

引用格式: 尚帅斌, 范琳, 刘楠, 等. 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2024, 44(2): 0000-0000. [SHANG S B, FAN L, LIU N, et al. Flora of seed plants in Qinghai Area of the Kunlun Mountain National Park[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2024, 44(2): 0000-0000.] DOI:10.7606/j.issn.1000-4025.20230555

昆仑山国家公园青海片区评估区 种子植物区系研究

尚帅斌^{1,2}, 范琳^{1,2}, 刘楠^{1,2}, 张发起^{3*}

(1 国家林业和草原局西北调查规划院, 西安 710048; 2 旱区生态水文与灾害防治国家林业局重点实验室, 西安 710048; 3 中国科学院西北高原生物研究所高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810001)

摘要 【目的】从物种代表性和多样性方面为拟创建的昆仑山国家公园青海片区的植物多样性保护、植物资源利用与管理提供基础科学数据。【方法】研究在野外调查基础上, 结合历史数据及文献资料, 梳理评估区种子植物名录, 分析评估区种子植物区系的组成、优势类群、地理成分及珍稀濒危物种。【结果】(1) 昆仑山国家公园青海片区评估区共有种子植物 46 科 146 属 384 种, 裸子植物 3 科 3 属 5 种, 被子植物 43 科 143 属 379 种; 苋科 (Amaranthaceae)、菊科 (Asteraceae)、豆科 (Fabaceae) 和禾本科 (Poaceae) 4 科在评估区种子植物区系中占重要地位, 单种科和寡种科构成科的主体。(2) 评估区种子植物科、属优势现象明显, 优势科有 8 科, 优势属有 36 属, 具 10 种以上的大属有黄芪属 (*Astragalus*)、棘豆属 (*Oxytropis*)、蒿属 (*Artemisia*)、凤毛菊属 (*Saussurea*)、早熟禾属 (*Poa*)、薹草属 (*Carex*) 6 属, 单种属和小属构成属的主体。(3) 评估区种子植物科的分布区类型以世界分布为主, 同时呈现出温带性质, 属的分布区类型以温带分布为主, 与劳亚古陆有紧密联系。(4) 评估区有 4 种国家二级重点保护野生植物, 8 种青海省重点保护植物, 6 种列入《中国生物多样性红色名录》。【结论】昆仑山国家公园青海片区评估区的地理成分多样, 但特有现象不明显, 生物多样性较低, 区系成分在水平梯度上呈现出干旱到半干旱以及温带向热带过渡的特征。

关键词 昆仑山国家公园; 青海片区; 种子植物; 植物区系; 地理成分

中图分类号 Q948 文献标志码 A

Flora of seed plants in Qinghai Area of the Kunlun Mountain National Park

SHANG Shuaibin^{1,2}, FAN Lin^{1,2}, LIU Nan^{1,2}, ZHANG Faqi^{3*}

(1 Northwest Surveying, Planning and Designing Institute, National Forestry and Grassland Administration, Xi'an 710048, China; 2 Key Laboratory of National Forestry Administration on Ecological Hydrology and Disaster Prevention in Arid Regions, Xi'an 710048, China; 3 Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract [Objective] From the aspect of species representativeness and diversity, the article aims to provide evidence for plant diversity conservation and plant resource utilization in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park. [Methods] Based on field surveys, historical data, and literatures, we sorted out

收稿日期: 2023-08-27; 修改稿收到日期: 2023-11-21

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究项目 (2019QZK05020102); 国家林业和草原局西北调查规划院科技创新项目 (XBY-KJCX-2021-10)

作者简介: 尚帅斌 (1988-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事生物多样性监测与保护研究。E-mail: shangmail12@163.com

* 通信作者: 张发起, 博士, 研究员, 主要从事高山生物多样性研究。E-mail: fqzhang@nwipb.cas.cn

a list of seed plants in the assessment area and analyzed the composition, dominant taxa, geographic component, and endangered species of seed flora. [Results] (1) There was a total of 46 families, 146 genera, and 384 species of seed plants in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park, including 3 families, 3 genera, and 5 species of gymnosperms as well as 43 families, 143 genera, and 379 species of angiosperms. The 4 families included Amaranthaceae, Asteraceae, Fabaceae and Poaceae occupy an important position in the seed flora of the assessed area, where monospecie and oligospecie constitute the main part of the family. (2) The dominant phenomenon of the seed plant family and genus was obvious in this area with 8 dominant families and 36 dominant genera, where 6 large genera had more than 10 species including *Astragalus*, *Oxytropis*, *Artemisia*, *Saussurea*, *Poa*, and *Carex*. (3) The areal-type of the families in this seed flora was mainly cosmopolitan, which was showing a temperate nature. The areal-type of genera was mainly temperate distribution with a close connection to the Laurasia. (4) There were 4 species of national Grade II protected wild plants, 8 species of Qinghai Province protected plants, and 6 species listed in "China's Red List of Biodiversity". [Conclusion] The Qinghai area of the Kunlun National Park has diverse geographical composition, but the endemic phenomenon is not obvious. The biodiversity is low. The floral composition shows the characteristics of arid to semi-arid transition and temperate to tropical transition in the horizontal gradient.

