DOI: 10.5846/stxb201802010281
牛慧慧,陈辉,付阳,杨祎,张斯琦,张博雄.柴达木盆地东部荒漠植物生态位特征.生态学报,2019,39(8): - .
Niu H H, Chen H, Fu Y, Yang Y, Zhang S Q, Zhang B X.Ecological niche characteristics of desert plants in the eastern Qaidam Basin.Acta Ecologica Sinica,2019,39(8): - .

柴达木盆地东部荒漠植物生态位特征

牛慧慧,陈　辉*,付　阳,杨　祎,张斯琦,张博雄
河北师范大学资源与环境科学学院,河北省环境演变与生态建设重点实验室, 石家庄　050024

摘要:以柴达木盆地东部 27 个典型样地的植物群落为研究对象,通过生态位宽度和生态位重叠指数计算,分析该区 13 种优势植物在土壤含水量、容重、有机质、pH、全盐、全氮维上的生态位特征,以期为柴达木盆地植被恢复重建和荒漠系统生态保护提供理论参考。结果表明:①13 种植物在 6 个土壤因子上平均生态位宽度从大到小依次是:驼绒藜、琵琶柴、芨芨草、芦苇、合头草、蒿叶猪毛菜、白刺、盐爪爪、小蒿草、麻黄、沙拐枣、柽柳和梭梭,其中,驼绒藜在土壤含水量、容重和有机质上占据最高值,琵琶柴在土壤 pH、全盐、全氮维上占据最高值;②生态位宽度较大的物种在生态位重叠上并不占据最高重叠值,而是处于一个中游的位置;③驼绒藜和琵琶柴在生态位宽度和生态位重叠上均占相对高的位置,对群落的建群起重要作用;④78 个种对在每一个土壤因子上的生态位重叠值<0.3 的占总对数的比例为 76%,柴达木盆地东部植物总体生态位重叠偏低,竞争较小,群落处于一个相对稳定的状态。

关键词:荒漠植物;生态位宽度;生态位重叠;土壤因子;柴达木盆地

Ecological niche characteristics of desert plants in the eastern Qaidam Basin

NIU Huihui, CHEN Hui*, FU Yang, YANG Yi, ZHANG Siqi, ZHANG Boxiong
College of Resources and Environment Sciences, Hebei Normal University, Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang, 050024, *China*

Abstract: Selecting plant communities of 27 typical sample plots in the eastern part of Qaidam Basin as research object, we analyzed the niche characteristics of 13 species of dominant plants in dimensions of soil moisture content, bulk density, organic matter, pH, total salt, total nitrogen through the niche breadth and niche overlap index calculation. In order to provide theoretical reference for vegetation restoration and ecological protection in Qaidam Basin. The results showed that: (1) the average niche breadth of the 13 species of plants on the soil of six factors in descending order is as follows: *Ceratoides latens* > *Reaumuria songonica* > *Achnatherum splendens* > *Phragmites communis* > *Sympegma regelii* > *Salsola abrotanoides* > *Nitraria tangutorum* > *Kalidium foliatum* > *Kobresia* > *Ephedra sinica* > *Calligogum kozlovi* > *Tamarix ramosissima* > *Haloxylon ammodendron*. Among them, the areas vegetated by *Ceratoides latens* had the highest in soil moisture content, bulk density, and organic matter content, and those vegetated by *Reaumuria songonica* had the highest soil pH, total salt content, and total nitrogen content. (2) The species with large ecological niche width did not show the greatest overlap among their ecological niches; instead, they showed a moderate overlap. (3) *Ceratoides latens* and *Reaumuria songonica* occupy a relatively high position in terms of both the niche width and niche overlap, and they play an important role in community construction. (4) For each of the 78 species pairs, the proportion of the ecological niche overlap in each soil factor less than 0.3 was 76%. In the eastern part of Qaidam Basin, the overall ecological niche overlap of the plants was low, which implied that the competition is small and the communities are in a relatively stable state.

基金项目:国家自然科学基金(40971118);河北省自然地理重点学科建设
收稿日期:2018-02-01;　　**网络出版日期**:2018-00-00
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: chenhui@ igsnrr.ac.cn

Key Words: desert plants; niche breadth; niche overlap; edaphic factor; Qaidam Basin

植物生态位研究是近年生态学和地理学研究领域的热点之一[1-5],生态位(ecological niche)不仅可以展现群落种间关系的现实结果,而且是群落特性的发生与发展、种间竞争和进化的动力和原因[6],生态位测度包括生态位宽度和生态位重叠,它们是基于种群在一系列资源状态下的分布数据[7]。生态位宽度是物种所能利用的各种资源的一个综合指标[8]。生态位重叠反映两个物种对同一资源的利用效率及共享程度[9],其重叠值的大小与资源的竞争强弱呈正比。进行生态位研究,定量化描述环境因子是首要一步,现阶段常用的方法是划分资源环境梯度[10],赋以等级值,由此入手计算并分析植物种群生态位,该方法便于探讨不同植物对同种资源环境的利用效率、同一植物对不同资源的利用程度以及物种间的共存关系。目前资源环境因子的选择主要有土壤因子[11-17],地形因子[2,18-20],气候因子[21,22]等。生态位对于研究生物群落的种间关系具有普适性,但在现阶段的研究中,研究角度多从不同群落类型或群落演替的不同阶段展开[23-27],对干旱半干旱区研究主要集中在高寒草地、绿洲过渡带等[28-31],其中,对荒漠植物的研究主要集中在新疆[14,16,30,32,33]、甘肃等[31,34,35]地的草地或河岸绿洲等地,对青藏高原东北部的柴达木盆地研究较少。

