

青海湖流域种子植物区系研究

刘 师,田培林,余梦迪,李登武*

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘 要:为进一步保护青海湖流域野生植物资源和青海湖国家公园建设提供数据支撑,于2019年8月、2020年7—8月、2021年6月通过样线法和样方法相结合的方法对青海湖流域种子植物进行了调查,并采用植物区系地理的方法,对该流域种子植物区系特征进行较系统的研究。结果表明,1)本区种子植物共有754种,隶属于70科、265属,科的组成主要以大科(≥ 100 种)和较大科(30~99种)为主,属的组成主要以单种属和小属(2~4种)为主。2)优势类群明显,青海湖流域种子植物区系的优势科有9科,这些科均为世界分布,优势属21个,以北温带分布、世界分布为主。3)种子植物区系地理成分较复杂,联系较广泛,科、属、种的分布区类型均以温带分布为主,温带性质显著。4)中国特有属贫乏,中国特有种较丰富。5)青海湖流域与其他6个地区R(热带成分)/T(温带成分)值分析结果基本上反映了各自所处生态地理位置的差异性,其中青海湖流域种子植物区系与湟水流域、大通河流域、隆务河流域类似,与孟达国家级自然保护区、柴达木盆地、三江源国家公园相差较大。

关键词:植物区系;青海湖流域;地理成分;种子植物

中图分类号:Q949

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2023)02-0132-08

Flora of Seed Plants in the Qinghai Lake Basin, China

LIU Shi, TIAN Pei-lin, YU Meng-di, LI Deng-wu*

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: In order to further protect the wild plant resources in the Qinghai Lake Basin and provide data support for the construction of the Qinghai Lake National Park, in August 2019, July to August 2020, and June 2021, the seed plants in the basin were investigated by using the method of combining typical sampling plots and typical sampling transect lines. The floristic characteristics of seed plants in the basin were systematically studied by using the method of floristic geography. The results showed 1) there were 754 species of seed plants in this area, belonging to 70 families and 265 genera. The composition of families was mainly large families (≥ 100 species) and medium-size families (30—99 species), and the composition of genera was mainly single species and few-species genera (2—4 species). 2) The dominant groups were obvious. There were 9 dominant families, all of which were wide spread, and there were 21 dominant genera, the Areal-types was mainly north temperate and wide spread. 3) The floristic geographical composition of seed plants was complex and widely related. The Areal-types of families, genera and species were mainly temperate components. The temperate nature was remarkable. 4) Endemic genera to China were poor and endemic species to China were abundant. 5) The R/T value analysis results of the Qinghai Lake Basin and other 6 regions basically reflected the difference of their ecological geographical positions. The flora of the basin was similar to the Huangshui River Valley, Datong River Valle and Longwu River Valley, and was

收稿日期:2022-03-03 修回日期:2022-03-13

基金项目:国家林业和草原局西北调查规划设计院委托项目(2020101902)。

第一作者:刘 师。研究方向:生物多样性保护与利用。E-mail:1517634911@qq.com

*通信作者:李登武,博士,教授,博士生导师。研究方向:野生动植物保护与利用、生物多样性。E-mail:dengwuli@163.com

quite different from Mengda National Nature Reserve, Tsaidam Basin and Sanjiangyuan National Park.

Key words: flora; Qinghai Lake Basin; geographical composition; seed plant

植物区系是指在一定自然地理条件下,某一地区某一分类群所有植物种类的总称。研究某地区的植物区系可为该地区野生动植物资源保护、开发以及利用提供相关数据资料^[1]。青海湖流域是一个以青海湖为汇水中心的典型湖盆地貌特征的高寒生态系统^[2],作为我国最大的内陆高原湖泊,青海湖在维持青藏高原东北部生态安全和防止西部荒漠化东扩过程中发挥了很大的作用。青海湖流域由于其特殊的地理位置和湖泊效应,生物多样性较为丰富,在中国植物区系分区上属东亚植物区的青藏高原亚区,唐古特地区的祁连山亚地区^[3]。但该流域属于典型生态环境脆弱区,且随着气候环境变化以及人类活动干扰等,使本就脆弱的生态环境更加恶化,局部地区植被出现了退化等现象^[4]。流域的西北部是荒漠分布区,植被退化较为严重且恢复困难,同时过度开发和放牧也加剧了青海湖流域的植被破坏。因此,对于青海湖流域植物多样性的研究与保护刻不容缓。目前,关于青海湖流域植被方面的科学研究主要集中在环境变化对植被物候驱动的影响、海拔对植物功能性状的影响、植被物候对植被生产力的影响^[5-8]、植被碳利用效率时空动态研究^[9]、群落结构与物种多样性研究^[10]等方面,而对流域种子植物区系的系统研究尚未见报道。因此,本研究依托于青海湖国家公园的建设,于2019—2021年多次开展了青海湖流域植物、植被资源调查,摸清了该地区植物资源现状,对该地区种子植物物种组成及区系特征进行了较深入研究,旨在为青海湖国家公园的建设以及该流域野生动植物资源保护、开发与利用等提供本底及相关数据资料。

1 研究区概况

青海湖流域是一个四面环山的湖盆地,位于青藏高原东北部,36°15′—38°20′N,97°50′—101°20′E,流域面积达29 661 km²,海拔3 194~5 291 m。该流域属于高原大陆性气候,但由于湖泊效应等,流域内出现东部、南部气温高,西部、北部气温低的现象,年均温度在-5~8.5℃。年平均降水量50~550 mm,集中在6—8月,雨热同季^[11]。全年太阳辐射强烈、光照充足,适宜牧草生长发育。流域内冰雹、春旱、风沙、雪灾等气候灾害比较频繁。流域内大小河流80余条,西北部河流较多,径流量大,以布哈河为主,北部以沙柳河为主,东南部河流稀疏,多为季节性河流。流域整体地形差异大,土壤和植被

