峒山国家级风景名胜区位于陇东黄土高原西部,六盘山系东侧支脉,甘肃省平凉市崆峒区境内^[10],距城区15 km,其范围东起太统山下的党家山、何家山,西至宁夏回族自治区泾源县,南至大阴山、十万沟,与华亭县相接,北至马屯山为分水岭^[11],以312国道为界^[12]。地理坐标界于东经106°26′11″~106°37′14″、北纬35°23′17″~35°38′46″^[13]。太统山海拔为2 234 m^[14],崆峒山海拔2 123 m^[15],相对高差约700 m,山势高峻雄伟、峰峦重叠、奇峰峭壁^[16]。保护区地处东亚季风区边缘,夏季受东南季风的影响,冬季受干冷的蒙古高压控制,为年温差较大的温带半湿润大陆性季风气候区,气候的明显特征是四季分明,冬长而寒冷,夏短无酷热,年均气温6.5℃,平均最高气温18℃,最低月均气温-4℃,年平均降水量600 mm左右,最多可达744.5 mm,平均相对湿度67%,年均无霜期仅150 d,林区内以褐色森林土和棕色土为主^[16],保护区总面积16 283 hm²^[17],崆峒山属于森林生态系统类型的国家级自然保护区,拥有不同自然地带的典型自然景观、自然遗迹。

1.2 研究方法

1.2.1 植物多样性调查

采用样地调查结合资料调查的方法对崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落进行野外调查。初期阶段,主要收集崆峒山的规划地图,地形图及其他基础资料,通过询问当地居民和崆峒山护林员,初步摸清保护区的野生植物资源^[18]。

根据不同的环境条件和群落类型之间的差异,选取具有代表性的核心区域,根据取样原则,按照典型取样和随机抽样的方法,总共调查26个野生植物群落样地,根据参考样地面积,研究区每个样地的面积设定为20 m×20 m的标准样地,做到认真记录每

个样地的坐标、海拔高度,还有三坡(坡向、坡位和坡度)以及人为干扰的程度^[19]。将标准样地分成4个10 m×10 m的样方,在每一个样方的顶点打桩,最后将大样方划分成4个5 m×5 m面积的小样方^[20]。分别调查乔木层、灌木层、草本层,调查的内容包括树种、地径、平均高度、株丛数、生长状况、分布状况和盖度等情况^[21];灌木层的灌木调查样方选取每个10 m×10 m样方的右上角的小样方5 m×5 m,草本层草本调查单元选取小样方5 m×5 m右上角面积为1 m×1 m的样方进行调查。在崆峒山设置10个样方,其中乔木区域设置10个样地,在灌木区域设置2个样地;在太统山共设置10个样方,其中乔木区域设置10个样地,在灌木区域设计2个样地;在崆峒山的附近区域设计2个样地,在太统山的附近随机设置2个样地。

1.2.2 重要值计算

重要值是反映植物群落中各个物种在这个区域内的重要程度,是对群落中物种数量多少的阐述,体现了区域内某种种类占据了重要的位置。在重要值的计算过程中,将样地内的植物合在一起,统计出重要值,统计出某一个物种的盖度、频度以及覆盖率,最后运用计算重要值的公式计算出重要值的大小,公式如下:

$$P_i=(D_{Ri}+F_{Ri}+C_{Ri})/3$$

式中, D_{Ri} 代表第*i*种植物的相对密度, F_{Ri} 代表第*i*种植物的相对频度, C_{Ri} 代表第*i*种植物的相对盖度, P_i 是第*i*种植物重要值。

1.2.3 植物群落多样性计算

利用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')等四个不同尺度的植物测度指标,对崆峒山保护区植被群落多样性做出研究分析。各指数公式如下:

(1) Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H'=-\sum p_i \ln p_i$$

(2) Simpson 多样性指数:

$$D=1-\sum [N_i(N_i-1)/N(N-1)]=1-\sum P_i^2$$

(3) Margalef 物种丰富度指数:

$$Ma=(S-1)/\ln N$$

(4) Pielou 均匀度指数:

$$J=H'/\ln S$$

式中, S 为样方中物种数目, P_i 为第*i*个物种的重要值, N_i 为第*i*个物种的个体数, N 为物种总个体数。

2 结果与分析

2.1 群落的基本组成

经过长达一年的调查,对崆峒山国家级风景名胜区26个样地仔细调查以及调查资料进行统计分析,26个样地共有野生维管植物86科230属323种,分别占前期样地调查和资料调查到的崆峒山野生维管植物的86.00%、64.07%、45.43%(见表1)。其中蕨类植物10科13属19种,占样地调查总数的5.88%;裸子植物2科2属4种,分别是华山松、油松、中麻黄、麻黄;被子植物74科225属300种,其中双子叶植物66科182属261种;单子叶植物8科33属39种^[22]。

在调查的323种维管植物中,乔木层共有39种,占调查植物的12.07%。蔷薇科(Rosaceae)最多,主要优势种有毛桃、山荆子(*Malus baccata*)、稠李(*Padus racemosa*)、李(*Prunus salicina*)、木梨(*Pyrus xerophila*)。桦木科(Betulaceae)次之,主要的优势种有坚桦(*Betula sfschinensis*)、鹅耳枥、榛(*Corylus heterophylla*)、虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)等,榆科(Ulmaceae)相对较多,主要的优势种有小叶朴(*Celtis bungeana*)、榆(*Ulmus pumila*)等;槭树科(Aceraceae)的青榨槭和苦木科的臭椿(*Ailanthus altissima*)也同样占据优势。亚优势种有地锦槭(*Acer mono*)、甘肃山楂(*Crataegus kansuensis*)。

