



中国黑戈壁地区植物区系及其物种多样性研究

夏延国¹,宁宇¹,李景文^{1*},李俊清¹,冯益民²,吴波²,卢琦²

(1 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083;2 中国林业科学研究院荒漠化研究所,北京 100091)

摘要:黑戈壁是戈壁中最为干旱的区域,为了系统的研究其植被及物种多样性,该研究采用无人机航拍和实地调查的方法,对中国西北内陆的黑戈壁进行了分析研究。结果表明:(1)中国西北内陆的黑戈壁地区共记录植物 154 种,分属 28 科,85 属;植物生活型组成简单,主要以灌木、半灌木及多年生草本植物为主,占植物物种比例的 70% 以上。(2)在植物物种组成方面,与整个荒漠区比较,黑戈壁地区物种数量少,但灌木所占比例远高于荒漠区。(3)黑戈壁地区植物科、属内物种组成贫乏,科内属、种数量比较多的为藜科、菊科、豆科等。(4)黑戈壁地区优势群落的建群种为红砂、盐生草、膜果麻黄等,中国特有植物为新疆沙拐枣、哈密黄耆、胀果甘草等,主要国家保护植物有胡杨、裸果木、胀果甘草等。(5)黑戈壁地区植物区系表征科主要为蒺藜科、蓼科、麻黄科等,而属的分布型以地中海区、西亚至中亚分布及北温带分布为主,占黑戈壁地区总属的 47% 以上,是群落组成的优势种和建群种。(6)与其他荒漠地区植物区系相比,黑戈壁地区植物旱生种比例增加,适应类型更为贫乏,缺乏特有成分,具有明显残遗性;由于特殊极端干旱环境,形成黑戈壁地区特殊植物类群和区系特征;黑戈壁地区是荒漠地区的区域特色植物物种资源和基因资源的重要区域和保存地,而黑戈壁生态系统非常脆弱,一旦破坏,将很难恢复。

关键词:黑戈壁;植物区系;物种多样性;分布;特性

中图分类号:Q948.15⁺ 文献标志码:A

Plant Species Diversity and Floral Characters in the Black Gobi Desert of China

XIA Yanguo¹, NING Yu¹, LI Jingwen^{1*}, LI Junqing¹, FENG Yimin², WU Bo², LU Qi²

(1 The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2 Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The Black Gobi desert is the most arid regions in the dryland. The aim of this paper is to study the flora and its plant species diversity in the Black Gobi ecosystems by using the technique of pilotless aircraft and survey plots. The results showed that: (1) The life forms are relatively simple because of the low heterogeneity and poor soil and water conditions. 154 plant species were listed in the Black Gobi desert, which belong to 28 families and 85 genera. (2) In terms of plant species composition, the gobi region has less species but far more shrub compared to the desert. (3) The plant diversity of the Black Gobi region is absent and Chenopodiaceae, Asteraceae, Fabaceae have relatively high quantities. (4) The Black Gobi desert edificators are *Reaumuria soongarica*, *Halogeton glomeratus* and *Ephedra przewalskii*. *Calligonum klementzii*, *Astragalus hamiensis*, *Glycyrrhiza inflata* are China endemic plants, and *Populus euphratica*, *Gymnocarpos przewalskii*, *G. inflata* are the national protected plants. (5) *Zygophyllaceae*, *Chenopodiaceae*

收稿日期:2013-05-04;修改稿收到日期:2013-07-22

基金项目:中国林业科学研究院重大项目(CAFYBB2011002);国家自然科学基金项目(31057533)

作者简介:夏延国(1988—),男,在读硕士研究生,主要从事生物多样性方面的研究。E-mail:xiayanguowh@126.com

*通信作者:李景文,教授,主要从事生物多样性方面的研究。E-mail:lijingwen@bjfu.edu.cn

and Ephedraceae are the dominant families in the flora and vegetation. Meanwhile, Mediterranean, W. Asia to C. Asia and North Temperate are overwhelming geographical elements, which account for 47% of the total genera in the Black Gobi desert. (6) Compared to the near desert regions, the ratio of xerophytes was higher, and the endemic element was extremely lower, but the relic nature was more obvious in the Black Gobi desert.

Key words: the Black Gobi desert; flora; species diversity; distribution; characteristic

中国西北内陆有大面积的戈壁,据统计,中国戈壁面积约 56.95 万 km²,是世界上戈壁分布面积最大的国家之一^[1]。黑戈壁是由黑色砾石或“戈壁漆”覆盖的、最为干旱的主要戈壁类型,中国西北黑戈壁面积约 20 万 km²,分布于甘肃与新疆之间,东起额济纳河,北抵中蒙界山,南临河西走廊西段,西依天山东段。由于交通和环境条件苛刻,一般为无人区,所以中国对黑戈壁这一蕴藏丰富自然资源的神秘地区,在很多科学领域还未做过专门的综合科学考察和较为系统的研究。有关黑戈壁植被的相关资料一般包含在对荒漠或沙漠的研究中^[2-10],系统的植被及其物种多样性研究极为缺乏。

针对中国黑戈壁地区自然资源本底资料和科学研究极其缺乏问题,2011 年 10 月,由中国林业科学研究院荒漠化研究所牵头,组织中国科学院、北京林业大学、国家气象局等多个单位对中国黑戈壁地区进行了包括地貌特征、植被与植物资源、气象、水文、土壤资源等生态本底的综合考察。考察发现,黑戈壁地区分布着多样植被类型和植物物种,是重要的极端干旱区珍稀植物基因资源保存地。同时还发现,由于黑戈壁地区蕴藏着丰富的矿产资源,近几年来采矿业正悄然兴起。因此,尽快开展黑戈壁植被与植物资源的调查,深入研究黑戈壁植被与物种多样性维持机制,不仅可以丰富生态学领域研究的新理论并取得突破性研究成果,同时对于合理利用与保护黑戈壁中的自然资源,保护黑戈壁中珍贵的物种基因资源,以及未来应对气候变化和维持黑戈壁地区国土安全等都有着重要的理论与实践价值。