柴达木盆地气候寒冷干燥,人烟稀少,盆地内植被覆盖率小于5%[36],灌木是其主要的优势植物,其群落的稳定性有益于荒漠生态系统的恢复和重建[37],因此以生态位入手准确地评估该地区植物群落的内部关系具有重要生态意义。现阶段针对柴达木盆地这一独特生态地理单元的生态位研究较少,以紫花针茅为代表的天然草地退化方面的生态位研究,天然草地的退化严重影响生态位宽度和生态位重叠的指数[38],对柴达木盆地南缘巴隆地区11种典型植物的生态位研究的结果表明,钝叶猪毛菜是此地区的优势种[39]。柴达木盆地内缺乏植物生态位与生境关系的研究。分析盆地东部典型荒漠植被与土壤环境因子的生态位关系,有助于筛选影响盆地东部植被生长分布的关键土壤环境因子,有助于确定自然条件下本地区的优势植物,使荒漠化防治工作做到有的放矢。故本文拟对柴达木盆地东部13种优势植物在6个土壤因子上的生态位特征进行分析,以期为柴达木盆地的植被恢复和生态保护提供理论参考。

1 研究区概况

研究区位于柴达木盆地东部(图1),95°02′—99°00′E,36°24′—37°37.80′N范围内,海拔2694—4357 m,属于典型的高原大陆性气候,寒冷干旱,降水稀少且多集中在夏季[40],年均降水量从盆地西北部(<15 mm)—盆地中心—盆地东南部(150—200 mm)呈逐渐递增状态,东部湿润程度大于西部[41],盆地内年总辐射量160—175 kCal/cm^2,年均温约在-1.4—5.1℃之间,年蒸发量2000—3000 mm[42]。整个区域风蚀迹地、沙丘、沙漠、盐湖和盐土平原交替出现[43]。盆地东部水平地带上荒漠灌木、小灌木半灌木为主要植被类型,植被相对较为密集的地区主要分布在由高山冰雪融水形成的内流河附近及其派生的湖泊和冲洪击扇等地[44]。在盆地东部边缘有从上部的高寒草甸(小嵩草)过渡为荒漠-草原过渡带(芨芨草)到下部典型荒漠类型的垂直分布[45]。研究区优势植物类型包括:白刺(*Nitraria tangutorum*)、麻黄(*Ephedra sinica*)、沙拐枣(*Calligogum kozlovi*)、柽柳(*Tamarix ramosissima*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、琵琶柴(*Reaumuria songonica*)、蒿叶猪毛菜(*Salsola abrotanoides*)、芦苇(*Phragmites communis*)、芨芨草(*Achnatherumsplendens*)、小嵩草(*Kobresia*)等13种。

2 材料与方法

2.1 样方设置及调查

植物样品采自柴达木盆地东部27个样地(图1),每个样地为同种植物群落,随机调查5—10个样方,不同生活型的植物设置的样方大小亦不同:高寒草甸采用的是0.5 m×0.5 m,其他草本植物采用的都是2 m×2 m的样方,植株较小的灌木群落采用2 m×2 m的样方,植株较大的灌木采用5 m×5 m或10 m×10 m的样方。群

落调查内容包括:群落总盖度、种分盖度,植物种类、株高、盖度、频度等。调查样方的同时用 GPS 定位。

2.2　土样分析

土壤样品采集方法:每个植物样地随机调查 3 个土壤剖面,深度为 0—30 cm,采用机械法每 10 cm 采集一个样品,每个样品约 500 g。分析值为 3 个剖面所有土层的平均值。土壤含水量采用烘干法测定,土壤容重采用环刀法测定,土壤 pH 值采用 pH 试纸,土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法,土壤可溶性全盐采用电导法,土壤全氮采用凯氏定氮法。

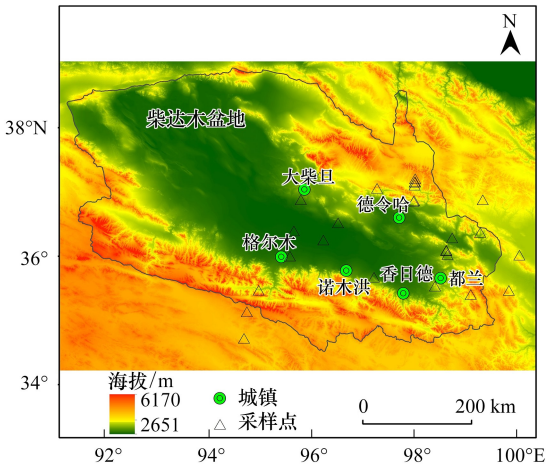

图 1　研究区及典型样地位置

Fig.1　Research area and typical sample location

2.3　研究方法

2.3.1　生态位宽度的测度方法

生态位宽度的测定,采用经 Corwdl 修正的 Levins 公式,该公式被广泛应用于荒漠群落物种的生态位研究[13,31],生态学意义明确,能够表达群落中优势种生态位宽度的对比关系[46]。

$$B_i = 1/r\sum_{j=1}^{r}(P_{ij})^2 \tag{1}$$

式中,B_i表示物种 i 的生态位宽度,代表第 i 个物种在第 j 个资源等级下的重要值占该种在所有资源等级中的重要值总和的比例,r 表示资源梯度,式中:$P_{ij}=n_{ij}/N_i$,它代表物种 i 在第 j 个资源状态下的重要值占该种所有资源等级中的重要值总和的比例[47]。

2.3.2　生态位重叠的测度方法

生态位重叠指数采用 Pianka(1973)生态位重叠公式计算:

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^{r}P_{ij}P_{kj}\Big/\sqrt{\Big(\sum_{j=1}^{r}P_{ij}^2\Big)\Big(\sum_{j=1}^{r}P_{kj}^2\Big)} \tag{2}$$

式中,O_{ik}为物种 i 和物种 k 的生态位重叠指数,P_{ij}和 P_{kj}分别为物种 i 和 k 在第 j 个资源等级下的重要值占该物种在所有资源等级上的重要值总和的比例。生态位重叠指数的取值范围为[0,1],当 $O_{ik}=1$ 时,表示物种 i 和 k 在第 j 个资源等级下完全重叠,而 $O_{ik}=0$ 时,则说明两个物种不具有共同利用某一资源的状态[48]。本文中重要值的计算采用物种在样方中出现的体积,体积=平均盖度×平均高度,其中平均高度=平均高度和/物种频度/10[49]。