Key words Kunlun Mountain National Park; Qinghai area; seed plants; flora; geographic composition

植物区系是某一地区或国家所有植物种类的总和,是在自然历史条件综合作用下的演化结果,是植物科、属、种的自然综合体^[1-3]。植物区系包含着某一地区的历史、地理、生态、进化和演化的信息^[4-5],对某一地区植物多样性以及植物起源与演化的研究起着重要作用。研究某一地区的植物区系,有助于认识和了解其植物区系的起源及演化历史,为该地区植物多样性保护和植物资源开发利用提供科学依据^[6-12]。青藏高原是全球生物多样性的热点地区,也是开展生物多样性研究的热点区域之一^[13-16]。昆仑山位于青藏高原的北缘^[17],是青藏高原的 1 个独立自然地理亚单元^[18]。昆仑山国家公园青海片区评估区(以下简称为评估区)位于中昆仑北坡,面积为 5.95 万 km²,是中国山地生态系统最完整、最原真的区域之一,亦是全国 17 个生物多样性关键区域之一,中国生物多样性保护优先区域之一^[19]。评估区属于帕米尔-喀喇昆仑-昆仑亚地区,是青藏高原区系和古地中海区系的过渡区域^[20],是研究高山植物多样性的理想区域。从 20 世纪 30 年代起,中国开始对昆仑山区域进行科学考察。1932 年著名植物分类学家、地植物学家和林学家刘慎谔就对该地区进行植物科学考察。此后,对于该地区的调查陆续展开,包括 20 世纪 50 年代和 80 年代开展的新疆第一、二次综合科学考察,第一次青藏高原综合科学考察以及喀喇昆仑山-昆仑山地区的综合科学考察。2012—2015 年《昆仑植物志》(1—4 卷)相继出版,为该地区的植物区系研究提供重要文献资料^[21]。尽管这些研究涉及了昆仑山脉植物区系,然

而对评估区植物区系系统性研究仍十分缺乏。

2022 年,国家林业和草原局等四部门联合印发《国家公园空间布局方案》,遴选出 49 个国家公园候选区,昆仑山国家公园为其中之一,青海省与新疆维吾尔自治区分别开展了昆仑山国家公园创建相关工作。本研究基于昆仑山国家公园青海片区评估区植物多样性文献资料和野外调查工作,系统分析评估区的植物区系科属组成,优势类群、地理成分以及珍稀濒危植物等,从物种代表性和多样性方面为拟创建的昆仑山国家公园青海片区提供数据支撑,为评估区的植物多样性保护和植物资源利用与管理提供基础科学数据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

昆仑山地处青藏高原腹地,西起帕米尔高原东部,横贯新疆、西藏,延伸至青海境内,是亚洲中部的大山系、中国西部山系的主干^[21-23]。评估区地处中昆仑山北坡,东起都兰县沟里乡,西至祁漫塔格山,南部与三江源国家公园毗邻,总面积 5.95 万 km²,地理坐标为 90°37'—98°34'E, 35°15'—37°52'N,行政区划隶属青海省格尔木市、都兰县和茫崖市。昆仑山濒临亚洲大陆干旱中心,平均海拔超过 4 000 m,年平均气温均在 0℃以下。由于昆仑山脉特殊的地理位置,导致该地区几乎不受太平洋季风和印度洋季风的影响,整个山脉年降雨量较少,尤其是位于中段的评估区最为干旱,年降水量约为 150 mm^[22,24]。评估区内的植被类型以高寒草甸、高寒草原和垫状植被等为主。

1.2 研究方法

2022年7—8月,采用样方和样线调查相结合的方法,对评估区野生种子植物进行全面科学的考察。通过收集查阅《青海植物志》、《昆仑植物志》、《中国植物志》、*Flora of China* 网站(<http://www.iplant.cn/foc>)、中国数字植物标本馆网站(<https://www.cvh.ac.cn/index.php>)以及植物区系相关文献[21,25-26],裸子植物按郑万钧系统、被子植物按APG IV系统整理并完善评估区野生种子植物名录,统计该片区野生种子植物区系的基本物种组成,分析其科、属、种的数量特征,同时按照科、属内所含种数进行等级划分;依实际情况确定评估区的优势类群。参考吴征镒等^[27-28]的方法划分评估区内科属的分布区类型;依据《国家重点保护野生植物名录》(2021)、《中国生物多样性红色名录——高等植

物卷(2020)》等资料统计评估区内的珍稀濒危植物。

2 结果与分析

2.1 种子植物区系组成

根据野外调查数据和以往资料的整理分析,评估区共有种子植物384种(含亚种和变种),隶属于46科146属(表1)。其中,裸子植物3科3属5种,分别占评估区种子植物科、属和种总数的6.52%、2.05%和1.30%;被子植物43科143属379种(含亚种和变种),占评估区种子植物科、属和种总数的93.48%、97.95%和98.70%。由此可见,评估区的种子植物区系由被子植物占主导地位。

由表2可知,评估区内种子植物的科、属、种总数占全国的比重分别为16.25%、4.20%和1.16%,分别占青海省的比例为47.42%、25.08%和13.42%。

表1 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物科、属、种组成

Table 1 Composition of family, genus, and species in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

分类群 Groups	科 Family		属 Genus		种 Species	
	数量 Quantities	占比 Percentages/%	数量 Quantities	占比 Percentage/%	数量 Quantities	占比 Percentage/%
裸子植物 Gymnosperm	3	6.52	3	2.05	5	1.30
被子植物 Angiosperm	43	93.48	143	97.95	379	98.70
合计 Total	46	100.00	146	100.00	384	100.00

表2 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物多样性

Table 2 Seed plant diversity in the Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

	项目 Item	裸子植物 Gymnosperm	被子植物 Angiosperm	合计 Total
全国 Nationwide	科数 Number of family	11	272	283
	属数 Number of genus	45	3 428	3 473
	种数 Number of species	291	32 841	33 132
青海 Qinghai Province	科数 Number of family	3	94	97
	属数 Number of genus	6	576	582
	种数 Number of species	36	2 825	2 861
昆仑山国家公园 青海片区评估区 Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park	科数 Number of family	3	43	46
	占全国比例 Proportion in the nationwide/%	27.27	15.81	16.25
	占全省比例 Proportion in the province/%	100.00	45.74	47.42
	属数 Number of genus	3	143	146
	占全国比例 Proportion in the nationwide/%	6.67	4.17	4.20
	占全省比例 Proportion in the province/%	50.00	24.83	25.08
	种数 Number of species	5	379	384
	占全国比例 Proportion in the nationwide/%	1.72	1.15	1.16
	占全省比例 Proportion in the province/%	13.89	13.41	13.42

注:青海省种子植物数据来自《青海野生维管植物名录》^[29],全国种子植物数据来自《中国生物物种名录 2023 版》(<http://www.sp2000.org.cn/>)。

Note: The data of seed plants in Qinghai Province were from a checklist of wild vascular plants in Qinghai, China, and the national seed plant data were from the Chinese Biological Species List, 2023 Edition(<http://www.sp2000.org.cn/>).