1 研究地概况

研究地点位于新疆的哈密、伊吾、巴里坤,甘肃的敦煌、安西、肃北以及内蒙的额济纳地区。该区域属于典型的大陆性气候,冬寒夏热,春秋多风,日温差大,降水量小,气候干燥,光照充足,热量丰富。年平均气温 9.8 ℃,极端最高气温 43.9 ℃,极端最低气温 -32 ℃,年积温 4 000 ℃左右,年降水量一般在 50 mm 以下,一些区域甚至几年无降雨,而年蒸

发量 3 300 mm 以上,属于极端干旱的荒漠戈壁区。

2 研究方法

2.1 调查区域与线路的确定

结合卫星遥感图,在黑戈壁地区的典型区域进行调查路线设计。按照设计的调查路线、调查分别于 2011 年 10~11 月和 2012 年 8 月进行,具体对甘肃敦煌、安西、肃北,新疆哈密、伊吾、巴里坤,内蒙额济纳等典型的黑戈壁地区的 56 个地点进行了植被和植物物种的调查(图 1)。

2.2 植物种类调查

采用样线加样方的调查方法,在每个调查样点,调查植被类型、物种的组成。植物物种调查记录的主要内容:植物名称、地点(行政)、GPS 位置、采集日期、生境描述(地形地貌、土壤、植被)、生活型(乔木、灌木、亚灌、草本)、生长状态(直立、平卧、匍匐、攀援、缠绕等)、叶形、花、果,收集植物标本等。采集的标本带回实验室进行物种鉴定。

2.3 数据分析

根据野外调查记录和标本鉴定的结果,整理出黑戈壁地区植物名录,按照吴征镒^[11]和王荷生^[12]的植物区系理论和方法进行统计分析。根据样地调查资料,统计不同区域植物物种分布情况,总结黑戈壁地区的植被优势物种,保护特有物种。

3 结果与分析

3.1 黑戈壁物种组成情况

3.1.1 生活型特点 通过对整个黑戈壁地区 56 个调查地点植物与植被数据分析,共记录植物 154 种,分属于 28 科,85 属。其中乔木树种 1 种,为胡杨 (*Populus euphratica*);灌木 65 种;草本植物 88 种,草本植物中,多年生 58 种、二年生 4 种、一年生 26 种(表 1)。可见黑戈壁地区的植物主要以灌木和草本为主,这些植物的生长和繁殖主要依赖夏季降雨和环境异质性所形成的特殊生境来维持。

3.1.2 黑戈壁地区植物生活型与西北荒漠地区的组成差异 黑戈壁地区是西北荒漠地区最干旱的区

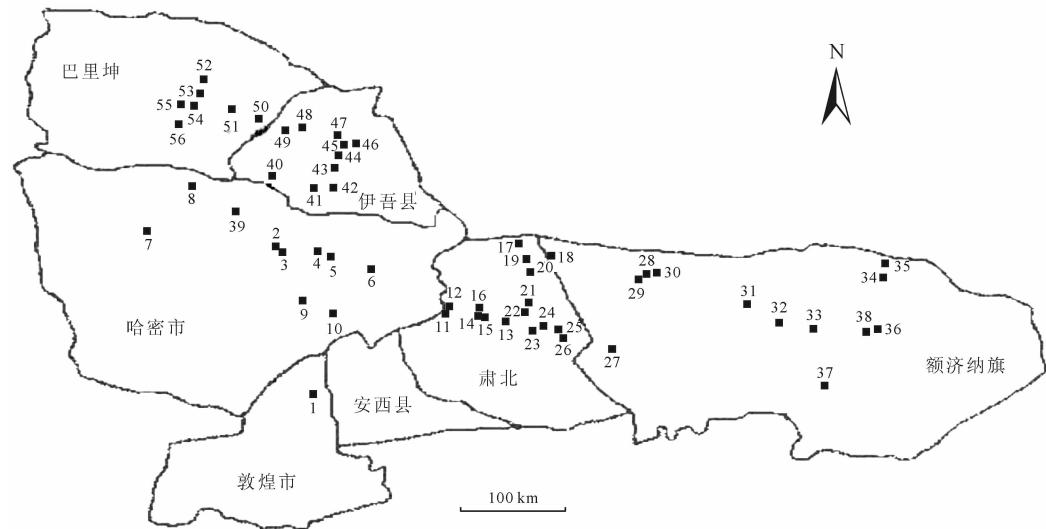


图1 黑戈壁调查的样点分布

Fig. 1 Distribution of survey samples in the Black Gobi desert

表1 中国黑戈壁植物生活型统计

Table 1 Life form composition of the plants in the Black Gobi desert in China

区域比例 Ratio	乔木 Arbor	灌木 Shrub			草本 Herb		
		灌木 Shrub	半灌木 Semi-shrub	小/小半灌木 Small shrub	一年生 Annual	二年生 Biennial	多年生 Perennial
黑戈壁种数 Species in Gobi desert	1	36	16	13	26	4	58
比例 Ratio/%	0.65	23.38	10.39	8.44	16.88	2.60	37.66
西北荒漠区种数 Species in desert of northwestern China	35	127	78	55	484	33	970
比例 Ratio/%	1.96	7.13	4.38	3.09	27.16	1.85	54.43

注:西北荒漠区物种数据引自潘晓玲等《西北干旱荒漠区植物区系地理与资源利用》,2001。

Notes: The data of species in northwestern China desert are derived from PAN XL, et al. Northwest arid desert region flora and resource utilization, 2001.

