

人为干扰对广州南沙河涌沿岸植物景观特征的影响

唐赛男¹, 范应龙², 王子研^{3,4}, 张昶^{3,4}, 王成^{3,4*},

(1. 国家林业和草原局 产业规划院, 北京 100010; 2. 国家林业和草原局 中南调查规划院, 湖南 长沙 410007;
3. 中国林业科学研究院 林业研究所, 国家林业和草原局 林木培育重点实验室, 北京 100091;
4. 国家林业和草原局 城市森林研究中心, 北京 100091)

摘要: 为了解人为干扰对河涌沿岸植物景观特征的影响, 选取广州市南沙区 4 条河涌作为研究对象, 采用 ANOVA 单因素方差分析轻度、中度以及重度人为干扰强度下河涌沿岸植物景观特征的差异及不同植物景观特征因子之间的相互关联作用。结果表明: 1) 不同人为干扰强度下河岸植物景观在数量特征、生活型特征、功能特征以及绿量特征方面存在显著差异。与轻度干扰相比, 中度干扰和重度干扰下的河岸植物种类平均多 1 种、乔木占比平均高 26.8% 和 18.5%, 草本占比平均低 25.6% 和 20.8%、生态植物占比平均低 17.0% 和 24.8%。中度干扰下食用植物占比较高, 重度干扰下观赏植物占比较高。2) 从河岸总体植物景观特征来看, 生态植物占比随建筑物盖度增加而降低, 食用植物占比和观赏植物占比随建筑物盖度增加而增加, 植物绿量随风水植物占比增加而增加。3) 不同人为干扰强度下河岸植物景观特征要素之间的相互关系存在差异。轻度干扰下, 植物种类、乔木占比、风水植物占比随建筑物盖度增加而增加, 植物绿量随建筑物盖度、风水植物占比增加而增加; 中度干扰下, 生态植物占比随建筑物盖度增加而降低, 食用植物占比随建筑物盖度增加而增加, 绿化覆盖率随植物数量、生态植物占比增加而增加; 重度干扰下, 绿化覆盖率随生态植物占比增加而增加, 植物绿量随植物种类增加而增加。参考不同人为干扰对河涌沿岸植物景观特征的影响分析, 为珠三角河涌沿岸植物景观风貌延续与建设提出了建议。

关键词: 河涌; 人为干扰; 植物景观; 建筑物盖度

中图分类号: S731.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2023)03-0242-09

Effects of Human Disturbance Intensity on Riparian Plant Landscape Characteristics in Nansha District, Guangzhou City

TANG Sai-nan¹, FAN Ying-long², WANG Zi-yan^{3,4}, ZHANG Chang^{3,4}, WANG Cheng^{3,4*}

(1. Industrial Development and Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100010, China;
2. Central South Survey and Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Changsha 410007, Hunan, China;
3. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China; 4. Urban Forest Research Center/National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: To understand the effects of the human disturbance intensity on riparian plant landscape characteristics (RPLC), 4 rivers in Nansha, Guangzhou City were selected as the research objects to analyze the differences of RPLC under the low, moderate and high human disturbance intensities and the correlations among different plantscape characteristic factors by ANOVA single factor variance. The results were as follows. 1) There were significant differences in quantity, life style, function, and green quantity charac-

收稿日期: 2022-03-23 修回日期: 2022-04-21

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201404301)。

第一作者: 唐赛男, 博士。研究方向: 城市林业与乡村景观。E-mail: tangsn11@163.com

* 通信作者: 王成, 研究员, 博士生导师。研究方向: 城市森林与城市生态。E-mail: wch8361@163.com

teristics of riparian plantscape under the different human disturbance intensities. Compared with low human disturbance, the average species under moderate and high human disturbances was one more, the average proportion of tree were 26.8% and 18.5% higher, the average proportion of herb were 25.6% and 20.8% lower, and the average proportion of ecological plant were 17.0% and 24.8% lower. The proportion of edible plant was relatively high under the moderate human disturbance, and the proportion of ornamental plant was relatively high under the high human disturbance. 2) From the view of overall RPLC, the proportion of ecological plant decreased with the increase of building coverage, the proportion of edible and ornamental plants increased with the increase of building coverage, and the green quantity increased with the increase of the proportion of "Fengshui (geomantic omen)" plants. 3) There were differences in the correlation between RPLC under different human disturbance intensities. Under the low human disturbance, with the increase of building coverage, plant species and the proportion of tree and ecological plant increased, and green quantity increased; under the moderate human disturbance, with the increase of building coverage, the proportion of ecological decreased, the proportion of edible plant increased, and green coverage increased with the plant amount and proportion of ecological plant; under the high human disturbance, green coverage increased with the proportion of ecological plant and green quantity increased with the increase of plant species. This paper analyzed the influence of different human disturbances on riparian plant landscape characteristics, and put forward the suggestions for the continuation and construction of riparian plant landscape in the Pearl River Delta.