类型丰富,分布呈一定规律,不同植被类型优势物种差异较大^[12]。

2 研究方法

2.1 调查方法

于2019年8月、2020年7—8月、2021年6月通过样线法和样方法相结合的方法对青海湖流域种子植物进行调查。典型群落采用样方调查,乔木样方设置20 m×20 m、灌木样方5 m×5 m、草本样方1 m×1 m,共调查42个样方。设置样线长度1~2 km,共20条。记录和拍摄样线及样方内出现的植物。现场鉴定植物,对无法准确鉴定的植物采集标本并结合所拍照片带回实验室鉴定。标本鉴定和物种数据统计参照《青海植物志》^[13-16]、《中国植物志》和《Flora of China》《青藏高原维管植物及其生态地理分布》^[17],并参考相关文献资料^[18-20],在此基础上,建立青海湖流域种子植物基本数据库。

2.2 区系组成分析

根据建立的青海湖流域种子植物名录,对种子植物科、属、种进行统计分析,科、属的大小划分参照相关文献^[1,21-22],优势科、属的确定参照李登武^[1]的方法。

2.3 区系地理成分分析

依据吴征镒^[23-24]等方法对青海湖流域种子植物区系科、属、种的地理成分进行划分,种的分布区类型划分主要依据现代地理分布并参考相关文献^[23-24]。

2.4 与不同地区植物区系比较

选取柴达木盆地^[25]、湟水流域^[26]、大通河流域^[27]、三江源国家公园^[28]、孟达国家级自然保护区^[29]、隆务河流域^[30]6个地区与青海湖流域种子植物区系进行比较,统计各地区种子植物属的分布区类型组成,计算R/T值(热带成分/温带成分),并比较说明各植物区系之间的关系。

3 结果与分析

3.1 物种组成

据实地调查和文献记录(表1),青海湖流域种子植物共有754种,隶属于70科、265属(含种下等级,不包括栽培种),科、属、种分别占青海省种子植物^[31](94科557属2497种)的74.47%、47.58%、30.20%,其中裸子植物有3科3属10种,科、属、种分别占青海湖流域种子植物的4.29%、1.13%、1.33%;被子植

物有 67 科 262 属 744 种,科、属、种分别占青海湖流域种子植物的 95.71%、98.87%、98.67%。

3.2 科、属组成统计

3.2.1 科的组成 青海湖流域种子植物区系中大科(≥ 100 种)仅有菊科(Asteraceae, 27 属/107 种)和禾本科(Poaceae, 36 属/113 种)2 科(表 2),这 2 科共含 63 属 219 种,科数仅占总科数的 2.86%,但其所含的属、种具有明显优势,分别占本区总属数的 23.77%、总种数的 29.18%;较大科(30~99 种)有 6 科,含 55 属 217 种,科、属、种分别占本区总科数的 8.57%、总属数的 20.75%、总种数的 28.78%,这 6 科为豆科(Fabaceae, 13 属/55 种)、莎草科

(Cyperaceae, 7 属/37 种)、蔷薇科(Rosaceae, 9 属/32 种)、龙胆科(Gentianaceae, 7 属/32 种)、毛茛科(Ranunculaceae, 12 属/31 种)和玄参科(Scrophulariaceae, 7 属/30 种)。含 29 种以下的中等科(10~29 种)和小科(2~9 种)共有 41 科,含 126 属 296 种,科、属、种分别占青海湖流域种子植物总科数的 58.57%、总属数的 47.55%和总种数的 39.26%;含 1 种的科(单种科)有 21 科,含 21 属 21 种,科、属、种分别占本区种子植物总科数的 30.00%、总属数的 7.92%和总种数的 2.79%。以上结果表明,青海湖流域种子植物区系中,大科、较大科在本区植物区系中占有重要地位。

表 1 青海湖流域种子植物科、属、种组成

Table 1 Family, genus and species composition of seed plants in Qinghai Lake Basin

植物类别		科		属		种	
		数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
裸子植物		3	4.29	3	1.13	10	1.33
被子植物	双子叶植物	54	77.14	201	75.85	546	72.41
	单子叶植物	13	18.57	61	23.02	198	26.26
合计		70	100.00	265	100.00	754	100.00

表 2 青海湖流域种子植物科组成

Table 2 Composition of seed plant families in Qinghai Lake Basin

类别及比例	1 种科 1 种	小科 2~9 种	中等科 10~29 种	较大科 30~99 种	大科 ≥ 100 种	合计
科数	21	30	11	6	2	70
占比(%)	30.00	42.86	15.71	8.57	2.86	100.00
属数	21	54	72	55	63	265
占比(%)	7.92	20.38	27.17	20.75	23.77	100.00
种数	21	117	179	217	220	754
占比(%)	2.79	15.52	23.74	28.78	29.18	100.00

3.2.2 属的组成 由表 3 可知,青海湖流域种子植物区系中,较大属(15~29 种)有 8 属,含 153 种,分别占青海湖流域种子植物总属数的 3.02%、总种数的 20.29%。即有蒿属(*Artemisia*, 27 种)、风毛菊属(*Saussurea*, 21 种)、委陵菜属(*Potentilla*, 20 种)、马先蒿属(*Pedicularis*, 20 种)、棘豆属(*Oxytropis*, 18 种)、黄耆属(*Astragalus*, 17 种)、早熟禾属(*Poa*, 15 种)和薹草属(*Carex*, 15 种);中等属(5~14 种)有 27 属,含 211 种,分别占本区种子植物总属数的 10.19%和总种数的 27.98%,如龙胆属(*Gentiana*)、针茅属(*Stipa*)、火绒草属(*Leontopodium*)等;小属(2~4 种)有 102 属,含 262 种,分别占本区种子植物总属数的 38.49%和总种数的 34.75%,如荨麻属(*Urtica*)、沿沟草属(*Catabrosa*)、掌裂兰属(*Dactylorhiza*)等;含 1 种的属(单种属)有 128 属,含 128 种,分别占本区种子植物总属数的 48.30%、总种数的 16.98%。由此表明,青海湖流域种子植物区系中,较大属、中等属在本区植物