域,也是整个戈壁地区中最为干旱的区域,降水量低,无地表径流,植被覆盖度一般在5%以下,植被分布格局与物种组成数量受地形地貌以及环境异质性影响较大,建群种主要是灌木。在植物组成方面,与整个荒漠区比较,黑戈壁地区物种数量少,如乔木仅1种,但灌木所占比例(23.38%)远高于荒漠区(7.13%)。

3.1.3 科内物种组成情况 表2显示,在调查中记录的28科植物中,科内属、种数量较多的依次为藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Asteraceae*)、豆科(*Fabaceae*)、蒺藜科(*Zygophyllaceae*)、柽柳科(*Tamaricaceae*)、蓼科(*Polygonaceae*)以及禾本科(*Poaceae*)等;根据群落调查统计,黑戈壁地区群落建群种也主要由这7个大科植物组成,这7个大科植物属与种分别占黑戈壁地区记录的68.24%和77.92%。黑戈壁地区单种科比例很大,如单种科和寡种科(3种以下)占75.0%以上,表明该区植物科

内物种组成相对贫乏,同时,具有科的特殊性。

3.1.4 属内物种组成情况 对黑戈壁地区植物属内的物种数量统计结果(表3)显示,黑戈壁地区植物属内物种组成非常贫乏,3种以下的寡种属比例近90%,而包含7~10种较大属的比例不到5%。这几个大属是猪毛菜属(*Salsola*)、霸王属(*Zygophyllum*)以及蒿属(*Artemisia*)等3个。

3.2 黑戈壁植物物种组成分析

3.2.1 优势植物物种 根据对黑戈壁地区56个调查点的数据统计,物种分布频率(表4)和数量占优势的主要植物包括:红砂(*Reaumuria soongarica*)、盐生草(*Halogeton glomeratus*)、膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、合头藜(*Sympogma regelii*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*),这些植物分布的频率均在25%以上,是黑戈壁地区优势群落的建群种。

3.2.2 特有植物组成 黑戈壁地区中国特有物种组成相对其他地理区域更为贫乏,中国特有植物14种,包括:新疆沙拐枣(*Calligonum klementzii*)、哈密黄耆(*Astragalus hamiensis*)、胀果甘草(*Glycyrrhiza inflata*)、红花岩黄耆(*Hedysarum multijugum*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、粗茎霸王(*Zygophyllum loczyi*)、五柱红砂(*Reaumuria kaschgarica*)、黄花红砂(*R. trigyna*)、羊角子草(*Cynanchum cathayense*)、沙生鹤虱(*Lappula deserticola*)、肉苁蓉(*Cistanche deserticola*)等。但主要分布于戈壁内的植物较多,成为戈壁地区特有分布植物,如红砂、膜果麻黄、合头藜、短叶假木贼(*Anabasis brevifolia*)、细枝盐爪爪(*Kalidium gracile*)、梭梭、裸果木(*Gymnocarpos przewalskii*)、霸王、中亚紫菀木(*Asterothamnus centralasiaticus*)。

等。调查中发现黑戈壁地区极度干旱,环境异质性低,环境对于植物选择苛刻,造成植物适应与进化的单一而特殊。

3.2.3 主要的保护植物

黑戈壁地区主要的国家

表3 黑戈壁地区植物属内物种组成情况

Table 3 Species in each genus and its percentage in the Black Gobi desert

属内种数 Species	属的数量 Number	占属内比例 Ratio/%
1	56	65.88
2	15	17.65
3	4	4.71
4	6	7.06
5	1	1.18
7	1	1.18
10	2	2.35

表2 黑戈壁植物科属种统计

Table 2 Genera and Species in each family in the Black Gobi desert

科名 Family	属数 Genera	占总属比例 Ratio/%	种数 Species	占总种的比例 Ratio/%
藜科 Chenopodiaceae	17	20	36	23.38
菊科 Asteraceae	15	17.65	25	16.23
豆科 Fabaceae	10	11.76	19	12.34
蒺藜科 Zygophyllaceae	4	4.71	17	11.04
柽柳科 Tamaricaceae	2	2.35	8	5.19
蓼科 Polygonaceae	4	4.71	8	5.19
禾本科 Poaceae	6	7.06	7	4.55
列当科 Orobanchaceae	2	2.35	3	1.95
萝藦科 Asclepiadaceae	1	1.18	3	1.95
紫草科 Boraginaceae	2	2.35	3	1.95
白花丹科 Plumbaginaceae	2	2.35	2	1.3
百合科 Liliaceae	2	2.35	2	1.3
夹竹桃科 Apocynaceae	2	2.35	2	1.3
麻黄科 Ephedraceae	1	1.18	2	1.3
毛茛科 Ranunculaceae	1	1.18	2	1.3
十字花科 Brassicaceae	1	1.18	2	1.3
石竹科 Caryophyllaceae	2	2.35	2	1.3
车前科 Plantaginaceae	1	1.18	1	0.65
唇形科 Lamiaceae	1	1.18	1	0.65
胡颓子科 Elaeagnaceae	1	1.18	1	0.65
景天科 Crassulaceae	1	1.18	1	0.65
马鞭草科 Verbenaceae	1	1.18	1	0.65
蔷薇科 Rosaceae	1	1.18	1	0.65
茄科 Solanaceae	1	1.18	1	0.65
山柑科 Capparaceae	1	1.18	1	0.65
锁阳科 Cynomoriaceae	1	1.18	1	0.65
旋花科 Convolvulaceae	1	1.18	1	0.65
杨柳科 Salicaceae	1	1.18	1	0.65
总计	85	100	154	100

保护植物有胡杨、裸果木、胀果干草、肉苁蓉、梭梭。但很多物种在调查中分布的频度和数量较低，在保护中需要重点关注，特别是黑戈壁地区特有的植物，如霸王属(*Zygophyllum*)的草本植物等。

