

DOI: 10.5846/stxb201412162508

张昶, 王成, 孙睿霖, 郅光发, 梁冰晶, 金佳莉, 李喆靓. 城市化地区河岸带的植被特征及其与河岸硬度的关系——以晋江市为例. 生态学报, 2016, 36(12): - .
Zhang C, Wang C, Sun R L, Qie G F, Liang B J, Jin J L, Li Z L. Relationships between riparian vegetation and shoreline hardness for urban rivers: a case study in Jinjiang city, Fujian province. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): - .

城市化地区河岸带的植被特征及其与河岸硬度的关系

——以晋江市为例

张 昶^{1,2}, 王 成^{1,2}, 孙睿霖^{1,2}, 郅光发^{1,2}, 梁冰晶^{1,2}, 金佳莉^{1,2}, 李喆靓^{1,2}

1. 中国林业科学研究院林业研究所 林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091

2. 国家林业局城市森林研究中心, 北京 100091

摘要: 确立了滨河河道硬度与滨河土地硬度两个指标, 用以研究城市化地区河岸带的植物构成、多样性与均匀度、优势植物等特征与河岸硬度的关系。选定晋江市都市区 12 条主要河流作为研究对象, 通过样地调查收集数据, 并采用相应指数进行数据处理分析, 结果表明: (1) 调查河流的河岸带植被物种共计 70 科 143 属 159 种, 其中乔木 20 科 30 属 41 种, 灌木 15 科 15 属 20 种, 草本 35 科 98 属 98 种, 草本居主导地位, 河流间种类分布不均衡; (2) 河岸带植物乔灌草区系均以广义热带性成分居多, 其次为世界性成分、温带性成分, 无中国特有分布类型, 乔木中广义热带成分占绝对主导, 直观反映地带性特征, 灌木与草本中的温带成分多于乔木中的温带成分, 类型趋于多元, 种类更丰富; (3) 从河岸植被优势植物构成来看, 主要优势乔木与灌木基本为本土植物, 而主要草本中外来植物入侵严重, 对地带性植物景观的指示显然不及乔木与灌木; (4) 从河岸植被的人工美学属性来看, 灌木优势植物中园林观赏植物的种类数显著多于乔木、草本优势植物, 反映出晋江人工审美主导的滨河景观空间主要改变与塑造了灌木层植被景观; (5) 从河岸植物的人居需求属性来看, 龙眼、杨桃等多见于庭院林、水岸林的水果树种也在河岸植被中频繁出现, 反映出人口密集区由于对植物生产用途的重视而对河岸植被产生的影响; (6) 滨河土地硬度与河道硬度对河岸带灌木植物的影响最强烈, 二者均对河岸带植物多样性造成威胁, 且前者具有更大的影响力, 而后者直接影响了河岸植物的分布形态, 出于生产与审美目的的人为干扰对河岸带植物优势种的影响力随滨河硬度的增加而加强, 低滨河硬度有助留存原生植被群落; (7) 天然弯曲的河流形态对河流植被特征具有积极影响, 有助于保留更多本土植被类型, 并能在某种程度上丰富乔灌草的植物种类, 但这种缓和作用无法根本扭转河岸硬化对植物多样性的胁迫影响。上述研究表明, 城市化地区河流的岸带植被特征与沿线人为干扰类型和强度密切相关, 恢复与塑造河岸生态景观要以乡土植被为主, 通过乔木景观塑造地带性景观, 并以灌木与草本丰富植被景观。

关键词: 城市化地区; 河岸带; 植物多样性; 变化; 河岸硬度

Relationships between riparian vegetation and shoreline hardness for urban rivers: a case study in Jinjiang city, Fujian province

ZHANG Chang^{1,2}, WANG Cheng^{1,2}, SUN Ruilin^{1,2}, QIE Guangfa^{1,2}, LIANG Binjing^{1,2}, JIN Jiali^{1,2}, LI Zheliang^{1,2}

1. Research Institute of Forestry of CAF, State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091, China

2. Research Center of Urban Forest, State Forestry Administration, Beijing 100091, China

Abstract: We investigated the relationships between riparian vegetation composition, diversity, evenness, and dominant species, and shoreline hardness (bank and land hardness). Twelve major rivers in Jinjiang City were targeted. Data were collected from a site survey and were processed with the corresponding indexes. The results showed the following: (1)

