



新疆卡山自然保护区典型水源地植物群落特征 及其与土壤因子的关系

石攀基¹, 刘冬志², 田燕菲³, 初红军^{1,2,4}, 马 伟⁵, 田新民^{1*}

(1 新疆大学 生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046; 2 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 3 新疆环疆绿源环保科技有限公司, 乌鲁木齐 830000; 4 新疆林业科学院, 乌鲁木齐 830000; 5 卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区, 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 该研究通过样方调查法对卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区(卡山自然保护区)水源地植物种类及数量进行统计, 利用 TWINSpan 和 DCA 进行植物群落数量分类和排序, 并对保护区典型水源地土壤理化性质与植物群落物种多样性指数的相关关系进行 CCA 分析。结果表明: (1) 卡山自然保护区 32 个典型水源地调查共记录到 15 科 41 属 53 种植物。(2) 群落分类共分为 7 个群落, 分别为: 铃铛刺群落、沙拐枣-麻黄群落、白刺+怪柳-蛇麻黄+羽毛三芒草群落、芨芨草+白茎绢蒿群落、盐爪爪群落、白刺群落、怪柳+盐爪爪-芨芨草群落。(3) 有机质、总氮对植物群落的分布影响较大。研究认为, 典型水源地作为重要的功能区域, 对其进行保护是维持卡山保护区生态平衡的一个重要环节。

关键词: 卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区; 典型水源地; 植物群落; 土壤理化性质

中图分类号: Q948.11; Q948.15⁺5 **文献标志码:** A

Characteristics of Plant Communities and Correlation with Soil Factors in Mountain Kalamaili Ungulate Nature Reserve

SHI Panji¹, LIU Dongzhi², TIAN Yanfei³, CHU Hongjun^{1,2,4}, MA Wei⁵, TIAN Xinmin^{1*}

(1 College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2 College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3 Xinjiang Huanjian Lvyuan Environmental Technology Limited Company, Urumqi 830000, China; 4 Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi 830000, China; 5 Management Center, Mt. Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Urumqi 830000, China)

Abstract: In this study, the species and quantity of plants in the water source areas of Mountain Kalamaili Nature Reserve were counted through quadrats survey. TWINSpan and DCA were used for quantitative classification and ordination of plant communities, the relationship between diversity index and soil physical and chemical properties of typical water source areas were analyzed by CCA. The results showed that: (1) according to the investigation of 32 typical water sources, there are 53 species belonging to 41 genera, 15 families of plants was statistically obtained. (2) Community classification showed there are 7 communities, Ass. *Halimodendron halodendron*, Ass. *Calligonum mongolicum-Ephedra distachya*, Ass. *Nitraria schoberi + Tamarix chinensis-Ephedra distachya + Aristida pennata*, Ass. *Achnatherum splendens*

收稿日期: 2021-03-15; 修改稿收到日期: 2021-05-12

基金项目: 卡山自然保护区管理中心 2019 中央财政林业改革发展资金(森林生态效益补偿补助); 科技部科技基础性工作专项重大项目(2013FY110300)

作者简介: 石攀基(1996—), 女, 硕士研究生, 主要从事植物学方面的研究。E-mail: 2236870771@qq.com

* 通信作者: 田新民, 博士, 教授, 硕、博士生导师, 主要从事植物系统分类、植物地理学研究。E-mail: tianxm06@lzu.edu.cn

+ *Seriphidium teraealbae*, Ass. *Kalidium foliatum*, Ass. *Nitraria schoberi*, Ass. *Tamarix chinensis* + *Kalidium foliatum*-*Achnatherum splendens*. (3) It was found that organic matter and total nitrogen have great influence on the distribution of plant communities. It is considered that the typical water source area is an important functional area, it also has important link to maintain the ecological balance of Mountain Kalamaili Nature Reserve.

Key words: Mountain Kalamaili Ungulate Nature Reserve; typical water source; plant community; physical and chemical properties of soils

卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区(以下简称卡山自然保护区)处于新疆准噶尔盆地东部,作为重要的有蹄类野生动物自然保护区,卡山自然保护区最具代表性的有普氏野马(*Equus ferus*)、蒙古野驴(*Equus hemionus*)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)、盘羊(*Ovis ammon*)等大中型荒漠有蹄类野生动物^[1-3]。对于野生动物而言,水分的需求是至关重要的,保护区内水源地是野生动物补充水分的必要地点^[2]。卡山保护区主要生境为荒漠,根据野外调查和文献资料的统计,荒漠植物区系由 23 科、73 属的 107 种植物组成,占优势的科主要为藜科(21 属 45 种)、禾本科(13 属 15 种)等;荒漠植物群落可划分为 9 个主要群系,16 个群落^[4],优势种多为梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、盐生假木贼(*Anabasis salsa*)、白茎绢蒿(*Seriphidium teraealbae*)、琵琶柴(*Raumuria soongorica*)等^[5-6]。目前对该区域研究主要围绕荒漠生境进行,而卡山保护区内的生境除荒漠外,隐喻景观水源地作为极度干旱环境中水分较多的区域具有十分重要的功能,该生境植被类型较为特殊,且水源地是保护区内野生动物重要的水分补充地点,因此,对典型水源地的植物群落进行研究为完善卡山保护区植物群落的研究以及生物多样性保护都具有重要意义。