2.3.3　资源梯度划分

分析 27 个样地的土壤因子,结果表明:土壤含水量的变化范围在 0.70%—41.99%之间,均值为 12.63%,极差高达 41.29%;土壤容重变化范围在 0.86—1.76 g/cm^{3}之间,均值为 1.42 g/cm^3,极差达 0.90 g/cm^3;土壤有机质的变化范围在 0.14%—8.23%之间,均值为 1.42%,极差达 8.09%;土壤 pH 的变化范围在 7.87—9.40 之间,均值为 8.56,极差达 1.53;土壤可溶性全盐的变化范围在 155.06—3992.11 EC25μS/cm 之间,均值为886.33 EC25μS/cm,极差高达 3837.05 EC25μS/cm;土壤全氮的变化范围在 0.01%—0.40%之间,均值为 0.11%,极差达 0.39%。考虑到样地在资源因子梯度上的间距问题[50],为了更准确地表达不同资源维下物种的生态特征,本文对每个土壤指标进行自然对数转换[47],划分 12 个等级资源梯度(表 1)。

数据处理采用 Excel 2010 和 SPSS 19 软件。

3　结果与分析

3.1　植物群落调查结果

野外调查共获得 170 个灌木样方和 60 个草本样方,累计出现 3 次以上的共计 36 种,分属 14 科 36 属。

其中,以藜科(*Chenopodiaceae*)、蓼科(*Polygonaceae*)、柽柳科(*Tamaricaceae*)、蒺藜科(*Zygophyllaceae*)、麻黄科(*Ephedraceae*)、禾本科(*Poaceae*)、莎草科(*Cyperaceae*)植物种类居多,其他科仅一种且大都出现在草本样方中。在这些植物中藜科植物占比最高,为 20%,是优势科,其他物种分布稀疏且不均,剔除偶见种,本文共涉及 7 科 13 种,分别为驼绒藜、沙拐枣、琵琶柴、蒿叶猪毛菜、白刺、麻黄、柽柳、梭梭、合头草、芦苇、芨芨草、小嵩草。

表 1 土壤因子资源等级划分

Table 1 Resource gradients division of soil factor

资源等级 Resource gradients	土壤因子 soil factors					
	含水量 Water conntent	容重 Bulk density	有机质 Soil organic matter	pH	全盐 Total salt	全氮 Total nitrogen
1	-0.154—-0.006	-0.066—-0.040	-0.859—-0.711	0.896—0.902	2.191—2.308	-1.925—-1.798
2	-0.006—0.142	-0.040—-0.013	-0.711—-0.563	0.902—0.909	2.308—2.426	-1.798—-1.371
3	0.142—0.290	-0.013—0.012	-0.563—-0.415	0.909—0.915	2.426—2.543	-1.371—-1.544
4	0.290—0.438	0.012—0.038	-0.415—-0.267	0.915—0.922	2.543—2.660	-1.544—-1.417
5	0.438—0.586	0.038—0.064	-0.267—-0.120	0.922—0.928	2.66—2.778	-1.417—-1.290
6	0.586—0.734	0.064—0.090	-0.120—0.028	0.928—0.935	2.778—2.895	-1.290—-1.163
7	0.734—0.883	0.090—0.116	0.028—0.176	0.935—0.941	2.895—3.013	-1.163—-1.036
8	0.883—1.031	0.116—0.142	0.176—0.324	0.941—0.947	3.013—3.131	-1.036—-0.909
9	1.031—1.179	0.142—0.168	0.324—0.472	0.947—0.954	3.131—3.249	-0.909—-0.781
10	1.179—1.327	0.168—0.194	0.472—0.620	0.954—0.960	3.249—3.366	-0.781—-0.654
11	1.327—1.475	0.194—0.220	0.620—0.768	0.960—0.967	3.366—3.484	-0.654—-0.527
12	1.475—1.623	0.220—0.246	0.768—0.915	0.967—0.973	3.484—3.601	-0.527—-0.400

3.2 13 种优势植物在 6 个土壤因子上的分布特征

柴达木盆地生境恶劣,植被组成简单、类型单调、分布稀疏,选取 13 种出现频率高的植物,分析其在土壤含水量、容重、有机质、pH、可溶性全盐和全氮因子上的生境范围(图 2)。在土壤含水量、有机质和全氮因子上,小嵩草皆占据最高值,最低值均出现在沙拐枣物种上,其中,小嵩草在含水量和有机质因子上生境范围最广,芦苇是全氮因子上生存范围最大的物种。与之相反,小嵩草在土壤容重和全盐因子上,均出现在最小值处,其次,在容重因子上占据最大值的是麻黄和沙拐枣,而白刺为容重因子上生存范围最广的物种。土壤含水量与容重呈显著负相关,相关系数 r 高达- 0.985。由此可见,草本植物的土壤生境(较高含水量,较高有机质,较高全氮值)显著优于小灌木的土壤生境(低含水量,低有机质,低全氮)。

在全盐因子上,芦苇和白刺明显高于其他物种,盐爪爪、猪毛菜、琵琶柴和沙拐枣也具有较高的盐分适应性,而小嵩草、芨芨草这些草本植物普遍生长在含盐较低的地区,但所有植物生长地土壤盐分含量值均大于 150 EC25μS/cm。13 种植物在土壤 pH 因子上的生境相对差异较小,但依然存在高低差值,芨芨草生长在碱性较高(pH 值 8.6—9.4)的土地上,其他植物的生境地土壤 pH 也均大于 7.9,说明柴达木盆地东部高含盐量土壤和偏碱性土壤广泛分布。

3.3 13 种优势植物在 6 维土壤因子上的生态位宽度

优势物种在 6 个土壤因子梯度上的生态位宽度计算结果(表 2)表明,在土壤水分维度上,驼绒藜的生态位宽度值最大,为 0.344,其他生态位宽度值相对较高的物种有琵琶柴、芨芨草、芦苇和合头草,说明驼绒藜、琵琶柴等 6 种植物对水分的利用能力强。在土壤容重维上,驼绒藜(0.246)和芨芨草(0.222)的生态位宽度值显著大于其他物种,物种盐爪爪在该维上的生态位宽度值是 6 维中最小的,说明盐爪爪对土壤容重的要求较高。

