

河西走廊荒漠草地黑果枸杞群落结构特征及土壤性质研究

唐卫东¹, 魏林源^{1,2*}, 李得禄¹, 王 飞¹

(1. 甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省荒漠化与风沙灾害防治国家重点实验室, 甘肃 武威 733000)

摘 要:探讨河西走廊荒漠草地黑果枸杞群落特征与土壤性质之间的关系,为黑果枸杞种群保护提供理论依据。通过对河西走廊黑果枸杞群落物种组成、多样性及土壤性质的研究,结果表明:1)调查群落中共有植物种 27 种,分属 10 科 27 属,其中灌木植物 7 种,多年生草本 11 种,1 年生草本 9 种;单科单属种较多,占到了总科数的 1/2;不同区域内黑果枸杞群落优势地位明显。2)河西走廊黑果枸杞群落不同区域内土壤性质差异显著,民勤县白土井、酒泉市金塔县西坝乡电导率最高,分别为 8 393.06、6 652.78 ms,酒泉市玉门镇刺窝湖黑果枸杞样地全 N、速效 P 含量最高,分别为 0.134%、1.624 mg·100 g⁻¹,与其他样地间差异显著($P<0.05$),土壤养分含量总体偏低、含量不均。3)河西走廊黑果枸杞群落物种多样性以民勤县兴和村轻度盐碱地物种丰富度(R)、辛普森(Simpson)指数、香浓-威纳(Shanon-Wiener)指数均高于中度、重度和极重度盐碱地,分别为 10、0.714、1.532,但 Pielou 均匀度指数、生态优势度低于中度、重度和极重度盐碱地,不同盐渍化程度黑果枸杞群落物种组成不一致,群落多样性指数均偏低,物种丰富度较低,种间相遇率偏低,生态优势度指数较高,群落中物种分布不均匀。4)土壤理化性质与河西走廊黑果枸杞物种多样性存在不同程度的相关性,土壤电导率与植物物种丰富度(R)、Shanon-Wiener 指数呈极显著负相关关系,与 Simpson 指数、Pie 种间相遇率、生态优势度呈显著负相关关系。

关键词:河西走廊;荒漠草地;黑果枸杞;群落结构;土壤性质

中图分类号:S567.19

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2023)03-0024-07

Community Structure Characteristics and Soil Properties of *Lycium ruthenicum* in Desert Grassland in Hexi Corridor

TANG Wei-dong¹, WEI Lin-yuan^{1,2*}, LI De-lu¹, WANG Fei¹

(1. Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. State Key Laboratory Breeding Base of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Wuwei 733000, Gansu, China)

Abstract: In order to explore the relationship between the community characteristics and soil properties of *Lycium ruthenicum* in the desert grasslands of the Hexi Corridor, and to provide a theoretical basis for the protection of the *L. ruthenicum* populations, the species composition, diversity and soil properties of the *L. ruthenicum* community in Hexi Corridor were investigated. The results showed that 1) there existed 27 plant species in the investigated community, belonging to 10 families and 27 genera, including 7 species of shrubs, 11 species of perennial herbs, and 9 species of annual herbs. Many single family and single genus species were found, accounting for half of the total number of families. The community dominant position of *L. ruthenicum* in different regions was obvious, which played an important role in the structure, ecosystem function and stability of the community. 2) Significant differences were observed in soil properties of *L. ruthenicum* in different regions of the Hexi Corridor. Baitujing in Minqin County and Xiba in Jinta Coun-

收稿日期:2022-04-25 修回日期:2022-11-24

基金项目:国家自然科学基金(31860201、31760121)。

第一作者:唐卫东,硕士,研究员。研究方向:水土保持与荒漠化防治。E-mail:413309670@qq.com

* 通信作者:魏林源,硕士,正高级工程师。研究方向:荒漠化防治。E-mail:ybhwl@126.com

ty had the highest soil electrical conductivity: 8 393.06 and 6 652.78 ms, respectively. The total N and readily available P content of *L. ruthenicum* sample plot in Ciwo Lake, Jiuquan City were the highest, which were 0.134% and 1.624 mg/100g, respectively, showing a significant difference with other plots ($P < 0.05$), and the soil nutrient content was generally low and uneven content. 3) For the species diversity of *L. ruthenicum* community in the Hexi Corridor, the species richness R, Simpson index and Shanon-Wiener index of mild saline-alkali land in Xinghe Village, Minqin County were higher than those of moderate, severe and extremely severe saline-alkali land, which were 10, 0.714, and 1.532, respectively. But the Pielou evenness index and ecological dominance were lower than those of moderate, severe and extremely severe saline-alkali lands. The species composition of *L. ruthenicum* community with different salinization degrees was inconsistent, the community diversity index was low, the species richness was low, the interspecific encounter rate was low, the ecological dominance index was high, and the species distribution in the community was uneven. 4) There were different degrees of correlation between soil physicochemical properties and the species diversity of *L. ruthenicum* in the Hexi Corridor. Soil conductivity had a very significant negative correlation with plant species richness R and Shanon-Wiener index, and it was a significant negative correlation with Simpson index, Pie interspecific encounter rate and ecological dominance.