植物群落的分布与土壤的理化性质密不可分,水源地较荒漠水分较多,水分对土壤盐分等因子影响较大,从而导致适宜生长的植物类型不同,因此,结合土壤因子对植物群落特征进行分析可以在一定程度上反映植被与土壤性质的内在变化规律^[7-8],为水源地这一重要功能区域的合理利用和保护提供科学依据。本研究通过样方调查对保护区水源地植物种类及数量进行统计,植物多样性指数用 α 多样性指数衡量^[10-14] 利用 TWINSpan 数量分类和 DCA^[15] 分析对植物群落分类进行分类,此外,实验室测定土壤理化因子,利用 CANOCO 软件对卡山自然保护区典型水源地土壤理化性质和多样性指数的相关关系进行 CCA 分析^[16-17],从而明晰卡山自

然保护区典型水源地植物群落特征及其与土壤理化性质的关系,为卡山保护区的植被保护提供基础资料,同时也为野生动物的保护提供理论依据。

1 研究区概况

卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区(以下简称卡山自然保护区)地理范围为 $88^{\circ}30' \sim 90^{\circ}00' E$, $44^{\circ}36' \sim 46^{\circ}00' N$, 占地面积为 $14\,856.48\text{ km}^2$ 。行政区域包括昌吉回族自治州的阜康市、吉木萨尔县、奇台县和阿勒泰地区的富蕴县、青河县、福海县。卡山保护区为典型的温带大陆性干旱气候,冬季漫长寒冷(10 月至次年 4 月),夏季炎热短暂(6 月至 9 月),保护区内降水主要集中在冬季与春季,年降水量为 $159.1\text{ mm}^{[1-2]}$ 。保护区内无稳定的地表径流,在部分地下水位较高的地段由含盐的地下水溢出,形成岩泉;春季积雪融化和夏季阵雨过后,在低洼地形可形成临时性水源。干旱是保护区内生态环境的基本特征,这决定了卡山自然保护区内植被组成较为简单,类型较单调,分布较稀疏,主要由超旱生、旱生小乔木、灌木、半灌木以及旱生的一年生草本、多年生草本和短命植物等荒漠植物组成^[7]。

2 研究方法

2.1 样方调查

2019 年 9 月—10 月,对卡山自然保护区内主要野生动物饮水水源地进行调查。根据不同水源地的情况,由于水源地附近植被生长较为均匀,根据成倍扩大样地面积法得出 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 为群落的最小面积。在每个水源地附近设置 200 m^2 的样地,每个样地内沿对角线选取 3 个 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 样方进行调查(图 1),分别在 3 个小样方中心进行土壤采集,采集深度为 $0 \sim 10\text{ cm}$,共调查水源地样地 32 个,样方 96 个。在调查过程中,对样方内植物种类,株数,盖度,平均高度等进行详细记录。

2.2 土壤理化性质测定

对采集的土壤进行理化性质的测定。具体测定的指标有 pH、电导率、有机质、总氮、总磷、全

钾^[15-16]。pH 测定采用电位法;电导率测定采用电导法;有机质测定采用重铬酸钾氧化——外加热法;总氮含量测定采用半微量开氏法;总磷含量测定采用钼酸铵分光光度法;全钾含量测定采用氢氟酸消解法——火焰原子吸收分光光度法。

2.3 植被重要值、多样性指数计算及群落分类

利用相对多度、相对频度、相对盖度、相对高度计算重要值:

重要值=(相对多度+相对频度+相对盖度+相对高度)/4×100%

相对多度=(某一种多度/全部种多度之和)×100

相对频度=(某一种频度/所有种频度之和)×100

相对盖度=(某一种盖度/所有种盖度之和)×100

相对高度=(某一种平均高度/所有种平均高度)×100

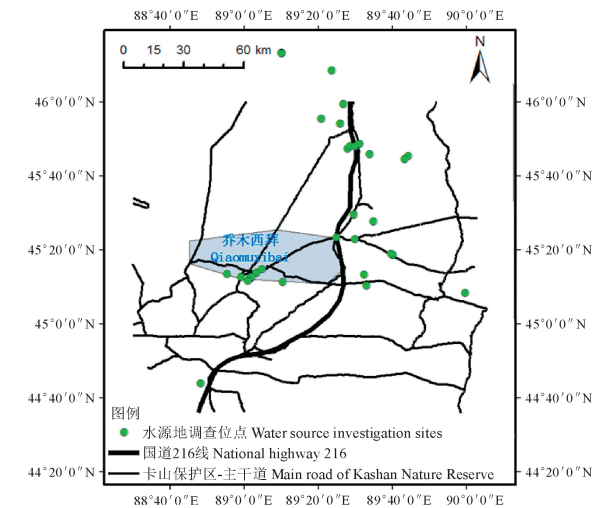
选取 Shannon-Wiener 指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数 4 种指数来反映物种多样性^[19-20],公式如下:

