

DOI:10.14188/j.ajsh.20241009001

甘肃莲花山国家级自然保护区种子植物多样性及区系特征

曹疆¹, 刘晓娟^{1*}, 李琴霞², 刘改香², 马玉祥², 王庆霞², 赵雅², 张红芳²

(1. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃莲花山国家级自然保护区管护中心, 甘肃 康乐 731500)

摘要: 在对甘肃莲花山国家级自然保护区(以下简称莲花山)进行深入考察的基础上,结合相关文献资料,对莲花山的种子植物多样性进行了统计分析,运用R/T值及聚类相似性分析法,对莲花山种子植物的区系特征及其与邻近6个地区种子植物区系的关系进行定量分析与比较。结果显示:莲花山的植物种类丰富,共记录到种子植物85科348属892种,包含裸子植物3科6属11种和被子植物82科342属881种。保护区科属优势现象明显。种子植物区系主要由温带成分构成($R/T=0.12$),尤其是北温带成分占主导地位,体现了典型的温带特征。从科级水平来看,热带成分占53.49%,温带成分占44.18%;从属级水平来看,热带成分仅占8.91%,温带成分则占76.59%,体现了该区从温带向热带的过渡特征。聚类分析的结果显示,莲花山与同属祁连山脉的兴隆山和多儿保护区相似性最大,而与秦岭山脉的白水江和小陇山的相似性较低。

关键词: 甘肃莲花山;种子植物;植物区系;R/T值;聚类分析

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)01-0060-08

Diversity and flora characteristics of seed plants in Lianhua Mountain National Nature Reserve, Gansu Province

CAO Jiang¹, LIU Xiaojuan^{1*}, LI Qinxia², LIU Gaixiang², MA Yuxiang², WANG Qingxia², ZHAO Ya², ZHANG Hongfang²

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

2. Management Center of Gansu Lianhua Mountain National Nature Reserve, Kangle 731500, Gansu, China)

Abstract: Based on an in-depth investigation of the Lianhua Mountain National Nature Reserve in Gansu Province and relevant literature, statistical analysis was conducted on the diversity of seed plants in Lianhua Mountain. Using R/T values and cluster similarity analysis methods, quantitative analysis and comparison were conducted on the floral characteristics of seed plants in Lianhua Mountain and their relationship with seed plant flora in 6 neighboring regions. The results showed that Lianhua Mountain has a rich variety of plant species, with a total of 892 species of seed plants belonging to 348 genera in 85 families, including 11 species of gymnosperms belonging to 6 genera in 3 families and 881 species of angiosperms belonging to 342 genera in 82 families. The phenomenon of dominant family and genus in protected areas is obvious. The seed plant flora is mainly composed of temperate components ($R/T=0.12$), especially dominated by northern temperate components, reflecting typical temperate characteristics. At the family level, tropical components account for 53.49% and temperate components account for 44.18%. At the genus level, tropical components account for only 8.91%, while temperate components account for 76.59%. This also reflects the transitional characteristics of the region from temperate to tropical zones. The results of cluster analysis showed that Lianhua Mountain has the highest simi-

收稿日期: 2024-10-09 修回日期: 2024-11-18 接受日期: 2025-02-12

作者简介: 曹疆(1999-),男,硕士生,研究方向为植物多样性, E-mail: cj010521@163.com

*通讯联系人: 刘晓娟(1980-),女,博士,副教授,研究方向为森林植物多样性, E-mail: liuxiaojuan@gsau.edu.cn

基金项目: 2023年提前批中央财政国家级自然保护区建设项目-保护区综合科学考察(2023zfcg00990)

引用格式: 曹疆, 刘晓娟, 李琴霞, 等. 甘肃莲花山国家级自然保护区种子植物多样性及区系特征[J]. 生物资源, 2025, 47(1): 60-67.

Cao J, Liu X J, Li Q X, et al. Diversity and flora characteristics of seed plants in Lianhua Mountain National Nature Reserve, Gansu Province [J]. Biotic Resources, 2025, 47(1): 60-67.

larity with Xinglong Mountain and Duoer Nature Reserve, both belonging to the Qilian Mountains, while its similarity with Baishuijiang and Xiaolong in the Qinling Mountain is relatively low.