Key words: Hexi Corridor; desert meadow; *Lycium ruthenicum*; community structure; soil property

黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum*) 是茄科 (Solanaceae) 枸杞属 (*Lycium*) 的耐盐、抗旱灌木^[1], 生长于荒漠区、盐碱地等生存环境恶劣地区, 在我国西北地区广泛分布, 属于荒漠治理的优选植物^[2-3], 同时又具有很高药用和保健价值的荒漠药用植物。黑果枸杞是河西走廊灌木群落的优势种, 也是灌木林重要的建群种, 对维持河西走廊荒漠生态系统具有重要作用。近年来, 黑果枸杞市场需求量急剧增加, 对野生黑果枸杞过量的采摘导致资源在开采用和自我更新之间明显失衡, 使得植被严重退化, 甚至造成部分区域出现成片死亡的现象, 造成区域荒漠化问题加剧, 现有黑果枸杞群落遭受破坏, 生物量降低, 但因其抗逆性强, 生态可塑性大, 同时果实又具有很高的药用和保健价值, 所以近几年来国内学术界对黑果枸杞的关注较多, 当前对黑果枸杞的研究主要集中在营养价值、药用价值、耐盐机理、抗旱性、苗木繁育等^[4-6]方面, 而对其生长的群落结构特征及群落土壤性质鲜见报道。

河西走廊自古就是我国主要的沙尘源区, 也是重风沙危害区。黑果枸杞群落对维持河西走廊荒漠生态系统具有重要作用。一般反映体现群落的发展阶段、稳定程度、结构类型和生境差异主要依靠群落结构和物种的多样性^[7-8]。因此, 群落结构的特征、稳定程度以及保护恢复一般通过对群落物种多样性方面的研究来揭示。土壤对植物的生长和植物群落结构的组成方面有着很重要的影响, 是植物赖以生存的重要物质基础, 也是多年来研究的热点^[9-11], 基于此, 本研究通过对河西走廊不同区域黑果枸杞群落植被结构特征及土壤性质的研究, 为河西走廊荒漠草地

黑果枸杞群落这一植被资源的保护提供参考。

1 研究区概况

河西走廊介于内蒙古高原和青藏高原之间 (37°17′—42°48′N、92°12′—103°48′E), 呈东南-西北方向狭长的走廊性状, 位于甘肃省西部。走廊东西长约 1 200 km, 宽 50~200 km, 海拔 1 000~1 900 m。走廊地段多为戈壁, 也有沙地, 山占少部分, 气候、蒸发、降雨等条件差异较大, 从走廊东南部的草原化荒漠逐渐过渡到西北部形成极端荒漠。与陆地生态其他系统相比, 该区植物种类贫乏, 以盐生、沙生、旱生和超旱生荒漠植物为主, 行政区划包括武威市、金昌市、张掖市、酒泉市和嘉峪关市^[12-13]。

2 研究方法

2.1 植被调查及土样采集

野外调查于 2018 年 9 月底进行, 在河西走廊共选择了 7 个黑果枸杞样地, 样地选择为轻度盐碱地、中度盐碱地、重度盐碱地和极重度盐碱地。采用样线法在黑果枸杞群落中心布设 100 m×100 m 的样地, 采用 5 点法每个样地内布设 5 个 10 m×10 m 的样方, 对群落内灌木植物的个体数、高度、冠幅种类以及调查样地的地理位置、土壤类型、海拔高度等进行调查和统计 (表 1), 在各样地内采集土样, 土层深度依次为 0~10、10~20、20~40、40~60 cm, 每组 5 个重复, 根据需要测定土壤理化性质对土壤进行冷冻和风干处理, 草本植物调查布设 0.5 m×0.5 m 小样方, 依据荒漠生态调查常规调查方法^[14]对野外调查的数据进行计算。

表 1 河西走廊黑果枸杞群落样地基本概况

Table 1 Basic overview of *L. ruthenicum* community plots in the Hexi Corridor

编号	经纬度	海拔/m	地点	生境条件
1	103°31'7.26"N, 38°57'41.74"E	1 307	民勤县兴和村	轻度盐碱地, 覆沙丘间地, 群落以黑果枸杞为优势种, 伴生种较多
2	103°06'15.1"N, 38°58'9.88"E	1 319	民勤县马家井	中度盐碱地, 固定半固定沙包、丘间地为黏土, 多分布在丘间地或兼有沙包的地方, 为优势种
3	103°36'4.99"N, 39°09'31.52"E	1 296	民勤县白土井	极重度盐碱地, 湖积沉积物地层, 盐碱地, 土壤发白, 植被被黑果枸杞和盐爪爪为优势种
4	103°32'12.44"N, 38°54'53.73"E	1 309	民勤县民族乡丰政村	重度盐碱地, 土壤发白, 以黑果枸杞为优势种, 零星伴生黄毛头
5	95°46'21.35"N, 40°27'44.85"E	1 165	酒泉市瓜州县城南	重度盐碱地, 土壤发白, 群落以黑果枸杞为优势种
6	97°42'56.73"N, 40°21'29.27"E	1 228	酒泉市玉门镇刺窝湖	重度盐碱地, 盐湖, 土壤发白, 群落以黑果枸杞为优势种
7	98°45'39.74"N, 40°11'26.12"E	1 222	酒泉市金塔县西坝乡	机重度盐碱地, 土壤发白, 群落以黑果枸杞为优势种

