

DOI: 10.5846/stxb202001040026

董雪, 李永华, 辛智鸣, 姚斌, 包岩峰, 脱登峰, 袁凡, 段瑞兵, 李新乐, 汪静, 孙志成, 王海, 陈旭. 敦煌西湖荒漠-湿地生态系统优势物种生态位研究. 生态学报, 2020, 40(19): 6841-6849.

Dong X, Li Y H, Xin Z M, Yao B, Bao Y F, Tuo D F, Yi F, Duan R B, Li X L, Wang J, Sun Z C, Wang H, Chen X. Niche of the dominant species in wetland ecosystem enclosed by extremely dry desert region in Dunhuang Xihu. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(19): 6841-6849.

敦煌西湖荒漠-湿地生态系统优势物种生态位研究

董雪¹, 李永华^{2,3,4,*}, 辛智鸣¹, 姚斌², 包岩峰², 脱登峰², 袁凡², 段瑞兵¹, 李新乐¹, 汪静⁵, 孙志成⁶, 王海⁶, 陈旭⁶

1 中国林业科学研究院沙漠林业实验中心磴口生态站, 磴口 015200

2 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091

3 库姆塔格荒漠生态系统国家定位观测研究站, 敦煌 736200

4 甘肃敦煌荒漠生态系统国家定位观测研究站, 敦煌 736200

5 甘肃省酒泉市党河流域水资源管理局, 敦煌 736200

6 甘肃敦煌西湖国家级自然保护区管理局, 敦煌 736200

摘要: 水文情势改变会引起土壤盐分变化, 直接影响到荒漠-湿地生态系统植被的分布与演替。基于对 57 个样地、171 个样方植物物种分布影响较大的土壤 pH 值和土壤电导率两个环境因子, 将其划分为 6 个梯度等级, 测度分析了敦煌西湖植被群落中 15 个主要优势种的生态位特征, 了解不同物种利用资源和占据生态空间的能力, 对维持和科学保育植物群落的多样性具有重要意义。结果表明: (1) 在土壤 pH 值和电导率梯度两个资源维上, 多枝怪柳和芦苇的重要值和生态位宽度均较大, 说明这两个物种适应能力强能够较好地利用环境资源, 分布范围大且均匀。它们作为敦煌西湖植被群落中的广域种, 具有重要的生态地位和作用。其次生态位较宽的疏叶骆驼刺、胡杨和苏枸杞对环境因子也具有较强的适应能力。(2) 两个土壤因子梯度下植物种群生态位宽度相似, 但也存在差异。如泡泡刺、蒙古沙枣在土壤 pH 值梯度资源维上的生态位宽度值远大于在土壤电导率梯度资源维上, 但尖叶盐爪爪和甘蒙怪柳在土壤电导率梯度资源维上生态位宽度较大, 表现出较强的耐盐能力, 从而说明这些物种对不同土壤因子的利用能力和适应性不完全相同。(3) 在两个资源维上优势物种间的生态位重叠值小于 0.5 的种对均为 61 对, 占总种对的 58.10%, 因此生态位重叠值整体保持在较低水平, 说明物种在土壤 pH 值和土壤电导率两个环境梯度上生态位分化明显。(4) 敦煌西湖优势物种间总体表现为不显著的负关联, 表明物种之间处于竞争关系, 但竞争强度不大且群落结构稳定性较弱。

关键词: 敦煌西湖; 优势物种; 生态位宽度; 生态位重叠

Niche of the dominant species in wetland ecosystem enclosed by extremely dry desert region in Dunhuang Xihu

DONG Xue¹, LI Yonghua^{2,3,4,*}, XIN Zhiming¹, YAO Bin², BAO Yanfeng², TUO Dengfeng², YI Fan², DUAN Ruibing¹, LI Xinle¹, WANG Jing⁵, SUN Zhicheng⁶, WANG Hai⁶, CHEN Xu⁶

1 Experimental Center of Desert Forestry Dengkou Ecosystem Station, Chinese Academy Forestry, Dengkou 015200, China

2 Institute of Desertification Studies, Chinese Academy Forestry, Beijing 100091, China

3 National Forestry Bureau's Kumtag Desert Ecosystem Location Research Station, Dunhuang 736200, China

4 State Forestry Administration Dunhuang Desert Ecosystem Location Research Station, Dunhuang 736200, China

5 Water resources administration bureau of danghe river basin of jiuquan in gansu province, Dunhuang 736200, China

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC503804-4); 科技基础资源调查专项(2017FY100203-1); 国家自然科学基金(41671049)

收稿日期: 2020-01-04; **修订日期:** 2020-04-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lyhids@caf.ac.cn