Key words: Gansu Lianhua Mountain; wild seed plant; flora; R/T value; cluster analysis

0 引言

植物区系是指某地区所有植物种类的总和,反映了植物在特定自然历史和地理条件下共同作用的结果^[1-2]。研究某地区植物群落的组成和分布类型,可以深入探讨当地植物的起源、分布与环境变化之间的关系。同时,对评估植物濒危程度、保护珍稀濒危物种、维护植物多样性具有关键意义,为该地区植物资源的保护和可持续开发提供科学依据^[3-4]。甘肃莲花山保护区始建于1983年,2003年获得国务院正式批准为国家级自然保护区,地处中国西北部,甘肃中南部,是中国西部黄土高原与青藏高原交界处亚高山针叶林的重要组成部分,保留了干旱地区典型的森林生态系统。保护区内展现出明显的森林植被垂直带谱,涵盖了从温带至寒温带的典型自然景观,成为欧亚大陆温带与寒温带主要植被类型的缩影,具有极高的科研价值^[5]。目前对莲花山植物的研究主要集中在植物资源、植物生理生态以及植物群落特征等方面^[6-8]。

本研究在实地调查及前人研究^[9]的基础上,分析了保护区内种子植物的区系特征,并与祁连山脉和秦岭山脉的6个保护区进行了对比,旨在阐明莲花山种子植物区系的特征,以及其与相邻地区植物区系的分布和演化关系,为该保护区及周边地区植物多样性的保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

莲花山位于甘肃南部,地处临潭、卓尼、康乐、渭源、临洮五县交界处。地理位置为103°39′59″~103°50′26″E, 34°54′17″~35°01′43″N,总面积11 691.0 hm²,核心区面积为3 506.0 hm²,占总面积的30%;缓冲区面积为3 312.1 hm²,占28.3%;试验区面积为4 872.9 hm²,占41.7%。保护区内总人口为4 152人,周边社区人口超过6 000人。境内地形复杂,沟谷交错,海拔2 090~3 578 m,森林覆盖率达63.24%,属于典型的高原亚寒带气候,寒冷阴湿、四季不明、长冬无夏、春秋相连。年平均气温在3.2℃~4.6℃,年降水量为580.3 mm。保护区内小生境的差异较大,从河谷到最高峰的高差为1 578 m,不同海拔高度森林群落中物种组成与层片结构差异很大,植被呈明

显的垂直地带性分布:海拔2 100 m以下为山地草原带,多为农田或草坡;2 100~2 400 m为落叶阔叶林带,2 400~2 700 m为针阔混交林带;2 700~3 000 m主要是云杉(*Picea asperata*)为主的针叶林,3 000~3 400 m为冷杉(*Abies fabri*)林带,3 400 m以上为高山灌丛带^[6-9]。

1.2 调查方法

采用样线法结合重点区域调查法对莲花山种子植物资源进行全面踏查,针对保护区内的主要山脉、沟谷及村庄,按照不同海拔设置了多条样线,涵盖了保护区内所有的植被群落类型。主要包括足古川→八度保护站→磨沟保护站、唐坊滩保护站→沙河滩保护站→上滩、唐坊滩保护站→大崖山→蛇路沟3条样线,沿这3条主要样线向外辐射展开搜索式调查。此外还对九甸峡、莲花山国家森林公园等物种丰富度较高的区域进行了重点调查。野外调查过程中逐一拍摄植物照片并进行现场鉴定,如遇不能识别的物种,应采集相应标本,带回实验室鉴定,最后按照前期调查结果参照《中国植物志》^[10]《甘肃植物志》^[11]以及《中国高等植物图鉴》^[12]等文献或图库对标本进行修订,建立莲花山种子植物名录。文中所有植物的中文名和拉丁学名均以《中国植物志》^[10]为准。

1.3 数据分析

莲花山种子植物科和属的区系特征分析主要参考吴征镒的^[13-14]观点,并以各区系种子植物属的分布类型为基础,将其与祁连山脉和秦岭山脉中具代表性的6个地区(安南坝^[15]、祁连山^[16]、兴隆山^[17]、多儿保护区^[4]、白水江^[18]、小陇山^[19])进行R/T值的比较研究。R/T值是一个重要指标,用于研究植物区系的热带性与温带性重心的偏离,其动态变化能够反映植物区系在气候和地理条件历史变迁中的演变^[20]。最后运用SPSS20.0软件对这些地区进行聚类分析,分析保护区之间的相似性。

