

网络出版时间:2019-04-01 15:19 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.10.011
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190401.1518.022.html

红碱淖国家级自然保护区种子植物多样性及 区系地理分析

田 陌^{1,2}, 魏 达¹, 辛建江³

(1 陕西师范大学 生命科学学院, 陕西 西安 710062; 2 陕西学前师范学院 生命科学与食品工程学院,
陕西 西安 710100; 3 陕西省商州区中学, 陕西 商洛 726000)

[摘要] **【目的】**调查红碱淖国家级自然保护区种子植物资源, 并进行区系地理分析, 以探明保护区植物的分布规律, 为保护区生物多样性保护提供依据。**【方法】**利用植物生活型和区系地理学原理, 采用野外样线样方调查法, 选取 8 条样线 35 个样点, 对保护区的种子植物资源进行调查, 结合查阅资料, 对保护区种子植物生活型和植物区系特征进行分析研究。**【结果】**红碱淖自然保护区有野生种子植物 242 种, 隶属于 63 科 167 属, 其中裸子植物 3 科 6 属 7 种, 被子植物 60 科 161 属 235 种。生活型和区系地理分析结果表明, 保护区内植物可分为乔木、灌木、亚灌木、多年生草本、一年生和两年生草本等 5 种生活型。科的分布区类型有 4 种分布型和 2 变型, 属的分布区类型有 13 种, 其中有 104 属为温带分布型, 占总属数的 62.28%, 植物区系具有明显的温带性质。保护区水生、湿生及植物种类多样, 且发育良好。耐盐、耐旱植物种类较多。**【结论】**红碱淖自然保护区种子植物生物多样性较低, 生态平衡脆弱, 亟待加强保护。

[关键词] 红碱淖自然保护区; 种子植物; 生活型; 生态型; 地理分布; 植物分布区类型

[中图分类号] Q948.5

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2019)10-0087-10

Seed plants diversity and flora areal-types in Hongjiannao Nature Reserve

TIAN Mo^{1,2}, WEI Da¹, XIN Jianjiang³

(1 College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2 College of Life Sciences and Food Engineering, Shaanxi Xueqian Normal University, Xi'an, Shaanxi 710100, China;

3 Shangzhou District Middle School In Shaanxi, Shangluo, Shaanxi, 726000, China)

Abstract: **【Objective】** This study surveyed plants resources in the Hongjiannao Nature Reserve and analyzed flora characteristics of seeds plants to investigate the distribution of plants resources and improve the conservation of biodiversity. **【Method】** According to the sampling surveys and related documents, 8 sample lines and 35 sample plots were chosen to investigate the life forms and distribution of seed plant resources. **【Result】** The wild seed plants in the Hongjiannao Nature Reserve included 63 families, 167 genera and 242 species, among which 3 families (7 species in 6 genera) were Gymnosperms and 60 families (235 species in 161 genera) were Angiosperms. For life forms, there were 5 types of plants including arbor, bush, subshrub, perennial herb, and annual or biennial herb. For areal-types, there were 4 areal-types and 2 subtypes of families, and 13 areal-types of genera. The temperate elements were dominant in areal-types of genera with 104 genera accounting for 62.28%. **【Conclusion】** In the Hongjiannao Nature Reserve, the biodiversity of seed plants was low, the ecological balance was fragile, and urgent protection is needed.

[收稿日期] 2018-11-09

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31172103)

[作者简介] 田 陌(1982—), 男, 陕西西安人, 博士, 主要从事植物学研究。E-mail: tianmo@snnu.edu.cn

Key words: Hongjiannao Nature Reserve; seed plants; life form; ecotype; geographic distribution; flora areal-types

红碱淖国家级自然保护区位于陕西北部榆林市神木县境内,地处陕蒙交界处,黄土高原西北,毛乌素沙漠的东南缘,地理坐标为 $38^{\circ}13' \sim 39^{\circ}27' N$, $109^{\circ}42' \sim 110^{\circ}54' E$,湖面海拔高程 1 200 m。保护区总面积 10 768 hm^2 ,其中湖水面积 4 180 hm^2 ,草本沼泽面积 1 080 hm^2 ,固定半固定沙地及农田面积 4 665 hm^2 。红碱淖是一个年轻的内陆湖泊,只有 80 年历史,系沙区凹地汇聚地下水渗水及天然降水形成的我国面积最大的沙漠淡水湖泊^[1-4]。整个保护区内除了宽阔的水面外,环湖四周还分布有 7 条河流,成为沙湖的重要水源补充^[2-5]。沿湖分布有湿地、草甸、草原、沙丘以及农田等多种自然或人工植物群落,具有重要的生态功能和较高的保护价值^[4-6],同时也是世界濒危鸟类遗鸥的重要栖息地和繁殖地^[7]。

不同的自然环境孕育着不同的植物体系,研究植物多样性的变化可以了解区域微环境的改变。目前,尚未见有关红碱淖自然保护区植物多样性的研究报道。为此,本研究在种子植物资源野外调查的基础上,采用植物生活型、生态型以及区系地理学的基本原理和方法,对自然保护区内种子植物的多样性和区系特征进行分析,旨在揭示保护区的植物物种多样性和地理区系特点,为红碱淖自然保护区的生物多样性研究和保护提供科学依据。

1 研究方法

1.1 野外采集样线、样点设置及标本收集

根据红碱淖自然保护区现有植被的分布状况,采用线路普查与特殊生境重点调查相结合的方法进

行野外调查。沿红碱淖环湖公路设 1 条主要样线,沿样线两侧各 1 km 范围内徒步采集植物标本,对沿湖周边典型沙丘、湿地等处进行重点采样。在红碱淖周围 7 条河流入湖口向上延伸 3 km 处各设置 1 条样线,共 7 条样线,沿河两岸采集植物标本,同时对河流两岸比较典型的湿地、沙丘、山坡进行重点采样。对自然保护区内的东葫芦素、西葫芦素以及尔林免草原等湿地和草原进行全面调查并采集标本。野外调查共设置 8 条样线,35 个样点,以保证调查覆盖整个保护区,区内栽培的农作物(包括粮食作物、蔬菜、果树和花卉植物)不在调查范围之内。2012 年 6 月进行为期 2 周的全面调查和采集,2014 年 8 月和 2015 年 5 月,对保护区内不同开花季节的植物进行补充采集,以保证标本收集的完整性。野外调查陆续收集植物标本 800 余份,获取影像资料 500 余幅,采集的植物标本均通过查阅植物志及相关资料^[8-11]进行鉴定。