6 Administrative Bureau of Dunhuang Xihu National Nature Reserve of Gansu, Dunhuang 736200, China

Abstract: Soil salinity changes caused by altering hydrological regimes can directly affect the distribution and succession of vegetation in desert-wetland ecosystem. By investigating the vegetation in 171 quadrats at 57 study sites, soil pH and soil conductivity, which were regarded as the key soil factors determining species distribution, were selected and divided into 6 levels to explore the niches of 15 dominant species in Dunhuang Xihu wetland ecosystems. This study aimed to discuss the ability of different species in resource utilization and ecological space occupation, which has important implications in maintaining and conserving the biodiversity in this desert-wetland ecosystems. Results showed that: (1) along the soil pH and conductivity gradient, both *Tamarix ramosissima* and *Phragmites australis* had highest importance values and largest niche width, which indicated these two species had stronger adaptation ability and can made better use of resources. As the generalist species, they seemed to play important roles in plant communities. Following them, *Alhagi sparsifolia*, *Populus euphratica* and *Lycium ruthenicum* also had strong adaptability to environmental factors. (2) The niche width of dominant species were overall similar but with differences along the two soil environmental gradients, e.g., the niche width of *Nitraria sphaerocarpa* and *Calligonum mongolicum* along soil pH gradient were larger than those along soil conductivity gradient, while *Kalidium cuspidatum* and *Tamarix austromongolica* had larger niche width along soil conductivity gradient, and showed stronger salt tolerance, thus the utilizing ability and adaptation of these species to different soil factors were not identical. (3) Most species' niche overlap were minor, 58.10% species were lower than 0.5 across the two resource axes. It suggested that the species niches had obvious differentiation along soil pH and soil conductivity gradients. (4) There were negative (but not significant) relationships among 15 dominant species, which indicated that the species were competitive, but the competition intensity was low and the community stability was relatively weak.

Key Words: Dunhuang Xihu; dominant species; niche breadth; niche overlap

生态位可以定量描述物种对环境的响应和环境对物种的影响,以及物种之间的相互关系^[1-3]。因此生态位理论成为研究植物群落内物种稳定共存、物种的进化演替与物种间竞争机制等方面的基本理论^[4-7],同时不同物种对环境资源利用和生态空间分布的差异反映了在生物多样性维持机制中的生存策略^[8-10]。关于植物生态位的研究主要集中在生态位宽度测度和生态位重叠^[5-6,10-12]、物种生态位与生境的关系和种间共存机制^[7-8,13-15],以及不同资源轴条件下的物种生态位的差异与适应策略^[16],据此将生态位理论广泛应用于物种在群落中的地位、种间竞争与共存的联系、群落演替与生物多样性维持机制以及植物资源保护与利用等研究领域。水文情势和盐分是影响湿地植被分布与演替的主控环境因子,水文情势变化主要通过改变湿地的理化环境(例如水肥的吸收与利用、土壤和水体含盐量、pH值和沉积物特性等)来影响湿地植被的组成、结构和功能^[17]。耐盐植物是西湖湿地稳定的植被类型,在植被恢复中具有重要的地位和作用^[18]。

西湖保护区境内的土壤可分为风沙土、棕漠土、草甸土、沼泽土和盐土等5个土类。风沙土区域在敦煌西湖自然保护区占地面积较大,主要分布于玉门关经湾腰墩至小红山以北的广大地区。棕漠土是在温带地区极端干旱气候条件下发育形成的地带性土壤,分布于山前戈壁地带。植物主要是旱生半灌木。草甸土主要分布于党河沿线河漫滩、敦煌湾腰墩、沼泽土主要分布于马迷兔、湾腰墩。地下水位较高,长期积水的湖洼地区,喜湿植被茂盛。盐土主要分布于艾山井子、马迷兔和天桥墩。由于干旱大陆性气候在降水稀少而蒸发量很大的情况下,土壤强烈积盐而成盐土。全球气候变化和人类活动共同作用下水文过程变化及水资源的时空再分配,以及在此基础上叠加的盐分聚集生态效应是湿地生态系统面临的主要威胁和严峻挑战^[17]。本文基于敦煌西湖荒漠-湿地植被群落调查的57个样地171个样方植物与土壤因子数据,拟研究在主要土壤因子pH值和电导率的不同梯度下研究区主要植物物种生态位有何特点,以及土壤因子对研究区植物物种分布的影响程度。本文旨在科学保育和合理开发利用敦煌荒漠-湿地植物资源,为荒漠-湿地生态环境自然植被恢复和生物多样性保护与持续管理提供基础数据。

1 研究区概况

敦煌西湖位于河西走廊最西端的甘、青、新三省交界处,行政区划隶属于甘肃省酒泉市。东距离敦煌市 120 km,南与肃北蒙古自治县和阿克塞哈萨克自治县相接,西面比邻库姆塔格沙漠,北面与新疆若羌县和哈密市接壤,地理坐标介于东经 92°45′—95°50′,北纬 39°45′—40°36′。总面积 66.00 万 hm^2 ,其中湿地面积 9.8 万 hm^2 ,占总面积的 14.8%,其他区域为荒漠戈壁。敦煌大部分属于温带大陆性气候,气候干燥,降水量少,蒸发量大,昼夜温差大,日照时间长。1951—2017 敦煌市气象局资料显示,本区年平均降水量 39.3 mm,蒸发量 2393.5 mm,全年日照时数为 3246.7 h。年平均气温为 9.4℃,月平均最高气温为 24.9℃(7 月),月平均最低气温为 -9.3℃(1 月),极端最高气温 43.6℃,最低气温 -28.5℃,年平均无霜期 142 d。

