

DOI: 10.20103/j.stxb.202405181139

李晖, 刘龙英, 郭婉琪, 何 韪, 赵梓秀, 朱子昕, 范存祥, 林志斌, 袁兴中. 广州城市中央湿地草本层生态位特征. 生态学报, 2025, 45(5): 2355-2363.
Li H, Liu L Y, Guo W Q, He Y, Zhao Z X, Zhu Z X, Fan C X, Lin Z B, Yuan X Z. Niche characteristics of herbaceous layer in the central wetland of Guangzhou City. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(5): 2355-2363.

广州城市中央湿地草本层生态位特征

李 晖^{1,*}, 刘龙英¹, 郭婉琪¹, 何 韪¹, 赵梓秀¹, 朱子昕¹, 范存祥², 林志斌², 袁兴中³

1 华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642

2 广州市海珠湿地科研宣传教育中心, 广州 510000

3 重庆大学建筑城规学院, 重庆 400000

摘要: 研究湿地草本层生态位特征对于特大型城市湿地实现低维护管理, 提升城市生境异质性具有重要参考价值。选取广州城市中央官洲水道两岸的小洲湿地和咀头湿地作为研究对象, 采用网格系统取样法, 共选取 162 个湿地草本层样方, 运用 Levins 生态位宽度和 Pianka 生态位重叠指数的方法, 对其优势物种的生态位宽度及生态位重叠进行定量分析并比较。结果表明: (1) 研究区内湿地草本层竞争激烈, 入侵物种的数量少于乡土物种但重要值和生态位宽度均较高, 其中最大的分别为南美蟛蜞菊、两耳草等入侵物种, 对乡土物种的生存空间造成挤压使其生态位宽度逐渐减小; 重要值最高的乡土物种是鸭跖草, 在长期无人工干预的状态下有较好的适应性。(2) 重要值与生态位宽度无明显的正相关关系, 影响生态位宽度的因素包括重要值、分布频度、空间和环境等。(3) 入侵物种与乡土物种之间普遍存在生态位重叠现象, 且相互之间的重叠现象相较于入侵植物与乡土植物内部更为显著。咀头湿地草本层的总体平均生态位宽度和重叠值均大于小洲湿地, 物种间竞争排斥较强, 自生乡土植物的生长处于相对劣势。(4) 小洲湿地草本层群落稳定状态优于咀头湿地, 表明自然演替的湿地草本层在适当人工干预的状态下, 通过增加自生乡土物种的种间关系平衡能有效增加物种多样性, 有助于构建相对稳定的乡土湿地草本层植物群落。研究结果可以为高密度城市中心区域环境下抵御入侵植物、优化草本层结构及实现低维护管理提供参考。

关键词: 生态位宽度; 生态位重叠值; 乡土物种; 入侵物种; 人工干预

Niche characteristics of herbaceous layer in the central wetland of Guangzhou City

LI Hui^{1,*}, LIU Longying¹, GUO Wanqi¹, HE Yun¹, ZHAO Zixiu¹, ZHU Zixin¹, FAN Cunxiang², LIN Zhibin², YUAN Xingzhong³

1 College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2 Public Education and Research Center of Haizhu Wetland in Guangzhou, Guangzhou 510000, China

3 College of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400000, China

Abstract: Wetlands in the Lingnan region are rich in plant resources, exhibiting layering phenomena such as tree layer, herb layer, and aquatic plant layer, based on the space occupied by different plant communities in the vertical direction, where the herb layer primarily consists of native and invasive species that naturally grow in the understory, in high-density urban centers, the herb layer of wetlands experiences high levels of artificial interference, species diversity is reduced, and the invasion of foreign species is serious and other phenomena. Studying the ecological niche characteristics of wetland herbaceous layer provides important insights for mega urban wetlands to achieve low-maintenance management and enhance

基金项目: 国家自然科学基金项目(52478053); 国家自然科学基金项目(52078222); 广东省自然科学基金面上项目(2024A1515010783); 海珠湿地维护中心技术咨询项目《广州海珠果林湿地生态系统研究》

收稿日期: 2024-05-18; **网络出版日期:** 2024-11-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ydlihui@scau.edu.cn

the heterogeneity of urban habitats. Xiaozhou and Zuitou wetlands, located on either side of the Guanzhou waterway in central Guangzhou, were selected as the study subjects. A total of 162 wetland herbaceous layer sampling plots were selected by grid system sampling method to quantitatively analyze and compare the niche width and niche overlap of their dominant species by using the methods of Levins niche width and Pianka niche overlap index. The results showed that: (1) The competition in the herbaceous layer of the wetlands in the study area is intense, and the number of invasive species is less than that of the native species, but the importance value and niche width are higher, in which the largest invasive species in the two wetlands are *Sphagneticola trilobata*, *Paspalum conjugatum*, etc, which have caused a gradual decrease in the niche width of the native species by squeezing the living space of native species; the native species with the highest importance value is *Commelina communis*, which is better adapted under the state of no artificial intervention for a long period of time. (2) There is no obvious positive correlation between the importance value and the niche width. Factors affecting the niche width include the importance value, frequency of distribution, space and environment. (3) The niche overlap between invasive species and native species was common, and the overlap between each other was more significant than that between invasive plants and native plants. The overall average ecotone width and ecotone overlap value of the herbaceous layer in the Zuitou Wetland were greater than those in the Xiaozhou Wetland, and the competitive exclusion between species in the wetland was stronger, and the growth of autochthonous native plants was at a relative disadvantage. (4) The herb layer community in Xiaozhou Wetland was more stable than in Zuitou Wetland, suggesting that natural succession in the herb layer, with appropriate artificial intervention, could enhance species diversity by fostering a more balanced interspecific relationship among native species, which could help to build a relatively stable herb layer plant community in the vernacular wetland. The results of this study can be used as a reference for the prevention of invasive plants, the optimization of wetland herbaceous layer structure, and low maintenance management in high-density urban center environments.