驼绒藜、芨芨草和琵琶柴在土壤有机质维上具有较高的生态位宽度值,这与其在土壤水分维度上占据较高的生态位宽度值相似。其次,白刺在土壤有机质维上的生态位宽度值明显高于其他 5 个土壤维度。琵琶柴、驼绒藜、蒿叶猪毛菜和合头草皆具有较高的 pH 维生态位宽度值。小嵩草在土壤全盐维上生态位宽度值

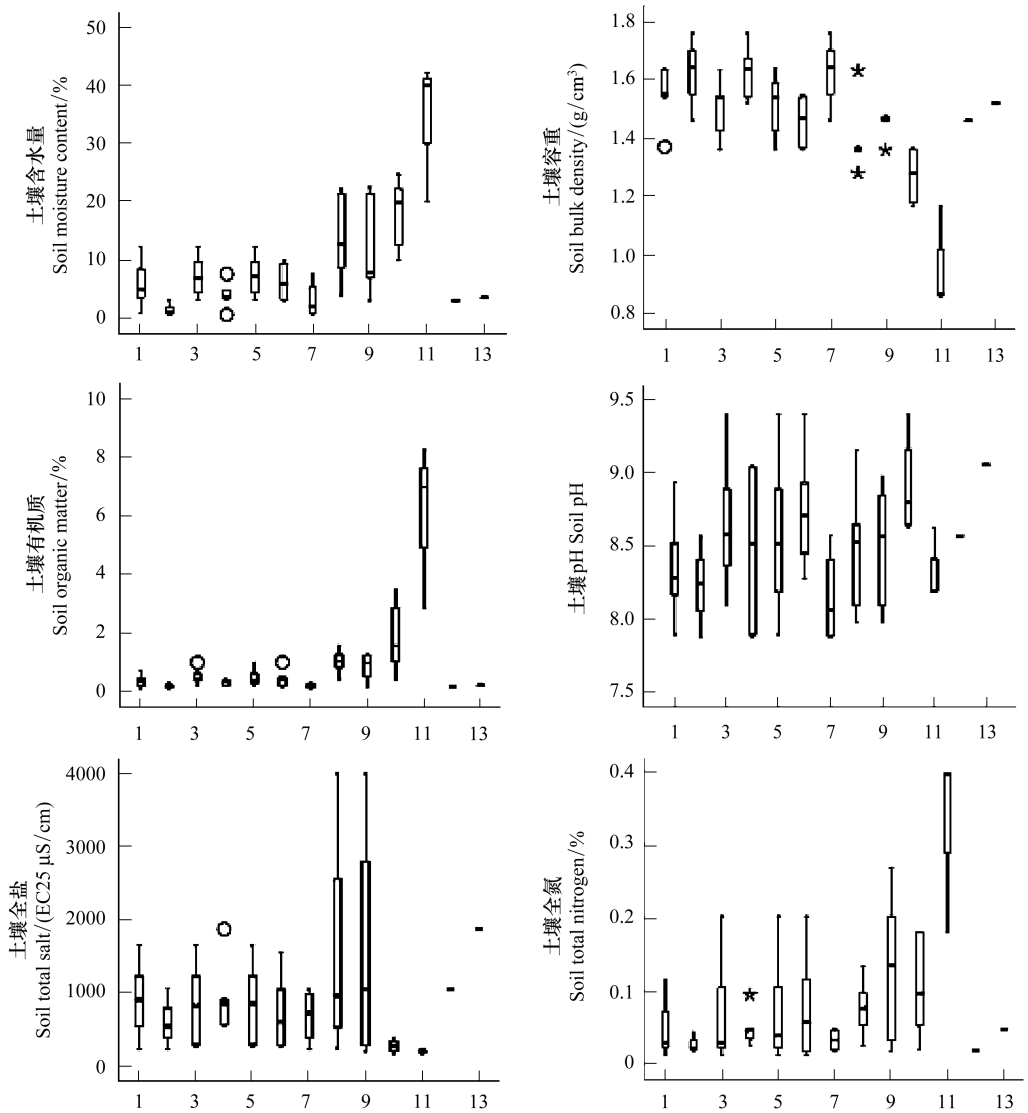

图 2　13 种植物在土壤因子上的分布特征

Fig.2　Distribution characteristics of 13 plants on soil factors

a.土壤含水量,soil moisture content;b.土壤容重,bulk density;c.土壤有机质,organic matter;d.土壤 pH, soil pH;e.土壤全盐,total salt;f.土壤全氮,total nitrogen; 横坐标 X-axis: 1.驼绒藜,*Ceratoides latens*;2.沙拐枣,*Calligogum kozlovi*;3.琵琶柴,*Reaumuria songonica*;4.合头草,*Sympegma regelii*;5.蒿叶猪毛菜,*Salsola abrotanoides*; 6.盐爪爪,*Kalidium foliatum*; 7.麻黄 *Ephedra sinica*;8.白刺,*Nitraria tangutorum*;9.芦苇,*Phragmites communis*;10.芨芨草,*Achnatherumsplendens*;11.小嵩草,*Kobresia*;12.柽柳,*Tamarix ramosissima*;13.梭梭,*Sacsaoul*

为 0.165,但在其他 5 维上的生态位宽度值均小于 0.1,表明小嵩草在盐分维度上与其他 12 种植物具有相似性。在土壤全氮维度上,琵琶柴的生态位宽度值最高,为 0.328,显著高于群落中综合生态位宽度值最大的驼绒藜(0.276),说明琵琶柴对土壤养分含量的要求比驼绒藜低。总而言之,在不同土壤维度下,各物种的生态位宽度差异较大,如芦苇在土壤含水量维上值为 0.249,而在有机质维上则较低 0.161 等。梭梭和柽柳的生态位宽度值比较单一,是因为样方出现次数相对少从而影响生态位宽度计算结果。

此外,计算 13 种植物在 6 个土壤因子梯度上的生态位宽度均值,得出物种生态位宽度值大小依次为:驼绒藜、琵琶柴、芨芨草、芦苇、合头草、蒿叶猪毛菜、白刺、盐爪爪、小嵩草、麻黄、沙拐枣、柽柳和梭梭。此结果与这 13 种植物出现在样方中的频率(图 3)具有显著的相关性,相关系数 r 为 0.742