2 研究方法

2.1 样方布设与植被调查

本次植被调查的区域为西湖保护区、敦煌周边湿地。重点区域为西湖湿地分布范围,包括湾腰墩、西井子、艾山井子、土豁落、天桥墩、清水沟、榆树泉、大马迷兔、小马迷兔、后坑子、火烧湖、马圈湾、羊圈湾、盐池湾、墩子湾、崔木土沟等 16 处湿地。于 2019 年 5 月中下旬进行野外实地监测,对西湖保护区及敦煌周边区域的植被及土壤进行了样线实地考察、定位剖面调查和样方植被调查(图 1)。沿湿地长轴各布设 1 条样带每行进 10 km,设置 1 个大样地。另外,行进过程中,对主要优势群落分布区,加设 1 km×1 km 样地。采用考察沿线记录与典型植被群落调查相结合的方法在有植被分布的地段,利用 GPS 定位记录经度、纬度和海拔信息。清查样方内的所有乔、灌、草植物种类组成。每个样地内设置 3 个 10 m×10 m 的灌木样方,3 个 1 m×1 m 的草本样方,样方内测量每种植物株数、高度、盖度、冠幅等指标。本研究累计布设 57 个样地,灌木样方和草本样方各 171 个。在植被样方内进行土壤剖面挖掘,挖取 0—100 cm 层土壤样品,分 4 层取样,分别在 0—20、20—40、40—60、60—100 cm 4 个位置利用便携式电导率仪测定土壤 pH 值和电导率。

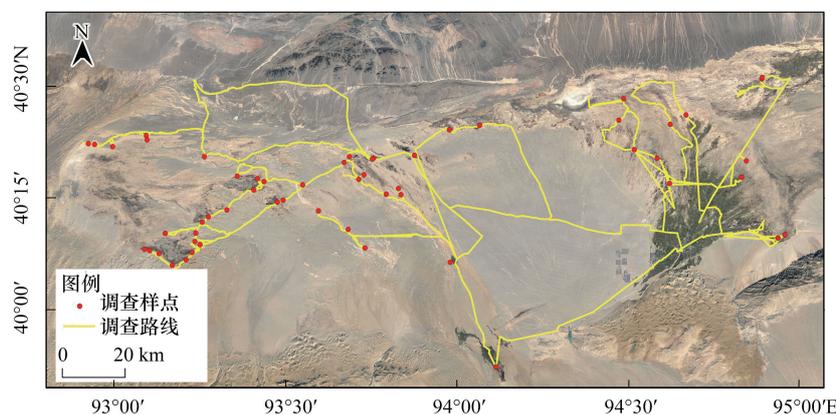


图 1 调查区域及路线

Fig.1 Survey area and route

2.2 土壤资源位的选择与划分

土壤是植物生长与发育的物质保障基地,土壤 pH 值是影响植物生长发育的主要土壤化学因子之一,它不仅影响土壤的结构、腐殖质化作用的进行,而且还影响土壤内养分和离子的交换。电导率是反映土壤盐分的关键指标,敦煌西湖植被对盐分的适应能力,决定了植被空间格局的分布特征。基于上述原因,本研究选择土壤 pH 值和电导率作为资源因子。把各环境资源维分为 6 个等级(表 1)。

表 1 土壤资源梯度等级划分

Table 1 Gradient classification of soil resources

土壤因子 Soil factor	资源梯度等级 Resource grade					
	I	II	III	IV	V	VI
土壤酸碱度 Soil pH	7.5—7.7	7.7—7.9	7.9—8.1	8.1—8.3	8.3—8.5	8.5—8.7
土壤电导率 Soil electric conductivity	0.27—5.60	5.60—10.93	10.93—16.27	16.27—21.60	21.60—26.93	26.93—32.26

2.3 计算公式

分别将 57 个样地按土壤因子划分为 6 个 pH 值和电导率梯度等级,对每个资源维上相同物种重要值求和排序,选出排名前 15 的优势种,计算优势物种在两个资源维上的生态位宽度和生态位重叠。

(1) 重要值^[19]

重要值 = (相对密度 + 相对盖度 + 相对频度) / 300

(2) 生态位宽度采用 Shannon-Wiener 计算公式^[20]

$$B_i = - \sum_{j=1}^r P_{ij} \ln P_{ij}$$

(3) 生态位重叠计算公式^[21]

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj} - \sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \sum_{j=1}^r P_{kj}^2}$$