Key Words: niche width; niche overlap; native species; invasive species; artificial intervention

生态位的概念由美国生态学家 Grinnell 提出后经多位学者的不断补充和发展^[1],成为目前生态学研究的常用术语。生态位特征可以反映群落结构及其内部种间的竞争状态,目前常以生态位宽度及生态位重叠值进行量化表征^[2],群落的结构决定群落的功能,其组成物种对环境资源的利用能力决定了群落在环境中的生长状况,最终影响整个生态系统的功能。通过研究生态位特征,可以了解物种分布状况、分析群落结构状况^[3-4],评估物种入侵能力、潜力和机制^[5-10]等。其中,草本层植被是人工湿地生态系统的重要组成部分,探究其物种组成、群落结构和竞争共存关系,是评估生态功能的关键。通过生态位研究能有效解决草本植物的共存问题,对于了解草本层种间关系及群落功能地位和促进人工湿地物种多样性与生态修复具有重要意义^[2]。而自生草本植物能有效适应本地环境和气候条件,形成具有地域特色的群落结构和生态系统^[11],为鸟类和昆虫提供食源和栖息地^[12]。其对环境的适应能力、韧性和低成本投入能够实现低维护的植物景观,发挥草本层植物的生态价值和审美价值^[13]。因此,对自生草本层植物的生态位特征研究,有助于特色自生草本层植物群落的构建,提高湿地物种多样性。但近年来,国内外学者对草本层生态位的研究多针对不同立地类型草本植物的分布和种间关系^[14]、不同流域草本植物资源利用能力的差异^[15],不同林下草本层与木本植物的相互关系^[16-17]及其抵御入侵植物的状况^[18]、入侵草本植物的入侵模式和演变机制^[19-20]等不同方面,关于草本层乡土物种和入侵物种生态位特征的研究较少。

我国岭南地区滨水植物和本土(自生)植物种类丰富,广州位于南岭山地向珠江口的过渡地带,河流水系发达,孕育了丰富多样的湿地类型。但随着经济和城市化的迅速发展,城市湿地受到人为干扰和入侵植物的侵扰严重,自生乡土植物遭受胁迫,导致湿地存在物种多样性下降、景观同质化现象严重^[21]、人工化程度高、外来物种入侵严重、乡土植物应用较少^[22]等问题。在人工干扰强度较大的高密度城市中央,如何营建低维护

管理的湿地植物景观,减少物种入侵风险,增加乡土物种的适应性和生物多样性已成为迫切需要解决的问题。海珠湿地位于广州珠江水系的江心洲,是广州城市中央核心区面积最大的湿地生态系统,其复杂的水陆交错生态系统结构和特殊的地理位置使该区域植被的健康生长对维护区域生态安全格局具有重要意义。目前有关广州湿地植被物种组成和多样性的研究较多,但较少综合人为干预等因素。本文通过分析两块人工化程度不同的湿地优势草本层植物的种类及生态位特征,探讨乡土与入侵植物对人工干预程度不同的环境适应程度及种间相互作用的差异,为提高广州城市湿地的乡土物种适应性,提升生物多样性及促进人工湿地生态修复提供参考依据。

1 研究区概况

研究区位于广东省广州市中心的海珠区,处于城市上风向,属于亚热带季风气候,夏季高温且降雨丰富,年降雨量达 1725.7 mm,常年平均降雨日为 151 d。7、8 月是高温时期,全年气温变化幅度不大。海珠湿地地处珠江三角洲大都市核心区域,作为半自然果林-河涌-湖泊的复合湿地生态系统^[23],其见证了三角洲河涌湿地的演变过程。发育于珠三角河涌湿地基础上的“万亩果园”自汉代起产果,至明清达到巅峰,如今仍保留着河网间垛基果林的特殊生产模式。本研究选择海珠国际重要湿地中有适度人工干预的核心保育区小洲湿地(下文简称小洲湿地)及与其南面隔江相望的大学城湾中长期无人工干预的咀头湿地(下文简称咀头湿地)为研究区域,面积分别为 1.14 km² 和 0.2 km²(图 1)。两处湿地位置相邻,周边环境相似,但人工干预情况不同,是广州城市中央河涌类复合湿地的典型代表区域(表 1)。