Margalef 丰富度指数 $R=(S-1)/\ln N$ (1)

Simpson 多样性指数: $\lambda=1-\sum(N_i/N)^2$ (2)

Shannon-Wiener 多样性指数: $H=-\sum N_i/N(\ln N_i/N)$ (3)

Pielou 均匀度指数: $J=H/\ln S$ (4)



图中绿色圆圈为水源地调查位点

图 1 卡山自然保护区典型水源地调查位点图
The green circles in the figure are the sites of water source survey
Fig.1 Map of typical water source survey sites in
Mountain Kalamaili Ungulate Nature Reserve

其中, S 为每个样方的物种总数, N 为 S 个物种的全部重要值之和, N_i 为第 i 个种的重要值。

植物群落分类采用 TWINSpan(双向指示种分析),利用群落指示种的组合对样地进行分类,这种分类方法是国际上通用的一种等级分类方法。本研究 32 个样地中共记录了 53 种植物,计算重要值作为分类的特征值,整理得到 32×53 的重要值数据矩阵,利用 Win TWINS 软件进行群落数量分类。

DCA(除趋势对应分析)和 TWINSpan 分类方法常结合使用,两种方法可共同分析并相互检验,利用 DCA 进行植物群落分类及生态学排序有较好的适用性。整理得到 32×53 的物种-样地矩阵,利用 CANOCO 5.0 软件进行 DCA 分析。

3 结果与分析

3.1 植物种类统计

通过野外水源地样方调查,统计得到 53 种植物(表 1),隶属 15 科 41 属 53 种,其中藜科植物占比为 33.96%,共有 14 个属 18 个种,禾本科占比 13.21%,共 6 属 7 种,菊科和蓼科均占比 9.43%,含有 4 属 5 种。藜科植物盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)、盐生草(*Halogeton glome-*

表 1 卡山自然保护区水源地植物统计

Table 1 Statistical table of typical water source plant in Mt. Kalamaili Ungulate Nature Reserve (MKUNR)			
科 Family	属数 Genus number	种数 Species number	各科植物 总种数占比 Proportion of total species in each family/%
白刺科 Nitrariaceae	1	1	1.89
白花丹科 Plumbaginaceae	1	2	3.77
怪柳科 Tamaricaceae	2	2	3.77
豆科 Leguminosae	3	3	5.66
禾本科 Graminae	6	7	13.21
菊科 Compositae	4	5	9.43
藜科 Chenopodiaceae	14	18	33.96
蓼科 Polygonaceae	4	5	9.43
柳叶菜科 Onagraceae	1	1	1.89
萝藦科 Asclepiadaceae	1	1	1.89
麻黄科 Ephedraceae	1	2	3.77
茄科 Solanaceae	2	2	3.77
十字花科 Cruciferae	1	2	3.77
锁阳科 Cynomoriaceae	1	1	1.89
玄参科 Scrophulariaceae	1	1	1.89

ratus)、梭梭、怪柳(*Tamarix chinensis*)、琵琶柴均具有耐盐碱的特征,是水源地附近的优势物种,禾本科植物芦苇是典型的水生植物,在所调查水源地区域出现的频度较高。

3.2 植物群落聚类分析

以重要值作为特征值应用 Win TWINS 软件进行 TWINSpan 等级分类,本研究采用第 5 级分类结果(图 2),参考《中国植被》分类系统,将 32 个水源地样地划分为 7 个群落类型(I—VII),群落命名方式按照相同层片之间的优势种用“-”连接,不同层片之间使用“+”连接。

用种类-样地矩阵资料进行 DCA 排序,得到前 2 个排序轴的特征值较大,分别是 0.7903、0.5198,即这两个排序轴包含的生态信息量多,有重要的生态意义。从图 3 看出 TWINSpan 分类得到的 7 种植物群落在 DCA 排序图上的分布更加紧凑集中,各个群落类型之间有明确的分布范围和界线,说明 DCA 较好地反映了各群落类型之间的生态关系。第一排序轴基本反映了样地土壤 pH 值,从左到右, pH 值逐渐增大,植物群落耐盐碱程度提高,第二排序轴反映水分因子,从上到下土壤水分含量逐渐增加,从沙漠生境过渡到戈壁生境。