2.2 物种重要值测度

对野外群落调查的草本层和灌木层各植物重要值进行计算, 采用重要值(IV)测度群落种群组成成分计算, 计算公式如下^[12]:

$$I_V = (R_{HI} + R_{CO} + R_{FE}) / 3 \quad (1)$$

相对多度 = (某种植物的多度 / 全部植物的多度总和) × 100% (2)

相对盖度 = (某种植物的盖度 / 全部植物的总盖度) × 100% (3)

相对频度 = (某种植物的频度 / 所有种的频度总和) × 100% (4)

式中: I_V 为重要值, R_{HI} 为相对多度, R_{CO} 为相对盖度, R_{FE} 为相对频度。

2.3 物种多样性测度

植物群落与自然环境地理条件依靠物种多样性反映其相互关系, 也反映植物群落或生境中物种的均匀度、丰富度以及变化程度。群落内物种多样性的度量选用以重要值为计算依据的丰富度指数、多样性指数、优势度指数和均匀度指数 4 类。用物种丰富度指数来直观表征群落植物种类的多少; 用 Shannon-Wiener 多样性指数来全面反映群落或生境的物种结构信息及组成复杂程度的高低; 用 Simpson 优势指数来表征群落或生境遭破坏后修复能力和对抗干扰能力的强弱; 用 Pielou 均匀度指数来反映物种分布情况。根据植物多样性指数平均值进行统计, 衡量植物群落的物种多样性特征采用 Simpson 物种多样性指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)以及 Margalef 丰富度指数(D_{ma})来反映; 各个种群数量的变化情况通过生态优势度指数(D_1)、Pielou 均匀度指数(J_{sw})来反映生态优势度指数; 群落的分布均匀程度采用种间相遇率(P_{IE})以及 Alatalo 均匀度指数(E_a)来衡量^[12,15], 各指数间的计算公式如下:

$$D_{ma} = (S - 1) / \ln N \quad (5)$$

$$D = 1 - \sum_s \ln p_i^2 \quad (6)$$

$$H = - \sum_s p_i \ln p_i \quad (7)$$

$$J_{sw} = (\sum p_i \ln p_i) / \ln S \quad (8)$$

$$D_1 = \sum p_i^2 \quad (9)$$

$$E_a = [1 / \sum p_i^2 - 1] / [\exp(-\sum p_i \ln p_i) - 1] \quad (10)$$

$$P_{IE} = \sum [(N_i / N)(N - N_i) / (N - 1)] \quad (11)$$

式中: S 指样方中物种的总数, $p_i = N_i / N$ 指第 i 个物种的相对多样性, N_i 指样方中第 i 个物种的个体数, N 指样方中记录的个体总数。

2.4 土壤理化性质测定

土壤 pH 测定采用用酸度计法, 电导率采用电导率仪法测定^[16], 土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法—外加热法测定, 土壤速效 P 采用钼锑抗比色法测^[17]。

2.5 数据处理与分析

黑果枸杞群落样地土壤各指标采用 SPSS 18.0、Excel 2016 软件进行相关性以及单因素(One-Way ANOVA)分析, 显著水平 $P < 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 河西走廊黑果枸杞群落样地群落结构特征

植物的重要值是评估物种多样性的重要指标。Whittaker 的生长型系统通过群落植物中茎的木质化程度确定其生活型^[12], 一般将植物群落分为 4 种类型, 乔木类、灌木类、多年生草本类和 1 年生草本类。从河西走廊黑果枸杞生活型来看(表 2), 多年生草本隶属 5 科 11 属, 草本种类高达 11 种; 1 年生草本次之, 隶属 4 科 9 属, 灌木种类最少, 隶属 5 科 7 属。群落中草本层与灌木层物种数量相差较大, 而多年生草本与 1 年生草本物种数量较接近, 灌木层单一且数量少, 而草本层物种丰富且数量较多。依据优势种群重要值研究表明, 在酒泉市金塔县西

坝乡、酒泉市瓜州县城南、民勤县民旗乡丰政村 3 个样地中黑果枸杞为优势种,其重要值分别为:243.017、193.12 和 172.896,民勤县马家井优势种为多年生草本苦豆子,重要值为 98.08,民勤县白土井优势种为黑果枸杞和盐爪爪,其重要值分别为 116.85 和 117.97,民勤县兴和村优势种为 1 年生草本碱蓬和盐生草,其重要值分别为 108.85、109.722,酒泉市玉门镇刺窝湖优势种为黑果枸杞和多年生草本芦苇,其重要值分别为 111.646、

110.795。酒泉市瓜州县、玉门镇、金塔县黑果枸杞群落样地内仅玉门镇群落内灌木有零星泡泡刺分布,其他 2 个群落内无其他灌木分布,3 个样地群落内仅有多年生草本芦苇群落分布,几乎无 1 年生草本群落分布,民勤白土井样地群落伴生白刺和盐爪爪群落,群落内多年生草本仅有无芒隐子草和芦苇分布,也无 1 年生草本分布,民勤县马家井样地灌木、多年生草本、1 年生草本分布较为丰富,与其土壤质地有较大关系。

表 2 河西走廊黑果枸杞群落样地的物种重要值

Table 2 Species importance values of *L. ruthenicum* community plots in the Hexi Corridor