1.2 植物标本分析

植物生活型和生态型分析采用吴征镒等^[12]的分类方法进行,科和属的分布区类型分析采用王荷生^[13]、吴征镒等^[14-16]对中国种子植物属的分布区类型的划分方法进行分析。

2 结果与分析

2.1 保护区种子植物的基本组成

调查结果表明,红碱淖自然保护区现有野生种子植物 242 种(含种下分类群,下同),隶属于 167 属 63 科(表 1)。其中裸子植物(Gymnosperm)3 科 6 属 7 种,被子植物(Angiosperm)60 科 161 属 235 种(表 2)。

表 1 红碱淖自然保护区种子植物名录

Table 1 Species of seed plants in the Hongjiannao Nature Reserve

科 Family	属 Genera	种 Species	科 Family	属 Genera	种 Species
1 松科 Pinaceae	松属 <i>Pinus</i>	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	36 报春花科 Primulaceae	海乳草属 <i>Glaux</i>	海乳草 <i>Glaux maritime</i>
	云杉属 <i>Picea</i>	白杆 <i>Picea meyeri</i>	37 蓝雪科 Plumbaginaceae	补血草属 <i>Limonium</i>	金色补血草 <i>Limonium aureum</i>
2 柏科 Cupressaceae	侧柏属 <i>Platyclusus</i>	侧柏 <i>Platyclusus orientalis</i>	38 龙胆科 Gentianaceae	荠菜属 <i>Nymphoides</i>	荠菜 <i>Nymphoides peltatum</i>
	圆柏属 <i>Sabina</i>	圆柏 <i>Sabina chinensis</i>	39 萝藦科 Asclepiadaceae	鹅绒藤属 <i>Cynanchum</i>	紫花合掌消 <i>Cynanchum amplexicaule</i>
		叉子圆柏 <i>Sabina vulgaris</i>			牛皮消 <i>Cynanchum auriculatum</i>
	刺柏属 <i>Juniperus</i>	杜松 <i>Juniperus rigida</i>			华北白前 <i>Cynanchum hancockianum</i>
3 麻黄科 Ephedraceae	麻黄属 <i>Ephedra</i>	草麻黄 <i>Ephedra sinica</i>			地梢瓜 <i>Cynanchum thesioides</i>

表 1(续) Continued table 1

科 Family	属 Genera	种 Species	科 Family	属 Genera	种 Species
4 杨柳科 Salicaceae	杨属 <i>Populus</i>	山杨 <i>Populus davidiana</i> 小叶杨 <i>Populus simonii</i> 河北杨 <i>Populus hopeiensis</i>		萝藦属 <i>Metaplexis</i>	萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>
	柳属 <i>Salix</i>	垂柳 <i>Salix babylonica</i> 乌柳 <i>Salix cheilophila</i> 旱柳 <i>Salix matsudana</i> 沙柳 <i>Salix psammophila</i>	40 旋花科 Convolvulaceae	打碗花属 <i>Calystegia</i> 旋花属 <i>Convolvulus</i>	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i> 旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> 刺旋花 <i>Convolvulus tragacanthoides</i> 银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>
5 榆科 Ulmaceae	榆属 <i>Ulmus</i>	榆 <i>Ulmus pumila</i>		菟丝子属 <i>Cuscuta</i>	菟丝子 <i>Cuscuta chinensis</i>
6 桑科 Moraceae	葎草属 <i>Humulus</i>	葎草 <i>Humulus scandens</i>	41 紫草科 Borraginaceae	琉璃草属 <i>Cynoglossum</i>	大果琉璃草 <i>Cynoglossum divaricatum</i>
7 荨麻科 Urticaceae	荨麻属 <i>Urtica</i>	宽叶荨麻 <i>Urtica cannabina</i>		鹤虱属 <i>Lappula</i>	东北鹤虱 <i>Lappula myosotis</i>
8 檀香科 Santalaceae	百蕊草属 <i>Thesium</i>	百蕊草 <i>Thesium chinensis</i>		砂引草属 <i>Messerschmidia</i>	砂引草 <i>Messerschmidia sibirica</i>
9 蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i>	酸模叶蓼 <i>Polygonum aviculare</i> 西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> 两栖蓼 <i>Polygonum amphibius</i> 水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>		附地菜属 <i>Trigonotis</i>	附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>
	酸模属 <i>Rumex</i>	皱叶酸模 <i>Rumex crispus</i> 巴天酸模 <i>Rumex patientia</i>	42 唇形科 Lamiaceae	青兰属 <i>Dracocephalum</i> 益母草属 <i>Leonurus</i>	香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> 益母草 <i>Leonurus artemisia</i> 细叶益母草 <i>Leonurus sibiricus</i>
10 藜科 Chenopodiaceae	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙蓬 <i>Agriophyllum squarrosum</i>		脓疮草属 <i>Panzeria</i> 黄芩属 <i>Scutellaria</i> 水苏属 <i>Stachys</i> 夏至草属 <i>Lagopsis</i>	脓疮草 <i>Panzeria alaschanica</i> 黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i> 毛水苏 <i>Stachys baicalinsis</i> 夏至草 <i>Lagopsis supine</i>
	轴藜属 <i>Axyris</i>	轴藜 <i>Axyris amaranthoides</i>	43 茄科 Solanaceae	天仙子属 <i>Hyoscyamus</i> 枸杞属 <i>Lycium</i> 茄属 <i>Solanum</i>	天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> 枸杞 <i>Lycium chinensis</i> 龙葵 <i>Solanum nigrum</i>
	藜属 <i>Chenopodium</i>	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i> 刺藜 <i>Chenopodium aristatum</i> 白藜 <i>Chenopodium album</i> 尖头叶藜 <i>Chenopodium acuminatum</i> 菊叶香藜 <i>Chenopodium glaucum</i> 杂配藜 <i>Chenopodium hybridum</i> 小藜 <i>Chenopodium serotinum</i> 东亚市藜 <i>Chenopodium urbicum</i>	44 玄参科 Scrophulariaceae	疗齿草属 <i>Odontites</i> 婆婆纳属 <i>Veronica</i> 阴行草属 <i>Siphonostegia</i> 母草属 <i>Lindernia</i>	疗齿草 <i>Odontites serotina</i> 北水苦苣 <i>Veronica anagallis-aquatica</i> 阴行草 <i>Siphonostegia chinensis</i> 陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>
	虫实属 <i>Corispermum</i>	绳虫实 <i>Corispermum declinatum</i> 软毛虫实 <i>Corispermum puberulum</i>	45 紫葳科 Bignoniaceae	角蒿属 <i>Incarvillea</i>	角蒿 <i>Incarvillea sinensis</i>
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	星状刺果藜 <i>Bassia divaricatum</i>	46 列当科 Orobanchaceae	列当属 <i>Orobanche</i>	列当 <i>Orobanche caerulescens</i> 黄花列当 <i>Orobanche pycnostachya</i>
	地肤属 <i>Kochia</i>	地肤 <i>Kochia scoparia</i>	47 狸藻科 Lentibulariaceae	狸藻属 <i>Utricularia</i>	狸藻 <i>Utricularia vulgaris</i>
	盐角草属 <i>Salicornia</i>	盐角草 <i>Salicornia europaea</i>	48 车前科 Plantaginaceae	车前属 <i>Plantago</i>	平车前 <i>Plantago depressa</i> 车前 <i>Plantago asiatica</i>
			49 茜草科 Rubiaceae	茜草属 <i>Rubia</i>	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>
			50 菊科 Asteraceae	蒿属 <i>Artemisia</i>	艾蒿 <i>Artemisia argyi</i> 黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>