3.3 黑戈壁地区植物区系特点分析

3.3.1 黑戈壁地区植物科的分布区类型 从表5可以看出，黑戈壁地区调查记录的28科植物属于5个分布型和3个分布亚型，世界分布的16科，占总科数的57.14%，泛热带分布4科，东亚分布的1

科，北温带以及北温带和南温带间断分布有4科，其他欧亚和南美洲温带间断、旧世界温带、地中海区至中亚和南非洲和大洋洲间断分布各有1科。

3.3.2 黑戈壁地区植物属的分布区类型与地理成分分析 根据吴征镒关于中国种子植物属的分布区类型的划分方法，把黑戈壁地区植物划分为10个分布区类型，9个分布区变型(表6)。

(1)世界分布属有10属，占总属数的12.94%，包括：滨藜属(*Atriplex*)、补血草属(*Limonium*)、车

表4 黑戈壁不同样地主要植物分布频率

Table 4 Distribution frequency of the plant in the Black Gobi desert/%

植物名称 Plant name	敦煌 Dunhuang	哈密 Hami	伊吾 Yiwu	巴里坤 Balikun	肃北 Subei	黑鹰山 Black Hawk Hill	额济纳 Egina	标准差 Standard deviation	平均值 Mean	变异系数 Coefficient of variation
红砂 <i>Reaumuria soongarica</i>	25	45	29	33	90	86	73	27.81	54.40	51.11
盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	50	55	57	50	10	71	27	20.50	45.77	44.79
膜果麻黄 <i>Ephedra przewalskii</i>	50	27	29	33	60	29	36	12.55	37.73	33.26
沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	50	18	29	67	40	14	55	19.50	38.89	50.14
合头藜 <i>Sympogma regelii</i>	50	27	29	33	60	57	0	21.02	36.62	57.40
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	25	27	14	17	50	57	36	16.30	32.39	50.33
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	25	45	29	0	50	57	18	20.05	32.05	62.57
霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i>	50	18	14	17	40	29	18	13.68	26.56	51.52
雾冰藜 <i>Bassia dasypHYLLA</i>	0	18	43	50	0	57	0	25.47	24.03	106.00
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	25	9	0	0	30	14	73	25.30	21.59	117.18
灌木亚菊 <i>Ajania fruticulosa</i>	25	18	43	17	40	0	0	17.13	20.39	84.03
胡杨 <i>Populus euphratica</i>	25	0	29	50	0	0	27	19.32	18.69	103.36
柽柳 <i>Tamarix chinensis</i>	0	9	14	17	20	14	45	14.05	17.11	82.13
芦苇 <i>Phragmites communis</i>	25	18	29	17	0	0	27	12.12	16.53	73.33
木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>	0	27	0	17	10	43	9	15.49	15.13	102.39
戈壁藜 <i>Iljinia regelii</i>	0	27	29	50	0	0	0	20.25	15.12	133.90
裸果木 <i>Gymnocarpos przewalskii</i>	50	36	0	0	0	14	0	20.73	14.38	144.20
大花霸王 <i>Zygophyllum potaninii</i>	0	9	29	33	0	14	9	13.07	13.48	96.92
骆驼刺 <i>Alhagi sparsifolia</i>	25	18	29	17	0	0	0	12.47	12.63	98.71
石生霸王 <i>Zygophyllum rosowii</i>	25	9	14	17	20	0	0	9.63	12.15	79.26
黑果枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>	25	9	29	17	0	0	0	12.27	11.33	108.24
黄花补血草 <i>Limonium aureum</i>	25	9	0	0	10	29	0	12.04	10.38	115.98

表5 黑戈壁地区植物科的分布区类型

Table 5 Areal-types and subtypes of plan families in the Black Gobi desert in China

分布区类型 Areal type	科的数量 Number	占非世界分布 科的比例 Ratio/%
世界分布 Cosmopolitan	16	—
泛热带 Pantropic	4	33.33
东亚(热带、亚热带)及热带南美间断 Trop. & Subtr. E. Asia & (S.) Trop. Amer. Disjuncted	1	8.33
北温带 North Temperate	2	16.67
北温带和南温带间断分布 N. temp. & S. Temp. disjuncted	2	16.67
欧亚和南美洲温带间断 Eurasia & Temp. s. Amer. disjuncted	1	8.33
旧世界温带分布 Old World Temperate	1	8.33
地中海区至中亚和南非洲和/或大洋洲间断分布 Mediterranean to C. Asia & S. Africa, Australia disjuncted	1	8.33
总计 Total	28	100

表6 黑戈壁地区植物属的分布区类型
Table 6 Areal-types and subtypes of plant genera in the Black Gobi desert in China

分布区类型及变型 Areal type and variant	属数 Number	占黑戈壁非世界 分布属数 Ratio/%
1. 广布 Cosmopolitan	11	—
2. 泛热带 Pantropic	4	5.41
3. 旧世界热带 Old World Tropics	1	1.35
8. 北温带 North Temperate	14	18.92
8-4. 北温带和南温带间断分布 N. temp. & S. Temp. disjuncted	4	5.41
9. 东亚及北美间断 E. Asia & N. Amer. disjuncted	2	2.70
10. 旧大陆温带 Old World Temperate	8	10.81
10-1 地中海区,至西亚和东亚间断分布 Mediterranean. W. Asia (or C. Asia) & E. Asia disjuncted	2	2.70
10-2 地中海区和喜马拉雅间断分布 Mediterranean. & Himalaya disjuncted	1	1.35
10-3 欧亚和南美洲间断 Eurasia & S. Africa	1	1.35
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	5	6.76
12. 地中海区、西亚至中亚 Mediterranean. W. Asia to C. Asia	16	21.62
12-1. 地中海至中亚和南非洲、大洋洲间断 Mediterranean. W. Asia to C. Asia & S. Africa, Australasia disjuncted	3	4.05
12-2. 地中海区至中亚和墨西哥至美国南部间断 Mediterranean. W. Asia to C. Asia & Mexico to USA. disjuncted	1	1.35
12-3. 地中海区至温带、热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布 Mediterranean. to Temp.-Trop. Asia, Australasia & S. Amer. disjuncted	1	1.35
12-4 地中海区至热带非洲和喜马拉雅间断 Mediterranean. to Trop. Africa & Himalaya disjuncted	1	1.35
13. 中亚分布 C. Asia	4	5.41
13-1 中亚东部分布 East C. Asia	4	5.41
14. 东亚分布 E. Asia	2	2.70
15. 中国特有分布 Endemic to China	0	0.00