		物种重要值						
生活型	物种	民勤县 马家井	民勤县 白土井	民勤县 民旗乡 丰政村	民勤县 兴和村	酒泉市 瓜州县 城南	酒泉市 玉门镇 刺窝湖	酒泉市 金塔县 西坝乡
灌木	黑果枸杞	24.51	116.85	172.896	50.96	193.12	111.646	243.017
	白刺 (<i>Nitraria tangutorum</i>)	57.43	54.93	—	—	—	—	—
	盐爪爪 (<i>Kalidium foliatum</i>)	—	117.97	11.53	—	—	—	—
	黄毛头 (<i>Kalidium cuspidatum</i>)	—	—	89.698	—	—	—	—
	泡泡刺 (<i>Nitraria sphaerocarpa</i>)	16.14	—	—	—	—	4.07	—
	红砂 (<i>Reaumuria songarica</i>)	—	—	—	—	—	—	—
	骆驼刺 (<i>Alhagi sparsifolia</i>)	—	—	—	—	72.17	—	—
	小计	83.16	289.75	274.124	50.96	265.29	115.716	243.017
多年生草本	沙葱 (<i>Allium mongolicum</i>)	8.07	—	—	—	—	—	—
	无芒隐子草 (<i>Cleistogenes songorica</i>)	6.3	4.12	—	—	—	—	—
	骆驼蓬 (<i>Peganum harmala</i>)	11.92	—	38.49	14.523	—	—	—
	黄花补血草 (<i>Limonium aureum</i>)	—	—	—	—	—	—	—
	芦苇 (<i>Phragmites communis</i>)	—	10.25	—	—	34.7	110.795	56.09
	蒙古鸦葱 (<i>Scorzonera mongolica</i>)	—	—	—	2.71	—	—	—
	苦豆子 (<i>Sophora alopecuroides</i>)	98.08	—	—	35	—	—	—
	荒漠黄耆 (<i>Astragalus alaschanensis</i>)	5.96	—	—	—	—	—	—
	砂蓝刺头 (<i>Echinops gmelini</i>)	11.92	—	—	49	—	—	—
	糙叶黄耆 (<i>Astragalus scaberimus</i>)	1.97	—	—	—	—	—	—
	戈壁针茅 (<i>Stipa glareosa</i>)	—	—	—	2.6	—	—	—
	小计	142.25	14.37	38.49	103.833	34.7	110.795	56.09
	碱蓬 (<i>Suaeda glauca</i>)	—	—	19.39	108.85	—	—	—
1 年生草本	猪毛菜 (<i>Salsola ikonnikovii</i>)	14.17	—	—	50.08	—	—	—
	沙米 (<i>Agriophyllum squarrosum</i>)	2.61	—	—	2.94	—	—	—
	盐生草 (<i>Halogeton arachnoideus</i>)	—	—	7.81	109.722	—	—	—
	驼蹄瓣 (<i>Zygophyllum fabago</i>)	9.61	—	—	—	—	—	—
	碟果虫实 (<i>Corispermum hyssopifolium</i>)	64.93	—	—	21.68	—	—	—
	画眉草 (<i>Eragrostis pilosa</i>)	50.01	—	3.79	7.72	—	—	—
	五星蒿 (<i>Echinopilon divaricatum</i>)	9.68	—	7.71	11.64	—	—	—
	中亚滨藜 (<i>Atriplex centralasiatica</i>)	—	—	—	—	—	—	—
	小计	151.01	0	38.7	312.632	0	0	0

3.2 河西走廊黑果枸杞群落土壤性质变化

土壤理化性质在植被的变化中起重要作用,由表 3 看出,河西走廊黑果枸杞群落样地的土壤理化性质差异显著,以民勤县兴和村轻度盐碱地、民勤县

马家井中度盐碱地的电导率最低,与其他黑果枸杞群落样地间差异显著($P<0.05$),分别为 293.11、712.17 ms,民勤县白土井、酒泉市金塔县西坝乡极重盐碱地电导率最高,分别为 8 393.06、7 652.78

ms,酒泉市玉门镇刺窝湖重度盐碱地黑果枸杞样地全 N、速效 P 含量最高,分别为 0.134%、1.624 mg·100 g⁻¹,与其他样地间差异显著($P<0.05$),全 N 含量以民勤县马家井、民勤县民旗乡丰政村、民勤县兴和村含量最低,分别为 0.014%、0.034%和 0.020%,这 3 个样地间差异不显著,与其他样地间差异显著($P<0.05$);速效 P 含量以民勤县马家井轻度盐碱地、民勤县兴和村中度盐碱地样地的含量最低,分别为 0.410、0.446 mg·100 g⁻¹,与其他样地间差异显著($P<0.05$);河西走廊黑果枸杞样

地 pH 值均高于 8,土壤偏碱性,以民勤县白土井极重度盐碱样地的 pH 值含量高于其他 6 个样地,与其他 6 个样地间差异显著($P<0.05$);民勤县白土井极重盐碱地、酒泉市瓜州县城南重度盐碱地、酒泉市玉门镇刺窝湖重度盐碱地,群落的有机质含量高于其他群落,分别为 1.344%、1.087%、1.263%,这 3 个样地间差异不显著,与其他样地间差异显著($P<0.05$)。土壤盐碱程度对河西走廊黑果枸杞群落样地的土壤理化性质有显著影响。

表 3 河西走廊黑果枸杞群落样地的土壤理化性质变化

Table 3 Changes of soil physicochemical properties of *L.ruthenicum* community plots in the Hexi Corridor