Key words: river; human disturbance; plant landscape; building coverage

河岸带生态系统作为陆地生态系统和水生生态系统的过渡区,具有明显的边缘效应和独特的区域特征^[1-2],其生态系统健康和景观风貌特色受气候、地形、水文、土壤、坡度、人为干扰等多方面因素影响^[3-7]。近年来随着城市化快速发展,人为干扰对河岸带植物景观的影响已成为相关领域的研究热点^[8-11]。受建筑物构造、道路建设、经济农作活动等人为活动影响^[12],土地利用方式发生转变,植物多样性随城乡梯度发生相应变化,城市化越高的地方,植物多样性越低^[13-14]。由于人为选择植物配置模式,河岸带植被呈现出外来植物增加^[15]、植被破碎化程度增加、生态功能减弱的趋势^[16],这导致河岸带结构和功能发生变化^[3]。建筑物构造作为城市化地区河岸带人为干扰活动的主要类型,开始受到关注^[6,17],但是目前还停留在定性研究层面,量化研究相对缺乏。广州南沙区河涌作为珠三角区域河涌典型代表,20世纪30年代至今不断演变形成,原先以通行为主要目的,沿岸植物风貌自然野趣。数十年来,其沿岸土地类型逐渐演变为以居住用地为主,植物景观风貌发生了变化^[17-18]。本研究在分析不同强度建设活动下河涌沿岸植物景观特征差异的基础上,探讨人为干扰对河涌沿岸植物景观特征的影响,以期对珠三角地区河涌沿岸植物景观优化调控提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

南沙区位于广州市最南端,形成于城市化快速

推进时期,由河沙淤积而成。该区属亚热带季风性海洋气候,年平均降水量 1 647 mm,年平均气温 22.2℃,年平均相对湿度 79%。不同于传统生态河流,南沙区河涌沿岸植物生态系统从形成到发展均受到一定程度的人为干扰,其植物景观特征和风貌特色反映了沿岸居民的人为干扰活动对植物景观的影响作用与趋势。20世纪30年代以来,已形成 19 条主要河涌,即 1~19 涌。19 条河涌中,相邻河涌形成年代相近,其河涌植物景观风貌相似。本研究选择了形成年代相隔较远,且具有典型代表性的河涌作为研究对象,平均每隔 4 km,分别是 3 涌、7 涌、11 涌和 14 涌(图 1),对河涌沿岸不同强度人为干扰下的植物景观特征及其影响进行研究。

1.2 样地调查

调查在广州南沙区进行。基于研究区卫星影像,采用样带法,沿河涌两岸每隔 250 m 设置样方,在每条河涌左右两岸各设置 23 个样方,水岸边界即为样方边界,水岸边界的植物计入统计范围。4 条河涌总计 184 个样方,每个样方内包括乔木、灌木和草本样方,其中乔木样方 20 m×20 m,灌木样方 5 m×5 m,草本样方 1 m×1 m(图 2)。在乔木样方内测定记录乔木名称、株数、胸径及树高;在灌木和草本样方内测定记录植物名称、株数(丛数)、高度和盖度。

从河流沿岸地表覆盖类型可以确定其受人为干扰的程度^[19]。在城市化过程中,道路建设、建筑物

构造等人为活动对植物覆盖及其景观风貌具有重要影响^[17],其中建筑物盖度对其影响尤为显著^[20]。建筑物盖度越高,意味着受人为干扰强度越高^[21]。结合影像判读和实地调查,南沙区河涌沿岸主要人

为干扰方式为建筑物构造(图 3)。基于不同的建筑物盖度,将人为干扰强度分为轻度、中度、重度 3 个等级(表 1)。184 个样方中,轻度干扰样方 85 个、中度干扰样方 77 个、重度干扰样方 22 个。

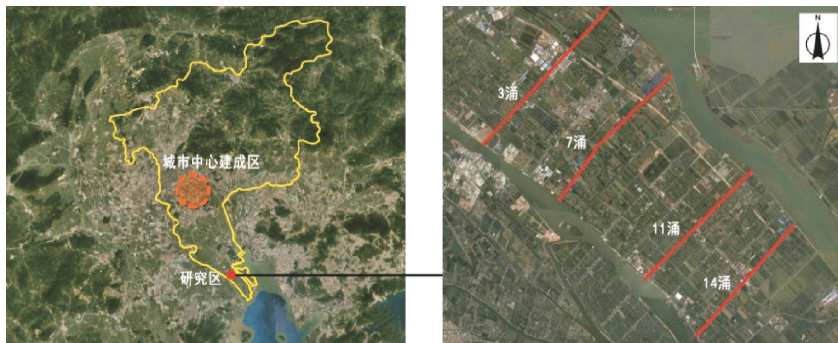


图 1 研究区位

Fig. 1 Location of study area



图 2 样地位置示意

Fig. 2 Location of sampling sites



图 3 南沙区河涌沿岸实景

Fig. 3 Real pictures of riparian landscape in Nansha District

表 1 样方划分标准

Table 1 Sample classification standard

分级指标	人为干扰强度		
	轻度	中度	重度
建筑物盖度(%)	0~20	21~60	61~100

注:建筑物盖度为样方内建筑总面积(仅为建筑占地面积,不包括庭院、道路等硬化地表)占样方面积的比例。

1.3 关联因子选取

选取植物数量、生活型、功能和绿量 4 个对植物景观特征具有决定性作用的要素作为关联特征因子^[22](表 2),分析人为干扰强度对上述特征因子的影响及其相互之间的关联作用。

1.4 数据分析

采用 SPSS22 和 GraphPad Prism 8 对数据进行有效性检查、统计分析和图表处理;采用 ANOVA 单因素方差分析不同人为干扰强度下的植物景观特征差异;采用 Pearson 相关性分析人为干扰强度与植物景观特征之间的关系。