2 结果与分析

2.1 种子植物种类多样性

经调查,莲花山共有种子植物85科348属892种,分别占甘肃省种子植物^[21]科属种的46.20%、30.71%、18.24%,而莲花山的面积为

11 691.0 hm²,仅占甘肃省总面积的0.02%,可见莲花山的种子植物物种数量在甘肃省是比较丰富的(表1)。裸子植物种类较少,仅3科6属11种,占种子植物科属种的3.53%、1.72%和1.23%。被子植物则种类繁多,共82科342属881种,分别占种子植物科属的96.47%、98.28%和98.77%,在该区种子植物区系的组成中起主导作用。

表1 莲花山与甘肃省种子植物物种多样性的比较
Table 1 Comparison of seed plant species diversity between Lianhua Mountain and Gansu Province

植物类别	莲花山种子植物			甘肃省种子植物		
	科	属	种	科	属	种
裸子植物	3	6	11	7	18	53
被子植物	82	342	881	174	1 115	4 837
合计	85	348	892	184	1 133	4 890

2.2 种子植物科的多样性分析

莲花山种子植物共85科,根据各科所含种数的多少,将这些科划分为5个等级(表2)。结果表明,保护区种子植物含50种及以上的大型科有3科,分别为菊科(Compositae)(109种)、蔷薇科(Rosaceae)(76种)和毛茛科(Ranunculaceae)(68种),这3个科仅占总科数的3.53%,而包含的种数却占总种数的28.36%,表现出绝对优势,为本区的优势科;较大科和中型科共有21科,占保护区种子植物总科数的24.71%;寡种科有37科,是保护区最多的科,占保护区种子植物总科数的43.53%,包括松科(Pinaceae)(9种)、卫矛科(Celastraceae)(9种)和堇菜科(Violaceae)(8种)等;仅有1种的单种科有23科,仅包含23属和23种,分别占保护区种子植物科属种的27.06%、6.61%、2.58%。寡种科和单种科虽然所含种数较少(19.28%),但是科数有60种,所占比例最高(70.59%),在一定程度上丰富了莲花山种子植物多样性,表明莲花山种子植物科级水平物种分化程度较高。

2.3 种子植物属的多样性分析

莲花山种子植物共348属,根据各属所含种数的多少,将这些属划分为4个等级(表3)。结果表明,保护区种子植物中大属有12个,占保护区种子植物总属数的3.45%;中等属有41个,占保护区种子植物总属数的11.78%;寡种属和单种属共计295属,占保护区种子植物总属数的84.77%,占绝对优势。根据属内种的数量,柳属(*Salix*)(24种)、风毛菊属(*Saussurea*)(19种)、马先蒿属(*Pedicularis*)(18种)和忍冬属(*Lonicera*)(16种),为莲花山的优势属。而寡种属和单种属却构成了保护区属一级多样性的主体,这反映出莲花山在属级水平上多样性更高,物种分化程度强烈。

2.4 科属的分布区类型

在植物分类学中,科是最大的自然分类单位,反映了物种之间较为广泛的亲缘关系,而植物属的概念不仅揭示了不同地区植被类型之间的联系和差异,还能反映某些生物地理成分的来源^[22]。

莲花山种子植物科和属的分布型统计见表4,科的层面上,世界广布类型的科最多,共42科,包括禾本科(Gramineae)、兰科(Orchidaceae)、豆科(Leguminosae)等。除了广布类型以外,热带成分比例为53.49%,而温带成分相对较少,占44.18%。在热带分布类型中,泛热带分布最为突出,占34.88%,包括天南星科(Araceae)、卫矛科、唇形科(Lamiaceae)等。温带分布类型中,以北温带和南温带间断分布为主,占25.58%,涉及柏科(Cupressaceae)、灯心草科(Juncaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)等。东亚分布类型仅有一科,即猕猴桃科(Actinidaceae)。

属的层面上,除去世界分布的45属,温带成分占主导地位,达76.59%,热带成分则占8.91%(表4)。在温带分布类型中,北温带分布占48.18%,涉及冷杉属(*Abies*)、马先蒿属、风毛菊属等。而在热带分布类型中,泛热带分布最为显

表2 莲花山种子植物科的分级统计
Table 2 Classification statistics of seed plant families in Lianhua Mountain