3.4 13 种优势植物在 6 维土壤因子上的生态位重叠

在土壤水分维度上,柽柳与梭梭的生态位重叠值为 1,表明这两个物种在土壤水分生境上完全重合,存在强烈的竞争关系,也有可能是样方截取的原因导致这两种植物完全重叠,暂不确定。其次,柽柳与梭梭除了与合头草(0.797)、驼绒藜(0.600)具有生态位重叠关系外,与其他物种则表现为重叠值极小或完全不重叠的关系。此外,蒿叶猪毛菜与白刺、蒿叶猪毛菜与盐爪爪、麻黄与白刺的生态位重叠值明显高于其他种对,分别为 0.937、0.885 和 0.882。沙拐枣与麻黄的重叠值为 0.166,与其他优势种之间的生态位重叠值则较低均小于0.1。在土壤容重维度上,蒿叶猪毛菜与盐爪爪重叠值最大,高达 0.994,驼绒藜与琵琶柴、蒿叶猪毛菜、盐爪爪次之,重叠指数分别为 0.861、0.741、0.772,这与驼绒藜在土壤水分和容重维上的生态位宽度值最大的结果相契合(表 3)。

表 2 13 种优势植物的生态位宽度

Table 2 The niche breadth of 13 dominant plants on 6 soil factors

物种编号 No.	水分维度 Water dimension	容重维度 bulk density dimension	有机质维度 Soil organic matter dimension	pH 维度 pH dimension	全盐维度 total salt dimension	全氮维度 total nitrogen dimension	6 维平均值 6 dimensional mean value
1	0.344	0.246	0.341	0.357	0.214	0.276	0.296
2	0.100	0.100	0.107	0.100	0.100	0.100	0.101
3	0.328	0.179	0.272	0.383	0.248	0.328	0.290
4	0.215	0.146	0.195	0.226	0.156	0.179	0.186
5	0.165	0.105	0.201	0.248	0.203	0.190	0.185
6	0.184	0.118	0.184	0.138	0.121	0.137	0.147
7	0.099	0.092	0.093	0.113	0.101	0.113	0.102
8	0.125	0.160	0.219	0.168	0.164	0.168	0.168
9	0.236	0.178	0.161	0.190	0.190	0.190	0.191
10	0.249	0.222	0.320	0.256	0.238	0.247	0.255
11	0.094	0.094	0.094	0.094	0.165	0.094	0.106
12	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
13	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083

物种编号:1.驼绒藜,*Ceratoides latens*;2.沙拐枣,*Calligogum kozlovi*;3.琵琶柴,*Reaumuria songonica*;4.合头草,*Sympegma regelii*;5.蒿叶猪毛菜,*Salsola abrotanoides*; 6.盐爪爪,*Kalidium foliatum*; 7.麻黄 *Ephedra sinica*;8.白刺,*Nitraria tangutorum*;9.芦苇,*Phragmites communis*;10.芨芨草,*Achnatherumsplendens*;11.小嵩草,*Kobresia*;12.柽柳,*Tamarix ramosissima*;13.梭梭,*Sacsaoul*

在土壤有机质维度上(表 4),沙拐枣和柽柳的生态位重叠值高达 0.989 占据第一位,驼绒藜、琵琶柴与其他物种的生态重叠值相对较高,而麻黄、芦苇与其他物种之间的生态位重叠值较低。合头草与梭梭、白刺与柽柳、琵琶柴与盐爪爪、驼绒藜与琵琶柴在土壤 pH 维度上的生态位重叠值均较高,分别为 0.808、0.947、0.769、0.742。在土壤可溶性全盐维度上重叠值较大的种对有(表 5):合头草与麻黄(0.955)、驼绒藜与沙拐枣(0.843)、沙拐枣与芨芨草(0.792)、琵琶柴与盐爪爪(0.779)。在土壤全氮维度上,驼绒藜、琵琶柴、合头草与其他优势种之间的生态位重叠值较高,其中合头草与芦苇之间的重叠值达到 0.861。

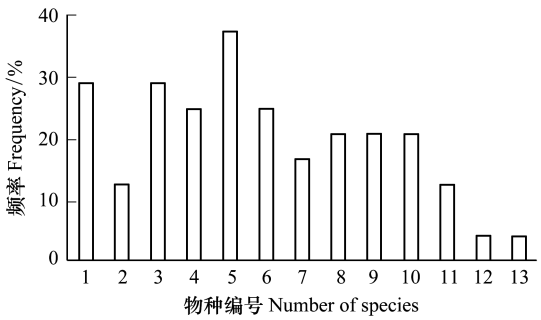

图 3 13 种优势植物在样方中出现的频率

Fig.3 The frequency of 13 dominant plants in the sample

横坐标编号含义见图 2

总的来说,物种生态位宽度越大与其他优势种之间具有重叠关系的可能性越高。纵观物种在 6 个土壤因子上的生态位重叠值,生态位重叠值<0.1、<0.3 和>0.5 的物种占总对数的比例,分别表现为含水量维上 58%、

69%和 23%,容重维上 55%、73%和 21%,有机质维上 56%、69%和 27%,pH 维上 68%、86%和 10%,全盐维上 67%、81%和 15%,全氮维上 58%、79%和 13%,说明物种整体生态位重叠度小,生态位分化显著,尤其是在土壤 pH、土壤全盐和土壤全氮上。

表 3　13 种优势植物在土壤含水量和土壤容重维度上的重叠矩阵

Table 3　Overlapping matrix of 13 dominant plants in soil moisture content and soil bulk density