2.2 科分析

2.2.1 科组成

按科内所含种数的不同,将评估区种子植物 46 科划分为大科(>20 种)、中等科(11~20 种)、寡种科(2~10 种)以及单种科 4 个等级(表 3)。含 20 种以上的大科为禾本科(Poaceae)、菊科(Asteraceae)、豆科(Fabaceae)和苋科(Amaranthaceae),这 4 科共包含 61 属 206 种。

这 4 个大科所包含的属和种分别占区系内种子植物总属数和总种数的比例为 41.78% 和 53.65%,由此可见,苋科、豆科、菊科和禾本科在评估区种子植物区系中发挥重要地位。中等科有 4 科,包括蔷薇科(Rosaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、十字花科(Brassicaceae)和莎草科(Cyperaceae),共含有 26 属 60 种,分别占评估区种子植物总属数和总种数的比例为 17.81% 和 15.62%。寡种科有 23 科,占评估区总科数的占比最高(50.00%),包括麻黄科(Ephedraceae)、紫草科(Boraginaceae)、杨柳科(Salicaceae)、胡颓子科(Elaeagnaceae)、鸢尾科(Iridaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、蓼科(Polygonaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、亚麻科(Linaceae)、

虎耳草科(Saxifragaceae)、景天科(Crassulaceae)、罂粟科(Papaveraceae)、怪柳科(Tamaricaceae)、白花丹科(Plumbaginaceae)、报春花科(Primulaceae)、列当科(Orobanchaceae)、白刺科(Nitrariaceae)、夹竹桃科(Apocynaceae)、石蒜科(Amaryllidaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、水麦冬科(Juncaginaceae)、眼子菜科(Potamogetonaceae),共含有 44 属 103 种,分别占评估区种子植物总属数和总种数的比例为 30.14% 和 26.82%,说明这 23 科在评估区种子植物区系的组成及演化中有着重要地位。单种科有 15 科,占评估区种子植物总科数的 32.60%,包括松科(Pinaceae)、柏科(Cupressaceae)、荨麻科(Urticaceae)、茶藨子科(Grossulariaceae)、小檗科(Berberidaceae)、车前科(Plantaginaceae)、蒺藜科(Zygophyllaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、百合科(Liliaceae)、瑞香科(Thymelaeaceae)、旋花科(Convolvulaceae)、唇形科(Lamiaceae)、茄科(Solanaceae)、桔梗科(Campanulaceae)、紫葳科(Bignoniaceae),共含有 15 属 15 种,分别占评估区种子植物总属数和总种数的比例为 10.27% 和 3.91%。

表 3 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物科的组成统计

Table 3 Statistics of the seed plant family composition in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

类别 Classification	科 Family		属 Genus		种 Species	
	数量 Quantities	占比 Percentages/%	数量 Quantities	占比 Percentage/%	数量 Quantities	占比 Percentage/%
大科(>20 种) Large (>20 species)	4	8.70	61	41.78	206	53.65
中等科(11~20 种) Medium (11-20 species)	4	8.70	26	17.81	60	15.62
寡种科(2~10 种) Small (2-10 species)	23	50.00	44	30.14	103	26.82
单种科 Single species	15	32.60	15	10.27	15	3.91
合计 Total	46	100.00	146	100.00	384	100.00

2.2.2 科的地理成分

依据吴征镒在《世界种子植物科的分布区类型系统》^[30]中对科的分布区类型的划分方法,将评估区种子植物 46 科划分为 4 个分布区类型及 4 个变型(表 4)。4 种类型中,世界分布有 26 科,占评估区总科数的 56.52%,包括石竹科(Caryophyllaceae)、蓼科(Polygonaceae)、苋科(Amaranthaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、景天科(Crassulaceae)、茶藨子科(Grossulariaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、十字花科(Brassicaceae)、豆科(Fabaceae)、瑞香科(Thymelaeaceae)、白花丹科(Plumbaginaceae)、报春花科(Primulaceae)、龙胆科

(Gentianaceae)、旋花科(Convolvulaceae)、紫草科(Boraginaceae)、唇形科(Lamiaceae)、茄科(Solanaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、车前科(Plantaginaceae)、桔梗科(Campanulaceae)、菊科(Asteraceae)、眼子菜科(Potamogetonaceae)、禾本科(Poaceae)、莎草科(Cyperaceae)、水麦冬科(Juncaginaceae)。

热带分布有 8 科,其中,泛热带分布有 5 科,占评估区种子植物总科数的 10.87%,包括荨麻科(Urticaceae)、紫葳科(Bignoniaceae)、蒺藜科(Zygophyllaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、夹竹桃科(Apocynaceae)。热带亚洲-热带非洲-热带美洲分

布有 2 科,为白刺科(Nitrariaceae)、鸢尾科(Iridaceae)。以南半球为主的泛热带分布有 1 科,为石蒜科(Amaryllidaceae)。

温带分布有 12 科,占区系内总科数的 26.09%,其中北温带分布 4 科,包括松科(Pinaceae)、列当科(Orobanchaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、百合科

(Liliaceae)。北温带和南温带间断分布有 5 科,为柏科(Cupressaceae)、杨柳科(Salicaceae)、罂粟科(Papaveraceae)、亚麻科(Linaceae)、胡颓子科(Elaeagnaceae)。欧亚和南美洲温带间断分布有 2 科,为小檗科(Berberidaceae)、麻黄科(Ephedraceae)。旧世界温带分布有 1 科,为怪柳科(Tamaricaceae)。