灌木层共有75种,占23.22%。蔷薇科最多,主要的优势种有毛叶欧李(*Cerasus dictyoneura*)、黄蔷薇(*Rosa hugonis*)、喜阴悬钩子(*Rubus mesgaeus*)、高丛珍珠梅(*Sorbaria arborea*)、绣球绣线菊(*Spiraea blumei*)等。忍冬科(Caprifoliaceae)次之,只要有六道木(*Abelia biflora*)、毛药忍冬(*Lonicera serreana*)、榛叶荚蒾(*Viburnum betulifolium*)等,豆科

表1 崆峒山野生物种比较
Table 1 Comparison of wild species in Kongtong Mountain Reserve

门类	科			属			种		
	样地调查	资料记载	占比/%	样地调查	资料记载	占比/%	样地调查	资料记载	占比/%
蕨类植物(fernpteridophyte)	10	12	83.33	13	16	75.00	19	27	70.37
裸子植物(gymnosperms)	2	3	66.67	2	3	66.67	4	5	80.00
被子植物(angiosperms)	74	85	87.06	225	340	66.18	300	679	44.18
合计	86	100	86.00	230	359	64.07	323	711	45.43

(Leguminosae)也较多,主要有,甘蒙锦鸡儿(*Caragana opulens*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、红花岩黄芪(*Hedysarum multijugum*)等;卫矛科(Celastraceae)的栓翅卫矛(*Euonymus phellomanus*)和木犀科(Oleaceae)小叶丁香(*Syringa microphylla*)也占有优势。亚优势种有沙棘(*Cornus bretschneideri*)、糙叶五加(*Acanthopanax henryi*)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。

草本层物种共有209种,占64.71%。以地丁草(*Corydalis bungeana*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、地八角(*Astragalus bhotanensis*)、地锦草(*Euphorbia humifusa*)、黄海棠(*Hypericum ascyron*)、狼尾巴花(*Lysmachia barystachys*)、多脉报春(*Primula polyneura*)居多,异伞棱子芹(*Pleurospermum franchetian*)、扁蕾(*Gentianopsis barbata*)、白首乌(*Cynanchum bungei*)、日本菟丝子(*Cuscuta japonica*)也有零星分布。

2.2 群落结构特征分析

2.2.1 群落的外貌

根据植物生活型的分类系统,可将崆峒山国家级风景名胜区样地调查的323种野生植物进行统计分析,得出研究区的野生植物群落的生活型谱(图1)。如图所示,野生群落以高位芽植物(包含了木本藤本植物)占比最高,为43.34%;地面芽植物占比23.30%,与高位芽植物比例相差19.88%,差距甚大;地上芽植物占比为18.58%,一年生植物占比8.98%,地上芽和一年生植物也相差较大;地下芽植物最少,占比仅有5.88%。其中大高位芽(MGP)占高位芽植物种数的4.29%,占比最少,中高位芽(MSP)占12.14%,小高位芽(MIP)占33.57%,矮高位芽(NP)占50.00%,崆峒山野生高位芽植物主要是MIP和NP,该生活型谱表现了群落所在地区温热多湿的特点。

研究野生植物群落外貌也要研究野生植物的叶的性质特征,具体展开以下分析^[23],根据表2和表3可知,崆峒山国家级风景名胜区野生植物群落主要以4级中型叶为主,比例高达43.65%,占据明显的优势;3级小型叶(40.87%)和2级微型叶(12.69%)分列第二、第三位;其后依次为占比1.55%的5级大型叶和0.93%的6级巨型叶,1级鳞型叶仅占0.30%。在叶质特征分析中,占据第一位的是纸质叶(41.49%),占据明显的优势,第二位是草质叶(24.77%),与纸质叶相比差距较大,最后是膜质叶和革质叶,分别占18.89%和14.86%,占比较少。在叶型中,复叶的占比最高,为66.56%,占据一定

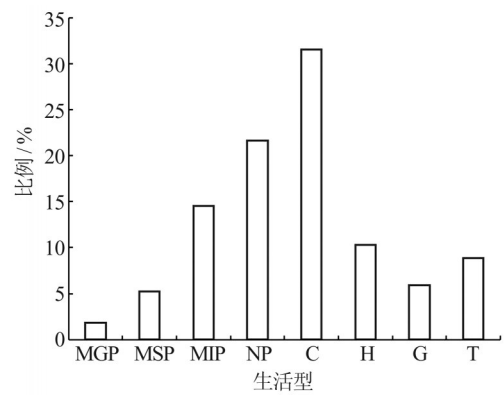


图1 生活型谱

Fig. 1 Life-form spectra

注: MGP, 大高位芽; MSP, 中高位芽; MIP, 小高位芽; NP, 矮高位芽; C, 地上芽; H, 地面芽; G, 地下芽; T, 一年生

Note: MGP, megalobophytes; MSP, mesophytes; MIP, microphanerophytes; NP, nanophanerophytes; C, chamaephytes; H, hemicryptophytes; G, geophytes; T, therophytes

的优势,相比之下,单叶占据较少,占33.44%。在叶缘的特征中,全缘叶占42.10%,非全缘叶占57.90%,两者相差不大。

表2 叶性质分析

Table 2 Analysis of leaf properties

叶性质	叶质				叶型		叶缘	
	膜质	纸质	草质	革质	单叶	复叶	全缘	非全缘
种数	61	134	80	48	108	215	136	187
比例/%	18.89	41.49	24.77	14.85	33.44	66.56	42.10	57.90

表3 叶型分析

Table 3 Leaf profile analysis

叶性质	叶级					
	1级鳞型叶	2级微型叶	3级小型叶	4级中型叶	5级大型叶	6级巨型叶
种数	1	41	132	141	5	3
比例/%	0.30	12.69	40.87	43.65	1.55	0.94

注:1级鳞型叶,25 mm²;2级微型叶,225 mm²;3级小型叶,2 025 mm²;4级中型叶,18 225 mm²;5级大型叶,164 025 mm²;6级巨型叶,大于164 025 mm²