区系中占有重要地位。

表 3 青海湖流域种子植物属组成

Table 3 Composition of seed plant genera in Qinghai Lake Basin

类别及比例	1 种属 1 种	小属 2~4 种	中等属	较大属 15~29 种	合计
属数	128	102	27	8	265
占比(%)	48.30	38.49	10.19	3.02	100.00
种数	128	262	211	153	754
占比(%)	16.98	34.75	27.98	20.29	100.00

3.3 优势科、优势属

3.3.1 优势科 依据李登武^[1]等对某一区域种子植物优势科的确定方法,青海湖流域种子植物区系的优势科有禾本科、菊科、豆科、莎草科、蔷薇科、龙胆科、毛茛科、玄参科和藜科(Chenopodiaceae)等 9 科(表 4),含 133 属、465 种,分别占青海湖流域种子植物总属数的 50.19%、总种数的 61.67%,这些科的分布区类型均为世界分布。

3.3.2 优势属 依据李登武等^[1]对某一区域种子植物优势属的确定方法,青海湖流域种子植物区系

的优势属有 21 属(表 5),含 281 种,属、种分别占青海湖流域种子植物总属数 7.92%、总种数的 37.27%。在这些优势属中,世界分布有蒿属、黄耆属、早熟禾属、藁草属、龙胆属、披碱草属(*Elymus*)、荩茅属(*Eleocharis*)和灯心草属(*Juncus*)等 8 属;北温带分布及其变型有马先蒿属、嵩草属(*Kobresia*)、紫堇属(*Corydalis*)、鸢尾属(*Iris*)、委陵菜属、针茅属、羊茅属(*Festuca*)、柳属(*Salix*)、柴胡属(*Bupleurum*)和紫菀属(*Aster*)等 10 属;欧亚温带分布有风毛菊属和棘豆属等 2 属;中国-喜马拉雅(14SH)分布仅有微孔草属(*Microula*)1 属。

表 4 青海湖流域区种子植物区系优势科

Table 4 Dominant families of seed plant flora in Qinghai Lake Basin							
科名	属数	种数	分布区类型	科名	属数	种数	分布区类型
禾本科 Poaceae	36	113	世界分布	龙胆科 Gentianaceae	7	32	世界分布
菊科 Asteraceae	27	106	世界分布	毛茛科 Ranunculaceae	12	31	世界分布
豆科 Fabaceae	13	55	世界分布	玄参科 Scrophulariaceae	7	30	世界分布
莎草科 Cyperaceae	7	37	世界分布	藜科 Chenopodiaceae	15	29	世界分布
蔷薇科 Rosaceae	9	32	世界分布	合计	133	465	

表 5 青海湖流域种子植物区系优势属

Table 5 Dominant genera of seed plant flora in Qinghai Lake Basin					
属名	种数	分布区类型	属名	种数	分布区类型
蒿属 <i>Artemisia</i>	27	世界分布	柳属 <i>Salix</i>	11	泛温带分布
风毛菊属 <i>Saussurea</i>	21	欧亚温带分布	鸢尾属 <i>Iris</i>	10	北温带分布
委陵菜属 <i>Potentilla</i>	20	泛温带分布	柴胡属 <i>Bupleurum</i>	9	泛温带分布
马先蒿属 <i>Pedicularis</i>	20	北温带分布	披碱草属 <i>Elymus</i>	9	世界分布
棘豆属 <i>Oxytropis</i>	18	欧亚温带分布	嵩草属 <i>Kobresia</i>	9	北温带分布
黄耆属 <i>Astragalus</i>	17	世界分布	紫堇属 <i>Corydalis</i>	8	北温带分布
早熟禾属 <i>Poa</i>	15	世界分布	微孔草属 <i>Microula</i>	8	中国-喜马拉雅分布
藁草属 <i>Carex</i>	15	世界分布	紫菀属 <i>Aster</i>	8	泛温带分布
龙胆属 <i>Gentiana</i>	14	世界分布	荩茅属 <i>Eleocharis</i>	8	世界分布
针茅属 <i>Stipa</i>	14	泛温带分布	灯心草属 <i>Juncus</i>	8	世界分布
羊茅属 <i>Festuca</i>	12	泛温带分布	合计	281	

3.4 区系地理成分分析

3.4.1 科的地理成分 由表 6 可知,青海湖流域种子植物 70 科可划分为 7 个分布区类型和 7 个变型。世界分布在本区有 38 科,主要有菊科、豆科等,多数科为本区种子植物区系的优势科。温带分布有 24 科,占本区种子植物总科数的 75.00%(不包含世界分布,下同),如杉叶藻科(Hippuridaceae)、杨柳科

(Salicaceae)和罂粟科(Papaveraceae)等,其中北温带分布及其变型最多,有 19 科,占本区总科数的 59.38%。热带分布 8 科,占本区总科数的 25.00%;其中泛热带分布及其变型有 7 科,如檀香科(Santalaceae)、蒺藜科(Zygophyllaceae)等,占本区总科数的 21.88%。科的地理成分分析表明,青海湖流域种子植物区系具有明显的温带性质。