级别(种)	科		属		种	
	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%
大型科(≥50种)	3	3.53	84	24.14	253	28.36
较大科(20~49种)	10	11.76	114	32.76	296	33.18
中型科(10~19种)	11	12.94	60	17.24	165	18.50
寡种科(2~9种)	37	43.53	66	18.97	154	17.26
单种科(1种)	24	28.24	24	6.90	24	2.69
合计	85	100.00	348	100.00	892	100.00

表3 莲花山种子植物属的分级统计
Table 3 Classification statistics of seed plant genera in Lianhua Mountain

属内含种数	属		种	
	数量	占比/%	数量	占比/%
大属≥10种	12	3.45	161	18.05
中等属(5~9种)	41	11.78	263	29.48
寡种属(2~4种)	103	29.60	276	30.94
单种属(1种)	192	55.17	192	21.53
合计	348	100.00	892	100.00

著,占6.27%,包括木姜子属(*Litsea*)、醉鱼草属(*Buddleja*)、菝葜属(*Smilax*)等。相对而言,地中海区、西亚至中亚和中亚分布所占比例最小,仅为5.08%,但其中糙草属(*Asperugo*)、星叶草属(*Circaea*)和角蒿属(*Incarvillea*)等植物具有重要的价值。

从科的层面来看,本区种子植物区系中世界广

布的科数占有明显优势,而热带成分的比例略大于温带成分。可见本区种子植物科的分布类型具有明显热带区系性质的同时,有向温带过渡的趋势。从属的层面来看,温带成分明显占据主导地位,以北温带的分布为主,热带成分则相对较少。

2.5 邻近区系特征比较

为了深入分析莲花山植物区系的组成特点及其位置的重要性,选择祁连山脉和秦岭山脉的安南坝^[15]、祁连山^[16]、兴隆山^[17]、多儿保护区^[4]、白水江^[18]和小陇山^[19]6个保护区(表5)与莲花山的种子植物属的区系进行聚类分析。

2.5.1 R/T值比较

R/T值为非广布于全球的热带成分(T2—T7)属总数与非广布于全球的温带成分(T8—T13)属总数的比值,能够大体反映一个地区的植物区系特征,特别是在区系的演化与气候条件之间的关系。R/T值>1表明该植物区系以热带成分为主,R/T值<1

表4 莲花山种子植物科和属的分布型统计
Table 4 Distribution pattern statistics of seed plant families and genera in Lianhua Mountain

分布型及其变型	科		属	
	数量	百分比/%	数量	百分比/%
1 世界分布	42	—	45	—
2 泛热带分布	15	34.88	19	6.27
2-1 热带亚洲-大洋洲和热带美洲(南美洲或/和墨西哥)	2	4.65	—	—
2-2 热带亚洲、非洲和南美洲间断分布	1	2.33	—	—
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	3	6.98	1	0.33
4 旧世界热带分布	—	—	5	1.65
5 热带亚洲至热带大洋洲分布	1	2.33	1	0.33
6 热带亚洲至热带非洲分布	—	—	1	0.33
6d 南非分布	1	2.33	—	—
热带成分小计	23	53.49	27	8.91
8 北温带分布	3	6.98	146	48.18
8-4 北温带和南温带间断分布	11	25.58	—	—
8-5 欧亚和南美洲间断分布	2	4.65	—	—
9 东亚和北美间断分布	1	2.33	14	4.62
10 旧世界温带分布	1	2.33	56	18.48
10-3 欧亚和南非洲间断分布	1	2.33	—	—
11 温带亚洲分布	—	—	16	5.28
12 地中海区、西亚至中亚分布	—	—	9	2.97
13 中亚分布	—	—	7	2.31
温带成分小计	19	44.18	239	81.84
14 东亚分布	1	2.33	21	6.93
15 中国特有分布	—	—	7	2.31
合计	85	100.00	348	100.00

注:计算分布区类型的比例时不计算世界分布科属

Note: not include the world distribution of families and genera, when calculating the proportion of distribution area types

表 5 莲花山与其他 6 个保护区种子植物属的分布类型数据
Table 5 Distribution type data of seed plant genera in Lianhua Mountain and six other protected areas