I 铃铛刺群落(Ass. *Halimodendron halodendron*),3 号水源地为保护区内较特殊的群落,由铃铛刺乔木和单一的禾本科林下植物构成;

II 沙拐枣-麻黄群落(Ass. *Calligonum mon-*

golicum-Ephedra distachya),该群落主要分布在保护区西南侧,土壤以沙土为主,沙拐枣和麻黄优势物种,伴生植物有沙蒿(*Artemisia arenaria*)等,包含 20 和 30 号 2 个样方;

III 白刺+怪柳-蛇麻黄+羽毛三芒草群落(Ass. *Nitraria schoberi + Tamarix chinensis-Ephedra distachya + Aristida pennata*),该群落优势种为怪柳、白刺、蛇麻黄和羽毛三芒草,伴生植物主要是芨芨草(*Achnatherum splendens*),该群落包含 21、26 和 31 号 3 个样方;

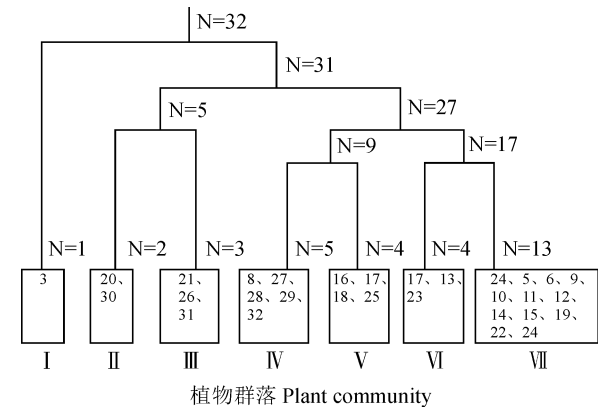
IV 芨芨草+白茎绢蒿群落(Ass. *Achnatherum splendens + Seriphidium teraealbae*),该群落优势种为芨芨草和白茎绢蒿,通常有禾本科的针茅(*Stipa glareosa*)、羊草(*Leymus chinensis*)等作为伴生植物,8、27~29、32 号等 5 个样方属于该群落;

V 盐爪爪群落(Ass. *Kalidium foliatum*),该群落优势物种为耐盐碱的藜科植物盐爪爪,盐穗木、藜(*Chenopodium album*)等多为该群落伴生植物,该群落包含 16~18 以及 25 号 4 个样方;

VI 白刺群落(Ass. *Nitraria schoberi*),该群落优势物种主要为白刺,伴生植物有盐生草、盐角草(*Salicornia europaea*)等,包含 1、7、13 和 23 号等 4 个样方。

VII 怪柳+盐爪爪-芨芨草群落(Ass. *Tamarix chinensis + Kalidium foliatum-Achnatherum splendens*),怪柳、芨芨草、盐爪爪为优势植物,细枝盐爪爪(*Kalidium gracile*)、猪毛菜(*Salsola collina*)、细裂补血草(*Limonium leptolobum*)等多为伴生植物,该群落包括样方 2、4~6、9~12 等 13 个样方。

由于调查地点为水源地,芦苇为水生植物在水源



图中 N 表示样地数量,每个矩形框代表一类群落,矩形框中阿拉伯数字代表该群落中包含的样地序号

图 2 TWINSpan 分类结果

N in the figure represents the number of sample plots. Each rectangle represents a community. The arabic numerals in the rectangular box represent the sequence number of plots contained in community