前属(*Plantago*)、槐属(*Sophora*)、黄芪属(*Astragalus*)、碱蓬属(*Suaeda*)、藨草属(*Scirpus*)、芦苇属(*Phragmites*)、旋花属(*Convolvulus*)、猪毛菜属(*Salsola*)。这些生活型主要为草本或半灌木的旱生植物,多属于菊科、禾本科、莎草科、藜科等世界分布的大科,除猪毛菜属、旋花属外,其他属植物主要分布于黑戈壁中一些特殊的水分条件较好的盐碱化环境中,分布范围小。

(2)泛热带与旧世界热带分布。与其他类型荒漠区植物组成比较,黑戈壁地区热带成分非常贫乏。只有泛热带分布有4属,鹅绒藤属(*Cynanchum*)、蒺藜属(*Tribulus*)、麻黄属(*Ephedra*)、山柑属(*Cappris*),旧世界热带分布的天门冬属(*Asparagus*)。黑戈壁地区位于荒漠地区的极端干旱的腹地,远离热带与亚热带;缺少地表水以及相对单一均质的自然环境导致植物渗透和繁殖困难,因此热带植物在这里发育困难,而且多为单种属。只有麻黄属植物,属于该区地形与气候变化残遗的热带常绿植被干旱变型,而且很好地适应了极端干旱的环境并有所发育,成为黑戈壁地区乃至整个荒漠地区的优势物种和分布广泛的植被建群种。调查中发现,麻黄属的膜果麻黄是黑戈壁地区植被的重要建群种,不仅能

生长发育良好,且在其群落中也分布较多的更新幼苗,相对其他建群种是很少见的。

(3)北温带成分在黑戈壁植物中占有较大比例,为18.92%。在植物区系中起到较为重要的作用,如杨属(*Populus*)、蒿属、驼绒藜属(*Ceratooides*)等是黑戈壁地区植被的重要建群种,其他如虫实属(*Corispermum*)、葱属(*Allium*)、短舌菊属(*Brachanthemum*)、风毛菊属(*Saussurea*)、拂子茅属(*Calamagrostis*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)、棘豆属(*Oxytropis*)、列当属(*Orobanche*)、蔷薇属(*Rosa*)、岩黄耆属(*Hedysarum*)、针茅属(*Stipa*)。这些植物是黑戈壁地区植被较为常见的伴生种。这一类型有北温带和南温带间断分布这一变型,有枸杞属(*Lycium*)、九顶草属(*Enneapogon*)、鹤虱属(*Lappula*)、盐角草属(*Salicornia*)等4属。其中枸杞属、盐角草属在黑戈壁的盐碱化生境占有较为重要的地位,有时成为优势种甚至群落的建群种。

(4)东亚及北美间断分布只有黄华属(*Thermopsis*)、罗布麻属(*Apocynum*)2属,该分布类型在黑戈壁地区分布范围有限。

(5)旧世界温带分布有柽柳属(*Tamarix*)、花花柴属(*Karelinia*)、芨芨草属(*Achnatherum*)、薊属

(*Cirsium*)、蓝刺头属(*Echinops*)、小甘菊属(*Cancrinia*)、旋覆花属(*Inula*)、偃麦草属(*Elytrigia*)，这些属在中国西北干旱区是重要群落建群种和优势种，但在黑戈壁地区，只在一些特殊的水分条件较好的区域出现，多形成单优群落。

该分布型在黑戈壁地区有3个变型：包括地中海区、西亚和东亚间断分布，木蓼属(*Atriplex*)、鸦葱属(*Scorzonera*)；地中海区和喜马拉雅间断分布，山莴苣属(*Lagedium*)；欧亚和南美洲间断分布，百脉根属(*Lotus*)。这些属除木蓼属、鸦葱属在戈壁中分布频度较大外，其他多为旧世界温带分布属，植物为建群种或优势种群落中的伴生种。

(6)温带亚洲分布有大黄属(*Rheum*)、锦鸡儿属(*Caragana*)、藜属(*Chenopodium*)、瓦松属(*Orostachys*)、亚菊属(*Ajania*)。这些属分布在黑戈壁中分布范围小，主要是在调查区外围一些水土条件好的草原化戈壁中分布。

(7)地中海区、西亚至中亚分布。这一分布区类型是黑戈壁植物区系中最具特色、最重要的群落组成部分，占黑戈壁属的21.62%，包括白刺属(*Nitraria*)、红砂属(*Reaumuria*)、骆驼刺属(*Alhagi*)、沙拐枣属(*Calligonum*)、梭梭属(*Haloxylon*)、雾冰藜属(*Bassia*)、盐豆木属(*Halimodendron*)、裸果木属(*Gymnocarpos*)、盐生草属(*Halopeplis*)、盐穗木

属(*Halostachys*)、彩花属(*Acantholimon*)、飞廉属(*Carduus*)、盐爪爪属(*Kalidium*)、假木贼属(*Anabasis*)、肉苁蓉属(*Cistanche*)、锁阳属(*Cynomorium*)。这些属所包含的物种是整个黑戈壁地区植物群落分布最为广泛、重要的建群种和优势种，多为旱生的木本，少数为盐生和寄生草本植物。