表 6 青海湖流域种子植物科分布区类型

Table 6 The areal-types of seed plant families in Qinghai Lake Basin					
分布区类型	科数	占比(%)	分布区类型	科数	占比(%)
1 世界分布	38	—	10 欧亚温带分布	2	6.25
2 泛热带分布	7	21.88	12 地中海区、西亚至中亚分布	2	6.25
2-2 热带亚洲、非洲和中至南美洲间断	(1)	(3.13)	12-1 地中海至中亚和南部非洲、大洋洲间断	(1)	(3.13)
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	1	3.13	12-2 地中海至中亚和墨西哥至美国南部间断	(1)	(3.13)
8 北温带分布	19	59.38	13 中亚分布	1	3.13
8-1 环极(环北极)	(1)	(3.13)	13-2 中亚至喜马拉雅和华南西	(1)	(3.13)
8-4 北温带和南温带间断	(8)	(25.00)	合计	70	100.00
8-5 欧亚和温带南美洲间断	(2)	(6.25)			

3.4.2 属的地理成分 由表 7 可知,青海湖流域种子植物 265 属可划分为 13 个分布区类型和 16 个变型。

世界分布本区有 43 属,主要有芥属(*Capsella*)、苍耳属(*Xanthium*)、羊茅属、早熟禾属、刺藜属

(*Dysphania*)、藜属(*Chenopodium*)、水苏属(*Stachys*)等。

热带分布有 15 属,占本区总属数(不包括世界分布,下同)的 6.76%,其中泛热带分布最多,有 11 属,占总属数的 4.95%,其余热带分布型仅有 1~2 属。

温带分布本区有 207 属,占总属数的 93.24%,具有绝对优势地位。其中北温带分布及其变型最多,有 109 属,如蓟属(*Cirsium*)、香青属(*Anaphalis*)、棘豆属等;东亚-北美间断分布有芹叶芥属(*Smelowskia*)、地蔷薇属(*Chamaerhodos*)和野决明属(*Thermopsis*)3 属,占本区总属数的 1.35%;欧亚温带分布及其变型有 37 属,占本区总属数的 16.67%,如橐吾属(*Ligularia*)、蓝刺头属(*Echinops*)等;温带亚洲分布有 11 属,占本区总属数的

4.95%,如锦鸡儿属(*Caragana*)、狼毒属(*Stellera*)等;中亚、西亚至地中海分布及其变型有 14 属,如红砂属(*Reaumuria*)、锁阳属(*Cynomorium*)、糙草属(*Asperugo*)等,占本区总属数的 6.31%;中亚分布有 16 属,占本区总属数的 7.21%,如鸡娃草属(*Plumbagella*)、扇穗茅属(*Littledalea*)、紫菀木属(*Asterothamnus*)等;东亚分布及其变型有 10 属,占总属数的 4.50%,如山茛菪属(*Anisodus*)、高山豆属(*Tibetia*)、微孔草属等;中国特有分布有 7 属,占总属数的 3.15%。

属的地理成分分析表明,青海湖流域种子植物区系成分以北温带成分、欧亚温带成分等为主,同时表明本区种子植物区系具有明显的温带性质,且区系联系较广泛。

表 7 青海湖流域种子植物属分布区类型

Table 7 The areal-types of seed plant genera in Qinghai Lake Basin

分布区类型		属数	占比(%)
世界分布(43)	1 世界分布	43	—
热带分布(1~7)(15,6.76%)	2 泛热带分布	11	4.95
	4 旧世界热带分布	2	0.90
	4-1 热带亚洲、非洲(或东非、马达加斯加)和大洋洲间断	(1)	(0.45)
	6 热带亚洲至热带非洲分布	1	0.45
	6-2 热带亚洲和东非或马达加斯加间断	(1)	(0.45)
	7 热带亚洲分布	1	0.45
温带分布(8~15)(207,93.24%)	8 北温带分布	109	49.10
	8-2 北极-高山	(1)	(0.45)
	8-2 北极-高山	(5)	(2.25)
	8-4 北温带和南温带间断	(50)	(45.87)
	8-5 欧亚和温带南美洲间断	(11)	(4.95)
	9 东亚-北美间断分布	3	1.35
	10 欧亚温带分布	37	16.67
	10-1 地中海、西亚(或中亚)和东亚间断	(3)	(1.35)
	10-2 地中海和喜马拉雅间断	(3)	(1.35)
	10-3 欧亚和南部非洲(有时还有大洋洲)间断	(6)	(2.70)
	11 温带亚洲分布	11	4.95
	12 中亚、西亚至地中海分布	14	6.31
	12-1 地中海至中亚和南部非洲、大洋洲间断	(1)	(0.45)
	12-2 地中海至中亚和墨西哥至美国南部	(1)	(0.45)
	12-3 地中海至温带-热带亚洲、大洋洲和南美洲间断	(2)	(0.90)
	13 中亚分布	16	7.21
	13-1 中亚东部(或中部亚洲)	(3)	(1.35)
	13-2 中亚至喜马拉雅和华南西	(8)	(3.60)
	13-3 西亚至喜马拉雅和西藏	(1)	(0.45)
	14 东亚分布	10	4.50
	14SH 中国-喜马拉雅	(9)	(4.05)
	15 中国特有分布	7	3.15
R/T=0.072	合计	265	100.00

3.4.3 种的地理成分 由表 8 可知,青海湖流域种子植物 754 种可划分为 11 个分布区类型。

青海湖流域种子植物区系中,种的分布区类型

世界分布有 27 种,主要以水生植物、中生植物(广布)为主;热带分布有 4 种,其中泛热带分布有泽漆(*Euphorbia helioscopia*)、稗(*Echinochloa crusgal-*

li)、无芒稗(*E. crusgalli* var. *mitis*), 占总种数的 0.41%(不包括世界分布,下同);热带亚洲分布仅锋芒草(*Tragus mongolorum*)1 种。

