

罗布泊及周边地区植物区系和植被特征兼论植被的恢复与保护[#]

王立辉¹ 于顺利^{*2} 周晋峰³ 卢善龙⁴

(1. 西藏自治区高原生物研究所, 拉萨, 85000; 2. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京, 100093; 3. 中国生物多样性保护和绿色发展基金会, 北京, 100035; 4. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京, 100101)

摘要: 在对罗布泊及周边地区植物和植被资源广泛调查的基础上, 分析了该区植物的区系成分, 阐述了该区的植被类型及其物种组成、结构, 计算了主要群落的物种丰富度及多样性, 研究了该区主要植被类型的演替规律, 并在此基础上提出了该区的植被保护与恢复的建议。结果显示: 罗布泊及其周边地区共有种子植物 27 科 53 属 74 种, 其中包括栽培植物 2 种, 省级保护植物 7 种, 生活型以草本植物占绝对优势, 木本植物以灌木为主, 乔木树种极少。该区藜科(Chenopodiaceae)和禾本科(Poaceae)种类最多, 单种科和单种属占较大的比例。该区区系成分分布最多的为世界广布类型, 其次为北温带分布类型和地中海区、西亚至中亚地区分布类型。该区主要植被类型有胡杨林、多枝怪柳灌丛、芦苇群落、花花柴群落、黑果枸杞群落、铃铛刺灌丛群落、骆驼刺群落、沙拐枣群落等, 这些群落物种丰富度和多样性指数偏低、结构简单、物种组成单一, 符合典型荒漠生态系统的特点。通过对胡杨更新表和群落的结构分析, 部分胡杨林群落处于退化阶段、部分胡杨林更新正常, 群落退化的原因就是由于水资源的极度匮乏, 建议进一步规划好当地水资源的利用。

关键词: 罗布泊及其周边地区; 植物区系组成; 植被类型; 物种多样性特征; 植被的恢复与保护

王立辉, 于顺利, 周晋峰, 卢善龙. 罗布泊及周边地区植物区系和植被特征兼论植被的恢复与保护. 生物多样性保护与绿色发展, 第 1 卷第 1 期. 2022 年 2 月, ISSN2749-9065

Flora analysis and vegetation characteristics of Luobupo and its surrounding regions as well as discussion on their restoration and conservation

Wang Lihui¹, Yu Shunli², Zhou Jinfeng³, Lu Shanlong⁴

[#]中国生物多样性保护与绿色发展基金会研究室资助; *通讯作者

(1. Institute of Plateau Biology of Tibet Autonomous Region , Lhasa; 2. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences; 3. China Biodiversity Conservation and Green Development Foundation, 4. Key Laboratory of Digital Earth Science Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Beijing, 100101)

Abstract On basis of wide investigation on plant and vegetation resources of Luobupo and its surrounding regions, their flora elements were analyzed and their vegetation types including species composition and structure were described. On basis of these, their species richness and diversity were calculated. Suggestions on restoration and protection of plants resources were provided after studying succession trends of the dominant vegetation in Luobupo and its surrounding regions. Results showed that there were 74 species, 53 genus and 27 families of seed plants, including 2 cultivated species and 7 protected species listed by the government of Xinjiang Autonomous Region. Herbs are the dominant growth forms, followed by wooden plants in which shrubs are abundant and trees are rare. This region have the most abundant species of Chenopodiaceae and Poaceae as well as more mono-species families or genera. Cosmopolitan genus is the dominant distribution types, followed by Northern Temperate and Mediterranean & Western Asia to Central Asia types. The dominant vegetation types are *Populus euphratica* biomes, *Tamarix ramosissima* biomes, *Phragmites australis* biomes, *Karelinia caspia* biomes, *Lycium ruthenicum* biomes, *Halimodendron halodendron* biomes, *Alhagi sparsifolia* biomes and *Typha angustifolia* biomes with lower species richness and diversity and simple structure, corresponding to desert vegetation diversity traits. Some *Populus euphratica* forests are being in degradation stage owing to water shortage in soil, therefore, local water resource utility planning should be conducted carefully for future reasonable availability.