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费课题(201404030106)

收稿日期: 2014-00-00; **修订日期:** 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wch8361@163.com

There were 159 plant species from 143 genera and 70 families, including 41 trees from 30 genera and 20 families, 20 shrubs from 15 genera and 15 families, and 98 grass species from 98 genera and 35 families. There was an uneven distribution of plant species among the different rivers, but grass species were consistently the dominant class of riparian vegetation; (2) Riparian floras were mainly tropical types, followed by cosmopolitan and temperate types; however without the specific type of China. Tropical trees were consistently the dominant tropical flora and directly represented geographic conditions. There were more temperate shrubs and grasses than trees, and, in general, there was a greater diversity of species for the temperate type than for the tropical and cosmopolitan types; (3) In terms of composition, the dominant trees and shrubs along the rivers were domestic plants. In contrast, the dominant herbs were foreign plants, and therefore, compared to trees and shrubs, herbs did not represent the typical landscape characteristics of the region; (4) In terms of aesthetics, there were considerably more ornamental shrubs than trees or grasses, which indicated that the river landscape designed by Jinjiang City had altered the composition of the shrubs, but not the trees or grasses; (5) In terms of living demand for the riparian vegetation, longan and starfruit, which are commonly found in courtyards, frequently appeared along the riverbanks, which indicated that in densely populated areas, cultivated plants have an influence on the composition of riparian vegetation; (6) For the Bin River, land and bank hardness had a greater effect on shrub composition than on tree and grass composition, and, overall, posed a threat to riverbank plant diversity. A greater effect on composition was noted for land hardness than for bank hardness, while the latter had a direct influence on the distribution of plants along the riverside. In terms of production and aesthetics, the influence of the artificial disturbance was stronger on the plants along the riverside with the land hardness of the Bin River. In general, low hardness supports the preservation of the original vegetation of the riparian community; and (7) Curved rivers had positive effects on vegetation. Curved rivers had higher local vegetation diversity and a richer variety of shrubs. However, the loss of flora diversity, due to riverbank hardening, was also present for curved rivers. Overall, the difference between rivers within the same climate zone is closely linked with the type and intensity of artificial disturbance of the shoreline. In order to restore and reshape the ecological landscape of the riverbanks, the landscape design should be based on the local conditions and demand; the majority of plants should be local vegetation, while the trees should be designed as the zone landscape, and shrubs and grasses should be used to enrich the diversity of the vegetation.

Key Words: urbanized area; riparian; plant diversity; alteration; shore hardness

河岸带生态系统(Riparian Ecosystem)位于河流与陆地交界处的两边,直至河水影响消失的区域,其范围包括河流廊道的高低水位之间以及从河流高水位至被洪水影响的高低区域,是陆地生态系统和水生生态系统的生态过渡区^[1-3]。国内外对此展开了多层次多角度的研究,主要集中在河岸带生态系统的结构与动态特征^[4-5]、物理和生态特征^[6-7]、功能特性以及其多元评价与恢复重建^[8-11]、河岸带和环境的相互影响^[12]等方面,且对河岸带植被特性的研究亦逐渐兴起和发展,是当今植物生态学研究的重要内容之一^[13],我国对河岸带植被类型、格局、物种多样性^[14-17]等已展开了大量研究。目前,国外开始越来越关注人为活动对河岸带的影响^[18-19],而我国很多研究还主要针对的是山地自然河流和平原农区的河流,对城镇化地区河流的研究相对较少。长期以来,我国城镇化地区的河流受到了严重的影响,河道裁弯取直、河岸河床硬化、河岸带破坏等成为非常普遍的现象,与此同时河流生态系统退化、河流水质恶化、河流断流缺水、河岸景观自然风貌消失等问题日益突出。河流是贯穿于不同生态系统之间的生态廊道,对于城市生态系统健康非常重要。城镇化地区如何建设河流生态与景观,是我国城镇化地区急需破解的生态建设命题。福建省晋江市是中国东南沿海城市发展快、乡镇企业发达的典型城市,是以乡镇企业发展、农民就地城镇化为特色的地区,城镇化率高达64%,其河流生态景观的变迁是我国东南沿海城镇化地区河流生态景观变化的一个典型缩影。本文对其境内的河流展开其河岸带的植被特征及生物多样性的研究,探索城镇化地区河岸带物种及区系特征、生物多样性与沿线城