Note: grade 1 scaly leaf, 25 mm²; grade 2 microleaf, 225 mm²; grade 3 small leaf, 2 025 mm²; grade 4 medium leaf, 18 225 mm²; grade 5 large leaf, 164 025 mm²; grade 6 giant leaf, greater than 164 025 mm²

2.2.2 群落立木层分析

野生植物物种的耐阴性以及更新的速度和该野生植物群落垂直结构上的分层现象基本都取决于该

物种的高度级别和频率。图2是崆峒山国家级风景名胜野生植物群落除草本植物物种的高度级频率分布图。根据野外调查的26个样地,除草本层外,最高是乔木层第四亚层,第二是乔木层第三亚层、第三是乔木层第二亚层,第四是乔木层第一亚层,第五是灌木层。在野外实地调研当中,能够明显地观察到研究区野生群落内植物垂直结构的成层现象十分清晰,植物层次结构也是错落有致,从最高到最低分别为乔木层、灌木层、草本层、地被植物层。

由图2可知,野生植物群落从下往上,第一层是灌木层,灌木层的物种高度在1~8 m,物种高度最高点在2~6 m,主要由卫矛科的纤齿卫矛(*Euonymus giraldii*)、冬青卫矛(*Euonymus japonicus*),忍冬科的西藏忍冬(*Lonicera tibetica*)、毛药忍冬(*Lonicera serreana*)等常绿或半常绿植物,以及六道木(*Abelia biflora*)、陕西荚蒾(*Viburnum schensianum*)、倒卵叶五加(*Acanthopanax obovatus*)、箭竹(*Fargesia niti-da*)等落叶的灌木或常绿灌木和落叶小乔木构成,在最低一层有小部分大乔木的幼小植物,这些小植株将会演替成为大乔木,在野生植物群落演替中有重要作用。

根据实际野外调查情况乔木层大致可分化出4个亚层:乔木第一亚层高度在9~14 m,高度级最高点在11~13 m,植物覆盖度达到60%~80%,树冠之间没有连接,主要由野生群落中毛桃、山荆子、稠李等优势种以及地锦槭等亚优种组成。乔木第二亚层高在15~20 m,表现在林冠层,高度级最高点分布在17~19 m,植物覆盖度达到了60%~70%,各物种的树冠相互连接,主要由鹅耳枥、榛、榆、苦木等成年的树木构成。乔木第三亚层高在21~25 m,高度

级最高点分布在22~24 m,物种覆盖度达到60%~70%,主要由光华山松(*Pinus armandii*)、山杨(*Populus davidiana*)、沙柳(*Salix cheilophila*)等成年大树木构成。乔木第四亚层高度是大于25 m的高大树种,这些植物属于超高层,超过了植物的林冠层,高度级最高点主要集中于26~28 m,植物覆盖度在80%以上,这一层只有崆峒山保护区原生的油松(*Pinus tabulaeformis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、辽东栎(*Quercus wutashanica*)等高大乔木的原生植株所组成。

2.3 野生植物群落径级结构分析

根据胸径(DBH)将乔、灌木层植物分为I级($D < 5$ cm,包括幼苗 $D < 5$ cm, $H < 0.5$ m,和幼树 $D < 5$ cm, $H > 0.5$ m)、II级($5 \text{ cm} \leq D < 10$ cm)、III级($10 \text{ cm} \leq D < 20$ cm)、IV级($20 \text{ cm} \leq D < 30$ cm)和V级($30 \text{ cm} \leq D$)共5个等级,每一个立木级对应一个年龄级^[24]。

根据图3所示,在调查的26个野生植物群落样地中,立木层(乔木层、灌木层)总植物株数为2 747株。崆峒山野生植物群落种群各龄级总体呈下降的趋势,随着径级等级的增加从I至V整体上是出现急剧下降的趋势,最终呈现平稳的状态。I级植株数量最多,占比最大,占野外调查总株数的44.45%,II级植株数量占野外调查总株数的31.78%,I和II共占总株数的76.23%。III级植株的数量有412株占15.00%,与II相比,只有II的二分之一;IV级占总株数的3.56%,V级占5.21%。根据以上分析可知,随着径级等级慢慢增大,随之所占的植株数量呈下降趋势。

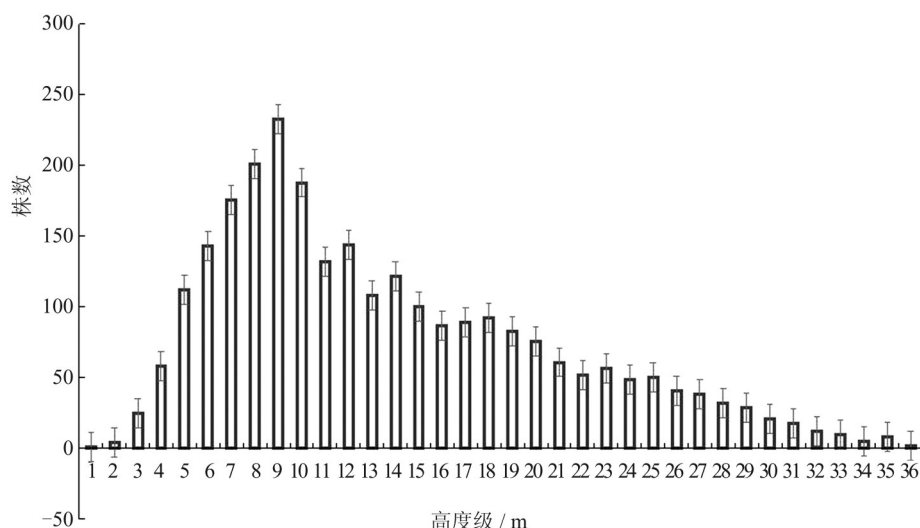


图2 群落立木层物种高度级频率分布

Fig. 2 Distribution of species height frequency in the standing tree layer of the community