表 1(续) Continued table 1

科 Family	属 Genera	种 Species	科 Family	属 Genera	种 Species
	猪毛菜属 <i>Salsola</i>	猪毛菜 <i>Salsola collina</i>			茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>			差不嘎蒿 <i>Artemisia halodendron</i>
		角果碱蓬 <i>Suaeda heterophylla</i>			甘肃蒿 <i>Artemisia gansuensis</i>
		盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>			黑沙蒿 <i>Artemisia ordosica</i>
	滨藜属 <i>Atriplex</i>	滨藜 <i>Atriplex patens</i>			白沙蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>
		西伯利亚滨藜 <i>Atriplex sibirica</i>	鬼针草属 <i>Bidens</i>		柳叶鬼针草 <i>Bidens cerua</i>
11 苋科 Amaranthaceae	苋属 <i>Amaranthus</i>	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>			狼把草 <i>Bidens tripartita</i>
12 石竹科 Caryophyllaceae	蝇子草属 <i>Silene</i>	女娄菜 <i>Silene aprica</i>	飞廉属 <i>Carduus</i>		飞廉 <i>Carduus crispus</i>
		蔓茎蝇子草 <i>Silene repens</i>	薊属 <i>Cirsium</i>		刺儿菜 <i>Cirsium segetum</i>
		麦瓶草 <i>Silene conoidea</i>			大刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>
	麦蓝菜属 <i>Vaccaria</i>	王不留行 <i>Vaccaria segetalis</i>	蓝刺头属 <i>Echineps</i>		砂蓝刺头 <i>Echineps gmelinii</i>
13 马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋属 <i>Portulaca</i>	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	狗娃花属 <i>Heteropappus</i>		阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>
14 金鱼藻科 Ceratophyllaceae	金鱼藻属 <i>Ceratophyllum</i>	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	旋覆花属 <i>Inula</i>		旋覆花 <i>Inula japonica</i>
15 毛茛科 Ranunculaceae	碱毛茛属 <i>Halerpestes</i>	水葫芦苗 <i>Halerpestes cymbalaria</i>			蔺子朴 <i>Inula salsoloides</i>
		长叶碱毛茛 <i>Halerpestes ruthenica</i>	苦苣菜属 <i>Ixeris</i>		山苦苣 <i>Ixeris chinensis</i>
	水毛茛属 <i>Batrachium</i>	水毛茛 <i>Batrachium bungei</i>			抱茎苦苣菜 <i>Ixeris sonchi folia</i>
	铁线莲属 <i>Clematis</i>	芹叶铁线莲 <i>Clematis bungei</i>	莨菪属 <i>Lactuca</i>		蒙山莨菪 <i>Lactuca tatarica</i>
		灰绿铁线莲 <i>Clematis glauca</i>	蝟菊属 <i>Olgaea</i>		蝟菊 <i>Olgaea liucophylla</i>
		黄花铁线莲 <i>Clematis intricata</i>	风毛菊属 <i>Saussurea</i>		草地风毛菊 <i>Saussurea amara</i>
	毛茛属 <i>Ranunculus</i>	茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>			盐地风毛菊 <i>Saussurea salsa</i>
		毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>	苦苣菜属 <i>Sonchus</i>		苣荬菜 <i>Sonchus arvensis</i>
		石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>		叉枝鸦葱 <i>Scorzonera divaricata</i>
	唐松草属 <i>Thalictrum</i>	瓣蕊唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	蒲公英属 <i>Taraxacum</i>		白花蒲公英 <i>Taraxacum leucanthum</i>
		短梗箭头唐松草 <i>Thalictrum simplex</i>			华蒲公英 <i>Taraxacum borealisinense</i>
16 小檗科 Berberidaceae	小檗属 <i>Berberis</i>	细叶小檗 <i>Berberis poirerii</i>			蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>
17 罂粟科 Papaveraceae	角茴香属 <i>Hypocoum</i>	角茴香 <i>Hypocoum erectum</i>	泥胡菜属 <i>Serratula</i>		伪泥胡菜 <i>Serratula coronata</i>
18 十字花科 Cruciferae	沙芥属 <i>Pugionium</i>	沙芥 <i>Pugionium cornutum</i>	碱菀属 <i>Triplolium</i>		碱菀 <i>Triplolium vulgare</i>
	芥属 <i>Capsella</i>	荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	苍耳属 <i>Xanthium</i>		苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>
	独行菜属 <i>Lepidium</i>	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	多榔菊属 <i>Doronicum</i>		阿尔太多榔菊 <i>Doronicum altaicum</i>
	析蓂属 <i>Thlaspi</i>	析蓂 <i>Thlaspi arvense</i>	千里光属 <i>Senecio</i>		额河千里光 <i>Senecio argunensis</i>
	播娘蒿属 <i>Descurainia</i>	播娘蒿 <i>Descurainia sophia</i>	51 香蒲科 Typhaceae	香蒲属 <i>Typha</i>	水烛 <i>Typha angustifolia</i>
	糖芥属 <i>Erysimum</i>	小花糖芥 <i>Erysimum cheiranthoides</i>			小香蒲 <i>Typha minima</i>