镇土地利用的关系,以期为东南沿海城镇化地区河流生态景观建设与河岸带保护提供帮助。

1 研究地区

晋江市位于福建东南沿海,泉州市东南部,晋江下游南岸。市域河网密度大、河道浅窄、源近而流短,除晋江、九十九溪外其他溪河均发源于县境的丘陵、台地,且自成单元向东、向南独流入海。这种城镇化模式和河流特征在我国东南沿海地区具有非常典型的代表性。本研究主要选定 12 条主要河流为研究对象,该 12 条河流分布于晋江市域内各个方向。

2 研究方法

2.1 植被特征研究方法

2.1.1 样地调查^[20]

根据环境和植被代表性原则,本研究设置典型调查样地 46 个。在样地内按照样带法,从河滩处开始每隔 3 m 设置一个样方,至河岸带边缘。其中,草本样方为 1 m×1 m,灌木为 5 m×5 m,乔木为 5 m×5 m。调查涉及主要指标分为:乔木的名称、株数、胸径;灌木的名称、株数/丛数、覆盖度;草本的名称、株数(丛生型或莲座型分开计算株数,大片分布的则调查代表性的 25 cm×25 cm 面积中的株数再按面积推算样方株数)、高度、覆盖度。

2.1.2 多样性衡量指标

• 重要值计算^[21]:乔木重要值=(相对密度+相对优势度+相对频度)/3;草本重要值=(相对高度+相对盖度+相对频度)/3;灌木重要值=(相对密度+相对盖度+相对频度)/3。

• Patrick 丰富度指数(R): $R=S$, S 为群落物种数

• Shannon-Wiener 指数(H): $H=-\sum_{i=1}^s N_i \ln N_i$, N_i 为第 i 种个体的重要值

• Pielou 均匀度指数(J): $J=H/\ln S$, S 为群落物种数

2.1.3 植物区系研究方法

本文采用吴征镒对中国种子植物属的分布区的划分标准^[22],并考虑晋江市河流受城市化的影响而导致的绝大多数的属内仅含一个种的特点,以属的分布异同来对晋江市 12 条河流河岸带植物进行地理成分的划分。

2.2 河流形态计算评价方法

以弯曲系数表征河流基本形态特点,结合研究河流的长度与直线长度数据,按照公式可计算得出每条河流的弯曲系数。

• 弯曲系数(Ka): $Ka=L/l$, L 为河段实际长度, l 为河段的直线长度

Ka 值越大,河段越弯曲。通常 $Ka>1.3$,弯曲河流,反之平直河流。

2.3 河岸硬度(shore hardened)分析方法

采用土地利用图、卫星影像分析与现场徒步调查相结合的方式,分别对每条河流进行河岸沿线土地利用方式、河岸性质进行调查。为了深入分析土地利用类型、河岸硬化对等人为活动对河岸植被的影响,本研究提出了滨河土地硬度(land hardened degree)和滨河河道硬度(bank hardened degree)两个指标来表征河岸硬度。

(1)滨河土地硬度:目前晋江市河流沿线土地利用类型主要是农田和各类建设用地,这也是未来河岸带建设重点要考虑的背景土地特征。因此,本研究提出滨河土地硬度的概念,是指河流沿线为耕地的岸线长度与沿线为城乡工矿居民用地的岸线长度之比。前者大于后者,记为 1,表示土地硬度较低,后者大于前者,记为-1,表示土地硬度较高,二者趋近(差值百分比小于 1%),土地利用硬度为 0。

(2)滨河河道硬度:城市化地区的河道渠化是晋江河道硬化的主因之一,因此本研究以滨河河道硬度表征河道人工渠化程度,是指河岸渠化长度与整个河岸长度之比。滨河河道硬度=(左岸渠化河段长度+右岸渠