Fig. 2 Classification results of TWINSpan

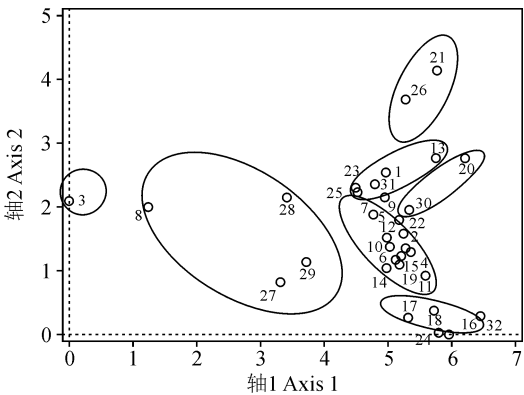


图 3 DCA 样地(1~32)排序结果

Fig. 3 Classification diagram of DCA

表 2 各群落土壤理化性质

Table 2 Soil physical and chemical properties of each community

群落编号 Community number	群落名称 Community name	pH	电导率 Electrical conductivity /(μ S/cm)	有机质 Organic matter /(g/kg)	总氮 Total nitrogen /(g/kg)	总磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)
I	铃铛刺群落 Ass. <i>Halimodendron halodendron</i>	8.25	436.00	114.17	7.43	1.66	13.49
II	沙拐枣+麻黄群落 Ass. <i>Calligonum mongolicum</i> - <i>Ephedra distachya</i>	9.05	210.63	8.05	2.03	2.02	15.86
III	白刺-怪柳+蛇麻黄-羽毛三芒草群落 Ass. <i>Nitraria schoberi</i> + <i>Tamarix chinensis</i> - <i>Ephedra distachya</i> + <i>Aristida pennata</i>	8.74	54.99	11.37	4.53	1.24	23.10
IV	芨芨草+白茎绢蒿群落 Ass. <i>Achnatherum splendens</i> + <i>Seriphidium teraealbae</i>	8.55	39.90	14.99	2.67	2.08	15.65
V	盐爪爪群落 Ass. <i>Kalidium foliatum</i>	8.85	46.10	6.26	2.93	1.29	15.94
VI	白刺群落 Ass. <i>Nitraria schoberi</i>	8.57	464.23	9.83	3.28	1.56	10.33
VII	怪柳+芨芨草-盐爪爪群落 Ass. <i>Tamarix chinensis</i> + <i>Kalidium foliatum</i> - <i>Achnatherum splendens</i>	8.76	101.54	8.08	2.73	2.17	12.74

地附近出现的频度较高,此外,水源地附近土壤均呈碱性,藜科植物如盐爪爪、盐穗木等均具有耐盐性多为优势物种,怪柳作为泌盐植物在水源地附近出现的频度也很高,达到 53.13%。

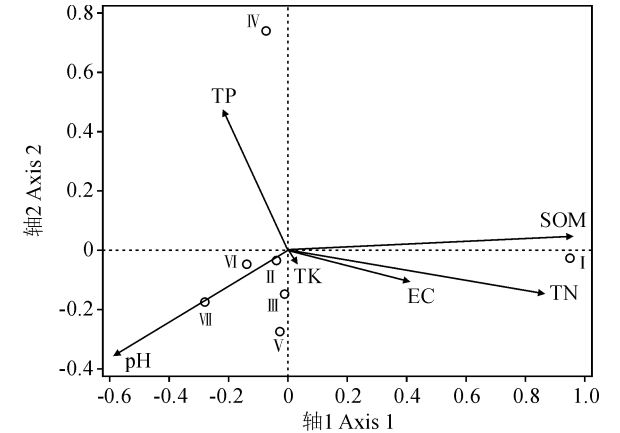
3.3 卡山自然保护区水源地群落特征与环境间相关关系

经过对各样地内土壤理化性质的测定,得出所有土壤 pH 值均大于 8.0(表 2),主要原因是卡山自然保护区内降水量低,蒸发量高,地下水被蒸发,盐分留在土壤中,导致土壤呈现碱性,所有群落中芨芨草+白茎绢蒿群落的 pH 较小,这也与该群落的优势物种芨芨草只能在碱性较小的环境下生存是相互印证的。此外,铃铛刺群落植物盖度达到 85%以上,有机质含量多,其余样地有机质含量均与正常水平接近,除铃铛刺群落的碳氮比约为 15:1,其余群落的碳氮比范围为 2:1~6:1,较低的碳氮比会影响植物的细胞生长情况,这也是干旱地区植物物种丰富度较低一个原因。

3.4 卡山自然保护区群落特征与土壤因子间相关关系

通过对各群落植物群落物种多样性指数计算,得到铃铛刺群落较特殊,由铃铛刺和单一林下植物组成,Margele 丰富度指数仅为 0.12,Shannon-Winner 指数为 0.03,Pielou 均匀度指数为 0.04,Simpson 指数最大,为 0.99,其余 6 个群落 Margele 丰富度指数的范围在 0.63~1.29,Shannon-Winner 指数范围在 0.41~1.75,Pielou 均匀度指数范围为 0.57~0.88,Simpson 指数范围为 0.22~0.57。

植物群落物种多样性的 DCA 分析结果显示,四



I 铃铛刺群落; II. 沙拐枣+麻黄群落; III. 白刺-怪柳+蛇麻黄+羽毛三芒草群落; IV. 芨芨草+白茎绢蒿群落; V. 盐爪爪群落; VI. 白刺群落; VII. 怪柳+芨芨草-盐爪爪群落。pH. 酸碱度; EC. 电导率; TN. 总氮; TK. 全钾; TP. 总磷; SOM. 有机质

图 4 植物群落物种多样性与土壤因子的 CCA 关系分析

I. Ass. *Halimodendron halodendron*; II. Ass. *Calligonum mongolicum*-*Ephedra distachya*; III. Ass. *Nitraria schoberi* + *Tamarix chinensis*-*Ephedra distachya* + *Aristida pennata*; IV. Ass. *Achnatherum splendens* + *Seriphidium teraealbae*; V. Ass. *Kalidium foliatum*; VI. Ass. *Nitraria schoberi*; VII. Ass. *Tamarix chinensis* + *Kalidium foliatum*-*Achnatherum splendens*. pH. Potential of hydrogen; EC. Electrical conductivity; TN. Total nitrogen; TK. Total potassium; TP. Total phosphorus; SOM. Soil organic matter