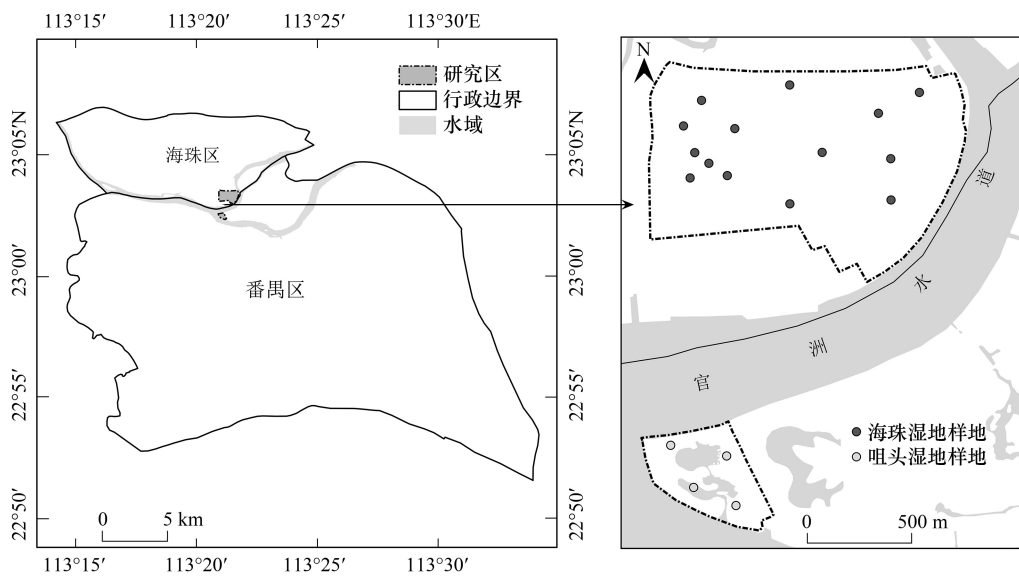


图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch of the study areas

2 数据与方法

2.1 样地选择与数据采集

本研究于 2020 年 10 月至 11 月,依据两个湿地面积的比例,采用网格系统取样法,在小洲湿地内设 14 个样地,咀头湿地内设 4 个样地,样地面积均为 20 m×20 m 的 400 m² 地块。在各样地的 4 个顶角、每条边中点及样地中心选取草本层样本,共获得 9 个 2 m×2 m 的样本。小洲湿地和咀头湿地各选取有 126 和 36 个草本层样方。统计草本层样方内的所有物种、多度、盖度等数据。经统计计算,按照重要值排序,研究排序前 10 非人工种植的优势草本层物种的生态位。

表 1 研究区基本情况

Table 1 Basic information of the study areas

研究区 Research area	地理位置 Geographic location	面积/km ² Area	植被现状 Status of vegetation	人工干预情况 Human intervention
小洲湿地 Xiaozhou wetland	23°3'10"—23°3'44"N, 113°21'38"—113°22'27"E	1.14	场地基本保留原有的垛基果林,属于半人工半自然的植被群落;植被长势一般,部分乔木长势较差,草本层属于自生状态,长势好	作为核心生态保育区进行暂时封闭管理;于 2013—2015 年间经历生态修复工程;2018—2020 年间,部分地块进行了地形改造,此后草本层自然生长,每 2—3 个月清理入侵物种。
咀头湿地 Zuitou wetland	23°2'32"—23°2'49"N, 113°21'36"—113°21'57"E	0.2	湿地抛荒,植被粗放生长,草本层旺盛	荒废 10 年左右,由工作人员进行日常看护,无特殊打理维护,现未对外开放,人工干预程度极低

2.2 数据处理及分析方法

2.2.1 重要值计算

$$P = (d + c + f) / 3 \tag{1}$$

式中, P 是重要值; d 是相对密度,表示该物种密度在样方内所有物种总密度中所占的比例; c 是相对盖度,表示该物种分盖度在样方内全部物种分盖度总和中所占的比例; f 是相对频度,表示该物种频度在所有物种频度之和中所占的比例。

2.2.2 生态位计算

生态位宽度指数采用 Levins 提出,经 Corwell 修正的公式进行计算^[24]:

$$B = 1 / (N \times \sum_{i=1}^N (P_i / \sum_{i=1}^N P_i)^2) \tag{2}$$

式中, B 物种生态位宽度, N 是样方数, P_i 代表在 i 样方中物种的重要值。 B 的取值范围为 $[0, 1]$,越接近 1 表示该物种资源利用潜力越大。

2.2.3 生态位重叠计算

生态位重叠值采用 Pianka 公式^[25]:

$$Q_{ik} = \sum_{j=1}^N P_{ij} P_{kj} / \sqrt{\sum_{j=1}^N (P_{ij})^2 \sum_{j=1}^N (P_{kj})^2} \tag{3}$$

式中, Q_{ik} 为生态位重叠值, N 是样方数, P_{ij} 是在样方 j 中物种 i 的重要值, P_{kj} 是在样方 j 中物种 k 的重要值。 $Q_{ik} = 1$ 时表示生态位完全重叠; $Q_{ik} = 0$ 则表示生态位完全不重叠。