2 结果与分析

2.1 总体植物景观特征差异

对河岸总体植物景观特征进行分析发现,不同人为干扰强度下河岸植物景观在数量、生活型、功能以及绿量特征方面存在显著差异。

表 2 关联特征因子选取

Table 2 Selection of related characteristic factors

特征类型	关联因子	描述
数量特征	植物丰富度	植物种类数,植物种类越多,丰富度越高
	植物数量	植物数量总和
生活型特征	植物生活型	不同生活型的植物数量,包括乔木、灌木、草本 3 种生活型
功能特征	植物功能	不同功能的植物数量,包括风水、生态、食用、观赏、经济 5 种功能 ^[22-23]
绿量特征	绿化覆盖率	植物覆盖面积占总面积的比例
	绿量	植物茎叶所占据的空间体积。计算方法 ^[24] :乔木绿量= $\frac{\pi x^2 y}{6}$,灌木绿量= xz ,草本绿量= sz (注:式中: x 为冠幅, y 为冠高, s 为面积, z 为株高)

注:1. 生活型特征比例为乔木、灌木、草本数占植物总数量的比例;功能特征比例为风水、生态、食用、观赏、经济植物数占植物总数量的比例。
2. 功能特征是通过当地居民展开访谈调查,了解居民对植物选择和使用的需求,根据访谈结果进行划分。对于同时兼具多种功能的植物,结合实际情况以植物的主要功能进行划分,如榕树(*Ficus microcarpa*),种在河边,且树下摆放祭祀物品时,将其划分为风水植物;种在庭院,作乘凉使用时,将其划分为生态植物。

从数量特征来看,中度和重度与轻度人为干扰下的河岸植物种类存在显著差异,前两者平均比后者物种多 1 种。从生活型特征来看,中度和重度与轻度人为干扰下的河岸植物乔木占比存在显著差异,前两者比后者分别高 26.8%和 18.5%;轻度与中度和重度人为干扰下的河岸植物草本占比存在显著差异,前者比后者分别高 25.6%和 20.8%。从功能特征来看,轻度比中度和重度人为干扰下的河岸生态植物占比存在显著差异,前者比后者分别高 17.0%和 24.8%,中度与轻度人为干扰下的河岸食用植物占比存在显著差异,前者比后者高 14.6%;重度与轻度和中度人为干扰下的河岸观赏植物占比存在显著差异,前者比后者分别高 8.8%和 7.1%。从绿量特征来看,3 种人为干扰强度下河岸绿化覆盖率之间存在显著差异,从大到小依次为轻度干扰、中度干扰、重度干扰(表 3)。

2.2 总体植物景观特征分析

对河岸植物景观特征要素之间的相关性进行分析可知(图 4),建筑物盖度对植物功能特征具有显著影响。建筑物盖度与生态植物占比呈显著负相关($r=-0.329, P<0.01$),与食用植物占比($r=0.211, P<0.01$)、观赏植物占比($r=0.197, P<0.01$)呈显著正相关。植物绿量特征受植物功能特征、数量特征以及建筑物盖度等诸多因素影响。绿量与风水植物占比呈正相关($r=0.341, P<0.01$),表明风水植物越多,植物绿量越大。绿化覆盖率与建筑物盖度呈显著负相关($r=-0.524, P<0.01$),与植物数量($r=0.404, P<0.01$)、生态植物占比($r=0.349, P<0.01$)呈显著正相关。

2.3 不同人为干扰强度下的植物景观特征分析

为了解人为干扰强度对河岸植物景观特征的影响,分别对 3 种人为干扰程度下河岸植物景观特征

要素之间的关系进行分析。
对轻度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性进行分析(图 5),建筑物盖度对植物数量、生活型和功能特征具有显著影响。建筑物盖度与河岸植物种类($r=0.263, P<0.05$)、乔木占比($r=0.232, P<0.05$)和风水植物占比($r=0.593, P<0.01$)都呈显著正相关。植物绿量受植物数量、生活型、功能特征以及建筑物盖度等诸多因素影响。绿化覆盖率与植物种类($r=0.455, P<0.01$)、植物数量($r=0.487, P<0.01$)呈正相关,与乔木占比呈显著正相关($r=0.263, P<0.01$),与草本占比呈负相关($r=-0.247, P<0.05$)。绿量与建筑物盖度($r=0.261, P<0.05$)和风水植物占比($r=0.584, P<0.01$)呈正相关,表明建筑物盖度越高,河岸植物绿量越大;风水植物占比越高,河岸植物绿量越大。

对中度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性进行分析可知(图 6),建筑物盖度对植物功能特征具有显著影响。建筑物盖度与河岸生态植物占比呈显著负相关($r=-0.339, P<0.01$),与河岸食用植物占比呈显著正相关($r=0.289, P<0.05$)。植物绿量受建筑物盖度、植物数量和功能特征等因素影响。绿化覆盖率与建筑物盖度呈显著负相关($r=-0.581, P<0.01$),与植物数量($r=0.320, P<0.01$)、河岸生态植物占比($r=0.342, P<0.01$)呈显著正相关。

对重度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性进行分析可知(图 7),植物绿量受植物数量和功能特征影响。绿量与植物种类呈显著正相关($r=0.450, P<0.05$),表明河岸植物种类越多,绿量越高。绿化覆盖率与河岸生态植物占比呈显著正相关($r=0.645, P<0.01$),表明河岸生态植物占比越高,绿化覆盖率越高。

表 3 不同人为干扰强度下的河岸植物景观特征差异
Table 3 Differences of riparian plant landscape characteristics under the different human disturbance intensities