表 4 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物科的分布区类型

Table 4 Areal-types of seed plant family in Qinghai area the of Kunlun Mountain National Park

分布区类型 Areal-types	科 Family	
	数量 Quantities	占比 Percentages/%
1 世界分布 Cosmopolitan	26	56.52
2 泛热带分布 Pantropic	5	10.87
2-2 热带亚洲-热带非洲-热带美洲分布 Trop. Asia-trop. Africa-trop. America	2	4.35
2s 以南半球为主的泛热带分布 Pantropic in south hemisphere	1	2.17
8 北温带广布 North temperate	4	8.70
8-4 北温带和南温带间断分布 North temperate zone and south temperate zone intermittent distribution	5	10.87
8-5 欧亚和南美洲温带间断分布 Temperate discontinuous distribution in Eurasia and South America	2	4.35
10 旧世界温带分布 Old world temperate	1	2.17
合计 Total	46	100.00

2.2.3 优势科

评估区种子植物区系中有 8 个优势科(表 5),占评估区种子植物总科数的 17.39%,含有 89 属 260 种,分别占该片区种子植物总属数的 60.96%和

总种数的 67.88%。由此可见,评估区植物区系中科的优势较为明显。这些优势科包括 4 个大科、3 个中等科和 1 个寡种科,其分布区类型均为世界广布。

表 5 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物优势科

Table 5 Dominant families of seed plants in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

科名 Family	属数 Quantities of genus	种数 Quantities of species	分布区类型 Areal-types
禾本科 Poaceae	24	77	世界广布 Cosmopolitan
菊科 Asteraceae	19	53	世界广布 Cosmopolitan
豆科 Fabaceae	8	52	世界广布 Cosmopolitan
苋科 Amaranthaceae	10	24	世界广布 Cosmopolitan
十字花科 Brassicaceae	12	16	世界广布 Cosmopolitan
毛茛科 Ranunculaceae	5	14	世界广布 Cosmopolitan
蔷薇科 Rosaceae	6	14	世界广布 Cosmopolitan
龙胆科 Gentianaceae	5	10	世界广布 Cosmopolitan

2.3 属分析

2.3.1 属组成

按照所含种数的不同,将评估区种子植物 146 属划分为大属(>10 种)、中等属(5~10 种)、小属(2~4 种)和单种属 4 个等级(表 6)。从单种属到大

属,其所含属数呈现递减趋势。单种属有 76 属,包括云杉属(*Picea*)、刺柏属(*Juniperus*)、轴藜属(*Axyris*)、荨麻属(*Urtica*)、酸模属(*Rumex*)、盐爪爪属(*Kalidium*)、合头草属(*Sympegma*)、碱毛茛属(*Halerpestes*)、茶藨子属(*Ribes*)、金腰属(*Chry-*

sosplenium)等,共包含 76 种,占评估区种子植物总属数的 52.05%和总种数的 19.79%。由此可见,在环境条件较为严峻的昆仑山地区单种属占优势地位。小属有 50 属,包括麻黄属(*Ephedra*)、大黄属(*Rheum*)、驼绒藜属(*Krascheninnikovia*)、碱蓬属(*Suaeda*)、盐生草属(*Halogeton*)、繁缕属(*Stellaria*)、翠雀属(*Delphinium*)、红景天属(*Rhodiola*)、金露梅属(*Dasiphora*)、双脊芥属(*Dilophia*)等,共包含 123 种,分别占评估区种子植物总属数的 34.25%和总种数的 32.03%。中等属有 14 属,包括蒴藋属(*Polygonum*)、碱猪毛菜属(*Salsola*)、紫堇属(*Corydalis*)、毛茛属(*Ranunculus*)、虎耳草属(*Saxifraga*)、针茅属(*Stipa*)、委陵菜属(*Potentil-*

la)、羊茅属(*Festuca*)、龙胆属(*Gentiana*)、马先蒿属(*Pedicularis*)、碱茅属(*Puccinellia*)、披碱草属(*Elymus*)、赖草属(*Leymus*)、点地梅属(*Androsace*),共包含 88 种,占评估区种子植物总属数的 9.59%和总种数的 22.92%,其中碱茅属(*Puccinellia*)、披碱草属(*Elymus*)包含种最多,各有 9 种。大属有 6 属,分别是黄芪属(*Astragalus*)、棘豆属(*Oxytropis*)、蒿属(*Artemisia*)、风毛菊属(*Saussurea*)、早熟禾属(*Poa*)、藁草属(*Carex*),包含 97 种,分别占区系内种子植物总属数的 4.11%和总种数的 25.26%;其中黄芪属(*Astragalus*)包含 26 种,为种类最多的属。中等属和大属包含的种接近 50%,在评估区种子植物区系中占有重要地位。

表 6 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物属的组成

Table 6 Genus compositions of seed plants in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

类别 Classifications	属 Genus		种 Species	
	数量 Quantities	占比 Percentages/%	数量 Quantities	占比 Percentages/%
大属(>10 种) Large (above 10 species)	6	4.11	97	25.26
中等属(5~10 种) Medium (5-10 species)	14	9.59	88	22.92
小属(2~4 种) Small (2-4 species)	50	34.25	123	32.03
单种属 Single species	76	52.05	76	19.79
合计 Total	146	100.00	384	100.00

2.3.2 属的地理成分

依据吴征镒在《中国种子植物属的分布区类型》^[28]中描述的属分布区类型的划分方法,将评估区种子植物 146 属划分为 4 大类 10 个分布区类型及 10 个变型(表 7)。

(1)世界分布有 23 属,占总属数的 15.75%,其中,豆科黄芪属所含种数最多,有 26 种,占总种数的 6.79%。

(2)热带分布有 4 属,均为泛热带分布,包括大戟属(*Euphorbia*)、麻黄属(*Ephedra*)、棒头草属(*Polypogon*)、狼尾草属(*Pennisetum*)。