地区	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	总计
安南坝	24	6	0	1	0	0	1	35	2	13	4	22	7	1	44	117
祁连山	68	29	3	3	0	0	5	188	19	67	24	39	25	31	19	527
兴隆山	53	17	1	4	0	1	2	158	17	72	13	11	8	22	11	390
莲花山	45	19	1	5	1	1	0	146	14	56	16	9	7	21	7	348
多儿	58	34	5	5	5	3	9	174	23	73	15	10	5	40	10	469
白水江	61	101	15	29	19	29	40	181	67	80	17	13	5	112	10	813
小陇山	73	92	14	23	16	24	18	221	68	99	24	30	8	103	26	839

注: T1, 世界广布; T2, 泛热带(热带广布); T3, 热带亚洲和热带美洲间断分布; T4, 旧世界热带分布; T5, 热带亚洲至热带大洋洲分布; T6, 热带亚洲至热带非洲分布; T7, 热带亚洲分布; T8, 北温带分布; T9, 东亚和北美洲间断分布; T10, 旧世界温带分布; T11, 温带亚洲分布; T12, 地中海区、西亚至中亚分布; T13, 中亚分布; T14, 东亚分布; T15, 中国特有分布

Note: T1, widely distributed worldwide; T2, pan tropical (widely distributed in the tropics); T3, intermittent distribution in tropical Asia and tropical America; T4, old world tropical distribution; T5, distributed from tropical Asia to tropical Oceania; T6, distributed from tropical Asia to tropical Africa; T7, distribution in tropical Asia; T8, north temperate distribution; T9, intermittent distribution in east Asia and north America; T10, old world temperate distribution; T11, temperate Asian distribution; T12, distributed in the Mediterranean region and from west Asia to central Asia; T13, central Asian distribution; T14, east Asian distribution; T15, unique distribution in China

则说明以温带成分为主。R/T 值越大, 热带特征越明显, 反之亦然^[22]。通过统计发现 7 个地区的 R/T 值均小于 1(表 6), 说明选择的保护区植物区系成分均以温带成分占优势, 具有典型的温带性质。而这 7 个保护区地理位置也随着表 6 中的顺序在甘肃省地图板块中纬度依次降低, 并且纬度越低, 温带特征逐渐减弱, 而热带特征逐渐增强。但是各地区的变化并未严格遵循纬度递减的规律, 兴隆山和莲花山的 R/T 值发生了显著变化, 这可能与保护区的海拔变化以及旅游业发展后自然恢复的困难有关。

2.5.2 聚类相似性分析

聚类分析可以将性质相近的个体归为同一类别, 从而使得同一类别中的个体高度同质, 而不同类别之间的个体则表现出显著的异质性^[22]。基于表 5, 采用 SPSS20.0 对莲花山及其他 6 个保护区的种子植物属区系进行了聚类分析, 得到树状聚类图(图 1)。当欧氏距离为 8 时, 可以将这 7 个地区划

分为 3 类。其中, 兴隆山、莲花山、祁连山和多儿保护区被归为一组, 可能是由于它们都处于青藏高原与黄土高原交界处, 而且距离较近, 因而生境相似, 温带特征明显; 而安南坝地区主要受到蒙古高原的影响, 以荒漠植被为主, 且因其相对较高的纬度, 温带特征最为显著, 形成另一类; 小陇山和白水江因其相对较低的纬度, 以及地理和气象等综合因素的影响, 展现出明显温带到热带的过渡性性质, 因此归为同一类。

3 结论与讨论

1) 莲花山的种子植物种类丰富多样, 有 85 科 348 属 892 种, 分别占甘肃省种子植物科属种的 46.20%、30.71%、18.24%, 而莲花山面积仅占甘肃省的 0.02%, 可见莲花山是甘肃省生物多样性较为丰富的地区之一, 而与邻近的太子山以及洮河保护区相比植物物种丰富度相对较少^[23-24], 这可能受到

表 6 莲花山与其他 6 个保护区属的 R/T 值
Table 6 R/T values of Lianhua Mountain and six other protected areas

保护区名称	经度范围(E)	纬度范围(N)	海拔/m	热带属(R)	温带属(T)	R/T 值
安南坝	92°20'~93°19'	39°02'~39°47'	1 620~4 810	8	54	0.15
祁连山	97°23'~103°45'	36°29'~39°43'	2 100~4 500	47	298	0.16
兴隆山	103°49'~104°09'	35°37'~35°56'	2 000~3 671	25	260	0.10
莲花山	103°39'~103°50'	34°54'~35°01'	2 090~3 578	27	232	0.12
多儿保护区	103°37'~104°03'	33°39'~33°58'	1 800~4 350	61	285	0.21
小陇山	104°23'~106°43'	33°31'~34°41'	700~3 941	187	412	0.45
白水江	104°70'~105°22'	32°35'~32°55'	1 500~3 100	233	345	0.68