在 Excel 2016 中对原始数据进行重要值、生态位宽度及重叠值计算。

3 结果与分析

3.1 研究区草本优势物种及其生态位宽度

由表 2 可知,小洲湿地草本层优势种中两耳草(*Paspalum conjugatum*) (18.89) 的重要值远高于湿地中其他物种。咀头湿地中南美蟛蜞菊(*Sphagnetica trilobata*) (26.31) 和鸭跖草(17.98) 的重要值远大于其他物种。表 2 和图 2 显示,小洲湿地和咀头湿地草本层入侵物种的数量少于乡土物种,但入侵物种的重要值和生态位宽度在湿地中普遍占有较重的比例。由表 2 和图 2 可得,咀头湿地入侵物种(0.584) 的平均生态位宽度大于小洲湿地(0.411),其自生乡土物种(0.596) 的平均生态位宽度也大于小洲湿地(0.316)。其中,两耳草和白花鬼针草(*Bidens alba*) 是研究区最为常见和普遍的入侵物种;而弓果黍(*Cyrtococcum patens*) 是自生乡土物种中适应性最为突出的物种,其次是马唐(*Digitaria sanguinalis*),在两块研究区均有分布。在适度人工干预的小洲湿地中,乡土植物毛蕨(*Cyclosorus interruptus*) (0.557) 和篱栏网(*Merremia hederacea*) (0.331) 的生态位宽度最大,但重要值较小。反之,乡土物种中重要值最大的弓果黍(0.270) 生态位宽度较小;入侵物种微甘菊(*Mikania micrantha*) (0.584) 和两耳草(0.489) 都具有较大的重要值和生态位宽度。在人工干预程度极低的

咀头湿地中,重要值较大的自生乡土物种鸭跖草(*Commelina communis*)(0.698)和弓果黍(0.679)对资源的利用能力最强,倾向于泛化种;入侵物种南美蟛蜞菊(0.757)的重要值和生态位宽度最大,占据较多的生境资源。此外,湿地中出现的野生水生蔬菜慈姑(*Sagittaria sagittifolia*)(0.493)和水芹(*Oenanthe javanica*)(0.487)生态位宽度较小,在湿地中竞争力较弱。

表 2 研究区优势物种重要值及其生态位宽度

Table 2 Importance value and niche width of 10 dominant species in the study areas

小洲湿地 Xiaozhou wetland				咀头湿地 Zuitou wetland			
序号 No.	物种名称 Species	重要值 Important value	生态位 宽度 Niche width	序号 No.	物种名称 Species	重要值 Important value	生态位 宽度 Niche width
1	两耳草 <i>Paspalum conjugatum</i>	18.89	0.489	11	南美蟛蜞菊 <i>Sphagneticola trilobata</i>	26.31	0.757
2	弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i>	7.17	0.270	12	鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	17.98	0.698
3	微甘菊 <i>Mikania micrantha</i>	6.38	0.584	13	弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i>	3.78	0.679
4	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	6.19	0.302	14	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	3.06	0.660
5	白花鬼针草 <i>Bidens alba</i>	5.74	0.348	15	水蓼草 <i>Apluda mutica</i>	2.99	0.662
6	求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	2.92	0.311	16	慈姑 <i>Sagittaria trifolia subsp.Leucopetala</i>	2.42	0.493
7	毛蕨 <i>Cyclosorus interruptus</i>	2.77	0.557	17	白花鬼针草 <i>Bidens alba</i>	1.98	0.499
8	篱栏网 <i>Merremia hederacea</i>	2.54	0.331	18	海芋 <i>Alocasia odora</i>	1.72	0.496
9	金腰箭 <i>Synedrella nodiflora</i>	1.97	0.222	19	两耳草 <i>Paspalum conjugatum</i>	1.65	0.495
10	短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i>	1.87	0.126	20	水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	1.65	0.487
平均值 Mean value			0.354	平均值 Mean value			0.593

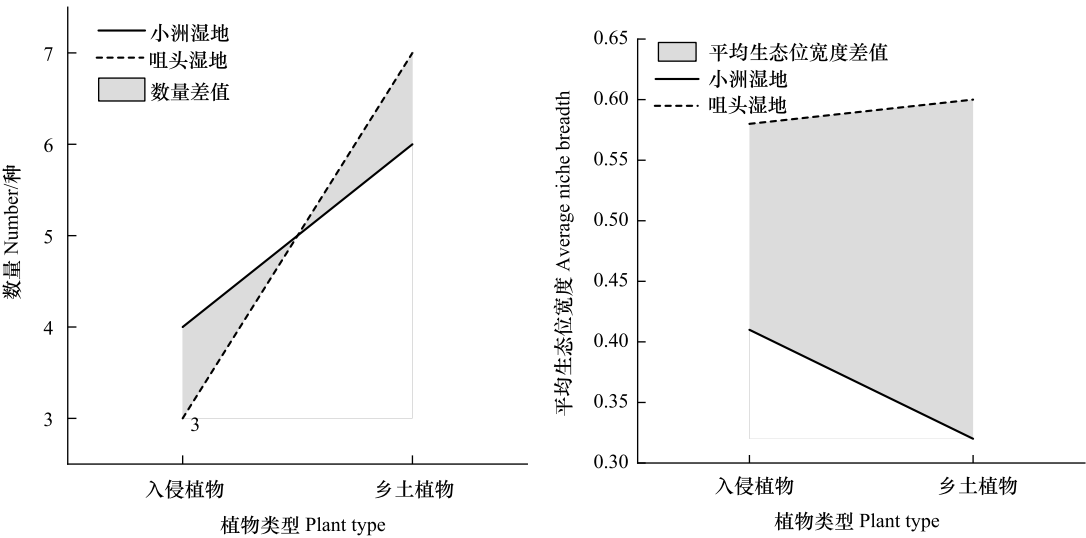


图 2 研究区入侵和乡土植物的数量及平均生态位宽度

Fig.2 Number and average niche width of invasive and native plants in the study area