化河段长度)/2×河流长度。本文记滨河河道硬度>50%,即超过 1/2 的河道被渠化时,为河道高度硬化。

3 结果与分析

3.1 晋江市河岸带的植物构成

本次调查的 12 条河流,共记录到植物有 70 科 143 属 159 种。按植物生活型来分,乔木植物 20 科 30 属 41 种,灌木植物 15 科 15 属 20 种,草本植物 35 科 98 属 98 种(表 1)。

表 1 晋江河岸带植被物种构成情况表

Table 1 Vegetation Species Composition of Riparian

河流名称 Name of rivers	乔木种数 No. of tree species	占总乔木种比 Percentage	灌木种数 No. of shrub species	占总灌木种比 percentage	草本种数 No. of grass species	占总草本种比 percentage	总植物种类 No. of plant species	占调查植物 种类总量比 percentage
九十九溪	14	34%	13	65%	58	59%	85	53%
东溪	10	24%	2	10%	35	36%	47	30%
阳溪	10	24%	4	20%	45	46%	59	37%
钞井	10	24%	3	15%	23	23%	46	29%
埭边	2	5%	3	15%	16	16%	21	13%
南低干渠	5	12%	0	0%	12	12%	17	11%
梧桐溪	6	15%	1	5%	17	17%	24	15%
梧垵溪	8	20%	3	15%	13	13%	24	15%
可幕	7	17%	1	5%	12	12%	20	13%
潘径	10	24%	3	15%	39	40%	52	33%
港塔	8	20%	3	15%	22	22%	33	21%
坝头	19	46%	8	40%	23	23%	50	31%
总体情况 Overall	20 科 30 属 41 种		15 科 15 属 20 种		35 科 98 属 98 种		70 科 143 属 159 种	

上述结果表明,草本植物具有较高的物种丰富度,占总科数的 50%总种数的 61.6%,而灌木和乔木种类相对较少,该结果与国内在北京、辽宁等地河流相关研究发现的规律是一致的^[20,23-24],这反映了河岸植物群落以草本植物种类居多的基本特征。同时,从不同河流植物种类所占比重来看,九十九溪植物种类共计 85 种占总调查的 53%、东溪 47 种占 30%、阳溪 59 种占 37%、钞井溪 46 占 29%、埭边溪 21 种占 13%、南堤干渠 17 种占 11%、梧桐溪 24 种占 15%、梧垵溪 24 种占 15%、可幕溪 20 种占 13%、潘径溪 52 种占 33%、港塔溪 33 种占 21%、坝头溪 50 种占 31%。这一分析表明,晋江市河流物种构成分布存在非均衡的情况,这种在同一气候与地理属性带内非均衡的物种构成情况,说明其与城市化地区河流的个体特征存在较高联系。

3.2 晋江市河岸带的植物区系

通过分析所有植物种类的分布区类型,统计各类型所占有的比例(表 2)。

表 2 晋江河岸带植物区系的分布类型

Table 2 Areal types of riparian plant species in Jinjiang

	分布区类型 Areal—type	所占比例 Percentage	大类区系类型比例 Main component categories	
1	世界分布	19.48%	世界分布	19.48%
2	泛热带分布	31.17%	广义热带成分	62.38%
2-1	热带亚洲、大洋洲和南美洲间断	1.30%		
2-2	热带亚洲、非洲和南美洲间断	1.30%		
3	热带亚洲和热带美洲间断	9.09%		
4	旧世界热带	4.55%		

续表				
	分布区类型 Areal-type	所占比例 Percentage	大类区系类型比例 Main component categories	
5	热带亚洲至热带大洋洲	6.49%	广义温带成分	18.18%
6	热带亚洲至热带非洲	1.95%		
7	热带亚洲	6.49%		
8	北温带	5.84%		
8-4	北温带和南温带(全温带)间断	0.65%		
8-5	欧亚和南美洲温带间断	1.30%		
9	东亚和北美洲间断	4.55%		
10	旧世界温带	0.65%		
10-1	地中海区、西亚和东亚间断	1.95%		
14	东亚	2.60%		
14SJ	中国-日本 SJ	0.65%		