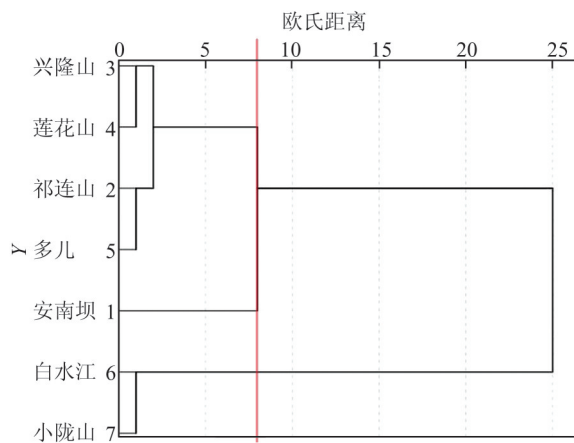


图1 莲花山与其他6个保护区的植物属区系聚类分析结果

Figure 1 Floristic cluster analysis results of plant genera in Lianhua Mountain and six other protected areas

莲花山面积较小的影响。优势科能够反映某植物区系的特征,且在一定程度上具有表征作用^[25],莲花山优势科现象明显,菊科、蔷薇科和毛茛科3科共计154种,占保护区种子植物总种数的28.36%,为莲花山的优势科,而这3个科具有较高的进化程度,所以莲花山种子植物区系呈现出年轻和衍生的进化性质。寡种科属和单种科属比例较高,说明莲花山植物具有较强复杂性和多样性^[22]。

2) 莲花山种子植物的85个科划分为8个分布区类型和6个变型,348个属则分为15个分布区类型。在科级水平上,热带成分占53.49%,而温带成分占44.18%;在属级水平上,热带成分仅占8.91%,温带成分则占76.59%。但是属比科更能体现植物在系统发育过程中进化分化情况和地区性特征^[4],所以莲花山植物区系以温带成分为主。整体来看,区系成分由热带成分的略微优势转变为温带成分的绝对优势,这充分展示了该地区植物类群为适应青藏高原和喜马拉雅山脉的强烈隆起的地质历史变化^[26]。地质构造的变化进一步影响区域内气候,使古老的地理成分只在局部残存,取而代之的是年轻成分的定居与分化^[27]。

3) R/T值最初用于评价海拔梯度上的区系替代现象,也可用于解释纬度梯度上的区系地带性格局^[28]。从R/T值对比来看,莲花山与兴隆山最为接近,在聚类分析中,这两个地区也最为相似,主要是由于它们的地理位置接近且气候条件相似。从整体来看,这7个保护区R/T值随着纬度和海拔的降低而增大,这个结论验证了热带属在黄土高原地区所呈现出的纬度递减格局和海拔递减规律^[29],也进一步支持了热带成分在中国植物中主导区域应小于

N30°的观点^[30]。

4) 从聚类相似性分析来看,莲花山与同属祁连山脉的兴隆山和多儿保护区的相似性较高,而由于白水江和小陇山与莲花山位于不同的山脉,且在地质、地貌和气候条件上与莲花山存在明显差异,因此与莲花山的相似性最低,表现出更明显的温带向热带过渡特征。而安南坝主要是荒漠植被,且纬度更高,距离更远,所以与莲花山的相似性更低。整体来看,相似性次序是按照各个保护区与莲花山的位置距离的增大而减小的,这与甘肃太子山聚类分析得到的结论一致^[31]。