3.2 生态位重叠值

两个湿地草本层植物各 10 个草本优势物种分别组成 45 个种对。由表 3 和表 4 可得,咀头湿地(0.446)的平均生态位重叠指数大于小洲湿地(0.351)。小洲湿地和咀头湿地生态位重叠值在 0.2 以下的种对分别占总种对的 27%和 22%,其中咀头湿地有 8 个完全不重叠种对,占总种对的 18%,这些种对对环境资源的利用有较大差异。小洲湿地和咀头湿地生态位重叠值 0.5 以上的种对,分别占总种对的 22%、44%,这些种对的资源利用能力相似。小洲湿地生态位重叠值大于 0.8 的种对仅有微甘菊和篱栏网,而咀头湿地有 13%的种对大

于 0.8,入侵物种两耳草和乡土植物水蔗草(*Apluda mutica*)的生态位完全重叠。

表 3 小洲湿地优势物种生态位重叠值
Table 3 Niche overlap of dominant species in Xiaozhou wetland

序号 No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值 Mean value
1	0.093	0.496	0.523	0.203	0.317	0.291	0.523	0.017	0.284	0.305
2		0.356	0.149	0.175	0.620	0.645	0.052	0.600	0.073	0.307
3			0.421	0.596	0.467	0.662	0.820	0.400	0.412	0.514
4				0.219	0.365	0.463	0.416	0.050	0.330	0.326
5					0.186	0.472	0.357	0.764	0.216	0.354
6						0.732	0.138	0.261	0.123	0.357
7							0.281	0.495	0.438	0.498
8								0.039	0.220	0.316
9									0.048	0.297
10										0.238

表 4 咀头湿地优势物种生态位重叠值
Table 4 Niche overlap of dominant species in Zuitou wetland

序号 No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均值 Mean value
11	0.448	0.489	0.598	0.641	0.604	0.916	0.660	0.641	0.308	0.589
12		0.480	0.480	0.046	0.712	0.523	0.880	0.046	0.439	0.450
13			0.935	0.000	0.420	0.272	0.643	0.000	0.943	0.465
14				0.282	0.481	0.291	0.460	0.282	0.942	0.528
15					0.703	0.516	0.000	1.000	0.000	0.354
16						0.565	0.500	0.516	0.300	0.533
17							0.758	0.000	0.000	0.427
18								0.000	0.350	0.472
19									0.000	0.276
20										0.365

图 3 是研究区内生态位重叠值 0.5 以上的种对与总种对的比值,可以看出小洲湿地和咀头湿地中入侵与乡土物种重叠值大于 0.5 的种对分别占总种对的 11%和 22%,远大于入侵物种种对(4%)和乡土物种种对

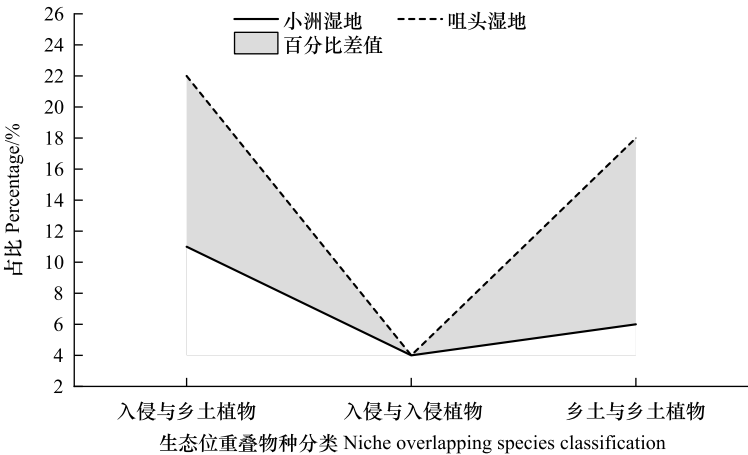


图 3 入侵与乡土植物在研究区的生态位重叠情况
Fig.3 Niche overlap of invasive and native plants in the study area

(6%,18%)。结合图 3 和表 3 可知,在小洲湿地内,乡土物种中仅毛蕨和弓果黍与部分乡土植物的生态位重叠值大于 0.5,共 3 个种对;入侵植物间有 2 个种对重叠值大于 0.5;而入侵物种与乡土物种间有 4 个种对重叠值大于 0.5。结合图 3 和表 4 可知,咀头湿地中,生态位重叠值大于 0.5 的种对在乡土物种间有 8 对,入侵物种中有 2 对;入侵物种与乡土物种间有 10 对。其中乡土物种间的重叠值多数趋近于 1,生境相似度高,易发生资源竞争的情况;南美蟛蜞菊与咀头湿地中 57%的乡土物种生态位重叠值大于 0.5,与入侵物种的重叠值均大于 0.5,和白花鬼针草的重叠值高达 0.916。

综上,咀头湿地优势草本层间的生态位重叠现象比小洲湿地突出,湿地草本层物种之间入侵植物与乡土植物间的重叠现象相较于入侵植物与乡土植物内部更为显著。咀头湿地草本层物种间存在生态位分化和生态位趋同现象,且重叠值大于 0.5 的种对比小洲湿地多一倍,资源竞争的程度较为激烈^[26]。