晋江市河岸带植物区系地理成分分布类型多样,但主要以广义的热带类性质为主,表现为热带特性,各类热带成分总计分布类型达 62.38%,符合晋江市所属亚热带海洋性季风气候的大气候环境特点。同时受沿岸植被和河流本身环境的双重影响,出现 19.48%的世界分布类型与 18.18%的广义温带成分,植物区系比较复杂。

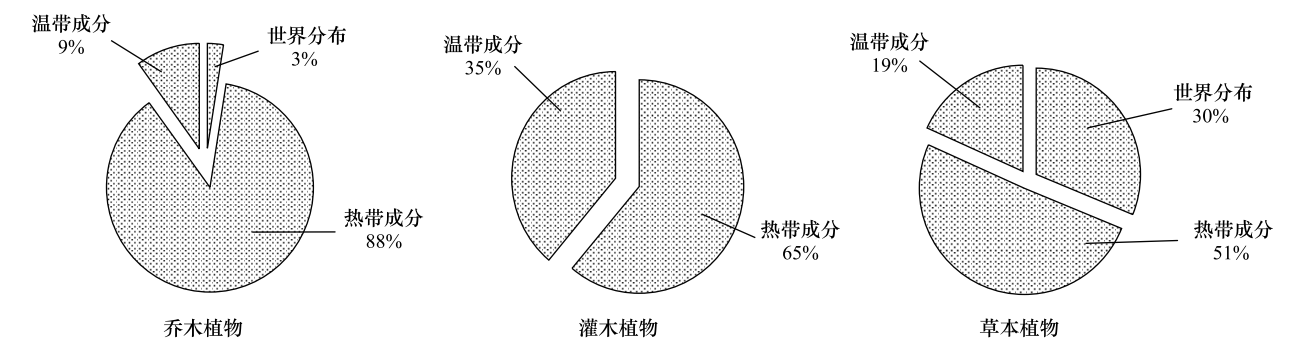


图 1 不同生活型植物区系的分布类型比例

Fig.1 Areal types of different life forms of riparian plant species in Jinjiang

进一步对不同生活型植物的区系构成做相应统计。从图 1 可以看出,热带成分在乔木中比重达到 88%,占据绝对的优势,这表明晋江河岸植被中乔木植物虽然种类不多,但更能体现本地气候与植被特征,对凸显河岸带原生的植被风貌中的发挥着主导作用;另一方面,温带成分在乔木中占 9%,而在草本与灌木中却分别达到了 19%与 35%,这表明灌木与草本植物由于种类繁多,分布类型越来越趋于多元,植物区系构成更为复杂,对地带性特征的反映虽不如乔木植物明显,但却能够形成更加多样的植物景观。同时,对于不同河流的统计分析表明,虽河岸带植物构成在不同河流间分布非均衡,但各条河流的区系构成具有热带成分均居主要地位的相同特点,晋江河岸植被总体遵从其大气候区域特征,但不同植物生活型与不同河流之间存在差异,其中乔木树种对于景观的外貌具有主导的影响作用,是河流生态景观风貌形成的主要控制要素。因此,在今后河流滨河植被景观建设中,要注重乔木景观的对地带性风貌的塑造,并充分利用草本和灌木来丰富滨河植物景观。

3.3 晋江市河岸带的优势植物

计算并统计 12 条河流河岸带乔、灌、草植物的重要值(important value, IV),前 10 位的植物见表 3。其中乔木依次为银合欢(*Leucaena leucocephala*)、小叶榕(*Ficus benjamina*)、相思树(*Acacia confusa*)、桉树(*Eucalyptus robusta*)、木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、榕树(*Ficus microcarpa*)、龙眼(*Dimocarpus longan*)、朴树(*Celtis sinensis*)、旱柳(*Terminalia mantaly*)、杨桃(*Averrhoa carambola*);灌木依次为蓖麻(*Ricinus communis*)、马

樱丹(*Lantana camara*)、九里香(*Murraya exotica*)、枸杞(*Lycium chinense*)、毛杜鹃(*Rhododendron pulchrum*)、黄杨(*Buxus sinica*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、金叶假连翘(*Duranta repens*)、小蜡(*Ligustrum sinense*)、爬山虎(*Parthenocissus semicordata*);草本依次为鬼针草(*Bidens bipinnata*)、羊蹄(*Rumex japonicus*)、小飞蓬(*Conyza canadensis*)、空心莲子草(*Alternanthera hiloxeroides*)、肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)、葎草(*Humulus scandens*)、芦苇(*Phragmites australis*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、龙葵(*Solanum nigrum*)、银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)。