(3)温带分布有 111 属,其中北温带分布最多,有 44 属,占总属数的 30.14%,是评估区中最大的分布区类型。北温带和南温带(全温带)间断分布有 15 属,占总属数的 10.27%。

旧世界温带分布及其变型共 15 属,占总属数的 10.27%。其中,旧世界温带分布这一类型有 13 属,占总属数的 8.90%。地中海区、西亚和东亚间断分布有 1 属,为鸢葱属(*Takhtajiantha*)。欧亚和南非洲(有时

也在大洋洲)间断分布有 1 属,为莴苣属(*Lactuca*)。

地中海区、西亚至中亚分布及其变型共 11 属,占总属数的 7.53%。其中,地中海区、西亚至中亚分布有 10 属,占总属数的 6.85%。地中海区至中亚和南非洲、大洋洲间断分布有 1 属,为驼蹄瓣属(*Zygophyllum*)。

中亚分布及其变型有 11 属,占总属数的 7.53%。其中,中亚分布有 6 属,包括双脊芥属(*Dilophia*)、沟子芥属(*Taphrospermum*)、羊柴属(*Corethro-dendron*)、紫菀木属(*Asterothamnus*)、冠毛草属(*Stephanachne*)、小甘菊属(*Cancrinia*)。中亚东部(亚洲中部中)分布有 1 属,为合头草属(*Sympegma*)。中亚至喜马拉雅-阿尔泰和太平洋北美洲间断分布有 1 属,为藏芥属(*Hedinia*)。中亚至喜马拉雅分布有 3 属,为囊种草属(*Thylacospermum*)、角蒿属(*Incarvillea*)、扇穗茅属(*Littledalea*)。

温带亚洲分布有 8 属,占总属数的 5.48%。北极-高山分布有 2 属,为红景天属(*Rhodiola*)、兔耳草属(*Lagotis*)。东亚和北美洲间断分布有 2 属,为

野决明属(*Thermopsis*)、罗布麻属(*Apocynum*)。欧亚和南美洲温带间断分布有 2 属,为火绒草属(*Leontopodium*)、赖草属(*Leymus*)。

(4)东亚与中国特有分布有 8 属,占总属数的 5.48%。其中,东亚(东喜马拉雅-日本)分布有 1 个属,为黄鹌菜属(*Youngia*);中国-喜马拉雅分布有簇

芥属(*Pycnoplithus*)、微孔草属(*Microula*)、藏玄参属(*Oreosolen*)、垂头菊属(*Cremanthodium*)4 个属;中国特有分布有高山豆属(*Tibetia*)、羽叶点地梅属(*Pomatosa*)、马尿脬属(*Przewalskia*)3 个属。

综上所述,评估区种子植物区系在属的分布区类型上以温带分布为主。

表 7 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物属的分布区类型

Table 7 Areal-types of seed plant genus in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

分布区类型 Areal-types	属 Genus	
	数量 Quantities	占比 Percentages/%
1 世界分布 Cosmopolitan	23	15.75
2 泛热带分布 Pantropic	4	2.74
8 北温带分布 North temperate	44	30.14
8-2 北极-高山分布 Arctic-alpine distribution	3	2.05
8-4 北温带和南温带(全温带)间断分布 North and South temperate zone (full temperate zone) discontinuous distribution	15	10.27
8-5 欧亚和南美洲温带间断分布 Eurasia & South America discontinuous distribution	2	1.37
9 东亚和北美洲间断分布 East Asia & North America discontinuous distribution	2	1.37
10 旧世界温带分布 Old world temperate	13	8.90
10-1 地中海区、西亚和东亚间断分布 Mediterranean region, West Asia & East Asia discontinuous distribution	1	0.68
10-3 欧亚和南非洲(有时也在大洋洲)间断分布 Eurasia & South Africa (sometimes Oceania) discontinuous distribution	1	0.68
11 温带亚洲分布 Temperate Asia	8	5.48
12 地中海区、西亚至中亚 Mediterranean region, West Asia to East Asia	10	6.85
12-1 地中海区至中亚和南非洲、大洋洲间断分布 Mediterranean region to Central Asia and South Africa, Oceania discontinuous distribution	1	0.68
13 中亚分布 Central Asia	6	4.11
13-1 中亚东部(亚洲中部中)分布 Eastern Central Asia	1	0.68
13-2 中亚至喜马拉雅分布 Central Asia to Himalaya	3	2.05
13-4 中亚至喜马拉雅-阿尔泰和太平洋北美洲间断分布 Central Asia to Himalaya-Altai and Pacific North America discontinuous distribution	1	0.68
14 东亚(东喜马拉雅-日本)分布 East Asia (Himalaya to Japan)	1	0.68
14(SH)中国-喜马拉雅分布 China-Himalaya	4	2.74
15 中国特有分布 Endemic to China	3	2.05
合计 Total	146	100.00

2.3.3 优势属

根据优势属的确定方法(属内种的数量 ≥ 3),统计得到昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物区系内的优势属共有 36 属(表 8),共包含 240 种,分别占评估区种子植物总属数的 24.66%和总种数的

62.50%。

其中世界分布类型的属有 9 属,北温带分布类型的属有 19 属,占全部优势属的 1/2 以上。由此可见,评估区种子植物区系中属的优势现象同样较为明显。

表 8 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物的优势属

Table 8 Dominant genera of seed plants in Qinghai area of the Kunlun Mountain National Park