Fig. 4 CCA analysis on the relationship between the species deversity of the community and soil factors

个轴中梯度最大值为 5.76,大于 4,选用 CCA 对群落物种多样性与土壤理化因子的关系进行研究,结果如图 4。

根据水源地植物群落与土壤因子 CCA 排序图

看,第一排序轴主要由有机质、总氮、电导率、pH 构成,有机质和总氮与第一排序轴为正相关,且贡献较大,电导率虽然也与第一排序轴呈正相关,但相比有机质和总氮贡献量较小,pH 为第一排序轴的负轴部分,虽箭头连接线较长,但夹角较大,贡献相对较少,综上,第一排序轴主要贡献来自于有机质和总氮。第二排序轴主要是由全钾和总磷构成,总磷为第二排序轴的正轴部分(与第二轴正相关),全钾构成负轴部分(与第二轴),全钾贡献极少,总磷对第二排序轴贡献较大。整体来看,第一排排序轴累积贡献值较第二排序轴大,这与第一排序轴贡献值为 94.29%,第二排序轴贡献值为 3.75%吻合。有机质和总氮沿第一排序轴从左向右增加,铃铛刺群落有机质和总氮最大,受其影响也最大,沙拐枣+麻黄群落和怪柳+芨芨草-盐爪爪群落受 pH 值影响最大,且 pH 沿第一排序轴从左向右增大,怪柳+芨芨草-盐爪爪较沙拐枣+麻黄群落 pH 更大,铃铛刺群落 pH 值最小,这与实际测得的数据符合,由此可见,植物群落的分布情况与有机质、总氮密切相关。

4 讨论

通过本次调查,共将调查的 32 处水源地划分出 7 个群落,与徐文轩等对保护区内划分的群落相比,水源地附近的群落中白刺、盐爪爪、盐穗木、怪柳、芨芨草等植物为优势种,这主要是由于水源地附近较荒漠地区水分较高,土壤蒸发量较大,盐碱程度相比荒漠较大,白刺为耐旱、喜盐碱的灌木,盐爪爪、盐穗木等为耐盐碱的植物,怪柳为泌盐植物,芨芨草适宜在微碱性环境下生长^[6-8]。

本研究发现水源地土壤主要呈碱性,过高的 pH 可能限制植物多样性较低的主要原因^[11]。除铃铛刺群落的碳氮比约为 15 : 1,其余群落的碳氮比范围为 2 : 1~6 : 1,较低碳氮比会影响植物的细胞生长情况,这也是干旱地区植物物种丰富度较低的一个原因,与刘建军等^[7]对准噶尔东部荒漠土壤理

化性质的测定结果一致,就有机质含量来说,水源地附近有机质含量比刘建军等测定的值较大^[7,16],这与水源地附近水分相对较多,植物生长茂盛,盖度相对较大,枯枝落叶堆积以及集群的野生动物在水源地附近补充食物和水分并进行排泄是有密不可分的关系的,相比荒漠,动物粪便的累积和枯枝落叶的堆积导致有机质含量提高。

本次调查得到的群落物种丰富度指数与塔里木河下游群落特征相比较接近,这可能与两区域都属于干旱气候,植物群落较接近有关^[23]。从 CCA 结果来看,第一排序轴主要由有机质、总氮、电导率、pH 构成,有机质和总氮与第一排序轴为正相关,且贡献较大,第二排序轴贡献相对较少,由此可见,有机质和总氮对植物群落的分布贡献最大。

作为典型干旱区域,卡山自然保护区的植被组成较简单,容易遭到破坏且难以在自然条件下恢复,水源地作为其中特殊的隐喻景观,不仅植物群落较为特殊,更占据了重要的功能地位,全面了解并对水源地进行保护是维持卡山自然保护区生态平衡的一个重要环节。本次调查由于主要集中在秋季,没有调查到早春植物,而早春植物也是保护区植被中一类主要类群,今后可以对不同季节水源地植物进行调查,逐步完善对水源地的植物群落特征及其影响因素更全面的探究,为卡山保护区的生物多样性保护提供资料。

5 结论

(1)经过 TWINSpan 和 DCA 进行群落聚类分析,将 32 处水源地划分为铃铛刺群落、沙拐枣-麻黄群落、白刺+怪柳-蛇麻黄+羽茅三芒草群落、芨芨草+白茎绢蒿群落、盐爪爪群落、白刺群落、怪柳+盐爪爪-芨芨草群落 7 个群落;

(2)水源地附近土壤具有 pH 较大,有机质含量较低等特点,CCA 分析结果显示,有机质、总氮对植物群落分布影响较大。

致谢:新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区管理中心各管理站及各管护站提供了工作和生活上的大力支持;野外调查工作得到了卡山自然保护区管理中心李书江、白硕、木合亚提等的极大的帮助;新疆环疆绿源环保科技有限公司王建忠、王勇利、段黎参与野外调查和数据收集,吴洪潘师兄对野外数据收集给予了帮助,室内实验以及工作生活得到了刘冬志、唐国智等的大力支持和帮助。谨致衷心感谢!