Key words: Luobupo and its surrounding regions, flora, vegetation types, species diversity traits, restoration and protection of vegetation

1 绪论

植物是地球生态系统的第一生产力的生产者，是维系整个生态系统生态平衡、正常运

转的基础。一般说来,对区域自然资源的综合考察,植物的本底调查是最根本的和最基础的工作。对罗布泊地区的资源考察,当然也不例外,植物资源和植被资源的调查是不可缺少的内容。对区域植物区系、植被类型的物种组成和结构研究是区域植被恢复和保护的前提(王继和等,2008)。

群落多样性是指群落在外貌、组成、结构、功能和动态方面所表现出的丰富多彩与千差万别,对群落多样性的研究是生态学研究不可缺少的基础工作,近几十年来从未间断(马克平等,1996;张锦春等,2006;程芸等,2018)。对群落组成、结构的研究及多样性的测定可以反应群落及其环境的保护现状,可以预知其演替趋势,从而为控制和减少濒危物种的丧失、保护生态系统关键种等等具有重要意义(张锦春等,2006)。

罗布泊及其周边区域位于中国新疆塔里木盆地东部,中国最大沙漠塔克拉玛干沙漠的最东缘,是世界上著名的干旱中心,公元330年以前该处湖水尚较多,其西北侧的繁华的楼兰城为著名的“丝绸之路”之咽喉,之后由于气候变迁及人类水利工程影响,导致上游来水减少,直至干涸,现仅为大片盐壳。近几十年来,包括兴修水利、引水放水、农业灌溉等人类活动,曾一度导致塔里木河的断流^[1],这些严重影响了罗布泊及其周边地区的植物和植被资源分布。到底罗布泊及其周边地区植物资源现状如何,迄今为止,尚未见报道。

全球气候有转暖趋势已经是个不争的事实^[2],尤其近年来,我国的西部地区包括甘肃、内蒙、新疆、西藏等地区降雨都有增多、绿化面积有增大趋势^[3]。正当此时,对罗布泊及其周边地区进行科学考察,研究罗布泊及其周边地区植物和植被资源的现状、演替规律,预测其发展趋势,并对植物资源进行长期的定点观测,可为西北地区的绿色发展和重大工程决策提供科学支撑。

2 研究方法

2.1 地点描述

该文所提及的罗布泊及其周边区域,主要在新疆的焉耆县、博湖县、库尔勒市、尉犁县以及若羌县境内,地理坐标大约在 $86^{\circ}45'04.92''$ — $92^{\circ}01'19.56''$, $39^{\circ}35'20.48''$ — $41^{\circ}49'05.27''$,属于塔里木河流域。塔里木河位于新疆南疆塔里木盆地,由和田河、叶尔羌河、喀什噶尔河和阿克苏河于阿瓦提县肖加克附近汇流而成,是我国最大的内陆河。塔里木河流域属温带荒漠气候,气候干燥、降雨稀少、蒸发强烈、光热资源丰富,平原区年均降水仅 $20\sim 80\text{ mm}$,蒸发量高达 $2500\sim 3000\text{ mm}$,最大风速 40 m/s ,年均温度 10°C 以上,无霜期 $160\sim 240\text{ d}$ ^[4],海拔 780 米左右。