式中, B_i 为物种 i 的生态位宽度; O_{ik} 为物种 i 和物种 k 的生态位重叠; P_{ij} 和 P_{kj} 分别代表物种 i 与物种 k 在资源 j 上的重要值占该物种在所有资源水平上的重要值的比例, r 为资源位总位数。

(4) 多物种间总体联结性显著性检验^[22]

以植被样方作为资源位,统计各物种的出现样方数占总样方数的比例 P_i ,据此计算多物种间总体联结性。用方差比率法 (variance ratio, VR) 检验多物种间的总体联结性,说明在某地出现的多物种间是否存在显著的关联性:

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^s p_i (1 - p_i)$$

$$S_T^2 = (1/N) \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2$$

$$P_i = n_i / N$$

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2$$

式中, S 为调查样地的总物种数, N 为总样方数, n_i 为物种 i 出现的样方数, T_j 为样方 j 内出现物种的总数, t 为全部样方中种的平均数。其中,当 $VR > 1$ 表示物种间表现出正的关联; $VR < 1$ 表示物种间存在负的净关联。采用统计量 $W = VR \times N$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度,若物种不显著相关联,则 W 落入由下面 χ^2 分布给出的界限的概率为 90%: $\chi_{0.95}^2(N) < W < \chi_{0.05}^2(N)$ 。

3 结果与分析

3.1 生态位宽度

敦煌西湖植被群落中 15 个优势种生态位宽度的分析结果表明(表 2),优势物种的生态位宽度在反映土壤因子变化的 pH 值和电导率的两个资源维上表现基本一致,但也存在不同。在 pH 值梯度资源维上,多枝怪柳和芦苇同时具有较高的重要值和生态位宽度值,疏叶骆驼刺、胡杨、苏枸杞和泡泡刺的重要值明显降低,但生态位宽度值仍较高,合头草和盐穗木的生态位宽度值均较低。在电导率梯度资源维上,疏叶骆驼刺的生态位宽度值最高,但其重要值相对较小,多枝怪柳和芦苇的重要值和生态位宽度值均较高,其次胡杨和苏枸杞

的生态位宽度值也较高,泡泡刺、蒙古沙拐枣和合头草的生态位宽度值最低。综上所述,在土壤的 pH 值梯度和电导率梯度两个资源维上,多枝怪柳、芦苇、疏叶骆驼刺、胡杨和苏枸杞均表现出较高的生态位宽度,说明这些物种具有很强的适应能力,能够较好地利用资源环境。通过同一物种在两个不同资源维上生态位宽度差别的比较分析,表明物种对不同环境因子的空间利用能力和适应性不完全相同。如泡泡刺和蒙古沙枣在 pH 值梯度资源维上的生态位宽度值分别为 1.29 和 0.67,而电导率梯度资源维上的生态位宽度值却均为 0,使得它们在 pH 值梯度上的资源利用能力大于电导率梯度,说明限制这些物种生存与分布的受土壤盐分变化的影响。又如尖叶盐爪爪和甘蒙怪柳在电导率梯度资源维上的生态位宽度值分别为 1.07 和 1.30,而 pH 值梯度资源维上的生态位宽度值却分别只有 0.59 和 0.88,使得它们在 pH 值梯度上的资源利用能力小于电导率梯度,说明这些物种对土壤盐分的变化有很强的适应性。合头草在两个资源维上是生态位宽度最小的物种,说明该物种对敦化西湖的自然生态环境的适应能力差,物种间竞争能力弱。

表 2 敦煌西湖 15 个优势物种的重要值及生态位宽度

Table 2 Importance value and niche breadth of 15 dominant species in Dunhuang Xihu

编号 Number	物种 Species	pH 值梯度 pH gradient		电导率梯度 Conductivity gradient	
		重要值 Importance value	生态位宽度 Niche breadth	重要值 Importance value	生态位宽度 Niche breadth
1	多枝怪柳 <i>Tamarix ramosissima</i>	1.59	1.75	1.52	1.66
2	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	1.29	1.75	1.41	1.75
3	疏叶骆驼刺 <i>Alhagi sparsifolia</i>	0.63	1.61	0.60	1.76
4	胡杨 <i>Populus euphratica</i>	0.60	1.56	0.75	1.66
5	苏枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>	0.48	1.51	0.73	1.63
6	泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	0.48	1.29	0.20	0.00
7	甘蒙怪柳 <i>Tamarix austromongolica</i>	0.33	0.88	0.30	1.30
8	盐穗木 <i>Halostachys caspica</i>	0.16	0.37	0.11	0.67
9	盐节木 <i>Halocnemum strobilaceum</i>	0.14	0.65	0.15	0.92
10	蒙古沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	0.08	0.67	0.04	0.00
11	大叶白麻 <i>Poacynum hendersonii</i>	0.08	0.73	0.10	0.92
12	尖叶盐爪爪 <i>Kalidium cuspidatum</i>	0.05	0.59	0.03	1.07
13	胀果甘草 <i>Glycyrrhiza inflata</i>	0.04	1.18	0.03	0.92
14	唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.03	0.93	0.03	0.28
15	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	0.02	0.28	0.01	0.00