表 1(续) Continued table 1

科 Family	属 Genera	种 Species	科 Family	属 Genera	种 Species
19 景天科 Crassulaceae	瓦松属 <i>Orostachys</i>	瓦松 <i>Orostachys fimbriatus</i>	52 眼子菜科 Potamogetonaceae	眼子菜属 <i>Potamogeton</i>	小眼子菜 <i>Potamogeton panormitanus</i>
20 蔷薇科 Rosaceae	萎陵菜属 <i>Potentilla</i>	鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserina</i> 朝天萎陵菜 <i>Potentilla supina</i> 萎陵菜 <i>Potentilla chinensis</i> 多茎萎陵菜 <i>Potentilla multicaulis</i>		角果藻属 <i>Zannichellia</i>	浮叶眼子菜 <i>Potamogeton natans</i> 角果藻 <i>Zannichellia palustris</i>
	地蔷薇属 <i>Chamaerhodos</i>	地蔷薇 <i>Chamaerhodos erecta</i>	53 水麦冬科 Juncaginaceae	水麦冬属 <i>Triglochin</i>	水麦冬 <i>Triglochin palustre</i>
	地榆属 <i>Sanguisorba</i>	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	54 泽泻科 Alismaceae	泽泻属 <i>Alisma</i>	泽泻 <i>Alisma orientale</i>
21 豆科 Leguminosae	黄芪属 <i>Astragalus</i>	直立黄芪 <i>Astragalus adsurgens</i> 草木樨状黄芪 <i>Astragalus melilotoides</i>		慈菇属 <i>Sagitaria</i>	慈菇 <i>Sagitaria sagitiifolia</i>
	岩黄耆属 <i>Hedysarum</i>	塔郎 <i>Hedysarum laeve</i> 花棒 <i>Hedysarum wcoeparium</i>	55 花蔺科 Butomaceae	花蔺属 <i>Butomus</i>	花蔺 <i>Butomus umbellatus</i>
	米口袋属 <i>Amblyotropis</i>	米口袋 <i>Amblyotropis multiflora</i>	56 禾本科 Graminae	赖草属 <i>Aneurolepidium</i>	赖草 <i>Aneurolepidium dasystachys</i>
	山黧豆属 <i>Lathyrus</i>	山黧豆 <i>Lathyrus quinquerivius</i>		冰草属 <i>Agropyron</i>	沙芦草 <i>Agropyron mongolica</i>
	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	柠条锦鸡儿 <i>Caragana korshinskii</i>		芨芨草属 <i>Achnatherum</i>	芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i> 醉马草 <i>Achnatherum inebrians</i>
	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	多花胡枝子 <i>Lespedeza foloribunda</i>		剪股颖属 <i>Agiostis</i>	华北剪股颖 <i>Agiostis olavata</i>
	苜蓿属 <i>Medicago</i>	天蓝苜蓿 <i>Medicago ruthenica</i>		三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscenionis</i>
	草木樨属 <i>Melilotus</i>	草木樨 <i>Melilotus suaveolens</i>		拂子茅属 <i>Calamagrostis</i>	假芨拂子茅 <i>Calamagrostis pseudophragmites</i> 拂子茅 <i>Calamagrostis epegejos</i>
	棘豆属 <i>Oxytropis</i>	砂珍棘豆 <i>Oxytropis gracillima</i> 小花棘豆 <i>Oxytropis glabra</i> 刺叶柄棘豆 <i>Oxytropis aciphylla</i>		马唐属 <i>Digitaria</i>	止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>
	槐属 <i>Sophora</i>	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i> 狼牙刺 <i>Sophora vicifolia</i>		隐花草属 <i>Crypsis</i>	隐花草 <i>Crypsis aculeata</i>
	苦马豆属 <i>Sphaerophysa</i>	苦马豆 <i>Sphaerophysa salsula</i>		虎尾草属 <i>Chloris</i>	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>
	野决明属 <i>Thermopsis</i>	披针叶野决明 <i>Thermopsis lanceolata</i>		隐子草属 <i>Cleistogeneus</i>	糙隐子草 <i>Cleistogeneus squarrosa</i>
	米口袋属 <i>Gueldenstaedtia</i>	狭叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia stenophylla</i>		披碱草属 <i>Elymus</i>	肥披碱草 <i>Elymus excelsus</i>
22 牻牛儿苗科 Geraniaceae	牻牛儿苗属 <i>Erodium</i>	牻牛儿苗 <i>Erodium stephanianum</i>		画眉草属 <i>Eragrostis</i>	大画眉草 <i>Eragrostis cilianensis</i>
23 蒺藜科 Zygophyllaceae	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>		大麦属 <i>Hordeum</i>	紫野麦草 <i>Hordeum vioiaceum</i>
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>		白茅属 <i>Imperata</i>	白茅 <i>Imperata cylindrical</i>
24 远志科 Polygalaceae	远志属 <i>Polygala</i>	远志 <i>Polygala tenuifolia</i>		白草属 <i>Pennisetum</i>	白草 <i>Pennisetum flaccidum</i>
25 大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	乳浆大戟 <i>Euphorbia lesula</i> 甘遂 <i>Euphorbia kansui</i> 地锦草 <i>Euphorbia humifusa</i>		芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites communis</i>
				早熟禾属 <i>Poa</i>	硬质早熟禾 <i>Poa sphondylodes</i>
				沙鞭属 <i>Psammochloa</i>	沙鞭 <i>Psammochloa mongolica</i>
				碱茅属 <i>Puccinellia</i>	碱茅 <i>Puccinellia disfans</i>
				鹅观草属 <i>Roegneria</i>	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>
				针茅属 <i>Stipa</i>	沙生针茅 <i>Stipa glareosa</i> 长芒草 <i>Stipa bungeana</i>
				狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria vividis</i>