特征类型	因变量	(I)人为 干扰强度	(J)人为 干扰强度	均值差 (I-J)	标准误	显著性	95%置信区间	
							下限	上限
数量特征	植物种类	1	2	-0.936 32 *	0.330 64	0.005	-1.588 8	-0.283 9
		2	3	-0.350 65	0.505 18	0.489	-1.347 5	0.646 2
		3	1	1.286 97 *	0.501 11	0.011	0.298 1	2.275 8
	植物数量	1	2	6.959 94	4.346 52	0.111	-1.617 1	15.537 0
		2	3	1.084 42	6.640 90	0.870	-12.020 1	14.188 9
		3	1	-8.044 36	6.587 34	0.224	-21.043 2	4.954 5
生活型特征	乔木比	1	2	-0.268 03 *	0.050 33	0.000	-0.367 3	-0.168 7
		2	3	0.082 79	0.076 90	0.283	-0.068 9	0.234 5
		3	1	0.185 24 *	0.076 28	0.016	0.034 7	0.335 8
	灌木比	1	2	0.016 45	0.016 69	0.326	-0.016 5	0.049 4
		2	3	-0.038 77	0.025 49	0.130	-0.089 1	0.011 5
		3	1	0.022 32	0.025 29	0.379	-0.027 6	0.072 2
	草本比	1	2	0.256 47 *	0.047 81	0.000	0.162 1	0.350 8
		2	3	-0.048 77	0.073 05	0.505	-0.192 9	0.095 4
		3	1	-0.207 71 *	0.072 46	0.005	-0.350 7	-0.064 7
功能特征	风水比	1	2	-0.011 99	0.014 06	0.395	-0.039 7	0.015 8
		2	3	-0.002 34	0.021 48	0.913	-0.044 7	0.040 1
		3	1	0.014 33	0.021 31	0.502	-0.027 7	0.056 4
	生态比	1	2	0.169 72 *	0.054 16	0.002	0.062 9	0.276 6
		2	3	0.077 99	0.082 74	0.347	-0.085 3	0.241 3
		3	1	-0.247 71 *	0.082 08	0.003	-0.409 7	-0.085 7
	食用比	1	2	-0.14603 *	0.0561 0	0.010	-0.256 7	-0.035 3
		2	3	0.015 19	0.085 71	0.859	-0.153 9	0.184 3
		3	1	0.130 83	0.085 02	0.126	-0.036 9	0.298 6
	观赏比	1	2	-0.016 54	0.019 50	0.397	-0.055 0	0.021 9
		2	3	-0.071 04 *	0.029 79	0.018	-0.129 8	-0.012 3
		3	1	0.087 58 *	0.029 55	0.003	0.029 3	0.145 9
	经济比	1	2	0.000 00	0.003 73	1.000	-0.007 4	0.007 4
		2	3	-0.020 91 *	0.005 70	0.000	-0.032 1	-0.009 7
		3	1	0.020 91 *	0.005 65	0.000	0.009 8	0.032 1
绿量特征	绿化覆盖率	1	2	0.113 48 *	0.028 34	0.000	0.057 6	0.169 4
		2	3	0.174 68 *	0.043 30	0.000	0.089 2	0.260 1
		3	1	-0.288 16 *	0.042 95	0.000	-0.372 9	-0.203 4
	绿量	1	2	7 997.465 60	23 617.555 95	0.735	-38 607.185 9	54 602.117 1
		2	3	12 346.992 21	36 084.464 50	0.733	-58 858.677 7	83 552.662 1
		3	1	-20 344.457 81	35 793.456 00	0.570	-90 975.879 0	50 286.963 4

注：*, 均值差的显著性水平为 0.05。

1. 表中人为干扰强度:1 代表轻度人为干扰,2 代表中度人为干扰,3 代表重度人为干扰。

2. 表中除植物种类为物种种类数占比外,其余如植物数量、乔木比、生态植物比等均为数量比。

3 结论与讨论

3.1 结论

人为干扰活动对河涌沿岸植物数量、生活型、功能以及绿量特征方面具有影响。总体来看,建筑物盖度对河岸生态植物占比具有负相关作用,对河岸食用植物和观赏植物占比具有正相关作用。植物绿量主要受河岸风水植物占比影响,绿化覆盖率与建筑物盖度呈正相关关系,与植物数量、生态植物占比呈负相关关系。

不同人为干扰强度下河岸植物景观特征要素之间的相互关系存在差异。轻度人为干扰下,建筑物盖度对植物种类、乔木占比、风水植物占比具有积极影响,绿化覆盖率与植物种类、植物数量、乔木占比呈正相关关系,植物绿量与建筑物盖度、风水植物占比呈正相关关系。中度人为干扰下,建筑物盖度对生态植物占比具有负面影响,对食用植物占比具有积极影响,绿化覆盖率与建筑物盖度呈负相关关系,与植物数量、生态植物占比呈正相关关系。重度人为干扰下,植物绿量与植物种类呈正相关关系,绿化