表 3 晋江河岸带植被不同生活型植物重要值

Table 3 Main species composition and their important values (top ten) in Jinjiang

	乔木 Tree		灌木 Shrub		草本 Grass	
	名称 Name	IV	名称 Name	IV	名称 Name	IV
1	银合欢	0.17	蓖麻	0.37	鬼针草	0.16
2	小叶榕	0.14	马樱丹	0.14	羊蹄	0.07
3	相思树	0.11	九里香	0.11	小飞蓬	0.06
4	桉树	0.08	枸杞	0.10	空心莲子草	0.06
5	木麻黄	0.08	毛杜鹃	0.07	肿柄菊	0.06
6	榕树	0.05	黄杨	0.04	葎草	0.05
7	龙眼	0.05	火棘	0.03	芦苇	0.05
8	朴树	0.04	金叶假连翘	0.03	狗牙根	0.04
9	旱柳	0.03	小蜡	0.02	龙葵	0.03
10	杨桃	0.03	爬山虎	0.02	银胶菊	0.03

从植物的本地乡土属性来看,10种优势乔木与灌木基本为本土植物,而草本植物中有空心莲子草、肿柄菊、银胶菊3种外来植物,特别是空心莲子草为入侵物种,说明晋江市河岸带植被受到了外来植物的严重入侵,本地草本植物被挤压,对地带性植物景观的指示显然不及乔木与灌木;从植物的人工美学属性来看,10种优势乔木中小叶榕为园林观赏植物,灌木中有九里香、毛杜鹃、黄杨、火棘、金叶假连翘、小蜡等6种园林景观灌木,草本无特殊人工园林地被,这一结果反映出晋江人工审美主导的滨河景观空间主要改变与塑造了灌木层植被景观,使人工景观化河段呈现出平面绿纹美观但立体绿量欠缺的现状,也反映出乔木与草本植物的合理构景潜力;从植物的人居需求属性来看,植物的生产用途主要反映在乔木上,10种乔木中有龙眼、杨桃两种乡土水果树种,主要由河流沿线村镇居民出于生产生活补给、村落美化、吉祥如意等原因而自发栽种,多见于庭院林、水岸林,甚至水口林等,反映出河流沿线村镇对河岸带植物用途的影响,也指示了该地域乡村人居需求,从某种角度还折射出地域性的村居文化。

3.4 河岸硬度对河岸植被特征的影响

晋江市河岸带的植物特征与在不同河流之间存在着一定的差异,该地区城镇化过程中对河道、河岸以及沿河土地等河流景观要素长期的人为干扰已经很大程度上改变了天然河岸的状态属性。为了进一步分析人为干扰对河岸带植物构成、多样性、优势植物的影响,这里按照滨河土地硬度与滨河河道硬度的差异将12条河流划分为四种类型(表4)。类型Ⅰ:滨河河道、土地硬度均较高,即沿线以城镇工矿建设用地为主且河道高度渠化的河流,见于九十九溪、南堤干渠、梧桐溪、可幕溪、埭边溪;类型Ⅱ:滨河河道、土地硬度均较不高,即沿线以农耕地为主且河道渠化率较低的河流,见于钞井溪、港塔溪、坝头溪;类型Ⅲ:滨河河道硬度高但土地硬度低,即沿线农耕地较主要但河道高度渠化的河流,见潘径溪、阳溪、东溪;类型Ⅳ:滨河河道硬度低但土地硬度高,即沿线城镇工矿建设用地为主但河道渠化率较低的河流,见于梧垵溪。

3.4.1 滨河硬度对河岸带植物构成的影响

结合表1可知,无论那种类型的河流均表现为草本种类居主的状态,但滨河硬度较低的类型Ⅱ普遍比其他类型的河流具有更多的乔木、灌木、草本及总的植物种类,这说明了滨河硬度对河岸带植被具有直接的胁迫