表 1(续) Continued table 1

科 Family	属 Genera	种 Species	科 Family	属 Genera	种 Species
	地构叶属 <i>Speranskia</i>	地构叶 <i>Speranskia tuberculata</i>			金色狗尾草 <i>Setaria glauca</i>
26 鼠李科 Rhamnaceae	枣属 <i>Ziziphus</i>	酸枣 <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spino-sea</i>	57 莎草科 Cyperaceae	苔草属 <i>Carex</i>	寸草苔 <i>Carex dariu-xcula</i>
27 锦葵科 Malvaceae	锦葵属 <i>Malva</i>	圆叶锦葵 <i>Malva rotundifolia</i>		莎草属 <i>Cyperus</i>	走茎苔草 <i>Carex reptabunda</i>
	木槿属 <i>Hibiscus</i>	野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i>			碎米莎草 <i>Cyperus iria</i>
28 怪柳科 Tamaricaceae	怪柳属 <i>Tamarix</i>	怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>			莎草 <i>Cyperus rotundus</i>
29 堇菜科 Violaceae	堇菜属 <i>Viola</i>	紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>		荸荠属 <i>Heleocharis</i>	牛毛毡 <i>Heleocharis yokoscensis</i>
		早开堇菜 <i>Viola prionantha</i>		蔗草属 <i>Scirpus</i>	蔗草 <i>Scirpus triquetar</i>
30 胡颓子科 Elaeagnaceae	沙棘属 <i>Hippophae</i>	沙棘 <i>Hippophae thamnoides</i>			水葱 <i>Scirpus tabernaemontani</i>
31 千屈菜科 Lythraceae	千屈菜属 <i>Lythrum</i>	千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i>	58 天南星科 Araceae	菖蒲属 <i>Acorus</i>	菖蒲 <i>Acorus calamus</i>
32 柳叶菜科 Onagraceae	柳叶菜属 <i>Epilobium</i>	光华柳叶菜 <i>Epilobium cephalostigma</i>	59 浮萍科 Lemnaceae	紫萍属 <i>Spirodela</i>	紫萍 <i>Spirodela polyrrhiza</i>
		沼生柳叶菜 <i>Epilobium plustre</i>	60 灯心草科 Juncaceae	灯心草属 <i>Juncus</i>	拟灯心草 <i>Juncus setchuensis</i>
33 小二仙草科 Haloragidaceae	狐尾藻属 <i>Myriophyllum</i>	穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>			小灯心草 <i>Juncus articulatus</i>
		狐尾藻 <i>Myriophyllum verticillatum</i>	61 百合科 Liliaceae	葱属 <i>Allium</i>	小根蒜 <i>Allium macrostemon</i>
34 杉叶藻科 Hippuridaceae	杉叶藻属 <i>Hippuris</i>	杉叶藻 <i>Hippuris spiralis</i>			蒙古韭 <i>Allium mongolicum</i>
35 伞形科 Apiaceae	阿魏属 <i>Ferula</i>	硬阿魏 <i>Ferula bungeanum</i>		萱草属 <i>Hemerocallis</i>	黄花菜 <i>Hemerocallis citrins</i>
	水芹属 <i>Oenanthe</i>	水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	62 鸢尾科 Iridaceae	马蔺属 <i>Iris</i>	马蔺 <i>Iris ensata</i>
	毒芹属 <i>Cicuta</i>	毒芹 <i>Cicuta virosa</i>	63 兰科 Orchidaceae	绶草属 <i>Spiranthes</i>	绶草 <i>Spiranthes sinensis</i>

表 2 红碱淖自然保护区野生种子植物科属种的数量统计

Table 2 Composition of seed plants in the Hongjiannao Nature Reserve

类群 Category	科 Family		属 Genera		种 Species	
	数量 No.	比例/% Percentage	数量 No.	比例/% Percentage	数量 No.	比例/% Percentage
裸子植物 Gymnosperm	3	4.76	6	3.59	7	2.90
被子植物 Angiosperm	60	95.24	161	96.41	235	97.10
合计 Total	63	100.00	167	100.00	242	100.00

2.1.1 科水平的统计分析 红碱淖保护区种子植物隶属于 63 个科,其中含 10 属以上的仅有禾本科 (Graminae, 22 属)、菊科 (Asteraceae, 19 属)、豆科 (Leguminosae, 13 属) 和藜科 (Chenopodiaceae, 10 属) 等 4 科 64 属,共占总科数的 6.35%,总属数的 38.32%。含 2~9 属的有唇形科 (Lamiaceae, 6 属)、十字花科 (Cruciferae, 6 属)、毛茛科 (Ranunculaceae, 5 属)、莎草科 (Cyperaceae, 4 属)、玄参科 (Scurophulariaceae, 4 属)、紫草科 (Borraginaceae, 4 属)、蔷薇科 (Rosacea, 3 属)、旋花科 (Convolvulaceae, 3 属)、柏科 (Cupressaceae, 3 属)、伞形科 (Apiaceae, 3 属)、茄科 (Solanaceae, 3 属)、蓼科 (Polygonaceae, 2 属)、杨柳科 (Salicaceae, 2 属) 等 22 科 66

属,共占总科数的 34.92%和总属数的 39.52%。仅含 1 属的有小二仙草科 (Haloragidaceae)、列当科 (Orobanchaceae)、香蒲科 (Typhaceae)、榆科 (Ulmaceae)、金鱼藻科 (Ceratophyllaceae)、罂粟科 (Papaveraceae)、怪柳科 (Tamaricaceae)、胡颓子科 (Elaeagnaceae)、杉叶藻科 (Hippuridaceae)、蓝雪科 (Plumbaginaceae)、狸藻科 (Lentibulariaceae)、水麦冬科 (Juncaginaceae)、花蔺科 (Butomaceae)、天南星科 (Araceae)、浮萍科 (Lemnaceae) 等 37 科 37 属,共占总科数的 58.73%和总属数的 22.16%。统计结果表明,各类群植物分布数量极不均衡,少数科含有较多的类群,大多数科只含有极少种类。

2.1.2 属水平的统计分析 红碱淖保护区种子植

物共有 167 个属,其中含 5 种及以上的有藜属(*Chenopodium*, 8 种)、蒿属(*Artemisia*, 7 种)和蓼属(*Polygonum*, 5 种)等,共 3 属 20 种,仅占总属数的 1.80%和总种数的 8.26%。含 2~4 种的有萎陵菜属(*Potentilla*)、柳属(*Salix*)、碱蓬属(*Suaeda*)、杨属(*Populus*)、蒲公英属(*Taraxacum*)等,共 43 属 101 种,占总属数的 25.75%和总种数的 41.74%。仅含有 1 种的有松属(*Pinus*)、榆属(*Ulmus*)等,共

121 属 121 种,占总属数的 72.45%和总种数的 50.00%,大多数属在保护区内只分布有 1 种植物。

2.2 保护区种子植物的生活型和生态型

调查结果表明,红碱淖保护区内的 242 种种子植物有着复杂的生活型。其中乔木有 11 种,占总种数的 4.55%;灌木和亚灌木共 16 种,占总种数的 6.61%;草本共 215 种,占总种数的 88.84%(表 3),可知草本植物在保护区内占绝对优势。

表 3 红碱淖自然保护区内种子植物的生活型类型

Table 3 Life forms of seed plants in the Hongjiannao Nature Reserve

指标 Index	乔木 Arbor	灌木 Bush		草本 Herb		合计 Total
		灌木 Bush	亚灌木 Subshrub	多年生 Perennial	一年生/二年生 Annual or biennial	
种数 No. of species	11	14	2	126	89	242
比例/% Percentage	4.55	5.78	0.83	52.07	36.77	100