编号 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0.522	0.861	0.200	0.741	0.772	0.027	0.581	0.331	0.259	0	0	0.514
2	0.563		0.279	0.106	0.024	0.000	0.126	0.010	0.010	0	0	0.021	0
3	0.536	0.019		0.157	0.962	0.955	0.115	0.804	0.163	0.360	0	0	0.146
4	0.579	0.057	0.320		0.036	0.074	0.936	0.000	0.184	0	0	0	0.352
5	0.538	0.003	0.703	0.118		0.994	0.001	0.845	0.144	0.381	0	0	0.101
6	0.477	0.000	0.735	0.058	0.885		0.000	0.829	0.200	0.372	0	0.001	0.209
7	0.052	0.166	0.256	0.540	0.000	0.000		0.000	0.002	0	0	0.002	0
8	0.429	0	0.592	0.001	0.937	0.882	0		0.078	0.755	0	0	0
9	0.211	0.001	0.310	0.031	0.420	0.538	0.000	0.603		0.035	0	0.848	0.522
10	0.067	0	0.249	0	0.213	0.039	0	0.198	0.517		0.028	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024		0	0
12	0.600	0	0	0.797	0.125	0	0.002	0	0.039	0	0		0
13	0.600	0	0	0.797	0.125	0	0.002	0	0.039	0	0	1.000	

左下角为 13 种优势植物在土壤水分维度上的生态位重叠矩阵,右上角为 13 种优势植物在土壤容重维度上的生态位重叠矩阵;物种编号含义见表 2。表中“0”为待比较的两种植物其中一种未出现;“0.000”为计算结果不足表中精度

表 4　13 种优势植物在土壤有机质和土壤 pH 维度上的重叠矩阵

Table 4　Overlapping matrix of 13 dominant plants in soil organic matter and pH

编号 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0.641	0.742	0.211	0.347	0.515	0.153	0.085	0.534	0	0	0.078	0
2	0.709		0.017	0.022	0.092	0.000	0.251	0.036	0.004	0	0	0.021	0
3	0.618	0.078		0.287	0.499	0.769	0.168	0.240	0.568	0.042	0	0.214	0
4	0.691	0.086	0.902		0.049	0.059	0.289	0.061	0.179	0	0	0	0.808
5	0.608	0.024	0.898	0.842		0.492	0.041	0.168	0.042	0.039	0.000	0.172	0
6	0.550	0.032	0.839	0.847	0.867		0.000	0.000	0.079	0.090	0	0.000	0
7	0.420	0.192	0.535	0.589	0.166	0.215		0.210	0.043	0	0	0.005	0
8	0.004	0	0.131	0.006	0.014	0.311	0		0.036	0.151	0.016	0.947	0
9	0.507	0.024	0.743	0.759	0.875	0.957	0.001	0.276		0.114	0	0.024	0
10	0.019	0	0.113	0.029	0.040	0.242	0	0.751	0.181		0.037	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.020		0	0
12	0.660	0.989	0	0	0	0.001	0.047	0	0.024	0	0		0
13	0.380	0	0	0.145	0.114	0.000	0.012	0	0	0	0	0	

左下角为 13 种优势植物在土壤有机质维度上的生态位重叠矩阵,右上角为 13 种优势植物在土壤 pH 维度上的生态位重叠矩阵;物种编号含义见表 2。表中“0”为待比较的两种植物其中一种未出现;“0.000”为计算结果不足表中精度

表 5　13 种优势植物在土壤全盐和土壤全氮维度上的重叠矩阵

Table 5　Overlapping matrix of 13 dominant plants in soil total salt and total nitrogen total nitrogenand

编号 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0.565	0.675	0.245	0.191	0.413	0.141	0.110	0.076	0.306	0	0	0.042
2	0.843		0.589	0.038	0.040	0.000	0.251	0.004	0.001	0.001	0	0.021	0.075
3	0.513	0.019		0.549	0.311	0.723	0.313	0.181	0.281	0.552	0.007	0.087	0.214
4	0.073	0.072	0.368		0.258	0.318	0.180	0.083	0.861	0.235	0	0	0.179

续表

编号 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	0.331	0.083	0.573	0.016		0.206	0.035	0.053	0.204	0.189	0.000	0.951	0.028
6	0.414	0.000	0.779	0.023	0.695		0.000	0.230	0.085	0.782	0.022	0.001	0
7	0.081	0.166	0.259	0.955	0.009	0.001		0.001	0.000	0.000	0	0.005	0.984
8	0.208	0.264	0.003	0.001	0.021	0.001	0.025		0.009	0.180	0	0	0
9	0	0.001	0.029	0	0.195	0.025	0.000	0.032		0.094	0.016	0.024	0
10	0.672	0.792	0.005	0	0.100	0.004	0.072	0.194	0.111		0.024	0.039	0
11	0.658	0.777	0	0	0.065	0.000	0.071	0.190	0.163	0.860		0	0
12	0	0.021	0	0	0	0.000	0.002	0.947	0.024	0	0		0
13	0	0	0	0.219	0	0	0	0	0	0	0	0	

左下角为物种在土壤可溶性全盐维度上的生态位重叠矩阵,右上角为物种在土壤全氮维度上的生态位重叠矩阵。物种编号含义见表 2;表中“0”为待比较的两种植物其中一种未出现;“0.000”为计算结果不足表中精度

4 讨论和结论

4.1 讨论

生态位宽度是物种所能利用的各种资源的一个综合指标,生态位宽度大,意味着物种在资源上利用不挑剔或者对某一资源有偏好,且在数量上要求不高;生态位宽度小,意味着该种对资源的质和量要求严格或狭窄[8]。本文以修正的 Levins 生态位宽度公式计算柴达木盆地东部 13 种优势植物得出,在 6 种土壤资源因子上,驼绒藜和琵琶柴均占据较高的生态位宽度,说明这两种植物对土壤因子的质和量要求均比其他植物低,对研究区的环境适应性好,也反映该两种植物在一定程度上地理分布比较均匀[51],倾向于发展为泛化物种。而柽柳、梭梭、麻黄和小嵩草在 6 个土壤资源上的生态位宽度都比较小,说明这些物种对资源的利用具有局限性,仅能适应独特的生境,在研究区内分布稀疏,以上结论与实际群落样方调查结果吻合度较高[49]。