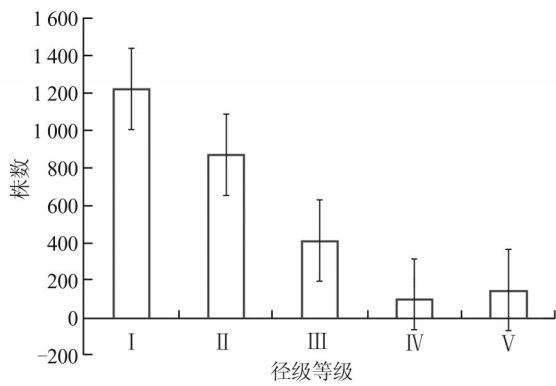


图3 群落植物径级结构

Fig. 3 Diameter-level structure of the community

2.4 群落物种多样性分析

2.4.1 群落立木层重要值特征分析

从表4可知,青榨槭在整个野生植物群落中出现的次数最多,优势比较显著,是崆峒山国家级风景名胜区的主要优势种。在26个样地中的重要值较高,在第一位出现有13个样地、在第二位出现有2个样地、在第三位植物中出现有4个样地,青榨槭在样地中排进前三位的次数总共有19个样地,重要值最高的样地是13号样地,高达51.31%,还有08号样地的重要值也超过50%,最小的是12号样地,重要值为7.33%。优势种第二是鹅耳枥,在第一位出现有3个样地、在第二位出现有10个样地、在第三位植物中出现有4个样地,重要值最大的样地是11号样地,高达33.28%,最小的是21号样地,重要值为6.83%。其次是少脉槲,在第一位出现有5个样地、在第二位出现有5个样地、在第三位植物中出现有8

个样地,重要值最大的样地25号样地,高达31.38%,最小的是4号样地,重要值为3.19%。

2.4.2 多样性指数分析

根据图4~7对野生植物群落中不同层次物种多样性的分析可知,Margalef、Shannon-Wiener、Simpson和Pielou这四个指数所表现出来的结果都是乔木层指数>灌木层指数>草本层指数。依据图4可知,Margalef丰富度指数乔木层和灌木层变化的趋势和幅度相似,两者的丰富度指数相互交错,乔木层的Margalef指数远远大于灌木层的指数有10个样地,但也有灌木层>乔木层,共有5个样地,其他的样地中,乔木层和灌木层的指数很接近。在7号样地中,乔木层出现了最大值为3.83,12号样地为最小值为0.92;在26号样地中,灌木层出现了最大值为3.41,4号样地为最小值为1.25;乔木层和灌木层明显高于草本层,几乎没有交集,在15号样地中,草本层指数大于灌木层,在4号样地中,草本层和灌木层丰富度大致相同,除此之外草本层Margalef指数在12号样地中,草本层出现了最大值为2.16,2号样地为最小值为0.20。

根据对保护区样地进行Shannon-Wiener多样性指数计算发现(图5),乔木层和草本层相比于灌木层变化幅度不是很大,灌木层的最大为2.47,最小为0.25,在26个样地中,灌木层的平均值为1.45;乔木层该指数变化范围在1.17~2.29,平均值为1.67;草本层指数的变化范围在0.12~2.25,平均值为1.14。总体来看,草本层的指数依然低于乔木层和灌木层,但在9、12号两个样地中,草本层指数高

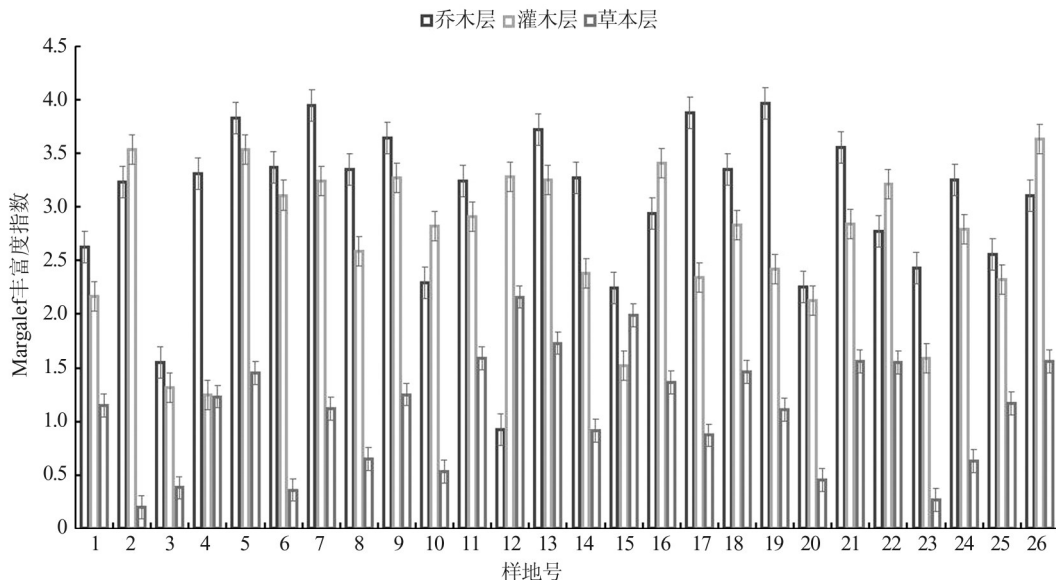


图4 群落各层次 Margalef 丰富度指数

Fig. 4 Margalef richness index of each layer of the community

表 4 样地立木层重要值排前 3 位的物种

Table 4 The top three species in the importance value of the standing tree layer in the sample plots