参考文献

- [1] 陈灵芝. 中国植物区系与植被地理[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
Chen L Z. Flora and vegetation geography of China [M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [2] 刘建泉, 周永祥, 周多良, 等. 甘肃安南坝野骆驼国家级自然保护区维管植物科的区系分析[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(4): 162-167.
Liu J Q, Zhou Y X, Zhou D L, et al. Floristic analysis of the vascular plant family in the Annamba Wild Camel National Nature Reserve in Gansu Province [J]. Resources and Environment in Arid Regions, 2020, 34(4): 162-167.
- [3] 陈开森, 吴锦平. 福建梅花山自然保护区蕨类植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2019, 39(6): 1121-1126.
Chen K S, Wu J P. Fern flora of Meihuashan nature reserve in Fujian Province [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2019, 39(6): 1121-1126.
- [4] 史生晶, 高军, 王春霞, 等. 甘肃多儿国家级自然保护区维管植物区系分析[J]. 草业学报, 2021, 30(4): 140-149.
Shi S J, Gao J, Wang C X, et al. Analysis of the floristic diversity of vascular plants in Duoer National Nature Reserve, Gansu [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(4): 140-149.
- [5] 李成侠, 张雄飞. 莲花山, 守望家园的一道风景线[N]. 甘肃日报, 2007-07-18(6).
Li C X, Zhang X F. Lianhua Mountain, a scenic line guarding the homeland [N]. Daily Gansu, 2007-07-18(6).
- [6] 李琴霞, 马玉祥, 靳承东, 等. 甘肃莲花山自然保护区野生林木种质资源调查研究[J]. 现代园艺, 2022, 45(24): 137-139, 142.
Li Q X, Ma Y X, Jin C D, et al. Investigation on wild forest germplasm resources in Lianhua Mountain nature reserve, Gansu Province [J]. Contemporary Horticult-

- ture, 2022, 45(24): 137-139, 142.
- [7] 王德君, 韩国君, 高智辉, 等. 甘肃莲花山植物群落物种多样性对海拔梯度的响应[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(6): 96-102.
- Wang D J, Han G J, Gao Z H, et al. Response of community species diversity to elevation gradient in the Lianhuashan nature reserve [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(6): 96-102.
- [8] 孙学刚, 韩庆杰, 杨龙, 等. 甘肃莲花山主要森林群落空间格局的分形特征: 关联维数[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(6): 782-788.
- Sun X G, Han Q J, Yang L, et al. Fractal properties of the spatial pattern of different forest communities in the Lianhua Mountain of Gansu Province: correlation dimension [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2005, 40(6): 782-788.
- [9] 李佳喜, 张耀甲. 甘肃莲花山自然保护区种子植物区系的研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2000, 36(5): 98-106.
- Li J X, Zhang Y J. A study on the spermatophytic flora from Lianhua Mountain nature reserve in Gansu Province [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Science Edition), 2000, 36(5): 98-106.
- [10] 中国科学院中国植物志编辑委员会编著. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- Compiled by the Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [11] 廉永善, 孙坤. 甘肃植物志. 第二卷. [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2005.
- Lian Y S, Sun K. Flora of Gansu. Volume 2. [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2005.
- [12] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴[J]. 植物杂志, 2002(4): 11.
- Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. Illustrated Catalogue of Higher Plants in China [J]. Plant Magazine, 2002(4): 11.
- [13] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245-257.
- Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, et al. The areal-types of the world families of seed plants [J]. Acta Botanica-Yunnanica, 2003, 25(3): 245-257.
- [14] 吴征镒. 种子植物分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006.
- Wu Z Y. Types, origin, and differentiation of seed plant distribution regions [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2006.
- [15] 刘建泉. 甘肃安南坝野骆驼国家级自然保护区维管植物属的区系分析[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(4): 123-127.
- Liu J Q. Flora analysis of the vascular plant genus in Gansu Annanba wild camel national nature reserve [J]. Anhui Agricultural Science, 2022, 50(4): 123-127.
- [16] 李嘉楠, 王博, 赵硕, 等. 祁连山地区维管植物区系特征[J]. 广西植物, 2024, 44(8): 1540-1552.
- Li J N, Wang B, Zhao S, et al. Floristic characteristics of vascular plants in Qilian Mountain region, China [J]. Guihaia, 2024, 44(8): 1540-1552.
- [17] 卜静, 王延坤, 李健美, 等. 甘肃兴隆山国家级自然保护区种子植物区系研究[J]. 陕西林业科技, 2023, 51(1): 1-6, 11.
- Bu J, Wang Y K, Li J M, et al. Flora diversity of seed plants in Xinglong Mountain national nature reserve of Gansu Province [J]. Shaanxi Forestry Science and Technology, 2023, 51(1): 1-6, 11.
- [18] 任继文. 甘肃白水江国家级自然保护区种子植物属的分布区类型及特征[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(1): 22-24.
- Ren J W. Distributed types and characteristic of seeding flora in Baishuijiang national nature reserve in Gansu [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1): 22-24.
- [19] 王一峰, 张海栋, 金杰强, 等. 甘肃小陇山种子植物区系地理及多样性分析[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2007, 43(5): 75-82.
- Wang Y F, Zhang H D, Jin J Q, et al. The diversity and flora of spermatophyte in Xiaolong Mountain in Gansu [J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science Edition), 2007, 43(5): 75-82.
- [20] 姬红利, 詹选怀, 张丽, 等. 幕阜山脉石松类和蕨类植物多样性及生物地理学特征[J]. 生物多样性, 2019, 27(11): 1251-1259.
- Ji H L, Zhan X H, Zhang L, et al. Diversity and biogeographical characteristics of lycophytes and ferns in Mufu Mountains, China [J]. Biodiversity Science, 2019, 27(11): 1251-1259.
- [21] 张志达, 于应文, 花立民, 等. 甘肃省野生维管植物多样性分布格局分析[J]. 草业学报, 2014, 23(1): 22-30.
- Zhang Z D, Yu Y W, Hua L M, et al. Analysis of the distribution pattern of wild vascular plant diversity in Gansu Province, China [J]. Journal of Grassland Industry, 2014, 23(1): 22-30.
- [22] 李依林, 蒋波, 汪知蓓, 等. 南麂列岛野生药用植物区系与资源多样性[J]. 中国野生植物资源, 2024, 43(5): 114-122.
- Li Y L, Jiang B, Wang Z B, et al. Diversity and floral