属名 Genus	种数 Quantity of species	分布区类型 Areal-types	属名 Genus	种数 Quantity of species	分布区类型 Areal-types
黄芪属 <i>Astragalus</i>	26	世界分布 Cosmopolitan	龙胆属 <i>Gentiana</i>	5	世界分布 Cosmopolitan
棘豆属 <i>Oxytropis</i>	17	北温带分布 North temperate	点地梅属 <i>Androsace</i>	5	北温带分布 North temperate
蒿属 <i>Artemisia</i>	16	北温带分布 North temperate	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	4	世界分布 Cosmopolitan
风毛菊属 <i>Saussurea</i>	13	北温带分布 North temperate	翠雀属 <i>Delphinium</i>	4	北温带分布 North temperate
藁草属 <i>Carex</i>	13	世界分布 Cosmopolitan	红景天属 <i>Rhodiola</i>	4	北极-高山分布 Arctic-alpine distribution
早熟禾属 <i>Poa</i>	12	世界分布 Cosmopolitan	虫实属 <i>Corispermum</i>	4	北温带分布 North temperate
碱茅属 <i>Puccinellia</i>	9	北温带和南温带(全温带)间断分布 North & south (whole) temperate discontinuous distribution	仲彬草属 <i>Kengyilia</i>	4	旧世界温带 Old world temperate
披碱草属 <i>Elymus</i>	9	北温带分布 North temperate	葱属 <i>Allium</i>	4	北温带分布 North temperate
针茅属 <i>Stipa</i>	8	北温带分布 North temperate	鸢尾属 <i>Iris</i>	4	北温带分布 North temperate
毛茛属 <i>Ranunculus</i>	7	世界分布 Cosmopolitan	麻黄属 <i>Ephedra</i>	3	泛热带分布 Pantropic
委陵菜属 <i>Potentilla</i>	7	北温带分布 North temperate	大黄属 <i>Rheum</i>	3	温带亚洲分布 Temperate Asia
马先蒿属 <i>Pedicularis</i>	6	北温带分布 North temperate	驼绒藜属 <i>Krascheninnikovia</i>	3	北温带分布 North temperate
羊茅属 <i>Festuca</i>	6	北温带分布 North temperate	葶苈属 <i>Draba</i>	3	北温带分布 North temperate
赖草属 <i>Leymus</i>	6	欧亚和南美洲温带间断分布 Eurasia & South America discontinuous distribution	水柏枝属 <i>Myricaria</i>	3	旧世界温带分布 Old world temperate
篇蓄属 <i>Polygonum</i>	5	世界分布 Cosmopolitan	报春花属 <i>Primula</i>	3	北温带分布 North temperate
碱猪毛菜属 <i>Salsola</i>	5	世界分布 Cosmopolitan	千里光属 <i>Senecio</i>	3	世界分布 Cosmopolitan
虎耳草属 <i>Saxifraga</i>	5	北温带分布 North temperate	野青茅属 <i>Deyeuxia</i>	3	北温带分布 North temperate
紫堇属 <i>Corydalis</i>	5	北温带分布 North temperate	白刺属 <i>Nitraria</i>	3	地中海区、西亚至中亚 Mediterranean region, West Asia to East Asia

2.4 珍稀濒危植物

依据国家林业和草原局、农业农村部公告 2021 年第 15 号《国家重点保护野生植物名录》(2021), 评估区内有 4 种国家二级重点保护植物, 包括短柄鹅观草 (*Elymus brevipes*)、唐古红景天 (*Rhodiola tangutica*)、羽叶点地梅 (*Pomatosace filicula*) 和水母雪兔子 (*Saussurea medusa*)。依据 2015 年 5 月 21 日青海省人民政府发布的“关于公布青海省第二批重点保护野生植物名录的通知”(青政[2015]44 号)和 2008 年 12 月 30 日青海省人民政府发布的“关于公布青海省重点保护野生植物名录(第一批)的通告”(青政[2008] 89 号), 评估区内有青海省重点保护植物 8 种, 蕨麻 (*Argentina anserina*)、中麻黄 (*Ephedra intermedia*)、高山龙胆 (*Gentiana algida*)、达乌里秦艽 (*Gentiana dahurica*)、麻花苳 (*Gentiana straminea*)、驼绒藜 (*Krascheninnikovia ceratoides*)、小果白刺 (*Nitraria sibirica*)、黑蕊虎

耳草 (*Saxifraga melanocentra*)。6 种植物列入 2023 年由生态环境部和中国科学院联合更新的《中国生物多样性红色名录——高等植物卷(2020)》, 其中, 德钦红景天 (*Rhodiola atuntsuensis*) 和洮河红景天 (*Rhodiola himalensis* subsp. *taohoensis*) 2 个种为濒危等级, 唐古红景天、水母雪兔子、格尔木黄芪 (*Astragalus golmuensis*) 和五柱红砂 (*Reaumuria kaschgarica*) 4 个种为易危等级。该区域内植物区系特有性不高, 没有仅分布在评估区的特有属和特有种。中国特有分布的属仅有羽叶点地梅属 (*Pomatosace*)、高山豆属 (*Tibetia*) 和马尿脬属 (*Przewalskia*)。青藏高原特有分布的种有羽叶点地梅 (*Pomatosace filicula*)、颈果草 (*Metaeritrichium microuloides*)、马尿脬 (*Przewalskia tangutica*)、羌塘雪兔子 (*Saussurea wellbyi*)、黑毛雪兔子 (*Saussurea inversa*) 和梭罗仲彬草 (*Kengyilia thoroldiana*) 等。

3 讨 论

昆仑山国家公园青海片区评估区共有野生种子植物 46 科 146 属 384 种,分别占青海省种子植物科、属、种总数的 45.54%、25.17%和 13.68%。该区系属种的比例较低,单种科和单种属构成了评估区的主体,可能与该区系独特的高寒、干旱生境存在一定联系。该区系地理成分较为多样,但物种丰富度和生物多样性较低,总体上呈现出过渡特征。该评估区的植物区系研究能为相邻区系以及青藏高原植物区系的研究提供科学依据。评估区内被子植物占种子植物总科数的 93.48%,总属数的 97.95%,总种数的 98.70%,区系内的植物主要是被子植物占主导地位,这与三江源国家公园、祁连山国家公园青海片区等^[31-32]相一致,棘豆属和蒿属作为双子叶植物中的大属,也体现出与青南高原代表的青藏高原高寒植物区系^[38]、祁连山地高原高山类型区系^[32]等相邻区系间的联系。