按照水分因素,保护区内 242 种植物可分为 6 种不同的生态型。其中中生型植物有 178 种,占总种数的 73.55%;由于保护区为干旱半干旱的环境,旱生、旱中生植物共有 27 种,占总种数的 11.16%;同时保护区内大小海子以及入湖河流形成的大小面

积不等的湿地和池塘沼泽,为湿生、水生型植物提供了良好的生态环境,区内这类植物共有 33 种,占总种数的 13.64%。湿中生型植物有 4 种,占总种数的 1.65%(表 4)。

表 4 红碱淖自然保护区种子植物生态型类型

Table 4 Water ecotypes of seed plants in the Hongjiannao Nature Reserve

生态型 Ecotype	种数 No. of species	比例/% Percentage	生态型 Ecotype	种数 No. of species	比例/% Percentage
旱生 Xerophytic	12	4.96	湿中生 Phlegmatic-mesophytic	4	1.65
旱中生 Xerophytic-mesophytic	15	6.20	湿生 Phlegmatic	19	7.85
中生 Mesophytic	178	73.55	水生 Aquatic	14	5.79

2.3 保护区种子植物的区系组成

2.3.1 科水平的区系组成 红碱淖自然保护区分布的 63 科种子植物可分为世界广布型(1 型)、泛热

带分布型(2 型)、北温带分布型(8 型)和旧世界温带分布型(10 型)等 4 种类型(表 5)。

表 5 红碱淖自然保护区种子植物科水平的区系组成

Table 5 Areal-types of families of seed plant species in the Hongjiannao Nature Reserve

分布区类型 Areal-type	科数 No. of families	比例% Percentage
1 世界广布 Cosmopolitan	36	57.14
2 泛热带分布 Pantropic	9	14.29
8 北温带分布 N. Temp	7	11.11
8-4 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted	8	12.70
8-5 欧亚和南美洲温带间断分布 Eurasia & Temp. S. Amer. Disjuncted	2	3.17
10 旧世界温带分布 Old World Temp.	1	1.59

由表 1 和表 5 可知,世界广布型(1 型)在保护区有 36 个科,其中世界性大科菊科(32 种/19 属)、禾本科(26 种/22 属)、豆科(18 种/13 属)等在保护区种类较多;比较大的科如毛茛科(11 种/5 属)、藜科(21 种/10 属)等在保护区内也有较多种类。泛热带分布型(2 型)有萝藦科(Asclepiadaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、蒺藜科(Zygophyllaceae)、锦葵科(Malvaceae)、荨麻科(Urticaceae)、檀香科(Santalaceae)、紫葳科(Bignoniaceae)、天南星科(Arace-

ae)、鸢尾科(Iridaceae)等共 9 科 19 种。北温带分布型(8 型)有 17 个科(含北温带和南温带间断分布以及欧亚和南美洲温带间断分布 2 个变型)。旧世界温带分布型(10 型)仅有柽柳科 1 个科。

2.3.2 属水平的区系组成 由表 1 和表 6 可知,红碱淖自然保护区种子植物 167 个属可分为 13 个分布区类型。其中世界广布型(1 型)有 44 属,含 81 种;藜属(*Chenopodium*)最多,有 8 种;其次是蒿属(*Artemisia*)有 7 种,鹅绒藤属(*Cynanchum*)有 4

种,碱蓬属(*Suaeda*)、铁线莲属(*Clematis*)、毛茛属(*Ranunculus*)和旋花属(*Convolvulus*)各有 3 种;车前属(*Plantago*)、黄芪属(*Astragalus*)、苔草属(*Carex*)等 13 属各有 2 种;远志属(*Polygala*)、苍耳属(*Xanthium*)等 24 属各有 1 种。这一类型中水生或沼生植物居多,如眼子菜属(*Potamogeton*)、狐尾藻属(*Myriophyllum*)、香蒲属(*Typha*)、金鱼藻属(*Ceratophyllum*)、角果藻属(*Zannichellia*)、苔菜属(*Nymphoides*)、蔗草属(*Scirpus*)、灯心草属(*Juncus*)、水麦冬属(*Triglochin*)等。泛热带分布型(2 型)共有 16 属 19 种,全部为草本植物。芦苇属(*Phragmites*)是保护区内河流浅水处或池塘、沼泽中常见的植物。三芒草属(*Aristida*)、虎尾草属(*Chloris*)、画眉草属(*Eragrostis*)、砂引草属(*Argusia*)、蒺藜属(*Tribulus*)则是保护区内草甸、草原以

及沙地、沙丘中常见的植物。东亚和热带美洲间断分布型(3 型)仅地榆(*Sanguisorba officinalis*)1 属 1 种;旧世界热带分布型(4 型)仅百蕊草(*Thesium chinensis*)1 属 1 种;热带亚洲分布型(7 型)仅苦蕒菜属(*Ixeris*)1 属 2 种。在保护区植物区系成分中所占比重较小。北温带分布型(8 型)共有 54 属 84 种,其中 37 个属为典型北温带分布型,15 个属为北温带南温带间断分布型(8-4 型),1 个属(鹅观草属 *Roegneria*)为环北极分布型(8-1 型),1 个属(小檗属 *Berberis*)为欧亚和南美洲温带间断分布型(8-5 型)。这一类型中包含了保护区几乎所有的乔木属,如松属(*Pinus*)、云杉属(*Picea*)、圆柏属(*Sabina*)、刺柏属(*Juniperus*)、杨属(*Populus*)、柳属(*Salix*)和榆属(*Ulmus*)等,这些乔木在保护区中常被作为防风固沙和绿化树种种植。

表 6 红碱淖自然保护区内种子植物属水平的区系组成

Table 6 Areal-types of genera of seed plant species in the Hongjiannao Nature Reserve

分布区类型 Areal-type	属 Genera		种 Species	
	数量 No.	比例/% Percentage	数量 No.	比例/% Percentage
1 世界广布 Cosmopolitan	44	26.35	81	33.47
2 泛热带分布 Pantropic	16	9.58	19	7.85
3 东亚和热带美洲间断分布 Trop. & Subtr. E. Asia & (S.) Trop. Amer. Disjuncted	1	0.60	1	0.41
4 旧世界热带分布 Old World Tropics	1	0.60	1	0.41
7 热带亚洲分布 Trop. Asia	1	0.60	2	0.83
8 北温带分布 N. temp	54	32.34	84	34.71
9 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	3	1.80	4	1.65
10 旧世界温带分布 Old World Temp.	27	16.17	30	12.40
11 温带亚洲分布 Temp. Asia	6	3.59	6	2.48
12 地中海区、西亚至中亚分布 Medit, W. to C. Asia	5	2.99	5	2.07
13 中亚分布 C. Asia	5	2.99	5	2.07
14 东亚分布 E. Asia	3	1.80	3	1.24
15 中国特有分布 Endemic to China	1	0.60	1	0.41