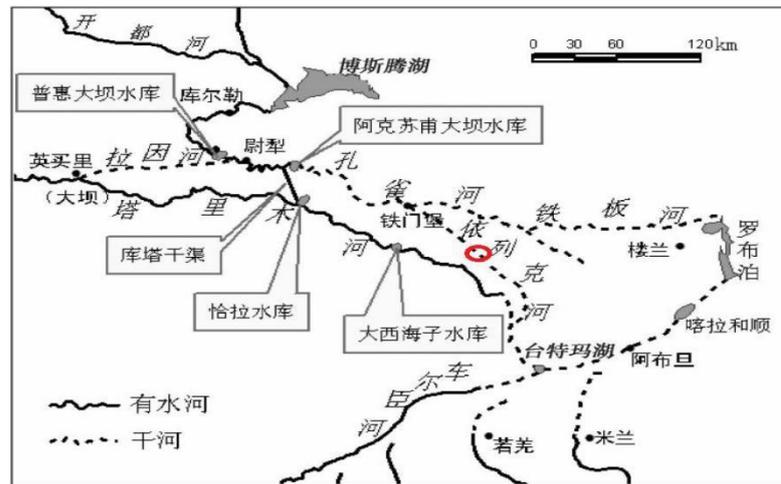


图 1 罗布泊及其周边考查范围图

Fig.1 Investigation areal map of Luobupo and its surrounding regions

2.2 调查和研究方法

植物分布的种类调查采用样线法和样地法相结合的方法，植被资源的调查采用样地、样方法进行。自然样地的选择一般选择人类活动轻微的典型地区，森林生态系统样方调查面积一般为10m×10m或20m×20m，灌木生态系统一般设置5m×5m，草本生态系统样方调查面积一般为1m×1m，每个地点一般设置至少3个样方作为重复。记录每个样方出现的物种、统计物种个体数量，测定物种的高度、盖度。乔木层的更新采用每木检尺、测量胸径。用GPS(HOLUX Technology Inc., Taiwan)测定每个样地的地理位置。共设置样方121个，其中森林生态系统样方23个，灌木生态系统样方24个，草本生态系统样方74个。物种丰富度选用 Gleason指数D。

$D=S/\ln A$ ，式中A为单位面积，S为群落中的物种数目，草本群落计算时按照面积2m²统计物种数^[5]。

物种多样性指数选用Shannon—Wiener 指数 $H(H=-\sum P_i \ln P_i)$ ， P_i 为此物种个体占总个体数的比例^[5]。

方差分析比较了乔木群落、灌木群落和草本群落多样性指数的差异显著性。

3 结果

3.1 罗布泊及其周边地区植被物种组成及区系基本特征

在罗布泊及其周边地区共发现有种子植物 27 科 53 属 74 种，其中裸子植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 26 科 52 属 73 种，其中包括栽培植物 2 种，即：陆地棉和南瓜。列入新疆保护植物名录 1 级保护的有蓝枝麻黄(*Ephedra glauca*)、灰胡杨(*Populus pruinosa*)、胀果甘草

(*Glycyrrhiza inflata*)、罗布麻(*Apocynum venetum*)、大叶白麻(*Poacynum hendersonii*)、白麻(*Poacynum pictum*)，2级保护的有塔里木沙拐枣(*Calligonum roborovski*)。被子植物占区域种子植物总数的98.6%，在数量上占绝对优势。罗布泊及其周边地区植物种类组成如表1所示。

表1 罗布泊及其周边地区植物科、属和种的数量

Table 1 Number of plant families, genus and species in Luobupo and its surrounding regions

科中文名	科拉丁名	科的数量	属的数量	种的数量
藜科	Chenopodiaceae	1	9	16
菊科	Asperaceae	1	5	5
豆科	Leguminosae	1	4	5
禾本科	Poaceae	1	6	7
怪柳科	Tamaricaceae	1	2	4
蒺藜科	Zygophyllaceae	1	1	2
蓼科	Polygonaceae	1	1	2
百合科	Liliaceae	1	1	2
杨柳科	Salicaceae	1	2	5
夹竹桃科	Apocynaceae	1	2	3
莎草科	Cyperaceae	1	3	3
毛茛科	Ranunculaceae	1	2	2
麻黄科	Ephedraceae	1	1	1
胡颓子科	Elaeagnaceae	1	1	2
十字花科	Cruciferae	1	1	1
榆科	Ulmaceae	1	1	1
茄科	Solanaceae	1	1	2
苋科	Amaranthaceae	1	1	1
石竹科	Caryophyllaceae	1	1	1
蔷薇科	Rosaceae	1	1	1
小二仙草科	Iridaceae	1	1	1
香蒲科	Typhaceae	1	1	2