3.2 生态位重叠

由表 3 和图 2 综合分析可知,在土壤 pH 值梯度资源维上,西湖植被群落中优势物种间有 4 对种对生态位重叠值大于 0.9 占总种对的 3.81%,分别是多枝怪柳与胡杨、芦苇,甘蒙怪柳与合头草,盐穗木与尖叶盐爪爪,有 5 对种对生态位重叠值介于 0.8—0.9 之间占总种对的 4.76%,有 58 对种对生态位重叠值介于 0.3—0.8 之间占总种对的 55.24%,有 38 对种对生态位重叠值小于 0.3 占总种对的 36.19%,其中 9 对种对生态位重叠值等于 0,分别是尖叶盐爪爪与盐节木、蒙古沙拐枣和白麻,合头草与其他 6 个重要值较小的物种。在土壤电导率梯度资源维上,西湖植被群落中优势物种间有 7 对种对生态位重叠值大于 0.9 占总种对的 6.67%,分别是芦苇与胡杨、苏枸杞和疏叶骆驼刺,胡杨与苏枸杞,甘蒙怪柳与尖叶盐爪爪,泡泡刺与蒙古沙拐枣,合头草与胀果甘草,有 6 对种对生态位重叠值介于 0.8—0.9 之间占总种对的 5.71%,有 59 对种对生态位重叠值介于 0.3—0.8 之间占总种对的 56.19%,有 33 对种对生态位重叠值小于 0.3 占总种对的 31.43%,其中 9 对种对生态位重叠值等于 0,泡泡刺、蒙古沙拐枣分别与盐穗木、盐节木、尖叶盐爪爪和合头草,唐古特白刺与合头草。由此可见,在两个资源维上,有一部分种对间生态位重叠值差异较大,反映了这些种独特的生态学性质和较明显的异

质性,从而使物种间生长产生互补可以高效利用资源。还有一部分种对在两个资源维上的生态位重叠值大致相同,反映了这些种之间对资源利用方式相近,易在种间产生竞争。

表 3 敦煌西湖 15 个优势物种生态位重叠

Table 3 Niche overlaps between 15 dominant species in Dunhuang Xihu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.769	0.896	0.613	0.684	0.388	0.825	0.612	0.622	0.388	0.686	0.792	0.738	0.389	0.582
2	0.930		0.922	0.971	0.924	0.343	0.613	0.445	0.525	0.343	0.518	0.548	0.437	0.392	0.258
3	0.776	0.800		0.842	0.777	0.341	0.757	0.663	0.636	0.341	0.519	0.737	0.735	0.460	0.559
4	0.955	0.797	0.616		0.907	0.239	0.491	0.314	0.408	0.239	0.411	0.443	0.305	0.278	0.178
5	0.757	0.653	0.591	0.791		0.187	0.393	0.301	0.343	0.187	0.722	0.363	0.295	0.253	0.188
6	0.560	0.684	0.772	0.388	0.381		0.261	0.000	0.000	1.000	0.116	0.000	0.209	0.088	0.000
7	0.484	0.602	0.326	0.422	0.706	0.156		0.539	0.790	0.261	0.210	0.954	0.535	0.427	0.368
8	0.255	0.369	0.713	0.081	0.265	0.883	0.004		0.817	0.000	0.264	0.620	0.789	0.842	0.534
9	0.571	0.444	0.181	0.640	0.571	0.390	0.188	0.121		0.000	0.088	0.797	0.458	0.860	0.164
10	0.569	0.587	0.176	0.536	0.381	0.442	0.299	0.076	0.882		0.116	0.000	0.209	0.088	0.000
11	0.723	0.595	0.628	0.705	0.301	0.185	0.057	0.002	0.010	0.007		0.250	0.461	0.023	0.475
12	0.295	0.458	0.751	0.101	0.414	0.803	0.329	0.927	0.000	0.000	0.000		0.615	0.407	0.516
13	0.752	0.606	0.630	0.706	0.506	0.163	0.241	0.037	0.327	0.305	0.744	0.063		0.375	0.910
14	0.504	0.694	0.459	0.312	0.224	0.768	0.296	0.497	0.552	0.809	0.002	0.449	0.205		0.000
15	0.314	0.385	0.271	0.289	0.698	0.000	0.936	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	0.178	0.000	