样地	电导率/ms	全 N(%)	速效 P/(mg·100 g ⁻¹)	pH	有机质(%)
民勤县兴和村	293.11±217.66b	0.020±0.004 7e	0.446±0.068cd	8.182±0.224b	0.408±0.089b
民勤县马家井	712.17±34.55b	0.014±0.001 2e	0.410±0.069d	8.407±0.192a	0.333±0.014b
民勤县白土井	8 393.06±843.24a	0.063±0.007 0c	0.746±0.14bcd	8.605±0.205a	1.344±0.112a
民勤县民旗乡丰政村	5 504.17±1 249.29a	0.034±0.003de	0.915±0.275b	8.249±0.127b	0.533±0.056b
酒泉市瓜州县城南	4 972.67±1 250.02a	0.105±0.007 4b	0.547±0.125bcd	8.26±0.106b	1.087±0.167a
酒泉市玉门镇刺窝湖	6 275.00±1 199.26a	0.134±0.015a	1.624±0.145a	8.163±0.03b	1.263±0.177a
酒泉市金塔县西坝乡	7 652.78±1 022.09a	0.049±0.007 7cd	0.892±0.106bc	8.273±0.056b	0.535±0.086b

注:小写字母表示各样地理化指标间的显著性差异($P<0.05$)。下同。

3.3 河西走廊黑果枸杞群落样地物种多样性

群落组成中物种的丰富程度以及不同群落与自然地地理条件的状态与稳定性依靠物种多样性,多样性是群落组织结构的重要特征^[18]。从河西走廊黑果枸杞群落物种多样性来看(表 4),河西走廊黑果枸杞群落物种多样性以民勤县兴和村轻度盐碱地物种丰富度 *R*、Simpson 指数、Shanon-Wiener 指数均高于中度、重度和极重度盐碱地,分别为 10、0.714、1.532,但 Pielou 均匀度指数、生态优势度低于中度、重度和极重度盐碱地。民勤县各样地间的物种丰富度 *R* 随着不同样地间的土壤盐碱程度呈减少趋势,以民勤县兴和村和民勤县马家井轻度、中度盐碱地的物种丰富度最高,均达到 10,与其他几个样地差异显著($P<0.05$),以酒泉市瓜州县城南、酒泉市玉门镇刺窝湖门镇、酒泉市金塔县西坝乡黑果枸

杞群落物种丰富度最低,均为 2,盐碱程度加重。物种多样性分析发现,物种群落组成受群落样地土壤盐碱程度影响,群落物种多样对生态系统功能的发挥具有十分重要的作用。

3.4 河西走廊黑果枸杞群落物种多样性与土壤性质的相关性

由表 5 可见,除群落均匀度指数外,土壤电导率与物种多样性指数之间呈显著或极显著负相关关系,表明土壤盐渍化越严重,群落物种组成越单一,多样性指数越低。土壤 pH 与各样地群落物种多样性指数(除物种丰富度外)之间无显著相关关系,表明干旱荒漠区土壤 pH 偏碱性,对物种多样性的影响较小。土壤有机质和 pH 也表现出相似的规律性,土壤理化性质与河西走廊黑果枸杞物种多样性存在不同程度的相关性,相互制约、相互促进。

表 4 河西走廊黑果枸杞群落物种多样性

Table 4 Species diversity of *L.ruthenicum* community plots in the Hexi Corridor

编号	<i>R</i>	Simpson 指数	Shanon-Wiener 指数	Pie 种间相遇率	Pielou 均匀度指数	生态优势度指数 D1
民勤县兴和村	10±0.41a	0.714±0.068a	1.532±0.19b	0.714±0.069b	0.597±0.067ab	0.286±0.07a
民勤县马家井	10±0.37a	0.509±0.06abc	1.04±0.17a	0.493±0.06ac	0.786±0.122a	0.491±0.06abc
民勤县白土井	3±0.31d	0.452±0.046bcd	0.722±0.08ac	0.457±0.047ac	0.681±0.093ab	0.548±0.047bcd
民勤县民旗乡丰政村	3±1.00d	0.328±0.096cd	0.556±0.14cd	0.33±0.13c	0.244±0.06c	0.672±0.096cd
酒泉市瓜州县城南	2±0.33d	0.271±0.132d	0.48±0.22c	0.273±0.13cd	0.449±0.19bc	0.729±0.13de
酒泉市玉门镇刺窝湖	2±0.33d	0.471±0.03d	0.67±0.03acd	0.472±0.30ac	0.839±0.09bc	0.529±0.03bcd
酒泉市金塔县西坝乡	2±0.00d	0.06±0.031e	0.129±0.06d	0.06±0.030e	0.1860.087c	0.94±0.032f

表 5 河西走廊黑果枸杞群落物种多样性与土壤性质相关性分析

Table 5 Correlation analysis between species diversity and soil properties of *L. ruthenicum* community plots in the Hexi Corridor