锦葵科	Malvaceae	1	1	1
罗摩科	Asclepiadaceae	1	1	1
车前科	Plantaginaceae	1	1	1
葫芦科	Cucurbitaceae	1	1	1
茨藻科	Najadaceae	1	1	1
总计		27	53	74

由表 1 可知, 罗布泊及其周边地区种子植物各科具有属的数量大都比较少, 含 6 属以上的科仅有 2 个, 如藜科 9 属、禾本科 6 属, 共含 15 属, 分别占总科数的 7.4%, 占属数量的 28.3%。而含 1~5 属的有 25 科、38 属, 分别占总科数的 92.6%和属数量的 71.7%, 这些单属科和少属科在区系组成中占有重要地位。科内种的组成与科内属的组成相似, 含种数较多的科少, 含种数较少的科多, 含 10 种以上的科有 1 个、共 16 种, 占总科数的 3.7% 和总种数的 21.6%; 含 2~9 种的科有 14 个、共 46 种, 占总科数的 51.9%和总种数的 86.8%; 此外, 含 1 种的科高达 12 个科、12 种, 占总科数的 44.4%和总种数的 16.2%, 由此也反映了当地自然条件的恶劣、生境的单一性。另外, 在自然分布的种类中, 乔木生活型只占 7.35%, 灌木占 19.12%, 草本 (包括两种草质藤本) 占 73.53%。

3.2 罗布泊及其周边地区植物区系地理成分分布类型

根据野外调查资料, 依照吴征镒 (1991) 《中国种子植物属的分布区类型》^[6], 将罗布泊及其周边地区种子植物的 51 个自然属归入 11 个分布类型(见表 2)。吴征镒认为在植物区系的统计和分析中, “属”这一分类等级具有最高的利用价值, 一个属所包含的种常具有同一起源和相似的进化趋势, 所以从植物地理学的观点来看, 属能较准确地反映植物系统发育过程中的进化分化情况和地区性特性^[7]。

罗布泊及其周边地区共有 51 个自然分布属植物(表 2), 其中最多的为世界分布类型 15 属, 占属总数量 29.4%, 即藜属(*Chenopodium*)、碱蓬属(*Suaeda*)、猪毛菜属(*Salsola*)、苋属(*Amaranthus*)、铁线莲属(*Clematis*)、独行菜属(*Lepidium*)、狐尾藻属(*Myriophyllum*)、车前属(*Plantago*)、茨藻属(*Najas*)、香蒲属(*Typha*)、甜茅属(*Glyceria*)、芦苇属(*Phragmites*)、薹草属(*Carex*)、蘆草属(*Scirpus*)、莎草属(*Cyperus*)等; 其次为北温带分布类型, 共 11 属, 占总属数的 21.5%, 有杨属(*Populus*)、柳属(*Salix*)、榆属(*Ulmus*)、盐角草属(*Salicornia*)、米努草属

(*Minuartia*)、碱毛茛属(*Halerpestes*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)、枸杞属(*Lycium*)、蒲公英属(*Taraxacum*)、还阳参属(*Crepis*)、拂子茅属(*Calamagrostis*)等；地中海区、西亚至中亚地区分布类型也有 11 属，占总属数的 21.5%，有沙拐枣属(*Calligonum*)、盐爪爪属(*Kalidium*)、盐穗木属(*Halostachys*)、盐生草属(*Halogeton*)、盐节木属(*Halocnemum*)、假木贼属(*Anabasis*)、铃铛刺属(*Halimodendron*)、甘草属(*Glycyrrhiza*)、骆驼刺属(*Alhagi*)、霸王属(*Zygophyllum*)、花花柴属(*Karelinia*)；泛热带分布类型 5 属，占总属数的 9.8%，有麻黄属(*Ephedra*)、苦马豆属(*Sphaerophysa*)、鹅绒藤属(*Cynanchum*)、狗尾草属(*Setaria*)、虎尾草属(*Chloris*)；旧世界温带分布类型 3 属，占总属数的 5.8%，有怪柳属(*Tamarix*)、水柏枝属(*Myricaria*)、芨芨草属(*Achnatherum*)；东亚和北美洲间断分布类型有罗布麻属(*Apocynum*) 1 属，占总属数的 2.0%；中国特有分布类型仅有河西菊属(*Hexinia*)1 属，占总属数的 2.0%；东亚分布类型占总属数的 2.0%，有狗娃花属(*Heteropappus*)1 属；中亚分布类型占总属数的 2.0%，有白麻属(*Poacynum*)1 属；旧世界热带分布类型占总属数的 2.0%，有天门冬属(*Asparagus*)1 属；温带亚洲分布类型占总属数的 2.0%，有地蔷薇属(*Chamaerhodos*)1 属。