生态位重叠反映两个物种对同一资源的利用效率及共享程度[9],其重叠值的大小与资源的竞争强弱呈正比。众多研究结果表明,生态位宽度与生态位重叠具有正相关关系[18,29]。本文利用 Pianka 生态位重叠公式计测结果显示,生态位宽度较大的物种与其他优势种之间的生态位重叠普遍较高,但其在每个土壤因子上并未占据最高值,而是介于中游位置,最高生态位重叠均出现在生态位宽度较小的物种上,如盐爪爪和芦苇在土壤有机质因子上重叠值高达 0.957,白刺和柽柳在土壤 pH 上重叠值达 0.947,合头草和麻黄在土壤可溶性全盐因子上重叠值为 0.955,麻黄和柽柳在土壤全氮维上重叠值高达 0.984。这一现象与张伟等[32]对新疆伊犁荒漠草原生态位的研究,张继义等[26]对科尔沁沙地的生态位重叠研究结果相似。究其原因,一方面是这些物种对资源汲取相似,对土壤生境要求接近。另一方面可能是研究区植物分布稀疏不均,小范围采样中优势种空间分布相近,使得结果出现某一资源维上高度重叠,该误差是否会产生较大的影响还需进一步研究。从竞争的角度看,有的学者认为重叠度高意味着竞争激烈,也有研究表明,高重叠度并不一定会导致竞争。本文所有种对在每一个土壤因子上的生态位重叠值中<0.3 的对数占总对数的比例高达 76%,说明物种之间生态位重叠总体较低,对资源利用的相似性较小,这表明柴达木盆地东部植物生态位分化显著,整体竞争较小,处于一个相对稳定的状态[49]。

考虑到柴达木盆地地理位置的特殊性,对于植被的恢复和重建应以自然恢复为主,人工辅导为辅的指导理念。盆地东部植被恢复中小灌木可选择驼绒藜和琵琶柴,这两种植物在研究区内环境适应力强,在土壤含盐量高的区域可选耐盐性高的白刺和芦苇,选择适宜生境的植物种类,可能省略不必要的人工的维护,即可融入自然,而后繁衍形成群落。

4.2 结论

本文以柴达木盆地东部 27 个典型样地所采集的植物和土壤为研究对象,利用 Levins 生态位宽度公式和 Pianka 生态位重叠公式计算了 13 种优势植物在土壤含水量、容重、有机质、pH、全盐以及全氮维上的生态位

特征,结果表明:

(1)13 种植物在 6 个土壤因子上平均生态位宽度从大到小依次是:驼绒藜、琵琶柴、芨芨草、芦苇、合头草、蒿叶猪毛菜、白刺、盐爪爪、小嵩草,其中,驼绒藜在土壤含水量、容重和有机质上占据最高值,琵琶柴在土壤 pH、全盐、全氮维上占据最高值。

(2)生态位宽度较大的物种在生态位重叠上并不占据最高重叠值,而是处于一个中游的位置。驼绒藜和琵琶柴在生态位宽度和生态位重叠上均占相对高的位置,对群落的建群起重要作用。

(3)78 个种对在每一个土壤因子上的生态位重叠值<0.3 的占总对数的比例为 76%,柴达木盆地东部植物总体生态位重叠偏低,竞争较小,群落处于一个相对稳定的状态。

本研究从 6 个土壤因子的角度分析了柴达木盆地东部植物的生态特征,未考虑气候因子以及小生境范围内地形等因素对植物生态分布的影响,同时荒漠区植物自身的生活型也未作深度分析,下一步计划加入上述因子,进一步深化柴达木盆地荒漠植物的研究。

参考文献(References):

[1] 刘加珍,陈亚宁,张元明.塔里木河中游主要植物种群的生态特征分析.地理研究, 2003, 22(5): 6 63- 670.

[2] 白晓航,张金屯.小五台山森林群落优势种的生态位分析.应用生态学报,2017,28(12):3815-3826.

[3] 段后浪,赵安,姚忠.恒湖农场茶叶港草洲枯水期湿地植物与土壤关系及种群生态位分析.生态学报,2017,37(11):3744-3754.

[4] 张东梅,赵文智,罗维成.荒漠草原带盐碱地优势植物生态位与种间联结.生态学杂志, 2018, 37 (5):1307-1315.

[5] 彭舜磊,陈昌东,李彦娇, 刘丹丹, 赵干卿.白龟湖国家湿地公园植物群落数量分类及优势植物生态位分析.湿地科学,2016,14(5):619- 627.

[6] 周纪纶,郑师章,杨持.植物种群生态学.北京:高等教育出版社,1992.

[7] 郭水良,于晶,陈国奇.生态学数据分析—方法、程序与软件.北京:科学出版社.2015.

[8] 宋永昌.植被生态学(第二版). 北京:高等教育出版社, 2017.

[9] 梁士楚,李铭红.生态学.武汉:华中科技大学出版社,2015.

[10] 王鑫,胡玉坤热合木都拉·阿迪拉,柳妍妍,李凯辉,王吉云.土壤盐分对高寒草甸主要植物生态位的影响.应用生态学报,2008,19(7):1448-1454.

[11] Wagner V, Chytrý M, Zelený D, von Wehrden H, Brinkert A, Danihelka J, Hölel N, Jansen F, Kamp J, Lustyk P, Merunková K, Palpurina S, Preislerová Z,Wesche K. Regional differences in soil pH niche among dry grassland plants in Eurasia. Oikos, 2017,126(5):660-670.

[12] 于建梅,胡玉坤,李凯辉, 范永刚,柳妍妍,高国刚.巴音布鲁克高寒草地主要植物种群生态特征分析.干旱区资源与环境, 2007, 21(7):155-159.

[13] 王琴,刘彬.奇台荒漠草地自然保护区主要植物种生态位特征研究.干旱区资源与环境,2012,26(9):57-61.

[14] 龚雪伟,吕光辉.艾比湖流域杜加依林荒漠植物群落多样性及优势种生态位.生物多样性,2017, 25(1):34-45.

[15] 赵学春,来利明,朱林海, 王健健,王永吉,周继华,姜联合,鲁洪斌,赵春强,郑元润.三工河流域琵琶柴群落特征与土壤因子的相关分析.生态学报,2014,34(4):878- 889.

[16] 吴英翔,史艳红,王东方, 张凤华.准噶尔盆地南缘荒漠绿洲区主要物种的生态位分异.石河子大学学报:自然科学版,2010, 28(6):690-695.