样地	第一位		第二位		第三位		%
	物种	重要值	物种	重要值	物种	重要值	
01	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	35.72	喜阴悬钩子(<i>Rubus mesogaeus</i>)	20.54	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	5.21	
02	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	30.55	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	28.18	茶条槭(<i>Acer tataricum</i>)	7.32	
03	山荆子(<i>Malus baccata</i>)	27.42	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	22.09	茶条槭(<i>Acer tataricum</i>)	10.32	
04	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	45.32	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	28.98	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	3.19	
05	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	32.71	沙柳(<i>Salix matsudana</i>)	19.33	茶条槭(<i>Acer tataricum</i>)	3.20	
06	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	49.73	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	27.18	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	8.33	
07	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	31.23	山荆子(<i>Malus baccata</i>)	21.00	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	19.31	
08	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	50.33	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	43.10	沙柳(<i>Salix matsudana</i>)	8.20	
09	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	32.88	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	29.32	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	10.22	
10	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	45.03	槲寄生(<i>Viscum coloratum</i>)	21.33	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	9.49	
11	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	33.28	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	18.33	茶条槭(<i>Acer tataricum</i>)	4.32	
12	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	30.32	华中五味子 (<i>Schisandra sphenanthera</i>)	14.03	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	7.33	
13	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	51.32	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	38.98	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	10.73	
14	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	26.33	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	18.37	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	8.30	
15	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	31.79	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	20.03	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	10.91	
16	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	49.21	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	22.19	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	9.32	
17	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	44.38	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	27.30	槲寄生(<i>Viscum coloratum</i>)	3.49	
18	槲寄生(<i>Viscum coloratum</i>)	31.22	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	18.32	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	7.17	
19	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	35.30	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	20.99	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	9.32	
20	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	27.31	茶条槭(<i>Acer tataricum</i>)	17.21	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	9.40	
21	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	30.01	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	10.43	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	6.83	
22	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	37.22	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	28.44	春榆(<i>Ulmus davidiana</i>)	4.40	
23	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	44.22	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	21.11	鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>)	7.49	
24	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	30.29	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	10.30	虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>)	2.81	
25	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	31.38	鹅耳枥(<i>Carpinus turczaninowii</i>)	26.38	槲寄生(<i>Viscum coloratum</i>)	4.37	
26	青榨槭(<i>Acer davidii</i>)	41.28	少脉槲(<i>Tilia paucicostata</i>)	30.09	大果榆(<i>Ulmus macrocarpa</i>)	6.64	

于乔木层和灌木层,在这两个样地中,海拔都比较高,乔木层盖度为 60% 左右,灌木层盖度为 40% 左右,在这两个样地中,林窗缝隙大,为林下植物的生长提供了阳光和营养成分,所以 Shannon-Wiener 多样性指数表现为草本层大于灌木层大于乔木层。

根据图 6 和图 7 可以得到, Simpson 优势度指数和 Pielou 均匀性指数的变化趋势大致一样,呈现的

整体趋势是乔木层>灌木层>草本层。在这两个指数中,乔木层的变化幅度不大,变化范围分别在 0.44~0.92 和 0.42~0.89。草本层中 Simpson 指数最大值 0.89,最小值 0.21,平均值为 0.46, Pielou 指数最大值 0.89,最小值 0.18,平均值同为 0.49;在这两个指数中,灌木层表现出来的波动最大,从下图中可以看出出现了多个峰值,变化范围分别在 0.11~

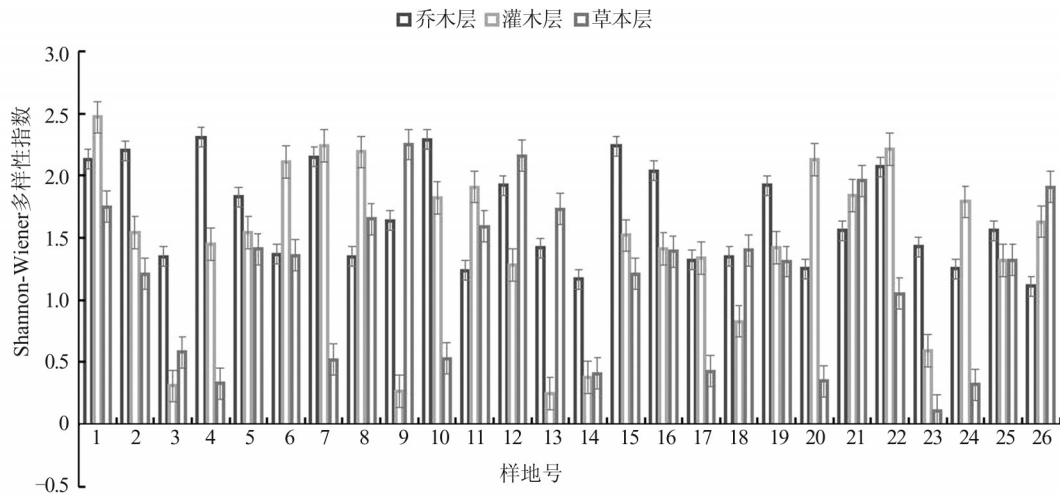


图 5 群落各层次 Shannon-Wiener 多样性指数

Fig. 5 Shannon-Weaner diversity index of each layer of the community

0.91 和 0.17~0.89, 均值分别为 0.52 和 0.49。

3 讨论

物种的数量组成是植物群落的基本特征^[25],对崆峒山国家级风景名胜区进行调查,共设置 26 个样地,对样地调查到的植物进行统计与分析,样地共有野生维管植物 86 科 230 属 323 种。乔木层中,优势科有蔷薇科、桦木科、榆科、槭树科;灌木层中优势科有蔷薇科、忍冬科、木犀科;草本层中的优势种主要有铁线莲、地丁草、委陵菜、地榆、地八角、地锦草,优势种铁线莲,均适宜生长在阳光充足,土壤湿润的环境中,而研究区温热多湿的气候特点为铁线莲的生长提供了适宜环境,同时也符合蔷薇科植物的生长环境特点。