参考文献:

[1] 初红军, 蒋志刚, 葛炎, 等. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区蒙古野驴和鹅喉羚种群密度和数量[J]. 生物多样性, 2009, 17(4): 414-422.
CHU H J, JIANG Z G, GE Y, *et al.* Population densities and number of khulan and goitred gazelle in Mt. Kalamaili Ungulate Nature Reserve[J]. *Biodiversity Science*, 2009, 17(4): 414-422.

[2] 邵长亮, 葛炎, 梁新凯, 等. 新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区的鸟类多样性调查[J]. 绿色科技, 2020, (18): 43-45.
SHAO C L, GE Y, LIANG X K, *et al.* Investigation of bird diversity in Mt. Kalamaili Nature Reserve, Xinjiang [J]. *Green Science and Technology*, 2020, (18): 43-45.

[3] 冯锦, 初雯雯, 葛应强, 等. 新疆卡山自然保护区春季鸟类多样性调查及分析[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(8): 173-178.
FENG J, CHU W W, GE Y Q, *et al.* Structure and diversity of the spring birds community in Mountain Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2019, 33(8): 173-178.

[4] DING J Y, ZHAO W W, FU B J, *et al.* Variability of *Tamarix* spp. characteristics in riparian plant communities are affected by soil properties and accessibility of anthropogenic disturbance in the lower reaches of Heihe River, China[J]. *Forest Ecology and Management*, 2018, 410: 174-186.

[5] WANG J M, CHEN C, LI J W, *et al.* Different ecological processes determined the alpha and beta components of taxonomic, functional, and phylogenetic diversity for plant communities in dryland regions of Northwest China[J]. *Peer J.*, 2019, 6: e6220.

[6] 朱思雨, 刘善辉. 新疆卡拉麦里自然保护区野马放归区植物群落分类与排序[J]. 林业资源管理, 2019, (3): 80-85.
ZHU S Y, LIU S H. Classification and ordination of plant communities in przewalskii horse reintroduction area of kalamaili nature reserve in Xinjiang[J]. *Forest Resources Management*, 2019, (3): 80-85.

[7] 刘建军, 李新华, 沈志. 准噶尔东部荒漠植物群落的结构及数量特征[J]. 干旱区研究, 1992, 9(2): 39-48.
LIU J J, LI X H, SHEN Z. The composition and quantitative features of the desert plant communities in the east of the Junggar basin[J]. *Arid Zone Research*, 1992, 9(2): 39-48.

[8] 徐文轩, 杨维康, 张弛, 等. 准噶尔盆地东部卡拉麦里山有蹄类自然保护区主要植物群落及其特征[J]. 植物生态学报, 2016, 40(5): 502-507.
XU W X, YANG W K, ZHANG C, *et al.* Main plant communities and characteristics of Kalamaili Ungulate Nature Reserve in east Junggar Basin [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2016, 40(5): 502-507.

[9] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1 923-1 932.
ZHANG L Y, CHEN C D. On the general characteristics of plant diversity of gurbantunggut sandy desert[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1 923-1 932.

[10] 贾荣, 兰登明, 郭威星, 等. 宁夏东北部典型荒漠草原植物群落与土壤养分特征[J]. 生态环境学报, 2020, 29(3): 483-488.
JIA R, LAN D M, GUO W X, *et al.* Characteristics of plant communities and soil nutrients in desert steppe of Northeastern Ningxia [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2020, 29(3): 483-488.

[11] 冯艳琼, 何彤慧, 陈向全, 等. 盐生草甸群落的植物多样性与土壤质地、盐分关系的研究[J]. 草地学报, 2020, 28(6): 1 682-1 689.
FENG Y Q, HE T H, CHEN X Q, *et al.* Study on the relationship between plant diversity and soil texture and salinity of saline meadow community [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(6): 1 682-1 689.

[12] WIŚCŁAW H, PODLASIŃSKI M. Diversity of plant communities with *Carex flava* agg. in Poland and their relationship with soil properties[J]. *Folia Geobotanica*, 2020, 55(3): 225-240.

[13] 朋措吉, 宋明华, 周春丽, 等. 放牧影响下不同盖度金露梅灌丛草本植物叶功能性状与土壤因子的关系[J]. 西北植物学报, 2020, 40(5): 870-881.
PENG C J, SONG M H, ZHOU C L, *et al.* Relationship between leaf functional traits of herbaceous plants and soil factors in different coverage gradients of *Potentilla fruticosa* shrub under grazing[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2020, 40(5): 870-881.