表 2 罗布泊及其周边地区种子植物属的分布区类型数量及百分比
Table 2 Number and percentages of genus distribution types of seed plants in Luobupo and its surrounding regions

分布区类型 Distribution types	数量 Number	百分比/% Percentages
世界分布 Cosmopolitan	15	29.4
泛热带分布 Pantropic	5	9.8
旧世界热带分布 Tropical Asia & Tropical America	1	2.0
北温带分布 Northern Temperate	11	21.5
东亚和北美洲间断分布 Eastern Asia & Northern American disjuncted	1	2.0
旧世界温带分布 Old World Temperate	3	5.8
温带亚洲分布 Temperate Asia	1	2.0
地中海区、西亚至中亚地区分布 Mediterranean & Western Asia to Central Asia	11	21.5
中亚分布 Central Asia	1	2.0
东亚分布 Eastern Asia	1	2.0
中国特有分布 Endemic to China	1	2.0
合计 Total	51	100

3.3 罗布泊及其周边区域的主要植被类型及物种多样性特征

罗布泊及其周边区域的植被类型较为丰富，植被类型或群落类型按照优势种确定，优势群落主要有胡杨林群落、芦苇群落、多枝怪柳群落等，还有大面积的棉花农田；但群落内的物种丰富度较低，多样性指数偏低(表 3)，胡杨林群落 100m²的样方内有植物种类 1-5 个，芦苇群落 1 m²的样方内有植物种类 1-3 种，多枝怪柳群落 25 m²的样方内有 1-5 个种类。经方差分析，结果表明胡杨林群落的多样性指数显著高于芦苇等草本群落，显著低于多枝怪柳等灌木群落。

表3 罗布泊及其周边区域样地物种丰富度及多样性

Table 3 Species richness and diversity indices of communities in Luobupo and its surrounding regions

序号 Number	植被类型 Vegetation types	平均物种丰富度 (D) Average species richness	平均物种多样性指数(H) Average species diversity
1	胡杨林群落 <i>Populus euphratica</i> biomes	0.48 ± 0.19	0.56 ± 0.37
2	芦苇群落 <i>Phragmites australis</i> biomes	5.03 ± 2.53	0.21 ± 0.27
3	多枝怪柳群落 <i>Tamarix ramosissima</i> biomes	0.88 ± 0.25	0.70 ± 0.21
4	花柴群落 <i>Karelinia caspia</i> biomes	4.10 ± 0.31	0.25 ± 0.28
5	黑果枸杞群落 <i>Lycium ruthenicum</i>	5.62 ± 0.15	0.56 ± 0.32
6	铃铛刺群落 <i>Halimodendron halodendron</i> biomes	0.52 ± 0.14	0.35 ± 0.23
7	骆驼刺群落 <i>Alhagi sparsifolia</i> biomes	5.05 ± 0.72	0.39 ± 0.26
8	香蒲群落 <i>Typha angustifolia</i> biomes	6.49 ± 0.72	0.33 ± 0.33
9	沙拐枣群落 <i>Calligonum mongolicum</i> biomes	2.73 ± 0	0 ± 0
10	小叶碱蓬群落 <i>Suaeda microphylla</i> biomes	2.73 ± 0	0 ± 0
11	短穗怪柳群落 <i>Tamarix laxa</i> biomes	0.31 ± 0	0 ± 0
12	胀果甘草群落 <i>Glycyrrhiza inflata</i> biomes	5.77 ± 0	0.64 ± 0
13	白麻群落 <i>Poacynum pictum</i> biomes	2.89 ± 0	0 ± 0
14	杂草群落 Mixed herb biomes	5.93 ± 2.14	0.44 ± 0.35
15	杂灌丛群落 Mixed shrub biomes	0.93 ± 0.62	0.66 ± 0.66
16	陆地棉人工群落 <i>Gossypium hirsutum</i> artificial communities	5.05 ± 0.72	0.14 ± 0.09