[17] 刘加珍,陈亚宁,张元明.塔里木河中游植物种群在四种环境梯度上的生态位特征.应用生态学报,2004,15(4):549-555.

[18] 段后浪,赵安,姚忠.鄱阳湖湿地典型草洲主要植物种群在 5 个资源环境梯度上的生态位特征.生态与农村环境学报,2017,33(3):225-233.

[19] 沈泽昊,方精云.基于种群分布地形格局的两种水青冈生态位比较研究. 植物生态学报,2001,25(4):392-398.

[20] 吴会峰,宋丽娟,杜峰,郝文芳.黄土丘陵区草地主要种群生态位及其环境解释.应用生态学报,2017,28(11):3494-3504.

[21] 吴建国.气候变化对 7 种荒漠植物分布的潜在影响.应用与环境生物学报,2010,16(5):650-661.

[22] 郭逍宇,张金屯,宫辉力,董志.安太堡矿区植被恢复过程主要种生态位梯度变化研究.西北植物学报,2004,24(12):2329-2334.

[23] 林勇,艾训儒,姚兰,黄伟,陈斯.木林子自然保护区不同群落类型主要优势种群的生态位研究.自然资源学报,2017,32(2):223-234.

[24] 史晓晓,程积民,于飞,朱仁斌,赵新宇.云雾山天然草地 30 年恢复演替过程中优势草种生态位动态.草地学报,2014,22(4):677-684.

[25] 肖玉,贾婷婷,赵旭, 雒明伟,郭正刚.青藏高原腹地退化青藏苔草草原植物生态位的特征.中国草地学报,2015,37(1):30-37.

[26] 张继义,赵哈林,张铜会,赵学勇.科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征.生态学报,2003,23(12):2741-2746.

[27] 陈丝露,赵敏,李贤伟, 范川,肖宝茹.柏木低效林不同改造模式优势草本植物多样性及其生态位.生态学报,2018,38(1):143-155.
[28] 字洪标,阿的鲁冀,刘敏, 胡雷,陈焱,杨有芳,王长庭.高寒草甸不同类型草地群落特征及优势种植物生态位差异.应用与环境生物学报.2016,22(4):546-554.
[29] 程中秋,张克斌,刘健, 常进,王晓,王黎黎,苏鹏飞.宁夏盐池荒漠草原区天然草地植物生态位研究.水土保持研究, 2011,18(3):36-40,47-47.
[30] 韩路,王家强,王海珍,牛建龙,于军.塔里木荒漠绿洲过渡带主要种群生态位与空间格局分析.植物科学学报,2016,34(3):352-360.
[31] 常兆丰,赵明,韩福贵, 仲生年.民勤沙区几种荒漠植物群落的现实生态位研究. 西北植物学报,2006,26(1):165-173.
[32] 张伟,王万林,胡玉昆, 尹伟,公延明,房飞,阿德列提·艾列吾塔力甫.新疆伊犁荒漠草原恢复措施下植物群落生态位特征分析.中国生态农业学报,2011,19(2):358-362.
[33] 贡璐,朱美玲, 塔西甫拉提·特依拜,张雪妮, 韩丽,解丽娜.塔里木盆地南缘旱生芦苇生态特征与水盐因子关系.生态学报,2014,34(10):2009-2518.
[34] 赵慧宏,曾新德,张有佳, 王承勋,李威龙,许芳荣,贾斌斌,张杰.石羊河下游绵刺群落生态位特征研究.云南农业大学学报:自然科学,2017,32(5):920-928.
[35] 王新源,陈翔舜,丁乾平, 赵学勇,王小军,马仲武,连杰.不同荒漠化阶段植被生态特征对土壤环境因子的响应—以民勤荒漠绿洲过渡带为例.生态学报,2018,38(5):1569-1580.
[36] 于海洋,张振德,张佩民.青海土地荒漠化评价及动态监测.干旱区研究,2007, 24(2):153-158.
[37] 钟泽兵,周国英,杨路存,刘何春, 宋文珠.柴达木盆地几种荒漠灌丛植被的生物量分配格局.中国沙漠, 2014,34(4):1042-1048.
[38] 李金秀.柴达木盆地不同退化程度的天然草地生态位研究.安徽农业科学,2012,40(6):3362-3363, 3688-3688.
[39] 王怡.柴达木盆地荒漠地区生态位研究初报.四川林业科技,2005, 26(5): 90- 92.
[40] 朱建佳,陈辉,邢星, 陈同同.柴达木盆地荒漠植物水分来源定量研究——以格尔木样区为例.地理研究,2015,34(2):285-292.
[41] Fu Y, Chen H, Niu H H, Zhang S Q, Yang Y. Spatial and temporal variation of vegetation phenology and its response to climate changes in Qaidam Basin from 2000 to 2015. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(4): 400-414.
[42] 徐浩杰,杨太保.柴达木盆地植被生长时空变化特征及其对气候要素的响应.自然资源学报,2014,29(3):398-409.
[43] 伍光和,张志良,胡双熙.柴达木盆地.兰州:兰州大学出版社,1990: 31.
[44] 马俊飞,吕昌河,王茜.基于 MODIS NDVI 时序数列的柴达木盆地土地覆盖分类研究.干旱区地理,2008,31(3):442-448.
[45] 周兴民,王质彬,杜庆.青海植被. 西宁:青海人民出版社, 1987.
[46] 钱逸凡,伊力塔,胡军飞, 张超,余树全,沈露,彭东琴.普陀山主要植物种生态位特征.生态学杂志,2012,31(3):561-568.
[47] 张金屯.数量生态学(第二版).北京:科学出版社,2011.
[48] Pianka ER. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973:4,53-74.
[49] 牛慧慧.柴达木盆地东部荒漠植物生态位研究.河北师范大学,2018.
[50] 王刚,赵松龄, 张鹏云,陈庆诚.关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究.生态学报, 1984,4(2):119-127.
[51] 李显森,于振海,孙珊, 金显仕.长江口及其毗邻海域鱼类群落优势种的生态位宽度与重叠.应用生态学报,2013, 24(8):2353-2359.