多样性指数	R	Simpson 指数	Shanon-Wiener 指数	Pie 种间相遇率	Pielou 均匀度指数	生态优势度	电导率	全 N	速效 P	pH	有机质
物种丰富度 R	1	0.73**	0.867**	0.711**	0.417*	-0.73**	-0.921**	-0.679*	-0.616*	0.423*	-0.647
Simpson 指数		1	0.958**	0.999**	0.7142**	-1.00*	-0.578*	-0.223	-0.203	0.053	-0.076
Shanon-Wiener 指数			1	0.954**	0.568*	-0.958**	-0.742**	-0.424*	-0.417*	0.103	-0.311
Pie 种间相遇率				1	0.707**	-0.999**	-0.557*	-0.208	-0.192	0.029	-0.056
Pielou 均匀度指数					1	-0.714**	-0.271	0.241	0.123	0.299	0.341*
生态优势度						1	0.578*	0.223	0.203	-0.053	0.076

注: ** 表示在 0.01 水平上显著相关; * 表示在 0.05 水平上显著相关。

4 结论与讨论

4.1 结论

河西走廊黑果枸杞群落物种很多种为单数单科植物,群落组成表现为少数种属于多数科、多数科属于少数科的特征。盐渍化程度不同黑果枸杞群落物种组成不一致,极重、重度盐碱地上物种组成数量较少,仅有 1~2 种灌木组成,草本仅有耐盐渍化强的芦苇伴生,无 1 年生草本;而中轻度盐渍化地上的黑果枸杞群落物种组成相对较多,伴生种丰富,灌木、多年生草本和 1 年生草本均有。

黑果枸杞群落样地的土壤理化性质差异显著,土壤养分总体呈“有机质含量较高,富 P、贫 N”,整体含量偏低且含量不均匀。

黑果枸杞群落整体物种丰富度较低,多样性指数偏低,生态优势度指数略高,种间相遇率偏低,且群落中物种分布不均匀,充分体现了荒漠区植被的特征。黑果枸杞群落在轻度、中度盐碱地零散分布,为群落亚优势种或伴生种,植物种类多,对土壤水分的需求大竞争激烈,对黑果枸杞的生长存在不利因素,其他样地黑果枸杞群落在重度或极重度盐碱地上,植物种类少,对土壤水分需求小,利于黑果枸杞生长繁育。

4.2 讨论

1)黑果枸杞群落特征结构分析 植物群落科、属、种结构不仅能反映植物群落特征,同时也能体现出植物群落所在生境条件^[12]。本研究发现,研究区样地物种多为单科单属,整体表现为多数种属于少数科、少数种属于多数科,这与何芳兰等^[15]、党荣理等^[19]关于西北荒漠地区植物区系研究相一致,张元凯等^[20]研究也认为西北干旱荒漠区物种组成受环境条件因子的限制,物种组成简单,灌木层占有绝对优势,几乎没有乔木层和高大灌木层分布,与本研究结论一致。河西走廊黑果枸杞在西北干旱地区占有明显优势地位,在群落稳定性、结构与生态系统功能方面具有极为重要的作用,研究区内草本层与灌木

层植物数量相差比较大,草本层物种多、数量大,而灌木层物种单一且数量比较少,民勤县兴和村样地群落为轻度盐碱地,群落内优势种为 1 年生草本碱蓬和盐生草,民勤县马家井样地群落为中度盐碱地,优势种为多年生草本苦豆子,群落内灌木、多年生草本、1 年生草本分布较为丰富,在酒泉市金塔县西坝乡、酒泉市瓜州县城南、民勤县民旗乡丰政村 3 个重度盐碱地,以黑果枸杞为优势种,酒泉市玉门镇刺窝湖为极重度盐碱地,优势种为黑果枸杞和多年生草本芦苇,群落内仅玉门镇群落内灌木有零星泡泡刺分布,另外 2 个群落内无其他灌木分布,群落内仅有多年生草本芦苇群落,几乎无 1 年生草本群落分布,民勤白土井样地群落伴生白刺和盐爪爪群落,群落内多年生草本仅有无芒隐子草和芦苇分布,也无 1 年生草本分布,河西走廊黑果枸杞物种组成与其土壤质地、盐碱程度有较大关系。

2)土壤性质对河西走廊黑果枸杞群落的影响 在生态系统中土壤是许多生态过程的载体和植物生长的基质^[21-23],河西走廊黑果枸杞群落主要分布固定、半固定沙包或丘间低地、重度或极重度盐碱地。固定、半固定沙包或丘间低地黑果枸杞群落分布零散,为群落亚优势种或伴生种,植物种类多、密度大,对水分竞争激烈,不利于黑果枸杞生长,在重度或极重度盐碱地上黑果枸杞密度相对多,是群落优势种,占有密度小、植物种少,对土壤水分养分竞争不激烈的生长优势。

3)物种多样性及其与土壤性质的相关性分析 河西走廊黑果枸杞物种丰富度指数与多样性指数变化规律一致,生态优势度指数与多样性指数相反,多样性指数越高,优势种越不明显。在固定、半固定沙包或丘间低地轻度盐碱地黑果枸杞群落相对比较稳定,多样性指数较高,群落优势度较低,物种相对比较丰富,而在重度或极重度盐碱地上黑果枸杞群落结构简单、稳定性较差,多样性指数偏低,群落优势度较高,物种组成比较单一。在调查的 2 个固定、半固定沙包或丘间低地土壤样地上物种丰富度达到了 8