[14] 刘旻霞, 张国娟, 南笑宁, 等. 甘南高寒草甸坡向梯度对植物群落功能多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2020, 40(8): 1 414-1 423.
LIU M X, ZHANG G J, NAN X N, *et al.* Effect of slope aspect gradients on functional diversity of plant community in alpine meadow of Gannan[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2020, 40(8): 1 414-1 423.

[15] 何庆海, 方茹, 黄旭波, 等. 绿肥鼠茅自然群落物种多样性及其与环境因子间的关系[J]. 浙江农业学报, 2019, 31(5): 806-815.
HE Q H, FANG R, HUANG X B, *et al.* Natural community species diversity of green manure *Vulpia myuros* and its correlation with environment factors[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2019, 31(5): 806-815.

[16] 拜合提亚尔·阿布力米提. 新疆巴尔鲁克山自然保护区土壤理化因子与植物群落多样性的相关性研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(6): 13-15.
BAIHETIYAER · A. Correlation research on soil physico-chemical factors and plant community diversity in Baerluke Nature Reserve of Xinjiang[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(6): 13-15.

[17] 吉小敏, 雷春英. 新疆且末县河东沙化土地封禁保护区植物多样性调查[J]. 防护林科技, 2017, (9): 18-20.
JI X M, LEI C Y. Investigation on plant diversity in game park reserve of Hedong desertification site in Qiemo County

of Xinjiang uygur autonomous region[J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2017,(9): 18-20.

[18] AL-MUTAIRI K A. Effect of environmental conditions on the taxonomic diversity of plant species in the arid region of Tabuk[J]. *Arid Ecosystems*, 2017, **7**(4): 271-276.

[19] 朱湾湾, 许艺馨, 王攀, 等. 降水量及 N 添加对荒漠草原植物和土壤微生物 C : N : P 生态化学计量特征的影响[J]. 西北植物学报, 2020, **40**(4): 676-687.

ZHU W W, XU Y X, WANG P, *et al.* Effects of precipitation and N addition on plant and microbial C : N : P ecological stoichiometry in a desert steppe of northwestern China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2020, **40**(4): 676-687.

[20] 袁蕾, 周华荣, 宗召磊, 等. 乌鲁木齐地区典型灌木群落结构特征及其多样性研究[J]. 西北植物学报, 2014, **34**(3): 595-603.

YUAN L, ZHOU H R, ZONG Z L, *et al.* Structural characteristics and diversity of typical shrub plant community in the Urumqi region[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2014, **34**(3): 595-603.

[21] FISCHER H S. On the combination of species cover values from different vegetation layers[J]. *Applied Vegetation Science*, 2015, **18**(1): 169-170.

[22] MUCINA L, BÜLTMANN H, DIERBEN K, *et al.* Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities[J]. *Applied Vegetation Science*, 2016, **19**: 263-264.

[23] 赵敏. 黑河中游湿地植物群落特征与土壤因子的关系[D]. 兰州: 西北师范大学, 2019.

[24] 山丹, 朱媛君, 王百竹, 等. 呼伦贝尔沙地北部沙带植物群落分布格局与土壤特性的关系[J]. 中国沙漠, 2020, **40**(1): 145-155.

SHAN D, ZHU Y J, WANG B Z, *et al.* Relationship between plant community distribution pattern and soil characteristics in northern sand belt of Hulunbuir Sandland[J]. *Journal of Desert Research*, 2020, **40**(1): 145-155.

[25] 任玉连, 曹乾斌, 李聪, 等. 南滚河自然保护区森林群落特征与土壤性质之间关联分析[J]. 西北林学院学报, 2019, **34**(3): 50-59.

REN Y L, CAO Q B, LI C, *et al.* Correlation analysis between forest community characteristics and soil characteristics in Nangunhe Nature Reserve[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2019, **34**(3): 50-59.

(编辑: 潘新社)

《西北植物学报》发表论文的院士作者统计

经编辑部初步统计,自创刊以来,有 42 位两院院士在《西北植物学报》共发表研究论文 183 篇,并且有 8 篇双院士作者论文。其中:4 位院士编委发表论文 37 篇。

42 位院士作者姓名按发表论文时间先后排序:

侯学煜	郑国锷	李振声	种康	山仑	陈俊愉	孙大业	康绍忠	许智宏
沈允钢	于振文	余松烈	张福锁	刘大钧	董玉琛	戴景瑞	洪德元	邵明安
李振岐	康振生	刘更另	方精云	匡廷云	刘耀光	郝小江	赵春江	张新时
曹福亮	冯宗炜	任继周	喻树迅	吴明珠	邹学校	尹伟伦	李天来	张佳宝
盖钧镒	王明庥	张守攻	朱有勇	陈宗懋	南志标			

(裴阿卫 供稿)