评估区内种子植物共有 46 科,单种科和寡种科构成科的主体,优势科主要以苋科、豆科、菊科和禾本科等世界性分布大科为主;共有 146 属,单种属和小属分别占本区总属数的 52.05%和 34.93%,构成属的主体,是构成该片区属多样性的主要组成成分,反映评估区植物在属级水平分化程度较高。优势属为黄芪属、棘豆属和蒿属等生活型为草本的大属,这与西昆仑山植物区系优势属分布^[33]相一致,可能与昆仑山高寒干旱气候条件有关。评估区内植物物种多样性低于三江源国家级自然保护区、三江源国家公园^[31],高于阿尔金山国家级自然保护区^[34],但每 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的物种数(64.54)小于三江源国家级自然保护区(147.60)、三江源国家公园(67.58)、阿尔金山国家级自然保护区(73.33),此结果与评估区所属的昆仑山北坡物种多样性低的植物分布格局^[20]一致;评估区内植物种类少于祁连山国家公园青海片区^[32]、三江源国家公园,与青海省野生维管植物青南高原最多、祁连山地其次、柴达木盆地相对贫乏的分布特征^[29]一致,该区系的生物多样性较低可能与其从干旱到半干旱过渡的地理位置有关,表明该植物区系与相邻区系的独特性。

评估区种子植物地理成分较为复杂,在水平梯度上呈现干旱到半干旱以及温带向热带过渡的特征。评估区种子植物科的分布区类型 8 个,属的分布区类型 20 个。种子植物科的地理成分中,世界分布类型 26 科,温带分布类型 12 科、热带分布类型 8 科。评估区内科的分布区类型以世界分布为主,同时也在一定程度上呈现出温带性质,温带分布属以北温带分布为主,符合评估区高原温带干旱气候的特点。相比于科分布区类型,属的分布区类型更能体现出某一植物区系的特征,能够更好地反映该区系在进化过程中的地理特征^[35]。评估区内温带分布的属有 111 属,占总属数的 76.03%,以北温带分布为主,与地中海、中亚至喜马拉雅分布有较密切关系,反映评估区内属分布区类型的强烈温带性质,这与三江源国家公园、祁连山国家公园青海片区、阿尔金山国家级自然保护区属分布特征一致,可能与青藏高原快速隆升以及第四纪的周期性气候波动促进植物的辐射分化和多样化有关^[36-37]。评估区在科级与属级水平上温带成分均高于热带成分,体现出评估区植物成分从温带向热带过渡的特征。评估区未分布中国特有科,中国特有属有 3 属,分别为高山豆属(*Tibetia*)、羽叶点地梅属(*Pomatosace*)和马尿脬属(*Przewalskia*)。其中,羽叶点地梅属分布于青海东部、四川西北部和西藏东北部,同时也是青藏高原特有属^[35],从青藏高原东北部到青海新疆边界演化而来^[26,37-38],该属在评估区的出现和分布,表明评估区植物区系与青藏高原植物区系有着密不可分的关系。此外,马尿脬属作为地中海成分在青藏高原隆起后的残遗特化类群^[1],进一步表明评估区内植物区系与地中海植物区系的联系。评估区内分布的珍稀濒危植物,代表性的半灌木、矮灌木荒漠植被及温带荒漠草原,及代表性的猪毛菜荒漠、垫状驼绒藜荒漠、怪柳荒漠及针茅草原等自然生态系统,也从生物物种代表性、生态系统代表性方面体现昆仑山国家公园青海片区设立的必要性,并从植物多样性层面为昆仑山国家公园青海片区范围和分区合理规划提供数据支撑,为后期昆仑山国家公园青海片区植物物种多样性保护、植物资源利用与管理提供科学依据。

参考文献:

[1] 吴征镒,孙航,周浙昆,等. 中国种子植物区系地理[M]. 北

京: 科学出版社, 2011.