- characteristics of wild medicinal plant resources in Nanji Islands [J]. *China's Wild Plant Resources*, 2024, 43(5): 114-122.
- [23] 徐南涛, 陈润润, 王洪亮, 等. 甘肃太子山国家级自然保护区植物种类调查[J]. *贵州科学*, 2022, 40(5): 32-36.
- Xu N T, Chen R R, Wang H L, et al. Investigation of plant species in Taizishan National Nature Reserve [J]. *Guizhou Science*, 2022, 40(5): 32-36.
- [24] 陈炳. 甘肃洮河国家级自然保护区林业有害生物分布情况及防控措施[J]. *现代农业科技*, 2020(10): 89, 91.
- Chen B. Distribution and prevention measures of forestry pests in Taohe National Nature Reserve, Gansu Province [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2020(10): 89, 91.
- [25] 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]. *China's Wild Plant Resources*, 2021, 40(2): 63-68.
- [26] 李思锋, 王宇超, 黎斌. 秦岭种子植物区系的性质和特点及其与毗邻地区植物区系关系[J]. *西北植物学报*, 2014, 34(11): 2346-2353.
- Li S F, Wang Y C, Li B. Characteristics of the seed plants flora in Qinling Mountains and its relationship with floras in other mountains [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2014, 34(11): 2346-2353.
- [27] 张宏达. 植物的特有现象与生物多样性[J]. *生态科学*, 1997(2): 11-19.
- Zhang H D. Unique phenomena of plants and biodiversity [J]. *Ecological Science*, 1997(2): 11-19.
- [28] 赵万义, 刘忠成, 叶华谷, 等. 罗霄山脉种子植物区系及其南北分化特征[J]. *生物多样性*, 2020, 28(7): 842-853.
- Zhao W Y, Liu Z C, Ye H G, et al. Floristic characteristics and north-south differentiation of seed plants in the Luoxiao Mountains [J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28(7): 842-853.
- [29] 赵鸣飞, 王宇航, 邢开雄, 等. 黄土高原山地森林群落植物区系特征与地理格局[J]. *地理学报*, 2014, 69(7): 916-925.
- Zhao M F, Wang Y H, Xing K X, et al. Floristic traits and geographic patterns of natural montane forests at community level on the Loess Plateau, north China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(7): 916-925.
- [30] Hua Z, Ma Y X, Yan L C, et al. The relationship between geography and climate in the generic-level patterns of Chinese seed plants [J]. *Journal of Plant Taxonomy*, 2007, 45: 134-166.
- [31] 刘晓娟. 甘肃省太子山植物区系地理研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.
- Liu X J. Study on floristic geography of Taizishan in Gansu Province [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2005.

□

(编辑: 杨晓翠)