在灌木植物中,沙柳、乌柳适于沙地沙丘生长,是很好的防风固沙植物,也是保护区沙地沙丘常见灌丛群落中的建群种和优势种植物。在草本植物中,水生、沼生植物如花蔺属(*Butomus*)、水毛茛属(*Batrachium*)、泽泻属(*Alisma*)、杉叶藻属(*Hippuris*)以及耐盐性的植物碱毛茛属(*Halerpestes*)等在保护区中都有很好的发育。东亚和北美洲间断分布型(9 型)仅有胡枝子属(*Lespedeza*)、野决明属(*Thermopsis*)和芨芨草属(*Achnatherum*)3 属 4 种。旧世界温带分布型(10 型)在保护区有 27 属 30 种,其中怪柳属是以地中海至中亚荒漠为中心分布的植物,在保护区常见于湖边沙地、沙丘等处,沙湖西侧有长达十余公里的防风固沙人工怪柳林带;另一种

灌木类型沙棘属在保护区也较常见,并且与怪柳、沙柳混生成为灌丛群落的建群种和优势种;常见的草本植物有角茴香(*Hypocoum erectum*)、蓝刺头(*Echinops gmelinii*)、旋覆花(*Inula japonica*)、香青兰(*Dracocephalum moldavica*)、北水苦卖(*Veronica anagallis-aquatica*)和疗齿草(*Odontites serotina*)等。温带亚洲分布型(11 型)有锦鸡儿属(*Caragana*)、米口袋属(*Gueldenstaedtia*)、狗哇花属(*Heteropappus*)、蝟菊属(*Olgaea*)、地蔷薇属(*Chamaerhodos*)和轴藜属(*Axyris*)6 属 6 种。地中海区、西亚至中亚分布型(12 型)有隐花草属(*Crypsis*)、牻牛儿苗属(*Erodium*)、阿魏属(*Ferula*)、骆驼蓬属(*Peganum*)和苦马豆属(*Sphaerophysa*)5 属 5

种。中亚分布型(13型)有角蒿属(*Incarvillea*)、脓疮草属(*Panzerina*)、沙蓬属(*Agriophyllum*)、沙鞭属(*Psammochloa*)和沙芥属(*Pugionium*)5属5种。东亚分布型(14型)在本区分布仅有萝藦属(*Metaplexis*)、瓦松属(*Orostachys*)和侧柏属(*Platycladus*)3属3种。中国特有分布型(15型)仅有地构叶(*Speranskia tuberculata*)1属1种。分布区类型中缺少热带亚洲和热带大洋洲分布型(5型)和热带亚洲至热带非洲分布型(6型)2种分布区类型。

3 讨论

3.1 保护区种子植物的物种组成

红碱淖是中国最大的沙漠淡水湖,其东南部黄土高原的植被是从森林向草原和荒漠的过渡类型^[17-20]。西北部的毛乌素沙漠,植被为从温带干草原向荒漠草原的过渡地带类型^[21-23]。而红碱淖自然保护区地处毛乌素沙漠南缘和黄土高原之间,其植被属于温带草原类型。本研究调查发现,保护区种子植物的组成较为单一,含10个属以上的科很少,只有禾本科、菊科、豆科和藜科4个科。这4个科也是黄土高原和毛乌素沙地天然植被中比较重要的科^[17,23]。可见保护区的植物区系组成与黄土高原以及毛乌素沙漠有一定的相似性。这4个科的属数量和种数占有明显优势,因此科数虽然很少,却包含了近一半的物种数,这些植物具有多种生态型,分布在各种生态环境中,在保护区的植物区系组成和维持物种多样性中起着重要作用。

3.2 保护区种子植物的生活型和生态型

本研究中,草本植物在红碱淖保护区占有绝对优势,而乔木种类仅占总种数的4.55%,灌木和亚灌木种类仅占6.61%,保护区缺乏原生森林植被。

本研究中,红碱淖保护区植物的生态型以中生和旱生为主,这与保护区地处干旱半干旱地区的环境相一致。但由于保护区还有由沙漠湖泊和7条河流形成的内陆湖泊生态系统,所以也有较多的湿生和水生植物,保护区植物的生态型具有较为复杂的多样性。

3.3 保护区种子植物区系组成

本研究中,从科水平分析,保护区植物区系组成以世界分布型和北温带分布型为主,带有温带性质。从属水平分析,温带分布型(8~15型)在保护区共有104属138种,占保护区植物总属数的62.28%和总种数的57.02%,表明温带属性是红碱淖自然保护区植物区系的基本属性。世界广布型(1型)在

保护区有44属81种,是保护区重要的植物区系成分,这一类型中水生、沼生植物以及耐盐耐旱植物发育良好^[24],是保护区湿地植物群落、盐性沙地植物群落以及干旱半干旱沙地、沙丘植物群落中的主要成分。泛热带分布型(2型)在保护区分布的种类较少,但本类型中的芦苇(*Phragmites commun*)、三芒草属(*Aristida*)、虎尾草属(*Chloris*)、画眉草属(*Eragrostis*)、砂引草属(*Argusia*)、蒺藜属(*Tribulus*)等在保护区整个生态系统中具有十分重要的意义。

4 结论

红碱淖自然保护区的植物区系除了具有与周边干旱半干旱地区的环境相一致的特点之外,也具有自身的一些特点。

1)自然保护区内的植物区系成分具有明显的温带性质。虽然在科水平上并不明显,但在属水平上温带性质十分突出。

2)由于淡水湖泊的存在以及沿湖周边河流的发育,水生、沼生植物种类较多。

3)红碱淖是一个典型的内陆淡水湖泊,但由于地处干旱半干旱地区,降雨量较少,常年入湖河流补水不足,地下水位浅,土壤盐渍化严重,保护区内出现了大量耐盐、耐旱植物。

4)生物多样性水平较低,植物区系组成比较单一,生态环境脆弱,自我修复能力较差。特别是近年来湖面蒸发量增大,入湖河流径流量减小,有些河流接近干涸,使得湖泊面积逐年萎缩,沿河湿地的水生沼生植物生长正在受到威胁,亟待加强保护。

[参考文献]