种以上,而重度或极重度盐碱地在4种以下,干旱荒漠区1年生草本植物的数量受降水影响较大,同时对群落物种多样性统计以及不同生活型植物所占比例也具有很大的影响。李昌龙等^[24]对民勤连古城自然保护区优势种群结构进行了研究,认为草本层在物种数量和植物数量方面占有绝对优势,迫使灌木植物数量在群落中所占比例下降,这与本研究结果相似。河西走廊黑果枸杞群落物种多样性指数之间、土壤性质之间均呈不同程度的正(负)相关性,河西走廊黑果枸杞群落生长条件与物种丰富度和多样性指数之间密切相关,结构复杂的群落多样性指数较其他群落多样性指数较高^[25-26]。

参考文献:

- [1] 林丽,张裴斯,晋玲,等.黑果枸杞的研究进展[J].中国药房,2013,24(47):4493-4496.
LIN L,ZHANG P S,JIN L,*et al.* Research progress of *Lycium ruthenicum* [J]. China Pharmacy,2013,24(47):4493-4496. (in Chinese)
- [2] 李佳,何丽君,陈海军,等.黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)种子萌发特性与抗旱性[J].分子植物育种,2019,17(18):6142-6151.
LI J,HE L J,CHEN H J,*et al.* Seed germination characteristics and drought resistance of *Lycium ruthenicum* [J]. Molecular Plant Breeding,2019,17(18):6142-6151. (in Chinese)
- [3] 柴成武,张德魁,王方琳,等.4种荒漠植物种子出苗和幼苗生长对沙埋深度的响应[J].西北林学院学报,2020,35(2):108-113.
CHAI C W,ZHANG D K,WANG F L,*et al.* Response of seed emergence and seedling growth of four desert plant species on sand burial depth[J]. Journal of Northwest Forestry University,2020,35(2):108-113. (in Chinese)
- [4] 朱春云,祁银燕,陈进福,等.黑果枸杞人工驯化繁育技术[J].经济林研究,2016,34(4):129-133.
ZHU C Y,QI Y Y,CHEN J F,*et al.* Techniques of artificial breeding in *Lycium ruthenicum* [J]. Nonwood Forest Research,2016,34(4):129-133. (in Chinese)
- [5] 赵鑫,李建民,朱雪冰,等.黑果枸杞的营养价值和保健功效[J].青海科技,2017,24(1):74-76.
- [6] 李远航,贺康宁,张潭,等.盐胁迫对黑果枸杞光合生理指标的影响[J].中国水土保持科学,2019,17(1):82-88.
LI Y H,HE K N,ZHANG T,*et al.* Effects of salt stress on the photosynthetic and physiological indexes of *Lycium ruthenicum* [J]. Science of Soil and Water Conservation,2019,17(1):82-88. (in Chinese)
- [7] 谢晋阳,陈灵芝.暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J].生态学报,1994,14(4):334-337.
XIE J Y,CHEN L Z. Species diversity characteristics of deciduous forests in the warm temperate zone of north China[J]. Acta Ecologica Sinica,1994,14(4):334-337. (in Chinese)
- [8] 董希斌,姜帆.帽儿山不同森林类型生物多样性恢复效果分析[J].林业科学,2008,44(12):77-82.
DONG X B,JIANG F. Analysis of the biodiversity restoration of different forest types in Maoer Mountainous region[J]. Scientia Silvar Sinicae,2008,44(12):77-82. (in Chinese)
- [9] 安树青,王铮峰,朱学雷,等.土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响[J].武汉植物研究,1997,15(2):143-150.
AN S Q,WANG Z F,ZHU X L,*et al.* Effects of soil factors on species diversity in secondary forest communities[J]. Journal of Wuhan Botanical Research,1997,15(2):143-150. (in Chinese)
- [10] 杨万勤,钟章成,陶建平.缙云山森林土壤速效P的分布特征及其与物种多样性的关系研究[J].生态学杂志,2001,20(1):24-27.
YANG W Q,ZHONG Z C,TAO J P. The distribution of soil available phosphorus and its correlations with plant species diversity in the forest of Jinyun Mt. [J]. Chinese Journal of Ecology,2001,20(1):24-27. (in Chinese)
- [11] 唐进年,彭金凤,徐先英,等.一年生荒漠植物的生态功能及在沙地植被恢复与重建中的作用[J].甘肃科技,2006,22(10):212-215.
- [12] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [13] 张德魁,马全林,刘有军,等.河西走廊荒漠区一年生植物组成及其分布特征[J].草业科学,2009,26(12):37-41.
ZHANG D K,MA Q L,LIU Y J,*et al.* Composition and distribution characteristics of annual plant in desert area in Hexi Corridor[J]. Partacultural Science,2009,26(12):37-41. (in Chinese)
- [14] 常兆丰,赵明.石羊河下游荒漠生态研究[M].兰州:甘肃科学技术出版社,2006:9-127.
- [15] 何芳兰,刘世增,李昌龙,等.甘肃河西戈壁植物群落组成特征及其多样性研究[J].干旱区资源与环境,2016,30(4):74-78.
HE F L,LIU S Z,LI C L,*et al.* Study on the composition and diversity of gobi desert plant community in Hexi Gansu Province[J]. Arid Area Resources and Environment,2016,30(4):74-78. (in Chinese)
- [16] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社1978:508-510.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 班卫强,严成,尹林克,等.古尔班通古特沙漠南缘不同立地条件植物多样性和优势种群生态位特征研究[J].中国沙漠,2012,32(6):1633-1638.
BAN W Q,YAN C,YIN L K,*et al.* Plant species diversity and dominance population niche characteristics at different sites in southern Gurbantungut Desert[J]. Journal of Desert Research,2012,32(6):1633-1638. (in Chinese)
- [19] 党荣理,潘晓玲.西北干旱荒漠区种子植物科的区系分析[J].西北植物学报,2002,22(1):24-32
DANG R L,PAN X L. Floristic analysis of the spermatophyte family in the northwestern arid desert region[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2002,22(1):24-32. (in Chinese)
- [20] 张元恺,张杰,姚泽.民勤沙区绿洲—荒漠过渡带典型植被群落物种多样性特征分析[J].中国农学通报,2012,28(28):1-7.
ZHANG Y K,ZHANG J,YAO Z. Analysis on the species diversity characteristics of typical plant communities at desert-oasis ecotone in Minqin desert[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2012,28(28):1-7. (in Chinese)