3.4 胡杨林更新和演替

罗布泊及其周边区域的胡杨林主要分布于塔里木河流域，从调查的样方资料来看，胡杨林群落有两种类型，即更新不良的群落(表 4)和更新正常的群落(表 5)。更新不好的群落只有成年树，没有幼苗和幼树；而更新正常的群落既有成年树，又有幼苗和幼树。

表 4 罗布泊及其周边地区胡杨林更新数据表—退化群落

中文名	拉丁名	胸径 (cm)	高度 (m)	株数
胡杨	<i>Populus euphratica</i>	30-40	7	1
		20-30	5-5.8	2
		10-20	3.5-4.5	4

Table 4 Regeneration data of *Populus euphratica* forests in Luobupo and its surrounding regions

表 5 罗布泊及其周边地区胡杨林更新数据表—正常群落

Table 5 Regeneration data of *Populus euphratica* forests in Luobupo and its surrounding regions

中文名	拉丁名	胸径 (cm)	高度 (m)	株数
胡杨	<i>Populus euphratica</i>	30-56	3	3
		2	1	1
		1	0.8	1
		< 1	0.8-1	4

4 讨论

在所考察的罗布泊及其周边地区，植物种类较为贫乏，缺乏植物生存的良好生境，其植物区系以藜科、禾本科植物种类占优势。罗布泊地区土壤盐碱化、沙化严重，藜科植物多生活在干旱、半干旱及盐碱土地区，往往对于干旱气候、盐碱化土壤具有较高的适应能力。禾本科对环境的适应性也很强，作为草本植物，其比乔木、灌木分布更广，草本个体数量之多，居高等植物之冠，不少为荒漠草原优势种或建群种，两者与罗布泊及周边地区恶劣的自然条件相适应，故而藜科和禾本科物种分布最多。

该区有一些药用植物有，如罗布麻(*Apocynum venetum*)、白麻(*Poacynum pictum*)、蓝枝麻黄(*Ephedra glauca*)、多枝怪柳(*Tamarix ramosissima*)、胀果甘草(*Glycyrrhiza inflata*)、沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)等。饲用植物有益生草(*Halogeton arachnoideus*)、盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、铃铛刺(*Halimodendron halodendron*)、芦苇(*Phragmites australis*)、胡杨(*Populus euphratica*)叶、榆树(*Ulmus pumila*)叶等。绿化植物有胡杨、几种怪柳等，另有几种荒漠植物极具研究价值如河西菊(*Hexinia polydichotoma*)等。

按照吴征镒 (1991) “中国种子植物属的分布区类型” 划分理论，发现世界分布类型

的属分布最多，因为其生态幅度较宽，适应能力强，能在罗布泊及周边地区严酷环境中更好的生存^[8]；北温带分布类型和地中海区、西亚至中亚地区分布类型为该区的次优势属，因为罗布泊及周边地区的位置虽然位于南疆，纬度偏低，但该处海拔在800m左右，尚属于温带地区，因此北温带分布类型成为了罗布泊及周边地区植物区系的重要组成部分；因为新疆处于欧亚大陆腹地，靠近西亚、地中海地区，因此该区的植物区系来源有较多的地中海区、西亚至中亚地区分布类型。北温带成分都很高，与野骆驼自然保护区相似，因为地理位置二者相近，甚至小部分重合，但与野骆驼自然保护区的区系成分略有差异，主要是因为该区包括较多的水生环境如湖泊、河流、水库等。