4 讨论

4.1 湿地草本层重要值和生态位宽度

重要值与生态位宽度均用以描述植物在群落所处地位,其中重要值侧重于反映物种在群落的优势度^[27];生态位宽度侧重于反映物种生态适应性及其资源利用的能力,决定了该物种能否在环境中获得足够的生存资本。在大多数情况下,重要值越大的物种,其相应的生态位宽度也越大^[28-29],能更有效利用多种资源,竞争潜力强。因此,生态位宽度能为植被群落优化及预测植被群落的演替方向提供参考依据^[30]。在生境相似的情况下,植物的生长环境和植物群落的构成受到不同程度的人工干扰时,生境内的优势物种及整体的生态位宽度都会出现一定的差异;入侵物种和乡土物种的生态位宽度在同一生境内也存在差异。

湿地草本层重要值最高的入侵物种是两耳草和南美蟛蜞菊,乡土物种中鸭跖草重要值最高,说明鸭跖草在长期无人工干预的状态下有较好的适应性。咀头湿地入侵物种和自生乡土物种的平均生态位宽度均大于小洲湿地,生态位宽度较高的南美蟛蜞菊、两耳草、微甘菊、白花鬼针草等入侵物种易与乡土物种产生竞争,挤占自生乡土物种的生存空间。自生乡土物种鸭跖草、弓果黍、毛蕨、马唐和水蔗草生态位宽度相对较高。在人工适度干预下的小洲湿地中,草本层自然生长,乡土植物种间竞争排斥小,能实现群落相对稳定的共存状态。包括毛蕨、篱栏网和马唐等在内的乡土植物群落能构成抵抗力较强的本土植物群落,使入侵植物无过多生态空间立足。咀头湿地中优势草本层的生态位宽度普遍较大,这可能是因为人工干预程度低、自然演替为主的环境中,草本层的发展处于活跃状态^[31]。人为干扰不是导致入侵的重要原因^[32],在人工干扰程度低的咀头湿地,外来物种入侵的现象更为严重。原因可能在于其抛荒多年,导致枯落物长期堆积使地表结皮变厚,阻碍了植物对水分和土壤养分的吸收^[33],其中产生的空生态位为拥有强生存能力的入侵物种提供了机会。入侵植物对生境的土壤、微生物环境等产生影响^[34-35],可能使适应原生境的乡土物种生态位被迫发生改变,慈姑、海芋和水芹这些相对竞争力较弱的自生乡土植物难以可持续生长^[36]。

4.2 生态位重叠

生态位重叠的主要原因,是各植物群落赖以生存的环境资源类似,即在出现资源匮乏状况时群落间易产生竞争^[37],重叠值高的群落竞争加剧。在演替过程中,物种对环境资源利用能力的差异导致种间竞争频发,降低了植物群落结构的稳定性,促使群落向顶级群落演替^[38]。本研究中小洲湿地的生态位宽度和重叠值普遍偏低,种间的竞争排斥较弱,群落相对稳定^[39]。这表明适当人工干预的植物群落比缺少人工干预的群落有更高的稳定性,其中不稳定因素主要在于入侵植物与自生乡土植物之间的竞争,而自生乡土植物内部的竞争次之。多年抛荒的环境使咀头湿地草本植物可利用资源有限,各草本层植物通过不断拓宽自己的生态位来争夺足够生存资源,从而促使植物生态位重叠值增加^[40]。资源有限的情况下,生态位重叠高的植物群落中,生态位宽度较高的物种将通过竞争排斥取代生态位宽度较低物种^[7]。咀头湿地中海芋、慈姑和水芹等生态位宽度较低的自生植物容易被南美蟛蜞菊和鸭跖草等资源利用能力强的植物竞争排斥,导致湿地面临生物多样性的退化及物种被淘汰的风险^[41]。海珠湿地此前采取每年人工清理外来入侵物种、自然修复的措施,为自生

植物的生长留出弹性生态位空间,促进自生植物群落演替^[42],故小洲湿地植物群落较稳定。

4.3 生态位空间的平衡状态

多年抛荒的野生湿地环境的草本植被资源需求相似性高,物种竞争排斥较强,难以形成稳定生境条件下的植物群落,需要通过拓宽生态位宽度、扩大生态位重叠值等措施,增加物种的生存机会。可通过人工清除适应性较强的入侵物种南美蟛蜞菊、白花鬼针草等入侵物种并控制鸭跖草数量,提供自生乡土物种恢复与保护的基础。处于适度人工干预状态的封闭管理保育的湿地环境,重点在于稳固提升种群间的平衡关系,控制生态位重叠值较大的外来入侵草本植物数量,为自生乡土物种共生争取更多机会。比如有适当人工干预的小洲湿地改造之后经历的时间尚短,各物种所占据的生态位空间尚未达到最佳的平衡状态,应适当将生态位宽度大的乡土物种的生态位重叠值降低,如控制毛蕨的成片生长数量,为物种多样性提供发展空间,群落的自然发展可在一定程度上改变物种组成和种间关系^[43],有望构建以鸭跖草和弓果黍为优势种群、多种乡土植物共存的植物群落,进而形成稳定的群落结构。对自然演替的湿地草本层根据生态位分析进行适当的人工干预,清除入侵物种,能有效增加物种多样性,促进乡土植物群落稳定发展,有助于构建相对稳定的乡土湿地草本层植物群落,更易于在低维护管理状态下营造湿地乡土植物景观。