- [1] 王苏民, 龚鸿身, 陈克造, 等. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
Wang S M, Dou H S, Chen K Z, et al. China lakes record [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [2] 尹立河, 张茂省, 董佳秋, 等. 基于遥感的毛乌素沙地红碱淖面积变化趋势及其影响因素分析 [J]. 地质通报, 2008, 27(8): 1151-1156.
Yin L H, Zhang M S, Dong J Q, et al. Area variation and controlling factors of Lake Hongjiannao, Mu Us Desert based on remote sensing techniques [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(8): 1151-1156.
- [3] 汪 勇, 羊向东, 沈 吉, 等. 陕西红碱淖近百年来环境变化的湖泊沉积记录 [J]. 湖泊科学, 2004, 16(2): 106-107.
Wang Y, Yang X D, Shen J, et al. A record of environmental evolution in Hongjiannao Lake, Shaanxi Province [J]. Journal of Lake Science, 2004, 16(2): 106-107.
- [4] 唐克旺, 王 浩, 刘 畅. 陕北红碱淖湖泊变化和生态需水初步

- 研究 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(3): 304-309.
- Tang K W, Wang H, Liu C. Preliminary study of Hongjiannao Lake's variation and ecological water demand [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(3): 304-309.
- [5] 娄广艳, 王文君, 葛雷, 等. 红碱淖流域水生态现状及保护对策 [J]. 水生态学杂志, 2012, 33(2): 147-152.
- Lou G Y, Wang W J, Ge L, et al. Water ecology status and protection measures for Hongjiannao Basin [J]. Journal of Hydroecology, 2012, 33(2): 147-152.
- [6] 李登科, 何慧娟, 刘安麟. 人类活动和气候变化对红碱淖植被覆盖变化的影响 [J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 831-836.
- Li D K, He H J, Liu A L. Impact of human activities and climate change on vegetation around Hongjian Nur Lake in Northwestern China [J]. Journal of Desert Research, 2010, 30(4): 831-836.
- [7] 徐振武, 冯宁, 王中强, 等. 陕北红碱淖湿地遗鸥资源分布与保护管理对策 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(2): 127-130, 134.
- Xu Z W, Feng N, Wang Z Q, et al. Larus relictus resource distribution at Hongjiannao Lake in the North of Shaanxi and protection countermeasures [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(2): 127-130, 134.
- [8] 郑万钧, 吴征镒, 洪德元, 等. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1978-2004.
- Zheng W J, Wu Z Y, Hong D Y, et al. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 1978-2004.
- [9] 雷明德. 陕西植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 446-454.
- Lei M D. Flore of Shaanxi [M]. Beijing: Science Press, 1999: 446-454.
- [10] 马毓泉. 内蒙古植物志: 第二卷 [M]. 2 版. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1991.
- Ma Y Q. Flore of Inner Mongolia; vol. 2 [M]. 2nd ed. Hohhot: Inner Mongolia People's Publishing House, 1991.
- [11] 中国科学院西北植物研究所. 秦岭植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1974.
- Northwest Institute of Botany of the Chinese Academy of Sciences. Flora of Qinling Mountains [M]. Beijing: Science Press, 1974.
- [12] 吴征镒, 王献溥, 朱彦丞, 等. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 90-150.
- Wu Z Y, Wang X P, Zhu Y C, et al. The vegetation of China [M]. Beijing: Science Press, 1980: 90-150.
- [13] 王荷生. 植物区系地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 53-76.
- Wang H S. Plant floristic and ecological geography [M]. Beijing: Science Press, 1992: 53-76.
- [14] 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.
- [15] 吴征镒. 中国种子植物区系地理 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- Wu Z Y. The areal types of seed plants of China [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [16] 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. The areal types of seed plants and their original and differentiation [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2006.
- [17] 张文辉, 李登武, 刘国彬, 等. 黄土高原地区种子植物区系特征 [J]. 植物研究, 2002, 22(3): 373-379.
- Zhang W H, Li D W, Liu G B, et al. The characteristics of the seed plant flora in Loess Plateau [J]. Bulletin of Botanical Research, 2002, 22(3): 373-379.
- [18] 王效科, 欧阳志云, 苗鸿. 中国西北干旱地区湿地生态系统的形成、演变和保护对策 [J]. 国土与自然资源研究, 2003(3): 52-54.
- Wang X K, Ouyang Z Y, Miao H. Formation, evolution and protection of wetland ecosystems in arid region, Northwest China [J]. Territory & Natural Resource Study, 2003(3): 52-54.
- [19] 郭建鑫, 李金升, 唐士明, 等. 黄土高原与内蒙古高原草原种子植物区系比较研究 [J]. 草地学报, 2018, 26(2): 298-305.
- Guo J X, Li J S, Tang S M, et al. Comparative study on flora of seed plant of steppe in the Loess Plateau and the Inner Mongolia Plateau [J]. Acta Agrestia Sinica, 2018(2): 298-305.
- [20] 李帅, 张婕, 上官铁梁, 等. 黄河中游湿地植物分类学多样性研究 [J]. 植物科学学报, 2015, 33(6): 775-783.
- Li S, Zhang J, Shanguan T L, et al. Wetland plant taxonomic diversity in the middle reaches of the Yellow River [J]. Plant Science Journal, 2015, 33(6): 775-783.
- [21] 雷雅凯, 郭伟, 张军红, 等. 毛乌素沙地气候与植被变迁 [J]. 西北林学院学报, 2012, 27(6): 242-247.
- Lei Y K, Guo W, Zhang J H, et al. Climate and vegetation changes in Mu Us Sandy Land [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(6): 242-247.
- [22] 刘登峰, 王心睿, 黄强, 等. 毛乌素沙漠南部植被指数的变化规律研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2017, 28(3): 5-9.
- Liu D F, Wang X R, Huang Q, et al. Study on the evolution law of the vegetation index in the southern Maowusu Desert [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2017, 28(3): 5-9.
- [23] 段义忠, 李娟, 杜忠毓, 等. 毛乌素沙地天然植物多样性组成及区系特征分析 [J]. 西北植物学报, 2018, 38(4): 770-779.
- Duan Y Z, Li J, Du Z Y, et al. Analysis of biodiversity and flora characteristics of natural plants in Mu Us Sandy Land [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2018, 38(4): 770-779.
- [24] 范富, 张庆国, 马玉露, 等. 不同植被覆盖盐碱地碱化特征及养分状况 [J]. 草业科学, 2017, 34(5): 932-942.
- Fan F, Zhang Q G, Ma Y L, et al. Alkalinization characteristics and nutrient status of different vegetation [J]. Pratacultural Science, 2017, 34(5): 932-942.