温带分布有 723 种, 占本区总种数的 99.45%, 占有主要优势地位。其中中国特有分布最多, 有 266 种。东亚分布有 132 种, 占本区总种数的 18.16%, 如多刺绿绒蒿(*Meconopsis horridula*)、弱小火绒草(*Leontopodium pusillum*)、多色苦蕒(*Ixeris chinensis* subsp. *versicolor* 等。温带亚洲分布有 121 种, 占总种数的 16.64%, 如多茎委陵菜(*Potentilla multicaulis*)、斜茎黄耆(*Astragalus laxmannii*)、达乌里秦艽(*Gentiana dahurica*)等; 中亚分布有 88 种, 如黑边假龙胆(*Gentianella azurea*)、天山鸢尾(*Iris loczyi*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)等, 占本区总种数的 12.11%。北温带分布有 53 种, 占本区总种数的 7.29%, 如金露梅(*Potentilla fruticosa*)、杉叶藻(*Hippuris vul-*

garis)、丝叶眼子菜(*Stuckenia filiformis*)、灯心草(*Juncus effusus*)等, 多为群落建群种和优势种。欧亚温带分布有 48 种, 占本区总种数的 6.60%, 如天仙子(*Hyoscyamus niger*)、丝毛飞廉(*Carduus crispus*)、野燕麦(*Avena fatua*)等; 中亚、西亚至地中海分布有 12 种, 如甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、伏毛山莓草(*Sibbaldia adpressa*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)等, 其中芨芨草为青海湖流域草原的主要建群种之一, 分布广; 东亚-北美间断分布有虬果芥(*Neotorularia humilis*)、急弯棘豆(*Oxytropis deflexa*)、小穗发草(*Deschampsia cespitosa* subsp. *orientalis*)3 种, 占本区总种数的 0.41%。

青海湖流域种子植物区系种的地理成分分析表明, 本区种子植物区系以中国特有成分、东亚成分、温带亚洲成分、中亚成分等为主, 同时表明本区种子植物区系的温带性质极显著。

表 8 青海湖流域种子植物种分布区类型
Table 8 The species areal-types of seed plant in Qinghai Lake Basin

	分布区类型	种数	占比(%)
世界分布(27)	1 世界分布	27	—
热带分布(2~3)(4, 0.55%)	2 泛热带分布	3	0.41
	3 热带亚洲分布	1	0.14
温带分布(8~15)(723, 99.45%)	8 北温带分布	53	7.29
	9 东亚-北美间断分布	3	0.41
	10 欧亚温带分布	48	6.60
	11 温带亚洲分布	121	16.64
	12 中亚、西亚至地中海分布	12	1.65
	13 中亚分布	88	12.11
	14 东亚分布	132	18.16
	15 中国特有分布	266	36.59
合计		754	100.00

3.5 区系特有现象

由表 6—表 8 可知, 青海湖流域种子植物区系中无中国特有科, 中国特有属贫乏, 仅有 7 属, 单型属有黄缨菊属(*Xanthopappus*)、孔唇兰属(*Porolabium*)、羽叶点地梅属(*Pomatosace*)、三蕊草属(*Sinochasea*)和马尿泡属(*Przewalskia*), 寡型属和多型属各有 1 属, 前者为羌活属(*Notopterygium*), 后者为以礼草属(*Kengyilia*)。中国特有种有 266 种, 占总种数的 36.59%, 中国特有种中, 青海特有种有青海雪灵芝(*Arenaria qinghaiensis*)、开张龙胆(*Gentiana aperta*)、南山龙胆(*G. grumii*)等 16 种, 青海湖流域特有种有短刚毛荸荠(*Eleocharis abnorma*)、耳海荸荠(*E. erhaiensis*)、本兆荸荠(*E. penchaoi*)和青海荸荠(*E. qinghaiensis*)4 种, 全部为水生植物。

3.6 与其他地区植物区系比较

R/T 值是指区系中热带成分属(1~7)与温带成分属(8~15)的比值, R/T 值越大, 热带性质越强烈, 反之, 温带性质越强烈。由表 9 可知, 除孟达国家级自然保护区 R/T 值为 0.102, 其他 6 个地区 R/T 值均<0.1, 说明这 7 个地区种子植物区系均具有明显的温带性质, 这与青藏高原的地理位置和气候条件密切相关。青海湖流域 R/T 值为 0.072, 高于大通河流域(0.061)、隆务河流域(0.067), 明显高于柴达木盆地(0.044)和三江源国家公园(0.020), 低于湟水流域(0.078)和孟达国家级自然保护区(0.102)。

大通河流域种子植物属分布区类型中温带成分占总属数的 94.25%, 热带成分占总属数 5.75%; 湟水流域温带成分占 92.80%, 热带成分占 7.20%; 隆

务河流域温带成分占 93.73%,热带成分占 6.27%,这 3 个地区与青海湖流域种子植物区系较类似,原因可能是这 4 个地区距离较近,气候相差不大。柴达木盆地温带成分占 95.77%,热带成分占 4.23%;三江源国家公园温带成分占 98.00%,热带成分占

2.00%,这 2 个地区温带成分明显高于青海湖流域,原因可能是地理位置和气候差异大。孟达国家级自然保护区温带成分占 90.75%,热带成分占 9.25%,温带成分明显小于青海湖流域,这是由孟达国家级自然保护区特殊的地理位置所决定的。

表 9 青海湖流域与其他 6 个地区植物区系分布区类型及 R/T 值比较

Table 9 Comparison of the floristic areal-types of seed plants and R/T values of the Qinghai Lake Basin and other 6 regions