5 结论

(1) 研究区草本层重要值和生态位宽度最大的物种皆为入侵物种,入侵物种的数量少于乡土物种,但入侵物种的重要值和生态位宽度在湿地中普遍占有较重的比例,将逐步占据生态位宽度较小的乡土物种生存空间。其中,重要值最高的入侵物种是两耳草和南美蟛蜞菊,乡土物种中鸭跖草重要值最高。生态位宽度较高的入侵物种是南美蟛蜞菊、两耳草等,自生乡土物种鸭跖草、毛蕨、弓果黍等生态位宽度较高。

(2) 重要值与生态位宽度并没有明显的正相关关系^[44],影响生态位宽度的因素不只有重要值,还包括分布频度,空间和环境等^[45]。咀头湿地的物种重要值与生态位宽度排序大部分相同,但不完全一致;小洲湿地物种的重要值与生态位宽度排序则大部分不一致。

(3) 小洲湿地的草本层群落稳定状态优于咀头湿地。咀头湿地草本层的总体平均生态位宽度和重叠值均大于小洲湿地,入侵物种与乡土物种之间普遍存在生态位重叠现象,湿地草本层入侵植物与乡土植物之间的重叠现象相较于入侵植物与乡土植物内部更为显著。物种间竞争排斥较强,自生乡土植物的生长处于相对劣势。

参考文献 (References):

- [1] 张光明, 谢寿昌. 生态位概念演变与展望. 生态学报, 1997, 16(6): 46-51.
- [2] 孙成, 秦富仓, 包雪源, 李龙, 杨振奇, 董晓宇, 李艳. 砒砂岩区人工油松林下草本植物的生态位特征. 水土保持通报, 2021, 41(3): 81-86.
- [3] 杜忠毓, 邢文黎, 薛亮, 肖江, 陈光才. 喀斯特石漠化梯矿区植物群落主要物种生态位特征及其种间联结. 生态学报, 2023, 43(7): 2865-2880.
- [4] 黄学平, 陈子悦, 何国庆, 廖伟东, 姚元勋, 秦朗. 浯溪口浮游植物优势种生态位的变化及种间联结性. 生物学杂志, 2023, 40(5): 61-68.
- [5] Zhou J, Tang Q H, Zong D L, Hu X K, Wang B R, Wang T. Drivers of species distribution and niche dynamics for ornamental plants originating at different latitudes. Diversity, 2023, 15(7): 877.
- [6] Zachariah Atwater D, Barney J N. Climatic niche shifts in 815 introduced plant species affect their predicted distributions. Global Ecology and Biogeography, 2021, 30(8): 1671-1684.
- [7] Verhoeven M R, Glisson W J, Larkin D J. Niche models differentiate potential impacts of two aquatic invasive plant species on native macrophytes. Diversity, 2020, 12(4): 162.
- [8] 张丹华, 胡远满, 刘森. 基于 Maxent 生态位模型的互花米草在我国沿海的潜在分布. 应用生态学报, 2019, 30(7): 2329-2337.
- [9] Christina M, Limbada F, Atlan A. Climatic niche shift of an invasive shrub (*Ulex europaeus*): a global scale comparison in native and introduced regions. Journal of Plant Ecology, 2020, 13(1): 42-50.
- [10] Srivastava V, Liang W W, Keena M A, Roe A D, Hamelin R C, Griess V C. Assessing niche shifts and conservatism by comparing the native and post-invasion niches of major forest invasive species. Insects, 2020, 11(8): 479.