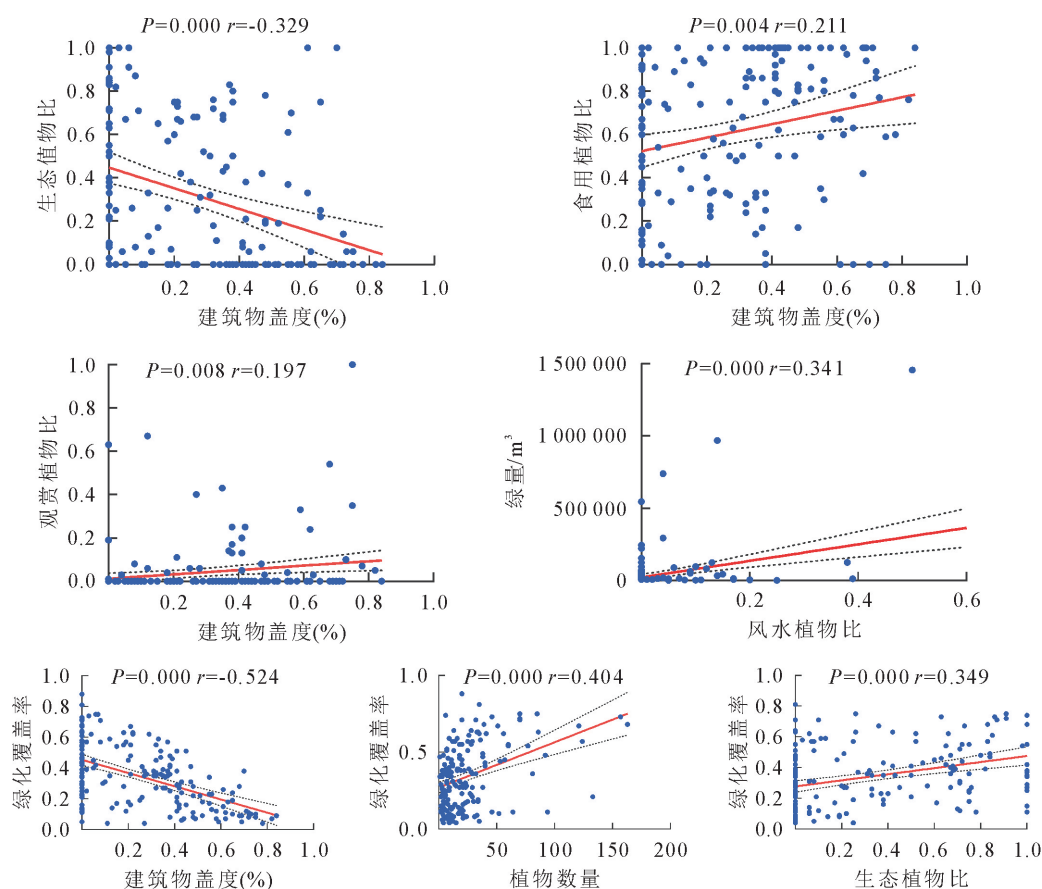


图4 河岸植物景观总体特征要素之间的相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis of the total characteristic elements of riparian plantscape

覆盖率与生态植物占比呈正相关关系。

未来河涌沿岸植物景观建设中,应当控制人为干扰活动,同时引导人们多选用生态植物和风水植物,以增加河涌沿岸植物绿量,保持自然特性,延续传统植物景观风貌。

3.2 讨论

河岸带植物景观与人为活动关系密切相关,特别是城市化快速发展地区。以往研究多集中在土地利用类型、植物配置方式、经济农作活动、建造活动等人或干扰活动对河岸带植物景观的影响^[12-13,17,25-26]。本研究在建造活动这一分支下,量化了建筑物盖度这一特征因子,据此研究不同人为干扰强度对河岸植物景观特征的影响,这也是未来借助植物景观建设策略改善河涌沿岸植物景观风貌的理论基础。

珠三角地区河涌沿岸植物景观体现了本地区水乡特色,由于其独特形成背景和城市化进程,结合前述研究发现建筑物构造对其植物景观影响较大^[17],本研究选取建筑物盖度作为人为干扰活动因子,分析其对河涌沿岸植物景观的影响。总体来看,人为干扰活动一定程度上促进了植物丰富度增加,植物结构由草本向木本景观转变,景观风貌由自然生态

向人工植物景观(食用、观赏植物占比增加)转变,这种变化反映了人为因素在城市化地区河流植物景观演变过程中的影响^[6,15]。

不同强度人为干扰对河涌沿岸植物景观特征的影响存在差异。从植物数量特征来看,轻度人为干扰可以增加植物多样性^[27]。从植物生活型特征来看,轻度人为干扰对乔木占比具有积极影响。从植物功能特征来看,轻度人为干扰对风水植物占比具有积极影响。当人为干扰达到中度时,风水植物占比呈下降趋势,反之食用植物占比呈上升趋势^[22-23],这主要与时代背景特征下人类生活方式、审美文化对植物景观的影响有关^[6,28-30]。从植物绿量特征来看,轻度人为干扰可增加河岸植物绿量,这主要是由种植风水植物所带来的效益^[31-32]。中度人为干扰下,河岸绿色空间受到挤压导致植物绿量减少。重度人为干扰下,河岸绿色空间极其有限,生态植物占比和丰富的植物种类对河岸植物绿量具有积极贡献。不少研究表明,人为干扰会破坏河岸带植物生态系统^[15,33-34]。本研究发现,人为干扰活动,特别在不可避免的高度城市化地区,并不总是对河岸带植物景观产生负面影响。轻度人为干扰对河岸植物景观风貌具有积极影响,随着人为干扰程度增加,河岸