野生植物群落的外貌主是由该群落中的植物生

活型决定的^[23],其次是组成层次和野生植物季相,就可以确定一个野生植物群落的外貌特性^[26]。不同的植物类别可以组成一个植物群落,但只要这些植物具有一致的生活型,往往就会表现出相似的外貌特性^[27]。崆峒山国家级风景名胜区野生群落的外貌结构层次清晰,主要以纸质 4 级中型叶的中高位芽植物和草质 3 级小型叶的地面芽植物为主反映出半湿润暖温带气候区所具有的谱系特征。

如果森林生态系统在更新的过程中受到了阻碍,影响因素一定包括生物因素和非生物因素^[28]。乔木层、灌木层、草本层的植物相互争夺养分,以此会改变乔木层下这一区域的微环境,继而影响野生植物群落的演替速度^[29]。崆峒山国家级风景名胜区局部区域乔木层次下分布了大量的竹类种群,这些竹类通过错综复杂的根系以及繁茂的树干和研究区

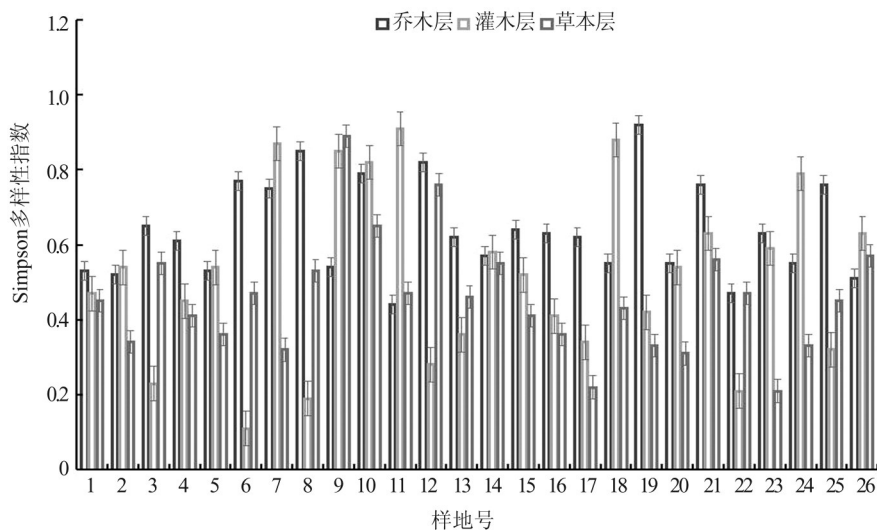


图 6 群落各层次 Simpson 优势度指数

Fig. 6 Simpson diversity index of each layer of the community

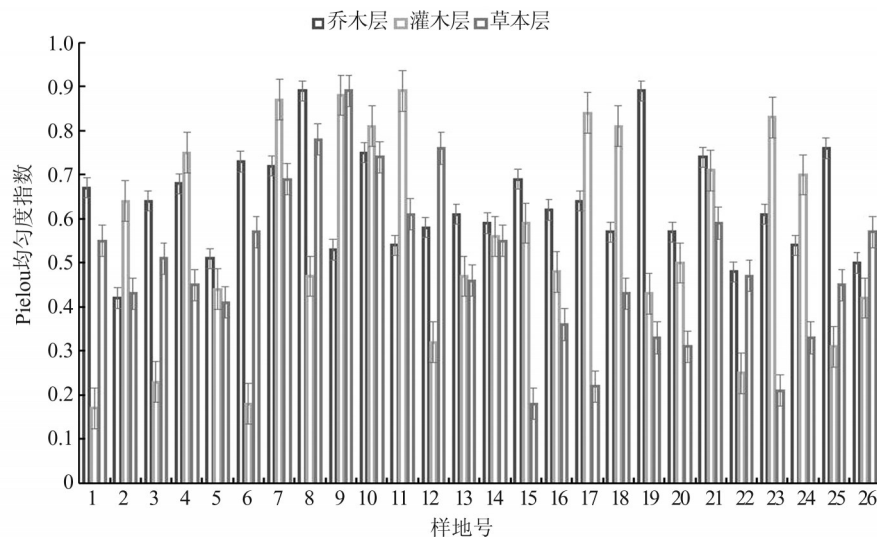


图7 群落各层次 Pielou 均匀度指数

Fig. 7 Pielou evenness index of each layer of the community

的其他野生植物群落竞争营养物质,物种之间存在竞争就会影响该保护区的微环境,从而影响整个植物群落的演替速度,野生植物群落的多样性也会因此降低。去除掉这一区域的竹类种群,通过分析样地调查统计数据,就得到了野生植物群落的乔木层和灌木层的径级结构^[30]。本研究发现,各龄级总体上呈下降的趋势,随着径级等级的增加从I至V整体上是出现急剧下降的趋势,最终呈现平稳状态。出现这种现象的原因可能是随着径级等级的增加,植物之间空间和养分竞争激烈,改变了物种的生长环境,从而空间和养分供应不足,导致随着径级等级的增大,植物数量减少。

重要值可作为评价群落中各物种的重要性参数,反映了各物种在群落中的重要作用和不可替代的地位^[31]。研究区中青榨槭在26个样地中的重要值较高,在第一位出现的样地有13个、在第二位出现的样地有2个、在第三位植物中出现的样地有4个,青榨槭在样地中排进前三位的次数总共有19个样地,重要值最高的样地是13号样地,原因可能是青榨槭对生长环境的适应性较强,在样地中出现频率较高。物种多样性是物种水平上的生物多样性,是通过一定空间范围内物种的数量和分布特点来衡量的。物种多样性作为反映植物群落构成和稳定性的重要因素^[32],在综合反映物种丰富度和分布均匀性的同时,还能体现群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境的差异^[24]。9号样地的丰富度最高,物种的丰富度反映出野生植物群落与生态环境相互关联。19号样地中,Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数以及Pielou均匀度指数