- [11] 潘妮, 闵钰婷, 赵娟娟, 张曼琳, 白泽鹏, 卿晨, 李建. 城市建成区自生草本植物群落的物种多样性与功能多样性——以深圳市为例. 生态学报, 2024, 44(9): 3759-3774.
- [12] 尤其, 商妞, 代挽玉, 姜文倩, 刘洋, 孙超, 栗燕. 城市闲置地自生植物种间联结及土壤因子分析——以郑州北龙湖公园为例. 西北林学院学报, 2023, 38(5): 270-278.
- [13] 李东吁, 李文, 董荣荣, 胡远东. 哈尔滨城市工业废弃地自生植物多样性与分布特征. 风景园林, 2024, 31(1): 112-120.
- [14] Sun C, Li L, Dong X Y, Qin F C, Yang Z Q. Variations and factors characterizing ecological niches of understory herbaceous species in plantation forests. Sustainability, 2022, 14(17): 10719.
- [15] 黄明忍, 苏晓, 郭晟乾, 田祥宇, 刘凤琴, 邵毅贞, 袁志良, 陈云, 李海霞. 河南黄河中游、下游湿地优势草本植物生态位与种间联结性研究. 植物科学学报, 2024, 42(2): 181-190.
- [16] Zheng L T, Chen H Y H, Hautier Y, Bao D F, Xu M S, Yang B Y, Zhao Z, Zhang L, Yan E R. Functionally diverse tree stands reduce herbaceous diversity and productivity *via* canopy packing. Functional Ecology, 2022, 36(4): 950-961.
- [17] 唐颖, 齐实, 张林, 李鹏, 赖金林, 廖瑞恩, 张岩, 张岱. 不同类型侧柏人工林下优势草本生态位及种间关系研究. 草地学报, 2024, 32(1): 261-274.
- [18] 杜雨霜, 吴刘萍, 陈杰, 区余端. 崩岗生态修复不同人工林林下入侵植物和本土植物对群落稳定性的影响. 生态学报, 2024, 44(4): 1588-1600.
- [19] 姜倪皓, 张世浩, 张诗函. 哀牢山紫茎泽兰入侵群落主要物种种间联结及环境解释. 生态环境学报, 2022, 31(7): 1370-1382.
- [20] Applestein C, Germino M J. Patterns of post-fire invasion of semiarid shrub-steppe reveals a diversity of invasion niches within an exotic annual grass community. Biological Invasions, 2022, 24(3): 741-759.
- [21] 唐虹, 冯永军, 刘金成, 梁健超, 毕肖峰, 范存祥, 胡慧建, 杨锡涛. 广州海珠湿地生态修复过程中的鸟类多样性研究. 野生动物学报, 2018, 39(1): 86-91.
- [22] 郭亚男, 苏凡, 王瑞江. 广州市湿地公园植物调查与分析. 热带亚热带植物学报, 2020, 28(6): 607-614.
- [23] 周婷. 广州海珠国家湿地公园植被志. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- [24] 张金屯. 数量生态学. 3 版. 北京: 科学出版社, 2018: 161-162.
- [25] Pianka E R. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 53-74.
- [26] 汪志培, 卢建, 何耀理, 于换喜, 廖婷, 解婷婷, 宋庆妮, 杨清培, 刘骏. 江西齐云山伯乐树群落乔木层优势物种生态位与种间联结研究. 江西农业大学学报, 2023, 45(6): 1431-1442.
- [27] 刘润红, 陈乐, 涂洪润, 梁士楚, 姜勇, 李月娟, 黄冬柳, 农娟丽. 桂林岩溶石山青冈群落灌木层主要物种生态位与种间联结. 生态学报, 2020, 40(6): 2057-2071.
- [28] 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.
- [29] 张林静, 岳明, 赵桂仿, 张远东, 顾峰雪, 潘晓玲. 不同生态位计测方法在绿洲荒漠过渡带上的应用比较. 生态学杂志, 2002, 21(4): 71-75.
- [30] Gelviz-Gelvez S M, Pavón N P, Illoldi-Rangel P, Ballesteros-Barrera C. Ecological niche modeling under climate change to select shrubs for ecological restoration in Central Mexico. Ecological Engineering, 2015, 74: 302-309.
- [31] 舒琪, 徐瑞晶, 胡璇, 商泽安, 漆良华. 海南岛甘什岭青梅群落主要乔木树种生态位与种间联结. 生态学杂志, 2021, 40(9): 2689-2697.
- [32] Davis M A, Grime J P, Thompson K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. Journal of Ecology, 2000, 88(3): 528-534.
- [33] 冯湘, 刘宝军, 刘建康, 马莉, 张克斌. 半干旱区人工封育草地植被动态研究 ——以宁夏盐池县为例. 生态环境学报, 2020, 29(10): 1961-1970.
- [34] Shahrtash M, Brown S P. A path forward: promoting microbial-based methods in the control of invasive plant species. Plants: Basel, Switzerland, 2021, 10(5): 943.
- [35] Oschrein E, Reynolds H L. Interpreting pattern in plant-soil feedback experiments with co-occurring invasive species: a graphical framework and case study. Diversity, 2020, 12(5): 201.
- [36] 张盟, 郑俊鸣, 万佳艺, 任可, 荣俊冬, 郑郁善. 福建省东门屿优势木本植物的生态位与种间联结. 森林与环境学报, 2022, 42(1): 11-19.
- [37] 王文建, 常晨豪. 郑州黄河湿地不同植物群落物种多样性及生态位分析. 河南林业科技, 2020, 40(3): 1-4, 24.
- [38] 郭燕, 杨邵, 沈雅飞, 肖文发, 程瑞梅. 三峡库区消落带现存草本植物组成与生态位. 应用生态学报, 2018, 29(11): 3559-3568.
- [39] 胡刚, 庞庆玲, 胡聪, 徐超昊, 张忠华. 中亚热带喀斯特森林树木功能型的生态位特征. 林业科学, 2024, 60(1): 1-11.
- [40] Silvertown J. Plant coexistence and the niche. Trends in Ecology & Evolution, 2004, 19(11): 605-611.
- [41] 周维维, 王晓波, 韩庆喜. 温州瓯江口春、秋季主要游泳动物生态位及其分化. 海洋通报, 2024, 43(1): 59-68.
- [42] 张大达, 陈本亮, 冯永军. 广州海珠国家湿地公园生态恢复技术初探. 湿地科学与管理, 2016, 12(4): 39-41.
- [43] 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.
- [44] 赵阳, 王若鉴, 李波, 王飞, 齐瑞, 陈学龙, 刘锦乾. 退化人工云杉林次生演替阶段木本植物优势种群生态位特征. 中南林业科技大学学报, 2024, 44(4): 96-105.
- [45] 马晓迪, 姜德刚, 刘子琳, 王芳, 温瑞龙, 邓传远. 平潭岛台湾相思群落优势种群生态位研究. 热带作物学报, 2022, 43(12): 2614-2625.