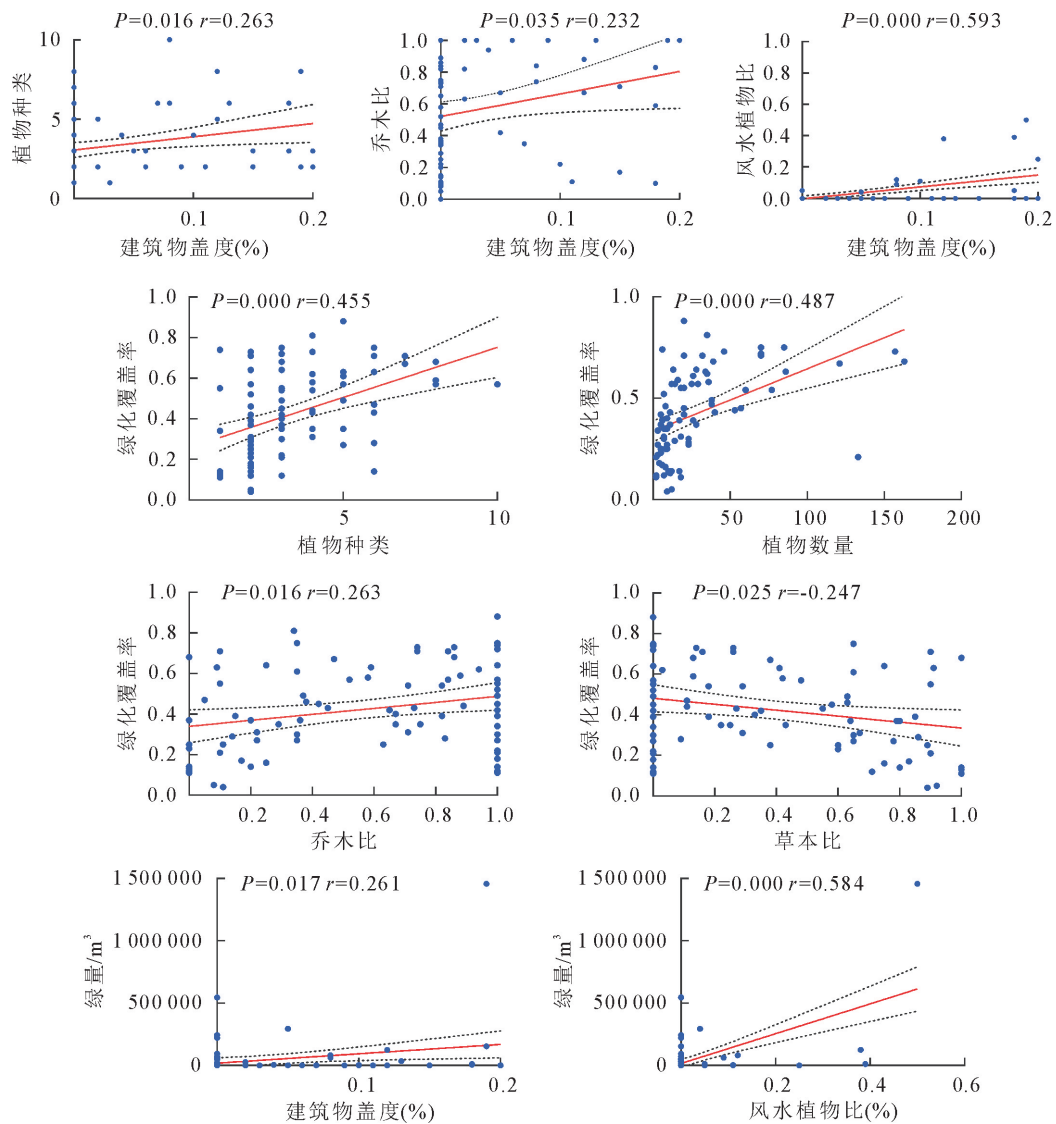


图5 轻度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性分析

Fig. 5 Correlation analysis of the characteristic elements of riparian plantscape under the low human disturbance

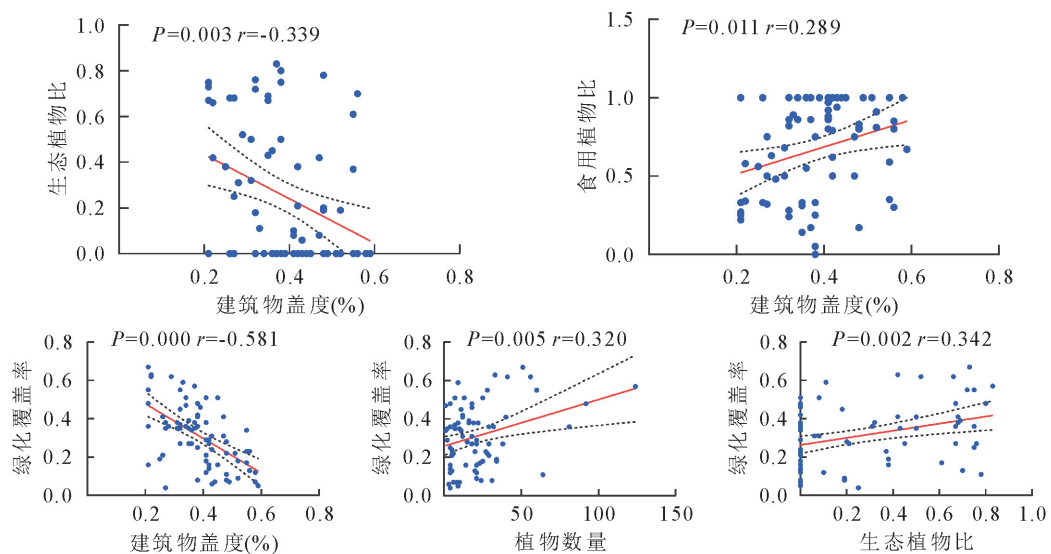


图6 中度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性分析

Fig. 6 Correlation analysis of the characteristic elements of riparian plantscape under the moderate human disturbance