[2] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

- [3] 赵济. 中国自然地理[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [4] ZHANG X X, YE J F, LAFFAN S W, *et al.* Spatial phylogenetics of the Chinese angiosperm flora provides insights into endemism and conservation[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2022, 64(1): 105-117.
- [5] LU L M, MAO L F, YANG T, *et al.* Evolutionary history of the angiosperm flora of China[J]. *Nature*, 2018, 554(7691): 234-238.
- [6] 李锡文. 中国种子植物区系统分析[J]. 云南植物研究, 1996, 18(4): 363-384.
LI X W. Floristic statistics and analyses of seed plants from China[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1996, 18(4): 363-384.
- [7] LI R, QIAN L S, SUN H. Current progress and future prospects in phylofloristics[J]. *Plant Diversity*, 2018, 40(4): 141-146.
- [8] 谷文乾, 杨欣欣, 张淑钧, 等. 青藏高原东南部察隅河流域种子植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2022, 42(10): 1749-1759.
GU W Q, YANG X X, ZHANG S J, *et al.* Study on the flora of seed plants in zayu river basin, southeast Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(10): 1749-1759.
- [9] 陈春发, 张朝晖, 涂昆, 等. 江西九岭山国家自然保护区苔藓植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2022, 42(7): 1239-1247.
CHEN C F, ZHANG C H, TU K, *et al.* Study on the flora of bryophyte in Jiulingshan national nature reserve, Jiangxi Province, China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(7): 1239-1247.
- [10] 向晓媚, 刘冰, 谭璐, 等. 湖南省德夯风景名胜区种子植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2022, 42(6): 1051-1063.
XIANG X M, LIU B, TAN L, *et al.* Study on the flora of seed plants in dehang scenic spot, Hunan Province[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(6): 1051-1063.
- [11] 赵杏花, 孙长乐, 郭璐, 等. 锡林郭勒草原国家级自然保护区种子植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2022, 42(1): 173-180.
ZHAO X H, SUN C L, GUO L, *et al.* Analysis on seed plants flora of Xilin gol grassland national nature reserve[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(1): 173-180.
- [12] 曹晓栋, 杨波, 黄梅, 等. 贵州省宽阔水国家级自然保护区草本植物区系及物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2021, 41(9): 1559-1569.
CAO X D, YANG B, HUANG M, *et al.* Flora and species diversity of herbaceous plants in Kuankuoshui national nature reserve of Guizhou[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2021, 41(9): 1559-1569.
- [13] ZHANG B P, CHEN X D, LI B L, *et al.* Biodiversity and conservation in the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(2): 135-143.
- [14] MI X C, FENG G, HU Y B, *et al.* The global significance of biodiversity science in China: An overview[J]. *National Science Review*, 2021, 8(7): nwab032.
- [15] FAVRE A, PÄCKERT M, PAULS S U, *et al.* The role of the uplift of the Qinghai-Tibetan Plateau for the evolution of Tibetan biotas[J]. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 2015, 90(1): 236-253.
- [16] 刘杰, 罗亚皇, 李德铎, 等. 青藏高原及毗邻区植物多样性演化与维持机制: 进展及展望[J]. 生物多样性, 2017, 25(2): 163-174.
LIU J, LUO Y H, LI D Z, *et al.* Evolution and maintenance mechanisms of plant diversity in the Qinghai-Tibet Plateau and adjacent regions: Retrospect and prospect[J]. *Biodiversity Science*, 2017, 25(2): 163-174.
- [17] 张德铨, 李炳元, 郑度. 论青藏高原范围与面积[J]. 地理研究, 2002, 21(1): 1-8.
ZHANG Y L, LI B Y, ZHENG D. A discussion on the boundary and area of the Tibetan Plateau in China[J]. *Geographical Research*, 2002, 21(1): 1-8.
- [18] 孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998.
- [19] YE J F, LIU Y, CHEN Z D. Dramatic impact of metric choice on biogeographical regionalization[J]. *Plant Diversity*, 2020, 42(2): 67-73.
- [20] DU W B, JIA P, DU G Z. Current patterns of plant diversity and phylogenetic structure on the Kunlun Mountains[J]. *Plant Diversity*, 2022, 44(1): 30-38.
- [21] 吴玉虎. 昆仑植物志: 1-4卷[M]. 重庆: 重庆出版社, 2012-2015.
- [22] 郑度. 喀喇昆仑山-昆仑山地区自然地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [23] 王襄平, 王志恒, 方精云. 中国的主要山脉和山峰[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 206-212.
WANG X P, WANG Z H, FANG J Y. Mountain ranges and peaks in China[J]. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 206-212.
- [24] 丁一汇. 中国气候[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [25] 刘尚武. 青海植物志: 1-4卷[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1996-1999.
- [26] 孙海群, 孙康迪, 马世鹏. 青海省野生种子植物区系分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(19): 144-150.
SUN H Q, SUN K D, MA S P. Flora analysis of wild seed plants in Qinghai Province[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2016(19): 144-150.
- [27] 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.
- [28] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, 13(增刊 4): 1-139.
- WU Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, 13(Suppl. 4): 1-139.
- [29] 韩赟, 迟晓峰, 余静雅, 等. 青海野生维管植物名录[J]. 生物多样性, 2023, 31(9): 63-69.
- HAN Y, CHI X F, YU J Y, *et al.* A checklist of wild vascular plants in Qinghai, China[J]. *Biodiversity Science*, 2023, 31(9): 63-69.
- [30] 吴征镒. 《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 535-538.
- WU Z Y. Revision of the distribution type system of the world seed plants family [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(5): 535-538.
- [31] 张静, 才文代吉, 谢永萍, 等. 三江源国家公园种子植物区系特征分析[J]. 西北植物学报, 2019, 39(5): 935-947.
- ZHANG J, CAI-WEN D J, XIE Y P, *et al.* Characteristics on the flora of seed plants in Sanjiangyuan National Park[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2019, 39(5): 935-947.
- [32] 金万洲, 卜静, 罗惠文, 等. 祁连山国家公园青海片区种子植物区系特征[J]. 浙江农林大学学报, 2022, 39(2): 289-296.
- JIN W Z, BU J, LUO H W, *et al.* Floristic characteristics of seed plants in Qinghai area of Qilian Mountain National Park [J]. *Journal of Zhejiang A & F University*, 2022, 39(2): 289-296.
- [33] 张丽君. 新疆西昆仑山植物区系与物种多样性研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2018.
- [34] 海鹰, 曾雅娟. 新疆阿尔金山国家级自然保护区种子植物区系研究[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2010, 29(2): 1-6.
- HAI Y, ZENG Y J. A study on the seed plant flora in the al-tun mountain national nature reserve[J]. *Journal of Xinjiang Normal University (Natural Sciences Edition)*, 2010, 29(2): 1-6.
- [35] QIU Y X, FU C X, COMES H P. Plant molecular phylogeography in China and adjacent regions: Tracing the genetic imprints of Quaternary climate and environmental change in the world's most diverse temperate flora[J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2011, 59(1): 225-244.
- [36] WEN J, ZHANG J Q, NIE Z L, *et al.* Evolutionary diversifications of plants on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Frontiers in Genetics*, 2014, 5: 4.
- [37] 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等. 中国植物区系中的特有性及其起源和分化[J]. 云南植物研究, 2005, 27(6): 577-601.
- WU Z Y, SUN H, ZHOU Z K, *et al.* Origin and differentiation of endemism in the flora of China[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2005, 27(6): 577-601.
- [38] 吴玉虎, 史惠兰. 柴达木盆地及其毗邻山地植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2018, 38(8): 1542-1552.
- WU Y H, SHI H L. The seed plant flora of the Qaidam Basin and its contiguous mountainous region in Qinghai Province [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2018, 38(8): 1542-1552.