分布区类型	青海湖流域		柴达木盆地		湟水流域		大通河流域		三江源国家公园		孟达国家级自然保护区		隆务河流域	
	属数	占比(%)	属数	占比(%)	属数	占比(%)	属数	占比(%)	属数	占比(%)	属数	占比(%)	属数	占比(%)
1 世界分布	43	—	38	—	53	—	55	—	32	—	44	—	42	—
2 泛热带分布	11	4.95	4	2.12	19	5.48	14	4.47	3	1.50	21	7.47	14	4.88
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0.36	—	—
4 旧世界热带分布	2	0.90	1	0.53	4	1.15	3	0.96	1	0.50	2	0.71	2	0.70
5 热带亚洲至热带大洋洲分布	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0.36	—	—
6 热带亚洲至热带非洲分布	1	0.45	2	1.06	1	0.29	—	—	—	—	—	—	1	0.35
7 热带亚洲分布	1	0.45	1	0.53	1	0.289	1	0.32	—	—	1	0.36	1	0.35
热带分布小计	15	6.76	8	4.23	25	7.20	18	5.75	4	2.00	26	9.25	18	6.27
8 北温带分布	109	49.10	87	46.03	168	48.41	162	51.76	101	50.50	130	46.26	142	49.48
9 东亚-北美间断分布	3	1.35	3	1.59	12	3.46	11	3.51	2	1.00	16	5.69	5	1.74
10 欧亚温带分布	37	16.67	33	17.46	56	16.14	49	15.65	27	13.50	41	14.59	45	15.68
11 温带亚洲分布	11	4.95	9	4.76	21	6.05	21	6.71	12	6.00	18	6.41	19	6.62
12 中亚、西亚至地中海分布	14	6.31	16	8.47	17	4.90	13	4.15	7	3.50	13	4.63	12	4.18
13 中亚分布	16	7.21	22	11.64	18	5.19	10	3.19	15	7.50	7	2.49	15	5.23
14 东亚分布	10	4.50	10	5.29	21	6.05	21	6.71	19	9.50	19	6.76	24	8.36
15 中国特有分布	7	3.15	1	0.53	9	2.59	8	2.56	13	6.50	11	3.91	7	2.44
温带分布小计	207	93.24	181	95.77	322	92.80	295	94.25	196	98.00	255	90.75	269	93.73
合计	265	100.00	227	100.00	400	100.00	368	100.00	232	100.00	325	100.00	329	100.00
R/T 值	0.072	0.044	0.078	0.061	0.020	0.102	0.067							

注:分布区类型包含了变型。

4 结论与讨论

青海湖流域物种较丰富,科、属组成多样,优势现象明显。青海湖流域共有种子植物 70 科 265 属 754 种,科、属、种分别占青海省种子植物的 74.47%、47.58%、30.20%,表明该流域种子植物种类较丰富,与 2008 年调查数据相比较^[32],种子植物增加了 18 科 91 属 309 种。大科和较大科有 8 科,共 118 属 436 种,科数仅占总科数的 11.43%,但其所含的属、种分别占总属数的 46.09%、总种数的 57.82%,说明较少的科含有较多的属、种,在区系组成中占有主导地位,并且这些科基本都是世界被子植物中的大科和本区的优势科,分布较广,这与吴玉虎^[26-27,30,33]对青海省其他地区的研究相符。本区单种属和小属共有 230 属 390 种,分别占总属数的 86.79%、总种数的 51.72%,说明单种属和小属是青海湖流域种子植物区系的主要组成成分,属内分化程度较低,这与该流域所处的高原高寒干旱气候

条件有关。本区种子植物区系中的优势科有 9 科,优势属 21 属,表明青海湖流域种子植物区系优势类群较突出。

青海湖流域种子植物区系地理成分多样,温带性质显著。本区科的地理成分有 7 个分布区类型和 7 个变型,世界分布有 38 科,其中蔷薇科和菊科被认为是典型的温带科^[33],说明该区系组成在世界分布科的背景下,渗入了温带分布科,显示出温带性质。在属一级上,其地理成分有 13 个分布区类型和 16 个变型,其中温带成分占绝对优势,有 207 属,由属的 R/T 值(0.072)可以看出,该流域种子植物区系温带性质显著,这与康海军等^[18]对青海湖流域及周边地区维管束植物区系研究结果一致。热带分布所占比例小(6.76%),表明青海湖流域植物区系与热带地区联系微弱。另外,温带亚洲分布型的狼毒属的狼毒在流域内广泛分布,多生长于湖滨草原地带,这是一种草原退化的指示植物,说明青海湖流域地区的草原退化问题比较严重,加强对草原治理和

保护尤为重要。在种一级上,其地理成分有11个,热带分布型在区系中占比很小(0.41%),可忽略不计,温带分布有723种,占总种数的99.45%。其中中国特有分布如青海云杉、祁连圆柏等属于较古老的特有种,使植物区系具有一定的古老性^[34],而青海特有种和青海湖特有种一定程度反映出中国特有成分在本区对环境的适应性较高,并且由于青藏高原特殊的地理环境和青海湖高原湖泊的特点,孕育分化出其地区特有种,使植物区系具有一定的年轻性。

青海湖流域种子植物区系特有现象不明显。本区无中国特有种,中国特有属仅7属,占本区总属数的2.64%,但中国特有种较丰富,有266种,占总种数的36.59%。

青海湖流域 R/T 值介于大通河流域、隆务河流域、湟水流域之间,这与4个地区所处地理位置相符,种子植物区系地理成分组成较相似。孟达国家级自然保护区位于青海省东部,与隆务河流域接壤,但其 R/T 值最大,主要是因为该保护区地处黄土高原和青藏高原交汇区,区内气候温和,多雨,植被丰富,热带成分较多;柴达木盆地地处青海湖流域西北部, R/T 值为0.044,具有强烈的温带性质,主要是由于该地区气候干旱,区域内以高度抗旱的植被为主,盐生植物较多;三江源国家公园 R/T 值最小(0.020),远低于青海湖流域,这与其地处青藏高原腹地的地理位置相符合。