对角线下部为土壤 pH 值梯度资源维上生态位重叠,对角线上部为土壤电导率梯度资源维上生态位重叠;编号 1—15 所代表的植物名称见表 2

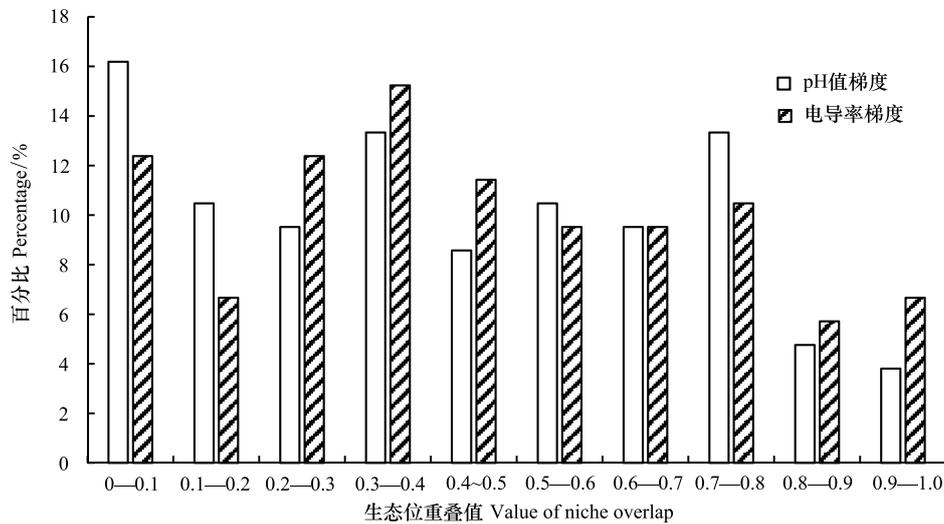


图 2 种间生态位重叠值分布特征

Fig.2 Distribution characteristics of niche overlap among species

3.3 多物种间总体关联性分析

由表 4 分析研究区内植被群落内优势物种的总体关联性,根据物种-样方 15×57 的二元数据矩阵计算,多物种间总体关联性的方差比率 VR 值:VR = 0.72 < 1,说明这 15 个优势物种间呈负关联。检验统计量 W = 41.04,落入 $\chi^2_{0.95}(57)$ 与 $\chi^2_{0.05}(57)$ 之间,即 VR 值偏离 1 不显著,说明敦煌西湖植被群落物种间总体关联性不显著,物种间联结较紧密,生长与生存具有一定的竞争性。综上所述,敦煌西湖多个物种间存在竞争关系且群落结构稳定性较弱,植被群落趋于一个并不强烈的竞争状态。

表 4 优势物种间的整体关联性分析

Table 4 Analysis on the overall association of dominant species

系数 Coefficient	δ_T^2	s_T^2	方差比率 Variance ratio (VR)	检验统计量 Statistic (W)	χ^2 临界值 χ^2 threshold ($\chi_{0.95}^2$ N, $\chi_{0.05}^2$ N)	测度结果 Results
测度值 Measure-valued	1.08	1.50	0.72	41.04	(40.65, 75.62)	不显著负关联

4 讨论与结论

4.1 水盐变化下荒漠-湿地物种生态宽度特征

将影响敦煌西湖植物物种分布最为明显的土壤 pH 值、土壤电导率环境因子分别划分为 6 个梯度级进行种群生态位特征研究,与基于植物特征(高度、盖度)为梯度的物种生态位研究相比,既能衡量物种对土壤等环境资源的利用能力,又能反映物种在植被群落中的地位。生态位宽度能够衡量物种对不同环境资源总和的利用能力和分布状况,生态位宽度值越大,表明物种对环境资源利用的能力越强,在生境中的地位越重要且分布状况也越均匀^[23-24]。本研究多枝怪柳、芦苇、疏叶骆驼刺、胡杨和苏枸杞在土壤 pH 值梯度和电导率梯度两个资源维上,均表现出较高的生态位宽度,表明这 5 种植物出现在各天然湿地植物群系的频度较高,分布的范围也较广,对荒漠-湿地生态系统有限资源的利用能力和生态环境因子的适应能力要优于其他物种,作为敦煌西湖脆弱生态系统中的主要建群种,对维持群落结构稳定和物种多样性保护起着重要作用。合头草在土壤 pH 值梯度和电导率梯度两个资源维上是生态位宽度最窄的物种,说明它对环境变化适应能力和种间竞争能力较弱,更趋向于狭域种。同一物种如泡泡刺、蒙古沙枣、尖叶盐爪爪和甘蒙怪柳在土壤的 pH 值梯度和电导率梯度两个资源维上生态位宽度存在显著差异,表明这些物种由于自身生态学特性的不同会选择不同的适应策略,导致对响应生境中的土壤主控环境资源因子存在差异。前期研究结果表明物种的生态位宽度会随重要值增大而增大,但并不呈现绝对的线性关系^[25-27],本研究结果与其一致,如多枝怪柳和芦苇在土壤 pH 值梯度和电导率梯度两个资源维上具有较高的重要值和生态位宽度值,但疏叶骆驼刺、胡杨和苏枸杞的重要值明显降低,而生态位宽度值仍较高。以上结论与实际调查各物种的生长状况相结合可知,生态位宽度较大的物种能够通过提高对资源的利用率或扩大分布面积来保证种群的生存与繁殖,生态位宽度较小的物种在种间竞争中保留长势较好的个体来繁衍后代或倾向于聚集呈小斑块状维持物种生存,生存能力和竞争能力较差的生态位宽度较小物种则可能会在植被群落发育演化过程中逐渐被其他生态位宽度较大物种所取代。将生态位空间进行分割得到敦煌西湖优势物种在土壤因子 pH 值和电导率两个资源维上的生态位宽度,则是将物种对生态环境因子需求的定量化表达,能够直接客观的反映出物种对生存环境的适应能力、对资源的利用能力以及物种之间的相互关系。主要优势植物种在土壤因子综合资源维上的生态位宽度研究对于敦煌西湖荒漠-湿地植被的种群数量变化、恢复与保护、分布与演替等的研究具有重要意义。