均最高,说明19号样地野生植物种类多,物种丰富,各野生物种的个体数量分布比较平衡,这三种指数在不同群落中的变化格局相似。在13号样地,这三个指数都表现出最小值,在实地调查过程中发现该样地的坡度比较陡峭,并且是处于一个阴面坡上,在乔木层乔木高大,灌木层分布的植物物种种类和数量都较少,草本层相比更少,有零星的蕨类草本出现,优势种更加明显。野生植物物种的组成和结构的复杂程度来表现植物的多样性,物种的丰富度则体现出物种的丰富性^[24]。在4个指数中,样地内草本层中部分样地中其指数出现很低的情况,是因为样地中草本植物出现很少或者是没有出现的情况,推测原因为:①在冬天的时候也进行的植物调查,季节对草本植物的调查结果有影响;②可能会出现人为破坏而导致等。

4 结论

对崆峒山国家级风景名胜区26个样地仔细调查并以调查资料进行统计分析,样地共有野生维管植物86科230属323种。野生植物群落生活型谱以中高位芽、地面芽植物为主。保护区野生群落的外貌结构层次清晰,主要以纸质4级中型叶的中高位芽植物和草质3级小型叶的地面芽植物为主,反映出半湿润暖温带气候区,野生植物群落随着径级等级的增加从I至V整体出现急剧下降的变化趋势,最终呈现平衡的状态。Margalef、Shannon-Wiener、Simpson和Pielou这四个指数所表现出来的结果都是乔木层指数>灌木层指数>草本层指数,各样地内的4个指数均在一定范围内此起彼伏,乔木

层、灌木层指数的变化随样地呈连续性的变化。

参考文献

- [1] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1918-1926.
Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Valuation of ecosystem services and natural capital [J]. Acta Ecol Sin, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [2] 孟凡, 孟子卓, 薛亚美. 奥林匹克森林公园植物群落调研报告: 分析旱柳在不同群落中的景观作用[J]. 现代园艺, 2018(16): 122.
Meng F, Meng Z Z, Xue Y M. Investigation report on plant communities in Olympic forest park—analysis of landscape function of *Salix matsudana* in different communities [J]. contemp Hortic, 2018(16): 122.
- [3] Steinbauer K, Lamprecht A, Winkler M, *et al.* Recent changes in high-mountain plant community functional composition in contrasting climate regimes [J]. Sci Total Environ, 2022, 829: 154541.
- [4] 林鹏. 植物群落学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 108-826.
Lin P. Plant community [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1986: 108-826.
- [5] 吴迪. 射洪县双柏树村滑坡体生态修复与效应评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2019.
Wu D. Ecological restoration and effect evaluation of landslide in Shuangbaishu village, landslide in Shehong County [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2019.
- [6] 周欣, 左小安, 赵学勇, 等. 科尔沁沙地植物群落分布与土壤特性关系的DCA、CCA及DCCA分析[J]. 生态学杂志, 2015, 34(4): 947-954.
Zhou X, Zuo X A, Zhao X Y, *et al.* Comparison analyses of DCA, CCA and DCCA on relationships between plant community distribution and soil properties of Horqin Sandy Land [J]. Chin J Ecol, 2015, 34(4): 947-954.
- [7] 吕小旭, 关鉴茹, 杨彦荣, 等. 崆峒山维管植物区系及多样性研究[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(2): 63-68.
Lü X X, Guan J R, Yang Y R, *et al.* Study on flora and diversity of vascular plants in Kongtong Mountain [J]. Chin Wild Plant Resour, 2021, 40(2): 63-68.
- [8] 鲍双玲, 张君盛. 太统-崆峒山国家级自然保护区蕨类植物资源调查研究[J]. 绿色科技, 2020(2): 42-43, 46.
Bao S L, Zhang J S. Investigation on pteridophyte resources in Taitong-Kongtong Mountain national nature reserve [J]. Green Science and Technology, 2020(2): 42-43, 46.
- [9] Lu M Z, Bond W J, Sheffer E, *et al.* Biome boundary maintained by intense belowground resource competition in world's thinnest-rooted plant community [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2022, 119(9): 45-41:16-43.
- [10] 任斌斌, 商茹, 李芳, 等. 北京城市绿地近自然植物群落构建[J]. 生态学杂志, 2019, 38(10): 2911-2917.
Ren B B, Shang R, Li F, *et al.* Close-to-nature plant communities construction in urban greenspace of Beijing [J]. Chin J Ecol, 2019, 38(10): 2911-2917.
- [11] 鲍双玲, 张亚莉, 朱学泰, 等. 甘肃太统——崆峒山国家级自然保护区松落针病初步调查[J]. 中国森林病虫害, 2017, 36(3): 45-48, 41.
Bao S L, Zhang Y L, Zhu X T, *et al.* Investigation of pine needle cast in Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve, Gansu Province [J]. For Pest Dis, 2017, 36(3): 45-48, 41.
- [12] 梁甜甜. 崆峒山景区文学旅游资源开发研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2021.
Liang T T. Research on the exploitation of literary tourism resources in Kongtong Mountain scenic area [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2021.
- [13] 杨喆, 鲍双玲, 杨鹏举. 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区大型毒菌物种调查研究[J]. 绿色科技, 2021, 23(6): 162-164.
Yang Z, Bao S L, Yang P J. Investigation and study on the species of large poisonous bacteria in Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve, Gansu Province [J]. J Green Sci Technol, 2021, 23(6): 162-164.
- [14] 张静. 甘肃太统—崆峒山自然保护区土壤无脊椎动物群落特征[D]. 兰州: 西北师范大学, 2012.
Zhang J. Characteristics of soil invertebrate community in Taitong-Kongtong Mountain Nature Reserve, Gansu Province [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2012.
- [15] 殷一鸣. 基于“文化线路”理论的平凉历史城镇的特色塑造研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
Yin Y M. Research on characteristic shaping of Pingliang historical towns based on the theory of “cultural route” [D]. Chongqing: Chongqing University, 2018.
- [16] 张耀甲, 王有元, 陈道军. 太统—崆峒山自然保护区野生植物资源的合理开发利用及其保护对策[J]. 甘肃林业科技, 2001, 26(4): 1-6.
Zhang Y J, Wang Y Y, Chen D J. Rational utilization and protection strategy of plant resources in nature preserve of Taitong-Kongtong Mountain [J]. J Gansu For Sci Technol, 2001, 26(4): 1-6.
- [17] 齐德利, 陈致均, 王随继, 等. 崆峒山丹霞地貌地层归属演化及地貌年龄[J]. 山地学报, 2015, 33(4): 408-415.
Qi D L, Chen Z J, Wang S J, *et al.* Stratigraphic classi-