该分布区类型在黑戈壁地区有4个变型：分别是地中海至中亚和南非洲、大洋洲间断分布，包括霸王属(*Zygophyllum*)、苦马豆属(*Sphaerophysa*)。其中，霸王属植物是黑戈壁地区植被重要的建群种和优势种，是黑戈壁这一极端干旱区最特殊的草本适应类型，是黑戈壁地区的“绿色精灵”，是重要的基因资源植物。地中海区至中亚和墨西哥间断分布，仅石头花属(*Gypsophila*)1属。地中海区至温带、热带亚洲、大洋洲和南美洲间断分布，仅甘草属(*Glycyrrhiza*)1属。地中海区至热带非洲和喜马拉雅间断，有紫草属(*Lithospermum*)、软紫草属(*Arnebia*)2属。这3个变型在黑戈壁地区分布频度和范围都很小。

(8)中亚分布。该分布区类型在中国西北荒漠地区是重要组成部分，但在黑戈壁地区分布贫乏，主要是群落伴生类群，包括河西走廊属(*Hexinia*)、花旗竿属(*Dontostemon*)、蓝刺头属(*Echinops*)、紫菀木属(*Asterothamnus*)等4属。该分布区类型在黑戈

表7 黑戈壁地区植物属的分布型组成与临近区域比较

Table 7 The comparition of plant genus distribution between the Black Gobi desert and the adjacent area

分布区类型及变型 Areal types and variants	黑戈壁属数 Genera of Black Gobi	占非世界分布 属数比例 Ratio/%	阿拉善 地区属数 Genera of Alashan	占非世界分布 属数比例 Ratio/%	河西走廊 区属数 Genera of Hexi Corridor area	占非世界分布 属数比例 Ratio/%	西北荒漠区 属数 Genera Northwest desert area	占非世界 分布属数 Ratio/%
广布 Cosmopolitan	11	—	47	—	33	—	63	—
泛热带 Pantropic	4	5.41	15	6.00	13	9.77	24	5.91
北温带及其变型 North Temperate and its subtypes	18	24.32	98	39.20	52	39.10	124	30.54
旧世界温带及变型 Old World Tropics and its subtypes	12	16.22	48	19.20	17	12.78	66	16.26
温带亚洲分布 Temperate Asia distribution	5	6.76	16	6.40	6	4.51	19	4.68
地中海区、西亚至中亚及其 变型 Mediterranea, W. Asia to C. Asia and its subtypes	25	33.78	38	15.20	31	23.31	110	27.09
中亚分布及变型 C. Asia and its subtypes	8	10.81	24	9.60	12	9.02	46	11.33
东亚分布及变型 E. Asia and its subtypes	2	2.70	6	2.40	1	0.75	11	2.71
中国特有 Endemic to China	0	—	5	2.00	1	0.75	6	1.48
总计 Total	85		297		166		469	

注：阿拉善、河西走廊数据来源于潘晓玲等《西北干旱荒漠区植物区系地理与资源利用》，2001。

Notes: The data of Alashan and the Hexi Corridor are derived from PAN XL, et al. Northwest arid desert region flora and resource utilization, 2001.

壁有1个变型:中亚东部分布,有戈壁藜属(*Iljinia*)、合头草属(*Sympetrum*)、脓疮草属(*Panzeria*)、沙蓬属(*Agriophyllum*)4属。其中戈壁藜属、合头草属是黑戈壁地区重要建群种和优势种,特别是戈壁藜在新疆的黑戈壁地区分布广泛,往往形成单优群落。

(9)东亚分布。该分布区类型包含狗娃花属(*Heteropappus*)、铁线莲属(*Clematis*)、莸属(*Caryopteris*)等,但这些属在黑戈壁地区分布频度低,范围很小。

(10)黑戈壁地区特有成分贫乏,无中国特有属的分布。

4 讨 论

4.1 黑戈壁地区植物物种多样性组成与适应特点

单种属多,区系优势种明显。单种科和单种属的数量及其所占的比例,反映出植物进化的两个方面:一是新产生的科,其属、种尚未分化;二是进化过程中,属、种在特定地区大量灭绝,现存的是残遗的种类。因此,科内和属内物种的组成可以反映一个地区植物进化的历史和现状^[13]。分析黑戈壁地区,以及荒漠区植物科、属的组成可以得出,黑戈壁地区的植物受到苛刻自然条件,特别是干旱和土壤贫瘠的影响,物种的功能性状特化程度高,生活型组成相对其他地区也比较简单^[14-15],主要是灌木和多年生草本占据绝对的优势。

植物区系表现出强烈的旱生特点。黑戈壁地区由于极端干旱,无地表径流,以及高温、严寒及大风等严苛自然条件,植被组成简单,种类相对于其他生态系统类型组成贫乏。同时,黑戈壁地区的环境异质性低,这也在很大程度上限制了植物多样性发育与形成,但形成优势种与群落明显的植物区系,起源上多为古地中海旱生植物的后裔^[8]。在植物生活型上,以灌木与多年生草本植物为主,植物属的分布型多为北温带与地中海及中亚分布类型。虽然中国特有属与种缺乏,但主要分布在戈壁的种类也较多,如梭梭属、红砂属、霸王属、猪毛菜属等属的很多物种主要分布于黑戈壁地区,形成其特殊植物多样性。

植物适应方面,主要有以下几个类型:(1)形态结构与繁育对策适应干旱高温类型,很多优势种属于这种类型,如梭梭、红砂、霸王、沙拐枣、白刺、猪毛菜等;(2)特殊生理特征适应类型,如霸王属的很多植物,其器官不是退化,而是特化成肉质的茎叶;(3)机会类型,这些植物属于分布广泛的物种,一些偶然