参考文献:

- [1] 李登武. 陕北黄土高原维管植物区系地理研究[M]. 杨陵:西北农林科技大学出版社,2009:1-3.
- [2] 陈桂琛,彭敏,周立华,等. 青海湖地区生态环境演变与人类活动关系的初步研究[J]. 生态学杂志,1994,13(2):44-49.
CHEN G C, PENG M, ZHOU L H, *et al.* Relationship between ecological environment change and human activities in Qinghai Lake region: a preliminary study[J]. Chinese Journal of Ecology, 1994, 13(2): 44-49. (in Chinese)
- [3] 王永生. 青海湖流域乡域尺度生态补偿研究[D]. 西宁:青海师范大学,2012:3-7.
- [4] 李小雁,许何也,马育军,等. 青海湖流域土地利用/覆被变化研究[J]. 自然资源学报,2008,23(2):285-296.
LI X Y, XU H Y, MA Y J, *et al.* Land use/cover change in the Qinghai Lake Watershed[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(2): 285-296. (in Chinese)
- [5] 王志刚,曹生奎,曹广超. 近15年来青海湖流域气温、降水变化对植被物候驱动分析[J]. 水土保持研究,2021,29(1):249-255.
WANG Z G, CAO S K, CAO G C. Analysis on the drive of temperature and precipitation changes to vegetation phenology of the Qinghai Lake basin in the past 15 years[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 29(1): 249-255. (in Chinese)
- [6] 李广泳,李小雁,赵国琴,等. 青海湖流域草地植被动态变化趋势下的物候时空特征[J]. 生态学报,2014,34(11):3038-3047.
LI G Y, LI X Y, ZHAO G Q, *et al.* Characteristics of spatial and temporal phenology under the dynamic variation of grassland in the Qinghai Lake watershed[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(11): 3038-3047. (in Chinese)
- [7] 向响,黄永梅,杨崇曜,等. 海拔对青海湖流域群落水平植物功能性状的影响[J]. 植物生态学报,2021,45(5):456-466.
XIANF X, HUANG Y M, YANG C Y, *et al.* Effect of altitude on community-level plant functional traits in the Qinghai Lake basin, China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2021, 45(5): 456-466. (in Chinese)
- [8] WANG Z G, CAO S K, CAO G C, *et al.* Effects of vegetation phenology on vegetation productivity in the Qinghai Lake basin of the Northeastern Qinghai-Tibet Plateau[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2021, 14(11): 1030.
- [9] 兰焱,曹生奎,曹广超,等. 青海湖流域植被碳利用效率时空动态研究[J]. 生态科学,2020,39(4):156-166.
LAN Y, CAO S K, CAO G C, *et al.* Temporal and spatial dynamics of vegetation carbon use efficiency in Qinghai Lake basin[J]. Ecological Science, 2020, 39(4): 156-166. (in Chinese)
- [10] 李成秀,李小雁,杨太保,等. 青海湖流域沙柳河草甸群落结构与数量特征[J]. 干旱区研究,2013,30(6):1028-1035.
LI C X, LI X Y, YANG T B, *et al.* Structure and species diversity of meadow community along the Shaliu River in the Qinghai Lake basin[J]. Arid Zone Research, 2013, 30(6): 1028-1035. (in Chinese)
- [11] 高黎明,张乐乐. 青海湖流域植被盖度时空变化研究[J]. 地球信息科学学报,2019,21(9):1318-1329.
GAO L M, ZHANG L L. Spatiotemporal dynamics of the vegetation coverage in Qinghai Lake basin[J]. Journal of Geo-information Science, 2019, 21(9): 1318-1329. (in Chinese)
- [12] 彭敏,陈桂琛. 青海湖地区植被演变趋势的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报,1993,17(3):217-223.
PENG M, CHEN G C. Study on pattern and successional trend of vegetation in Qinghai Lake region[J]. Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica, 1993, 17(3): 217-223. (in Chinese)
- [13] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海植物志:第1卷[M]. 西宁:青海人民出版社,1997.
- [14] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海植物志:第2卷[M]. 西宁:青海人民出版社,1999.
- [15] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海植物志:第3卷[M]. 西宁:青海人民出版社,1996.
- [16] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海植物志:第4卷[M]. 西宁:青海人民出版社,1999.
- [17] 吴玉虎. 青藏高原维管植物及其生态地理分布[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [18] 康海军,李启良. 青海湖流域及周边地区维管束植物区系[J]. 青海草业,2015,24(1):16-20,34.
- [19] 李伟,钟扬. 我国内陆水生植被研究概况[J]. 武汉植物学研究,1991,9(3):281-288.
LI W, ZHONG Y. Studies of continental aquatic vegetations in China: a review[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1991, 9(3): 281-288. (in Chinese)