- fication, evolution stage and geomorphologic age of Kongtongshan Danxia landform in Pingliang, Gansu, China [J]. Mt Res, 2015, 33(4): 408-415.
- [18] Zhang H, Wang G Y, Long W X. Editorial: trait-based plant community assembly, ecological restoration, and the biocontrol of invasive exotic plant species [J]. Front Eco Evol, 2022, 10: 827397.
- [19] 苏凤秀. 广西北部湾滨海地区公园植物多样性调查研究[J]. 中国农学通报, 2022, 38(22): 79-83.
- Su F X. Investigation on and study on plant diversity in coastal parks in Beibu Gulf, Guangxi [J]. Chin Agric Sci Bull, 2022, 38(22): 79-83.
- [20] 朱立安, 曾清苹, 柳勇, 等. 佛山城市典型森林群落土壤重金属分布、流通及枯落物富集特征[J]. 生态学报, 2020, 40(13): 4659-4669.
- Zhu L A, Zeng Q P, Liu Y, *et al.* Heavy metals distribution and circulation in soils and their enrichment characteristics by litter in urban typical forest communities in Foshan, China [J]. Acta Ecol Sin, 2020, 40(13): 4659-4669.
- [21] 谢天资, 陈俊华, 谢川, 等. 南充市主城区城市森林结构特征分析[J]. 四川林业科技, 2022, 43(2): 118-123.
- Xie T Z, Chen J H, Xie C, *et al.* Analysis on the characteristics of urban forest structure in the main urban area of Nanchong city [J]. Sichuan For Sci Technol, 2022, 43(2): 118-123.
- [22] Sotomayor D A, Filazzola A, Lortie C J. Dominant plant facilitation can generate indirect competition in a South-American desert plant community [J]. J Veg Sci, 2021, 32(2): 21-42.
- [23] 唐琳. 柳州市柳侯公园植物景观调查与分析[J]. 乡村科技, 2022, 13(12): 111-116.
- Tang L. Investigation and analysis on plant landscape of Liuhou Park in Liuzhou city [J]. Rural Science and Technology, 2022, 13(12): 111-116.
- [24] 杨波. 贵州省宽阔水国家级自然保护区野生木本观赏植物评价及群落特征研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- Yang B. Evaluation and community characteristics of wild woody ornamental plants in Kuankuoshui national nature reserve of Guizhou Province [D]. Guiyang: Guizhou University, 2022: 43-318.
- [25] 赵朋波, 邱开阳, 谢应忠, 等. 海拔梯度对贺兰山岩羊主要活动区植物群落特征的影响[J]. 草业学报, 2022, 31(6): 79-90.
- Zhao P B, Qiu K Y, Xie Y Z, *et al.* Change in plant community characteristics along altitudinal gradients in the main browsing areas of *Pseudois nayaur* in the Helan Mountains [J]. Acta Prataculturae Sin, 2022, 31(6): 79-90.
- [26] Wei J X, Li H B, Wang Y C, *et al.* The cooling and humidifying effects and the thresholds of plant community structure parameters in urban aggregated green infrastructure [J]. Forests, 2021, 12(2): 111.
- [27] 贺永岩, 刘贤德, 金铭, 等. 祁连山排露沟流域吉拉柳灌丛群落特征[J]. 林业科技通讯, 2022(3): 57-62.
- He Y Y, Liu X D, Jin M, *et al.* Characteristics of jilaliu shrub community in pailugou watershed of Qilian Mountains [J]. For Sci Technol, 2022(3): 57-62.
- [28] 韩有志, 王政权. 森林更新与空间异质性[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 615-619.
- Han Y Z, Wang Z Q. Spatial heterogeneity and forest regeneration [J]. Chin J Appl Ecol, 2002, 13(5): 615-619.
- [29] 郑维娜, 王孝安, 郭华, 等. 微生境对辽东栎幼苗生长的影响[J]. 干旱区研究, 2013, 30(6): 1049-1055.
- Zheng W N, Wang X A, Guo H, *et al.* Effects of microhabitat on the growth of *Quercus wutaishanica* seedlings [J]. Arid Zone Res, 2013, 30(6): 1049-1055.
- [30] 盘金文, 郭其强, 余大龙, 等. 不同林龄马尾松人工林优势种径级结构及物种多样性分析[J]. 西北植物学报, 2019, 39(4): 722-728.
- Pan J W, Guo Q Q, Yu D L, *et al.* Analysis on diameter class structure of dominant species and species diversity of *Pinus massoniana* plantation at the different ages [J]. Acta Bot Boreali Occidentalia Sin, 2019, 39(4): 722-728.
- [31] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 等. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- Fang J Y, Wang X P, Shen Z H, *et al.* Methods and protocols for plant community inventory [J]. Biodivers Sci, 2009, 17(6): 533-548.
- [32] 陈龙, 安明态, 任娇娇, 等. 贵州北盘江石漠化区植物群落物种多样性及主要乔木种间联结性[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(5): 80-94.
- Chen L, An M T, Ren J J, *et al.* Species diversity of plant communities and interspecific connectivity of main trees in the rocky desertification area of the Beipanjiang River in Guizhou Province [J]. J Southwest Univ Nat Sci, 2020, 42(5): 80-94.

□

(编辑: 杨晓翠)