的水土机会而繁殖生长的物种,如一些短命的植物和一些草本植物,但分布区域一般比较小,且多为群落伴生种。

4.2 黑戈壁地区植物区系来源与演化

目前对于荒漠地区植物区系发生与形成问题,有很多不同观点。国外一些学者认为荒漠地区特有种类少,植物区系起源是年轻的;同时,也有根据地质历史研究推断荒漠区植物区系的形成是古老的^[16-18]。雍世鹏^[19]认为,中国荒漠戈壁区植物区系成分主要来源于古地中海旱生植物;潘晓玲等^[20]根据地史、古气候及孢粉学资料研究认为,干旱荒漠区

表8 黑戈壁地区种子植物物种占荒漠地区的比例

Table 8 The proportion of Black Gobi plant species in desert region

科名 Family name	黑戈壁 区系种数 Species of the Black Gobi flora	西北荒漠区种数 Species of the northwest desert area	占荒漠区的 比例 Ratio/%
锁阳科 Cynomoriaceae	1	1	100
山柑科 Capparaceae	1	1	100
马鞭草科 Verbenaceae	1	1	100
蒺藜科 Zygophyllaceae	18	25	72
萝藦科 Asclepiadaceae	3	7	42.86
列当科 Orobanchaceae	3	10	30
柽柳科 Tamaricaceae	9	30	30
夹竹桃科 Apocynaceae	1	4	25
藜科 Chenopodiaceae	36	149	24.16
胡颓子科 Elaeagnaceae	1	5	20
紫草科 Boraginaceae	3	18	16.67
麻黄科 Ephedraceae	2	12	16.67
豆科 Fabaceae	21	171	12.28
车前科 Plantaginaceae	1	8	12.5
旋花科 Convolvulaceae	1	8	12.5
白花丹科 Plumbaginaceae	2	16	12.5
景天科 Crassulaceae	1	9	11.11
蓼科 Polygonaceae	8	74	10.81
菊科 Asteraceae	28	273	10.26
茄科 Solanaceae	1	12	8.33
石竹科 Caryophyllaceae	2	35	5.71
百合科 Liliaceae	2	40	5
禾本科 Poaceae	7	165	4.24
毛茛科 Ranunculaceae	2	51	3.92
唇形科 Lamiaceae	1	44	2.27
杨柳科 Salicaceae	1	26	3.85
十字花科 Brassicaceae	2	96	2.08
蔷薇科 Rosaceae	1	49	2.04

注:西北干旱区植物物种数据来源于潘晓玲等《西北干旱荒漠区植物区系地理与资源利用》,2001。

Notes: The data of species in northwest arid area are derived from PAN XL,*et al.* Northwest arid desert region flora and resource utilization, 2001.

植物区系成分可划分为古地中海和东亚两大类。通过与黑戈壁临近区域的植物属的分布型组成的比较(表7),可以看出黑戈壁植物区系中地中海区、西亚至中亚及其变型的比例达33.78%,高于阿拉善地区、河西走廊地区以及整个荒漠地区该分布型的比重,黑戈壁地区植物群落组成的建群种和优势种主要有白刺属、红砂属、骆驼刺属、沙拐枣属、梭梭属、盐豆木属、裸果木属、盐生草属、盐穗木属、盐爪爪属、假木贼属等属的植物;而北温带及其变型的比例则低于其他两个区域,但东亚成分在黑戈壁地区没有分布。因此,可以推断黑戈壁地区植被与植物组成的残遗性和古老性,主要来源于古地中海和中亚成分。由于黑戈壁地区极端干旱,土壤养分贫乏,而且环境异质性程度低,不利于植物物种的分化,也不利于其他地区植物入侵与定居,植物的演化主要是形态结构、生理和行为的适应与特化。

在物种组成方面(表8),荒漠地区特征科的锁阳科、山柑科等主要分布于极端干旱的戈壁地区,而蒺藜科、列当科、萝藦科、柽柳科、藜科等科物种数量也占有整个荒漠地区植物物种的较大比例。而且,这些植物不仅是荒漠地区重要的物种,也是重要的表征物种。因此,极端干旱的黑戈壁地区是荒漠地区的区域特色植物物种资源和基因资源的重要区域和保存地。

4.3 黑戈壁地区植物资源的保护

黑戈壁植物是严苛自然环境残存和进化的特殊类型,这些植物是重要的基因资料,利用中应重点考虑其基因资源的利用和引种,尽量减少对当地资源

利用。黑戈壁生态系统非常脆弱,一旦破坏,很难恢复。这是植物特殊生长与繁殖特性决定的,建群植物多采用无性繁殖维持种群。种子繁殖非常困难,在调查中几乎看不到种子更新的幼苗存在。这些现象显示黑戈壁地区很多植物的个体生存和植被维持依赖于无性繁殖和特殊适应干旱的对策,可能植物个体存在的历史已经很久远了,一旦破坏即无法恢复。

在考察中我们也发现,因为黑戈壁蕴藏着丰富的矿产资源,近年来采矿和破坏黑戈壁环境的问题也很普遍。因此,尽快开展黑戈壁植被与植物资源的调查,深入研究戈壁植被与物种多样性维持机制,不仅可以丰富生态学领域研究的新理论并取得突破性的研究成果,同时对于戈壁自然资源合理利用与保护,保护戈壁中珍贵的物种基因资源,以及未来应对气候变化和维持戈壁地区国土安全等都有着重要的理论与实践价值。

近年来,戈壁地区植物多样性资源受到国外学术界的重视,如德国、日本学者在中国西北和蒙古国,特别是在蒙古国一些戈壁地区开展了较多的研究工作,包括植被及物种多样性分布与环境因子的关系^[21-23],放牧以及社会经济体系转变对于植被组成格局与分布的影响及保护措施^[24],气候变化对群落生产力的影响以及植被生长与沙尘的发生关系^[22,25]等,这些研究能够为当地植物资源的保护利用提供很好的数据支撑。另一方面,作为中国生态学工作者,不免产生对于戈壁自然资源,特别是珍稀基因资源保护的危机感。