- han, Ruyuan and Lianzhou[J]. The Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5): 171-175. (in Chinese)
- [9] 王金叶, 程道品, 胡新添, 等. 广西生态环境评价指标体系及模糊评价[J]. 西北林学院学报, 2006(4): 5-8.
- WANG J Y, CHENG D P, HU X T, *et al.* Fuzzy evaluation and evaluation index system of ecological environment in Guangxi[J]. The Journal of Northwest Forestry University, 2006(4): 5-8. (in Chinese)
- [10] 李媛媛, 任少华, 黄宗胜, 等. 贵州喀斯特地区不同海拔常见树种枯落物分解及养分释放特征[J/OL]. 生态学杂志: 1-11 [2022-07-08].
- [11] 宋淑珍, 熊康宁, 池永宽, 等. 中国南方喀斯特石漠化治理中的退化草地改良研究综述[J]. 家畜生态学报, 2019, 40(3): 82-87, 96.
- [12] 何鑫, 钟九生, 林双双, 等. 西南喀斯特地区耕地破碎化与石漠化空间格局及耦合关系研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2022, 44(6): 160-170.
- HE X, ZHONG J S, LIN S S, *et al.* Study on spatial pattern and coupling relationship between fragmentation and rocky desertification of cultivated land in Southwestern Karst area[J]. Journal of Southwest University: Natural Science, 2022, 44(6): 160-170. (in Chinese)
- [13] 朱吉宏. 石漠化治理的对策与造林技术综合应用研究[J]. 农村实用技术, 2021(6): 187-188.
- [14] 李乡旺, 陆素娟. 云南石漠化区划研究[J]. 西南林业大学学报: 自然科学, 2019, 39(2): 1-10.
- LI X W, LU S J. Regionalization of stony desertification in Yunnan Province[J]. Journal of Southwest Forestry University: Natural Sciences, 2019, 39(2): 1-10. (in Chinese)
- [15] 门玉澎, 许效松, 牟传龙, 等. 云南曲靖盆地岩相古地理特征与油气地质条件[J]. 西部探矿工程, 2015, 27(9): 18-22, 28.
- [16] 唐卫华, 袁建平, 周桦, 等. 曲靖居民中医体质分布与地理环境及性别、慢性病发病之关系探析[J]. 中国中医药现代远程教育, 2021, 19(4): 36-39.
- [17] 王国良. 我国西南三江并流区域地理环境概述[J]. 中国地名, 2019(5): 43.
- [18] 郭向阳, 穆学青, 丁正山, 等. 城市生态环境与旅游经济协调效应及动态关系——以曲靖为例[J]. 经济地理, 2020, 40(7): 231-240.
- [19] 乌日娜, 王妍, 张兴东, 等. 河北省土地利用类型动态变化及驱动机制研究[J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 2022, 45(2): 252-259.
- [20] SILVA L P, XAVIER A P, SILVA R M, *et al.* Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semi-arid river basin in Northeastern Brazil[J]. Global Ecology and Conservation, 2020, 21(C): e00811-e00811.
- [21] 王艳英, 吴风志, 吴欣俐, 等. 2000—2020 年云南省红塔区生态用地变化的遥感分析[J]. 林业调查规划, 2022, 47(3): 9-15.
- [22] 田湘云, 张超, 陈棋, 等. 滇东南石漠化地区地形起伏度对水土流失的影响[J]. 西北林学院学报, 2022, 37(3): 162-170.
- TIAN X Y, ZHANG C, CHEN Q, *et al.* Relief degree of land surface and its influence on the soil erosion in rocky desertification area of Southeast Yunnan[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2022, 37(3): 162-170. (in Chinese)
- [23] 黄晨元, 刘建祥, 张叶飞, 等. 云南典型石漠化地区土壤结合态腐殖质分布特征研究[J]. 西部林业科学, 2022, 51(2): 138-144.
- [24] 曹金仙. 曲靖市石漠化综合治理成效及治理方法浅析[J]. 绿色科技, 2018(12): 27-28.
- [25] 朱留琼. 曲靖市石漠化综合治理存在问题与建议[J]. 绿色科技, 2015(2): 17-19.

(上接第 139 页)

- [20] 李岳坦, 李小雁. 青海湖流域沙柳河湿地草地和具鳞水柏枝灌丛小气候特征研究[J]. 地球环境学报, 2014, 5(3): 173-185.
- [21] 于爽, 曲秀春, 张永乐, 等. 黑龙江省种子植物区系的研究[J]. 西北林学院学报, 2008(2): 42-48.
- YU S, QU X C, ZHANG Y L, *et al.* Flora of seed plants in Heilongjiang Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008(2): 42-48. (in Chinese)
- [22] 陈莉, 黄先寒, 兰国玉, 等. 中国橡胶林下植物物种组成与多样性分析[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2): 76-83.
- CHEN L, HUANG X H, LAN G Y, *et al.* Undergrowth plant species composition and diversity of Rubber plantation in China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(2): 76-83. (in Chinese)
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 蒋丽伟. 柴达木盆地野生种子植物区系特征分析[J]. 西部林业科学, 2019, 48(2): 126-134.
- [26] 吴玉虎. 青海湟水流域植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(2): 205-217.
- WU Y H. A study on the flora of Huangshui river valley in Qinghai, China[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 23(2): 205-217. (in Chinese)
- [27] 吴玉虎. 大通河流域植物区系[J]. 云南植物研究, 2004, 26(4): 355-372.
- [28] 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 W 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. (in Chinese)
- [29] 马世鹏. 青海孟达国家级自然保护区野生种子植物区系分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(4): 1171-1174.
- [30] 吴玉虎. 隆务河流域植物区系研究[J]. 云南植物研究, 2002, 24(2): 155-169.
- [31] 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, (10): 144-150.
- [32] 陈桂琛, 陈孝全, 苟新京. 青海湖流域生态环境保护与修复[M]. 西宁: 青海人民出版社, 2008: 76-79.
- [33] 吴玉虎, 吴瑞华. 青海东部黄河上游谷地种子植物区系[J]. 云南植物研究, 2006, 28(1): 1-12.
- [34] 刘建全, 戴君虎, 刘兴明, 等. 祁连山林区青海云杉群落种子植物区系分析[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 244-249.