4.2 水盐变化下荒漠-湿地物种生态重叠特征

不同物种对同一资源环境的利用可能会导致生态位重叠,生态位重叠值越大表明两个种群对资源的利用方式越相似或对环境要求基本一致,反之则差异较大。生态位重叠反映了物种之间对同等级共享资源利用的相似性程度,以及物种之间在空间配置上的分布存在共存与竞争关系^[28-30]。已有研究结果表明:通常生态位宽度大的物种利用资源能力强,与其他物种间的生态位重叠值也较大,物种之间竞争越剧烈,反之生态位宽度小的物种生态位重叠值则较小^[31]。对敦煌西湖植被群落中优势物种生态位重叠的研究显示,在两个资源维上生态位宽度值较高的物种多枝怪柳、芦苇、疏叶骆驼刺、胡杨和苏枸杞两两组成的种对均有较高的生态位重叠值 0.591—0.971,表明这些物种在群落中的生存环境相似,对资源利用方式相近,物种间易产生竞争。生态位宽度值较低的物种合头草与其他 14 个物种在两个资源维上组成的 28 个种对中其中 16 对生态位重叠值均小于 0.3,占总对数的 57.14%。然而,生态位宽度值较小的物种之间也可能出现较大的生态位重叠,在土壤 pH 值梯度资源维上甘蒙怪柳与合头草的生态位宽度均较小,但生态位重叠值达到 0.936,在土壤电导率梯度

资源维上胀果甘草与合头草的生态位宽度均较小,但生态位重叠值达到 0.910。生态位宽度较小的物种之间生态位重叠值却较高是因为种对具有相似的生物生态学特性,而且对生境中环境资源的需求上产生互补^[21,32-35]。本研究中多数物种间的生态位重叠值偏小,在土壤 pH 值和电导率梯度两个资源维上,均有 61 对种对生态位重叠值小于 0.5 占总种对的 58.10%。在敦煌西湖荒漠-湿地生态系统的水情和盐分交互作用的约束下,物种要在共享资源不足的情况下生存,物种之间的生态位重叠除了表征它们具有相似的生态学特性外,主要还反映了物种之间存在着竞争的关系。群落中的不同物种长期共存,在形态和生理等方面出现了许多互补的特征,从而对资源的利用途径存在差异,使得同一资源维上不同的物种相互适应且协同进化,从而使物种与环境和谐统一^[36-38]。通过总体关联性揭示敦煌西湖优势物种间的功能关系,多物种之间的关系也趋向于整体负关联,但未达到显著水平,群落结构及其物种组成稳定性较弱且存在微弱的竞争关系。物种生态位的研究可用于指导敦煌西湖荒漠-湿地植被的保护和恢复重建,植物个体和植物种间对土壤因子有限资源的竞争,充分合理利用有限的环境资源,使群落处于一种互补互利的协调关系,从而维护群落的稳定性和多样性,促进西湖荒漠-湿地植被群落可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] Rousset O, Lepart J. Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *Journal of Ecology*, 2000, 88(3): 401-412.
- [2] Brooker R W, Maestre F T, Callaway R M, Lortie C L, Cavieres L A, Kunstler G, Liancourt P, Tielbörger K, Travis J M J, Anthelme F, Armas C, Coll L, Corcket E, Delzon S, Forey E, Kikvidze Z, Olofsson J, Pugnaire F, Quiroz C L, Saccone P, Schifffers K, Seifan M, Touzard B, Michalet R. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 2008, 96(1): 18-34.
- [3] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 1978, 59(1): 67-77.
- [4] Müller R, Nowicki C, Barthlott W, Ibisch P L. Biodiversity and endemism mapping as a tool for regional conservation planning - case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests in Bolivia. *Biodiversity & Conservation*, 2003, 12(10): 2005-2024.
- [5] 李登武, 张文辉, 任争争. 黄土沟壑区狼牙刺群落优势种群生态位研究. *应用生态学报*, 2005, 16(12): 2231-2235.
- [6] 陈林, 辛佳宁, 苏莹, 李月飞, 宋乃平, 王磊, 杨新国, 卞莹莹, 田娜. 异质生境对荒漠草原植物群落组成和种群生态位的影响. *生态学报*, 2019, 39(17): 6187-6205.
- [7] 霍红, 冯起, 苏永红, 司建华, 席海洋, 鱼腾飞. 额济纳绿洲植物群落种间关系和生态位研究. *中国沙漠*, 2013, 33(4): 1027-1033.
- [8] 王乃江, 张文辉, 陆元昌, 范少辉, 王勇. 陕西子午岭森林植物群落种间联结性. *生态学报*, 2010, 30(1): 67-78.
- [9] Gaston K J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 2000, 405(6783): 220-227.
- [10] 何芳兰, 刘世增, 李昌龙, 金红喜. 甘肃河西戈壁植物群落组成特征及其多样性研究. *干旱区资源与环境*, 2016, 30(4): 74-78.
- [11] 陈鹏, 潘晓玲. 河西走廊地区植物的区系特征. *植物研究*, 2001, 21(1): 24-30.
- [12] 夏延国, 宁宇, 李景文, 李俊清, 冯益民, 吴波, 卢琦. 中国黑戈壁地区植物区系及其物种多样性研究. *西北植物学报*, 2013, 33(9): 1906-1915.
- [13] 王健铭, 董芳宇, 巴海·那斯拉, 李景文, 李俊清, 冯益明, 卢琦. 中国黑戈壁植物多样性分布格局及其影响因素. *生态学报*, 2016, 36(12): 3488-3498.
- [14] 朱军涛, 于静洁, 王平, 王志勇. 额济纳荒漠绿洲植物群落数量分类及其与地下水环境的关系分析. *植物生态学报*, 2011, 35(5): 480-489.
- [15] 鱼腾飞, 冯起, 司建华, 席海洋, 陈丽娟. 黑河下游额济纳绿洲植物群落物种多样性的空间异质性. *应用生态学报*, 2011, 22(8): 1961-1966.
- [16] 奚为民. 怀柔山区灌丛群落优势种群生态位的研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1993, 17(4): 324-330.
- [17] 章光新. 水文情势与盐分变化对湿地植被的影响研究综述. *生态学报*, 2012, 32(13): 4254-4260.
- [18] 陈文业, 张继强, 赵明, 王志广, 吴三雄, 袁海峰, 康建军, 孙飞达, 王永恒. 甘肃敦煌西湖荒漠-湿地植物群落物种多样性特征研究. *中国沙漠*, 2012, 32(6): 1639-1646.
- [19] 马克平. 生物群落多样性的测度方法: α 多样性的测度方法(上). *生物多样性*, 1994, 2(3): 162-168.
- [20] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [21] Pianka E R. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 53-74.
- [22] Schluter D. A variance test for detecting species associations, with some example applications. *Ecology*, 1984, 65(3): 998-1005.