致谢:调查中得到黑戈壁考察队全体队员的大力支持,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] ZHANG Q(张 强),WANG SH(王 胜),WEI G A(卫国安). A study on parameterization of local land-surface physical processes on the Gobi of Northwest China[J]. *Chinese Journal of Geophysics*(地球物理学报),2003,**46**(5):616—623(in Chinese).
- [2] ZHAO Q(赵 强),ZHANG X M(张希明). A preliminary study on the characteristics of population families of the halophilous herbaceous plants in Qira Gobi Desert, Xinjiang[J]. *Arid Zone Research*(干旱区研究),2003,**20**(3):221—225(in Chinese).
- [3] 刘婧心. 中国沙漠植物志[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [4] DANG R L(党荣理),PAN X L(潘晓玲). Floristic analysis of seed plant families in West-North Desert of China[J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*(西北植物学报),2002,**22**(1):24—32(in Chinese).
- [5] CHEN P(陈 鹏),PAN X L(潘晓玲). The floristic characteristics in the Area of the Hexi Corridor[J]. *Bulletin of Botanical Research*(植物研究),2001,**21**(1):24—30(in Chinese).
- [6] PAN X L(潘晓玲),ZUO J B(左家哺). Quantitative study on seed flora resemblance in Northwestern China[J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*(西北植物学报),1997,**17**(1):94—102(in Chinese).

- [7] 潘晓玲,党荣理,伍光和.西北干旱荒漠区植物区系地理与资源利用[M].北京:科学出版社,2001.
- [8] LIU Y X(刘媖心). A study on origin and formation of the Chinese Desert Floras[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*(植物分类学报), 1995, **33**(2):131—143(in Chinese).
- [9] PFEIFFER M,CHIMEDREGZEN L,ULYK PAN K. Community organization and species richness of ants (Hymenoptera/Formicidae) in Mongolia along an ecological gradient from steppe to Gobi desert[J]. *Journal of Biogeography*, 2003, **30**(12):1 921—1 935.
- [10] KARSTEN W,SABINE M,GEORG M. Plant communities of the Gobi Gurvan Sayhan National park (South Gobi Aymak,Mongolia)[J]. *Candollea*, 2005, **60**(1):149—205.
- [11] WU ZH Y(吴征镒). The areal-types of Chinese genera of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*(云南植物研究), 1991, 增刊(IV):1—139(in Chinese).
- [12] WANG H SH(王荷生). The nature of China's flora and the relationships between its different element[J]. *Acta Botanica Yunnanica*(云南植物研究), 2000, **22**(2):119—126(in Chinese).
- [13] PAN X L(潘晓玲),WANG X C(王才学),LEI J Q(雷加强). Some consideration on evolution and control of ecological environment of arid regions in Western China[J]. *Advance in Earth Sciences*(地球科学进展), 2001, **16**(1):24—27(in Chinese).
- [14] RIETKERK M,OUEDRAOGO T,KUMAR L,*et al*. Fine-scale spatial distribution of plants and resources on a sandy soil in the Sahel [J]. *Plant and Soil*, 2002, **239**(1):69—77.
- [15] SASAKI T,OKAYASU T,TAKEUCHI K,*et al*. Patterns of floristic composition under different grazing intensities in Bulgan, South Gobi, Mongolia[J]. *Grassland Science*, 2005, **51**(3):235—242.
- [16] XIE L,YANG Y. Miocene origin of the characteristic broad-leaved evergreen shrub ammopiptanthus (Leguminosae) in the Desert Flora of Eastern Central Asia[J]. *International Journal of Plant Sciences*, 2012, **173**(8):944—955.
- [17] CHENG Y(程芸),YUAN L(袁磊). Study on geographic distribution of endemic plant species in Xinjiang[J]. *Arid Zone Research*(干旱区研究), 2011, **28**(5):854—859(in Chinese).
- [18] HERNANDEZ T H,COLORADO W B,SOSA V. Molecular evidence for the origin and evolutionary history of the rare American desert monotypic family Setchellanthaceae[J]. *Organisms Diversity and Evolution*, 2013, **4**:1—12.
- [19] YONG SH P(雍世鹏),ZHU Z Y(朱宗元). A certain fundamental characteristics of Gobi Desert Vegetation in the Centre Asia[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*(Nat. Sci. Edi.) (内蒙古大学学报·自然科学版), 1992, **23**(2):235—244(in Chinese).
- [20] PAN X L(潘晓玲),MA Y J(马映军),GAO W(高炜),*et al*. Eco-environmental evolution in Arid Area of West China[J]. *Journal of Desert Research*(中国沙漠), 2004, **24**(6):663—673(in Chinese).
- [21] SUGIMOTO N,HARA Y,YUMIMOTO K,*et al*. Dust emission estimated with an assimilated dust transport model using lidar network data and vegetation growth in the Gobi desert in Mongolia[J]. *SOLA*, 2010, **6**:125—128.
- [22] WEHRDEN H V,WESCHE K. Relationships between climate, productivity and vegetation in southern Mongolian drylands[J]. *Basic and Applied Dryland Research*, 2007, **1**(2):100—120.
- [23] WEHRDEN H V,HILBIG W D,WESCHE K D. Plant communities of the Mongolian Transaltay Gobi[J]. *Feddes Repertorium*, 2006, **117**(7—8):526—570.
- [24] OKAYASU T,MUTO M,JAMSAN U,*et al*. Spatially heterogeneous impacts on rangeland after social system change in Mongolia[J]. *Land Degradation and Development*, 2007, **18**(5):555—566.
- [25] WESCHE K,WEHRDEN H V. Surveying Southern Mongolia:application of multivariate classification methods in drylands with low diversity and long floristic gradients[J]. *Applied Vegetation Science*, 2011, **14**(4):561—570.