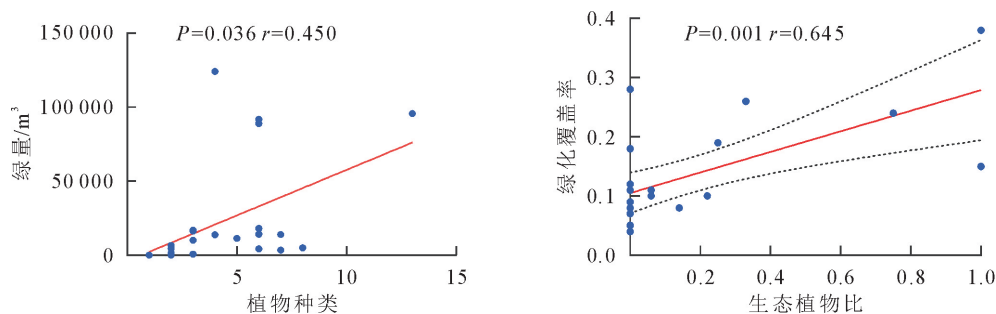


图7 重度人为干扰下河岸植物景观特征要素之间的相关性分析

Fig. 7 Correlation analysis of the characteristic elements of riparian plantscape under the high human disturbance

植物景观风貌逐渐丧失其自然特性,乃至其生长空间缺失^[35-36]。同时可以看出,风水植物和生态植物对河岸植物绿量、地域景观风貌延续方面具有重要贡献。

参考文献:

- [1] 邓伟琼,孙荣,李修明,等. 九龙江源头山地河流河岸带植物区系研究[J]. 植物科学学报, 2013, 31(5): 467-476.
- [2] DENG W Q, SUN R, LI X M, *et al.* Flora study of riparian plants on the mountain river banks of the Jiulongjiang River Headstream[J]. Plant Science Journal, 2013, 31(5): 467-476. (in Chinese)
- [3] 韩路,王海珍,于军. 河岸带生态学研究进展与展望[J]. 生态环境学报, 2013, 22(5): 879-886.
- [4] HAN L, WANG H Z, YU J. Research progress and prospects on riparian zone ecology[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(5): 879-886. (in Chinese)
- [5] DAVID M, RICHARDSON N, PATRICIA M, *et al.* Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects[J]. Diversity & Distributions, 2007, 13(1): 126-139.
- [6] SANTOS M J. Encroachment of upland mediterranean plant species in riparian ecosystems of southern portugal[J]. Biodiversity and Conservation, 2010, 19(9): 2667-2684.
- [7] 修晨,郑华,欧阳志云. 不同类型人类活动干扰对河岸带外来植物群落的影响——以北京永定河为例[J]. 生态学报, 2016, 36(15): 4689-4698.
- [8] XIU C, ZHENG H, OUYANG Z Y. Community characteristics of riparian alien plants influenced by different types of human disturbance: a case study of Yongding River, Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(15): 4689-4698. (in Chinese)
- [9] 张昶,王成,孙睿霖,等. 城市化地区河岸带植被特征及其与河岸硬度的关系——以晋江市为例[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3703-3713.
- [10] ZHANG C, WANG C, SUN R L, *et al.* Relationships between riparian vegetation and shoreline hardness for urban rivers: a case study in Jinjiang City, Fujian Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): 3703-3713. (in Chinese)
- [11] 冯育青,王莹,阮宏华. 水岸带研究综述[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(6): 127-131.
- [12] FENG Y Q, WANG Y, RUAN H H. A review of the researches on riparian zones[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2009, 33(6): 127-131. (in Chinese)
- [13] 孙荣,邓伟琼,李修明. 三峡库区典型次级河流河岸植被分布格局——以重庆东河为例[J]. 生态学报, 2015, 34(10): 2733-2741.
- [14] SUN R, DENG W Q, LI X M. Distribution pattern of riparian vegetation along Donghe river, a tributary of the Three Gorges Reservoir area[J]. Chinese Journal of Ecology, 2015, 34(10): 2733-2741. (in Chinese)
- [15] BARBORA Čepelová, ZUZANA Münzbergová. Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 106(4): 336-346.
- [16] 项希希,吴兆录,罗康,等. 人为干扰对滇池湖滨区湿地高等植物种类组成的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(9): 67-73.
- [17] XIANG X X, WU Z L, LUO K, *et al.* Impacts of human disturbance on the species composition of higher plants in the wetlands around Dianchi lake, Yunnan Province of southwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 24(9): 67-73. (in Chinese)
- [18] 张昶,王子研,赵德先,等. 渠堤化城镇河岸带的植被特征及其用地影响[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(6): 259-265.
- [19] ZHANG C, WANG Z Y, ZHAO D X, *et al.* Effect of land use on channelized urban riparian plant communities[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(6): 259-265. (in Chinese)
- [20] 王应刚,李建梅,李淑兰,等. 人为干扰对城市地区植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2004, 23(2): 102-104.
- [21] WANG Y G, LI J M, LI S L, *et al.* Effect of artificial interference on plant diversity in urban area[J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(2): 102-104. (in Chinese)
- [22] VAKHLOMOVA T, RUSTERHOLZ H P, KANIBOLOSKAYA Y, *et al.* Changes in plant diversity along an urban-rural gradient in an Expanding City in Kazakhstan, western Siberia[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 132: 111-120.
- [23] 吉鑫森,弓弼,郭君洁,等. 渭河中段河漫滩草本植物群落物种多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(1): 251-256.
- [24] JI X M, GONG B, GUO J J, *et al.* Species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the middle reaches of Wei River[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(1): 251-256. (in Chinese)
- [25] 尤晓光,肖峰,刘静玲,等. 人为干扰对漫滩植被物分布格局的