胡杨原始林仅分布于我国新疆的塔里木河流域及内蒙古的额济纳旗，其生境要求为沙质土壤且土壤含水量适度，土壤水分过多会导致死亡，而土壤水分太缺乏，胡杨也不能生存；个别地段胡杨林群落结构明显，除了乔木层外，尚有灌木层和草本层。芦苇群落主要分布在有水的地方，即河的两岸、湖的岸边，在该区分布较为广泛，往往组成单优群落。多枝怪柳灌丛是该区分布最广的一种怪柳群落，分为灌木层和草本层，它对土壤的湿度要求也较高，仅次于芦苇，多分布于冲积河道低地。其他群落如香蒲、花花柴群落、黑果枸杞群落、铃铛刺群落、骆驼刺群落等在该区零星分布，分布面积较小，有些人为活动或人为干扰造成的，如花花柴群落、骆驼刺群落等。

由于该区的群落种类稀少，群落类型的命名按照优势种确定，群落的盖度、密度、频度、重要值的指标数据，都极为简单，故群落特征数据没有单独呈现。所调查的胡杨林群落每10m*10m面积内有1-5个维管植物种类、每1m*1m面积内有1-3个物种，其物种丰富度和多样性指数都低于暖温带山地^[5]，主要原因在于该区降雨量少，气候干旱，土壤条件在大部分时段处于干旱状态，二是土壤沙化、盐碱化严重，很多植物在此不能生存，土壤贫瘠导致大部分区域植物的密度不高，由此导致该区的植物多样性不高。该区群落的多样性指数最高值为0.70 (表3)，与他地比较算是较低的。

近年来，随着塔里木河下游的输水，罗布泊及其周边地区的植被面积有所扩大，特别是灌丛的面积^[9-10]，大面积的胡杨林恢复了生机，遏制住了胡杨大树死亡、胡杨林大面积退化的趋势。经过调查，那些输水没有影响到、离河岸较远的胡杨林仍在退化、甚至有消失的趋势，因此需要进一步规划、合理分配当地的水资源。

参考文献

[1] 唐尚书, 郑炳林. 近二十年来罗布泊地区生态环境研究综述 [J]. 生态学报, 2019,

39 (14) :5157 -5165.

- [2] 傅桦. 全球气候变暖的成因与影响 [J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2007, 28(6): 11-15.
- [3] 张宝信, 谢自银. 我国降雨变化趋势分析 [J]. 河海大学学报(自然科学版), 2012, 40(3): 281-286.
- [4] 赵磊, 高静. 新疆塔里木河流域荒漠草原植被生物多样性研究 [J]. 干旱环境监测, 2014, 28(3): 122 -125.
- [5] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 [J]. 生态学报, 1995, 15 (3): 268 -277.
- [6] 新疆维吾尔自治区人民政府办公厅文件. 新疆维吾尔自治区重点保护野生植物名录. 2007年8月27号.
- [7] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991, 增刊IV: 1 - 13.
- [8] 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理 - 植物地理(上册) [M]. 北京: 科学出版社, 1983, p1-125.
- [9] 程芸, 袁磊, 特列吾汗·巴合提, 等. 罗布泊野骆驼自然保护区植物组成及区系特征研究 [J]. 干旱环境监测, 2018, 32 (3) :113-118.
- [10] 王珊珊, 王金林, 周可法, 汪玮, 万应彩. 塔里木河下游土地利用/覆被变化对生态输水的响应. 水资源保护, 2020-11-27 15:12:39.
- [11] 李均力, 肖昊, 沈占锋, 白洁. 2013—2018年塔里木河下游植被动态变化及其对生态输水的响应. 干旱区研究, 2020, 37(4): 985-992.
- [12] 王继和, 袁宏波, 张锦春, 张国中, 刘虎俊, 廖空太. 库姆塔格沙漠植物区系组成及地理成分. 中国沙漠, 2008, 28(5): 860-867
- [13] 张锦春, 王继和, 赵明, 刘虎俊, 廖空太, 徐先英. 库姆塔格沙漠南缘荒漠植物群落多样性分析. 植物生态学报, 2006, 30(3): 375-382

(以上内容转载自《绿色科技》第23卷第18期)