- [23] 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.
- [24] 陈玉凯, 杨琦, 莫燕妮, 杨小波, 李东海, 洪小江. 海南岛霸王岭国家重点保护植物的生态位研究. 植物生态学报, 2014, 38(6): 576-584.
- [25] 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.
- [26] 陈俊华, 刘兴良, 何飞, 刘世荣. 卧龙巴朗山川滇高山栎灌丛主要木本植物种群生态位特征. 林业科学, 2010, 46(3): 23-28.
- [27] 卢妮妮, 凌威, 郭倩, 张艳, 刘巧红, 徐雪蕾, 李静, 王新杰, 张鹏. 基于生态位分割的森林资源经营与评价——以北京鹫峰国家森林公园为例. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(10): 41-47.
- [28] Spies T A, Franklin J F, Klopsch M. Canopy gaps in Douglas-fir forests of the Cascade Mountains. Canadian Journal of Forest Research, 1990, 20(5): 649-658.
- [29] 余世孝. 数学生态学导论. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.
- [30] 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.
- [31] 班卫强, 严成, 尹林克, 杨美琳, 王忠臣. 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. 中国沙漠, 2012, 32(6): 1632-1638.
- [32] 刘巍, 曹伟. 长白山云冷杉群落主要种群生态位特征. 生态学杂志, 2011, 30(8): 1766-1774.
- [33] 陈志伟, 伊贤贵, 王贤荣, 谢春平, 南程慧, 汪小飞. 黄山微毛樱群落主要种群生态位特征. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2014, 38(S1): 39-46.
- [34] 杨晓东, 龚雪伟, 朱丽安, 吕光辉. 胡杨(*Populus euphratica*)水分再分配与其伴生种多样性和生态位的关系. 中国沙漠, 2017, 37(5): 933-941.
- [35] 柴宗政, 王得祥, 张丽楠, 张洋, 黄青平, 吴昊. 秦岭山地天然油松群落主要植物种群生态位特征. 生态学杂志, 2012, 31(8): 1917-1923.
- [36] 王仁忠. 放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究. 植物生态学报, 1997, 21(4): 304-311.
- [37] 张峰, 上官铁梁. 翅果油树群落优势种群生态位分析. 西北植物学报, 2004, 24(1): 70-74.
- [38] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 贾夏. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究. 应用生态学报, 2004, 15(6): 913-918.