- 影响研究[J]. 环境保护, 2020, 48(19): 45-51.
- [16] 信忠保, 肖玉玲, 王冬梅, 等. 广西桂林漓江河岸带植被配置类型与退化机制研究[J]. 生态科学, 2014, 33(4): 631-641.
- [17] 唐赛男, 王成, 裴男才, 等. 广州南沙区河涌沿岸植物景观特征及其与人类活动的关系[J]. 浙江农林大学学报, 36(2): 168-178.
TANG S N, WANG C, PEI N C, *et al.* Riparian plant landscape characteristics and its relationship with human activities in Nansha District, Guangzhou City[J]. Journal of Zhejiang A&F University, 36(2): 168-178. (in Chinese)
- [18] 陈昆仑, 薛德升, 王旭. 快速城市化背景下广州五眼桥涌地区河涌环境演化研究——基于人类活动变迁的微观视角[J]. 人文地理, 2012(2): 73-78.
- [19] 孙永光, 赵冬至, 吴涛, 等. 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例[J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3645-3655.
SUN Y G, ZHAO D Z, WU T, *et al.* Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3645-3655. (in Chinese)
- [20] 宋文杰, 禹丝思, 陈梅花, 等. 近 30 年三门湾海岸线时空变化及人为干扰度分析[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2017, 40(3): 343-349.
- [21] ZENG S L, ZHANG T T, GAO Y, *et al.* Effects of road age and distance on plant biodiversity: a case study in the Yellow River Delta of China[J]. Plant Ecology, 2011, 212(7): 1213-1229.
- [22] 唐赛男, 王成, 张昶, 等. 广州 3 个传统村落植物景观特征及村落外扩对其影响[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(8): 94-106.
TANG S N, WANG C, ZHANG C, *et al.* Plant landscape characteristics and the impact of village of village expansion on it in three traditional villages of Guangzhou, southern China[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2018, 40(8): 94-106. (in Chinese)
- [23] 刘运伟, 张巍. 小兴安岭阔叶红松林不同群落生物多样性分析[J]. 森林工程, 2022, 38(1): 27-33.
- [24] 任斌斌, 李树华, 李法红. 常熟地区农户庭院植物多样性与配置模式[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(1): 52-57.
REN B B, LI S H, LI F H. Plant diversity and models of configuration for household courtyards in rural areas of Changshu[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2010, 26(1): 52-57. (in Chinese)
- [25] 刘常富, 何兴元, 陈玮, 等. 沈阳城市森林三维绿量测算[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 36-41.
LIU C F, HE X Y, CHEN W, *et al.* Tridimensional green biomass measures of Shenyang urban forests[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2006, 28(3): 36-41. (in Chinese)
- [26] 刘顺生, 胡续礼, 袁利, 等. 人为干扰活动对沂蒙山区麻栎林群落结构和水文性能的影响[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(2): 29-34.
- [27] 樊正球, 陈鹭真, 李振基. 人为干扰对生物多样性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(1): 31-34.
FAN Z Q, CHEN L Z, LI Z J. The influence of disturbance by humans on biodiversity[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2001, 9(1): 31-34. (in Chinese)
- [28] 肖娟, 杨永清. 基于生态适应性理论的川东民居传统聚落景观分析[J]. 生态学报, 2017, 37(13): 4529-4537.
XIAO J, YANG Y Q. Landscape of traditional settlements in eastern Sichuan based on ecological adaptation[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(13): 4529-4537. (in Chinese)
- [29] 张昶, 刘艳红, 王成, 等. 山东凌河乡村人居林特征及变化研究[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(5): 593-599.
ZHANG C, LIU Y H, WANG C, *et al.* Characteristics and changes of rural residential forest in Linghe, middle south of Shandong Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2019, 35(5): 593-599. (in Chinese)
- [30] 韩丹, 王成, 张昶, 等. 川西林盘庭院林树种组成特征研究[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(6): 296-303.
HAN D, WANG C, ZHANG C, *et al.* Characteristics of the tree species composition of courtyard in Chuanxi "Linpan" [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(6): 296-303. (in Chinese)
- [31] 易绮斐, 王发国, 刘东明, 等. 广州市萝岗区风水林植物组成及群落结构分析[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(1): 104-110.
YI Q F, WANG F G, LIU D M, *et al.* Analyses on species composition and community structure of "Fengshui woods" in Luogang District in Guangzhou City[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2012, 21(1): 104-110. (in Chinese)
- [32] 许飞, 邱尔发, 王成, 等. 福建省乡村风水林树种结构特征[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(1): 99-106.
XU F, QIU E F, WANG C, *et al.* Tree species structure characteristics of village geomantic forest in Fujian Province[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2012, 34(1): 99-106. (in Chinese)
- [33] 张吕成, 张一帆, 董灵波. 基于 Landsat TM 数据的大兴安岭森林景观空间格局及其关联性[J]. 森林工程, 2021, 37(6): 1-9.
- [34] 郝建锋, 王德艺, 李艳, 等. 人为干扰下雅安市雨城区青衣江河岸带草本植物群落物种多样性及生态位的研究[J]. 广西植物, 2015, 35(6): 817-824.
- [35] 张慧霞, 娄全胜, 李艳. 基于景观格局的广州市边缘区生态压力研究——以番禺区为例[J]. 热带地理, 2010, 30(3): 221-226.
- [36] ZHOU X L, WANG Y C. Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies[J]. Landscape & Urban Planning, 2011, 100(3): 268-277.