- 码子偏好性分析[J]. 西北林学院学报, 2022, 37(2): 98-107.
- MAO L Y, HUANG Q W, LONG L Y, *et al.* Comparative analysis of codon usage bias in chloroplast genomes of seven *Nymphaea* species[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2022, 37(2): 98-107. (in Chinese)
- [20] ZHU B, QIAN F, HOU Y, *et al.* Complete chloroplast genome features and phylogenetic analysis of *Eruca sativa* (Brassicaceae)[J]. PloS One, 2021, 16(3): e0248556.
- [21] ZHOU J, ZHANG S, WANG J, *et al.* Chloroplast genomes in *Populus* (Salicaceae): comparisons from an intensively sampled genus reveal dynamic patterns of evolution[J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 9471.
- [22] YAN J, LI J, YU L, *et al.* Comparative chloroplast genomes of *Prunus* subgenus *Cerasus* (Rosaceae): insights into sequence variations and phylogenetic relationships[J]. Tree Genetics & Genomes, 2021, 17(6): 50.
- [23] 刘潮, 唐利洲, 韩利红. 四川山胡椒叶绿体基因组特征及山胡椒属系统发育[J]. 林业科学, 2021, 57(12): 167-174.
- LIU C, TANG L Z, HAN L H. Characterization of the chloroplast genome of *Lindera setchuenensis* and phylogenetics of the genus *Lindera* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2021, 57(12): 167-174. (in Chinese)
- [24] LIU C, CHEN H, TANG L, *et al.* Plastid genome evolution of a monophyletic group in the subtribe Lauriineae (Laureae, Lauraceae)[J]. Plant Diversity, 2022, 44(4): 377-388.
- [25] HAN C, DING R, ZONG X, *et al.* Structural characterization of *Platanthera ussuriensis* chloroplast genome and comparative analyses with other species of Orchidaceae[J]. BMC Genomics, 2022, 23(1): 1-13.
- [26] MENG D, XIAOMEI Z, WENZHEN K, *et al.* Detecting useful genetic markers and reconstructing the phylogeny of an important medicinal resource plant, *Artemisia selengensis*, based on chloroplast genomics[J]. PloS One, 2019, 14(2): 0211340.
- [27] YU J, FU J, FANG Y, *et al.* Complete chloroplast genomes of *Rubus* species (Rosaceae) and comparative analysis within the genus[J]. BMC Genomics, 2022, 23(1): 1-14.
- [28] DONG S S, WANG Y L, XIA N H, *et al.* Plastid and nuclear phylogenomic incongruences and biogeographic implications of *Magnolia* s. l. (Magnoliaceae)[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2021, 161(8): 107171.

(上接第 30 页)

- [21] 耿胜莲. 不同土壤水分下黑果枸杞生理特点分析[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(9): 6-10.
- GENG S L. Physio characteristics of *Lycium ruthenicum* under different soil water conditions[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(9): 6-10. (in Chinese)
- [22] 马彦军, 张莹花, 张荣梅, 等. 不同种源黑果枸杞抗盐性比较[J]. 西北林学院学报, 2012, 21(9): 1640-1646.
- MA Y J, ZHANG Y H, ZHANG R M, *et al.* Salt resistance comparative study of *Lycium ruthenicum* from different provenances[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(6): 83-88. (in Chinese)
- [23] 胡婵娟, 郭雷. 植被恢复的生态效应研究进展[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1640-1646.
- HU C J, GUO L. Advances in the research of ecological effects of vegetation restoration[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1640-1646. (in Chinese)
- [24] 李昌龙, 王继和, 孙坤, 等. 民勤连古城自然保护区群落结构和物种多样性特征分析[J]. 西北植物学报, 2006, 26(11): 2338-2344.
- LI C L, WANG J H, SUN K, *et al.* Community structure and species diversity in liangucheng nature reserve of Minqin County[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(11): 2338-2344. (in Chinese)
- [25] 谭勇, 潘伯荣, 段士民, 等. 中国沙拐枣属天然群落特征及其物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(5): 1049-1055.
- TAN Y, PAN B R, DUAN S M, *et al.* Characteristics of *Calligonum* L. community and species diversity in China[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2008, 28(5): 1049-1055. (in Chinese)
- [26] 李得禄, 张芝萍, 唐卫东, 等. 不同生境条件下黑果枸杞种群生殖配置特征[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(1): 144-149.
- LI D L, ZHANG Z P, TANG W D, *et al.* Reproductive allocation characteristics of *Lycium barbarum* population in different habitats[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(1): 144-149. (in Chinese)