作用,但九十九溪的结果较为特殊,九十九溪滨河河道与土地硬度均较高,但也同样维持了较多的植物种类,这应该与其形态特征有关,将在后面探讨。

表 4 滨河土地、河道硬度及河流类型划分

Table 4 The percentage of hardened bank and hardened land of different rivers and their types							
河流名称 Name	滨河河道硬度 Percentage of hardened bank	滨河土地硬度 Percentage of hardened land	类型 Type	河流名称 Name	滨河河道硬度 Percentage of hardened bank	滨河土地硬度 Percentage of hardened land	类型 Type
九十九溪	0.84	-1	类型 I	梧桐溪	0.56	-1	类型 I
东溪	1.00	1	类型 III	梧垵溪	0.40	-1	类型 IV
阳溪	0.70	1	类型 III	可幕溪	0.79	-1	类型 I
钞井溪	0.25	1	类型 II	潘径溪	0.62	1	类型 III
埭边溪	0.95	-1	类型 I	港塔溪	0.25	1	类型 II
南堤干渠	0.89	-1	类型 I	坝头溪	0.37	0	类型 II

滨河河道硬度>0.5 时河道高度硬化,滨河土地硬度为-1 时土地高度硬化

3.4.2 滨河硬度对河岸带植物多样性的影响

晋江 12 条河流的多样性指数 H 与均匀度指数 J 的计算结果见表 5。

表 5 不同河流的 H、J 值

Table 5 H, J, of Different River					
河流 Name of river	多样性指数 Diversity index H	均匀度指数 Evenness index J	河流 Name of river	多样性指数 Diversity index H	均匀度指数 Evenness index J
九十九溪	8.32	1.87	梧桐溪	4.12	1.3
东溪	5.26	1.37	梧垵溪	4.6	1.45
阳溪	6.28	1.54	可幕	3.76	1.26
钞井	5.06	1.32	潘径	6.41	1.62
埭边	4.5	1.48	港塔	5.71	1.63
南低干渠	1.26	1.26	坝头	6.18	1.58

多样性与均匀度指数分别取均值 5.12、1.47 为临界值,表中加粗数值为超过临界值的数值

由表 5 可知,晋江 12 条河流多样性指数均值为 5.12,九十九溪、东溪、阳溪、潘径溪、港塔溪、坝头溪在该值以上,其余不及均值多样性相对较差;均匀度均值为 1.47,九十九溪、阳溪、埭边溪、潘径溪、港塔溪、坝头溪超过均值,河岸植物群落分布较均匀,其余河流分布则较为参差。结合不同河流滨河硬度类型的划分可知,类型 I 的河流,除九十九溪外,基本表现出低多样性与低均匀度的状况;类型 II 的河流,除钞井溪外,基本表现出高多样性与高均匀度的状况;类型 III 的河流,除东溪外均具有高多样性值与高均匀度值的特征;类型 IV 的河流,其多样性与均匀度均很低。

这一结果说明滨河土地硬化与河道硬化度会对河岸带植物多样性构成威胁,并造成植物群落分布地点的参差不齐,且前者比后者具有更大的影响力。当滨河沿线主要为城镇工矿建设用地时(类型 I、类型 IV),即使河岸渠化率较低(类型 IV)也势必使河岸植物多样性与均匀度都下降,形成较为单调残破且不连续的河岸植被带;而当滨河沿线主要为农耕地时(类型 II、类型 III),即使河岸渠化率略高(类型 III)亦能使河岸保持种类较为丰富、群落分布较为均匀的植被带。进一步分析较为特殊的九十九、钞井溪、东溪:九十九溪异于其它河流的最大特点在于其最长的河流形态,能够涵盖更多的生境和植物种类,同时其穿越的城镇也更多,而这些地区的岸线基本上为石砌堤坝,造成了其较为单一的人工筑堤河岸;钞井溪沿线虽主要为农耕地且渠化率低,但较之其他河流,其规整的农耕地直接接触水体,蜿蜒的河岸消落缓冲带几乎不可见,造成其单一破碎的河岸植被带;东溪则是由于河流裁弯取直并全线渠化。因此,不同的渠化方式对河岸带植被群落分布的直接影响较大,堤岸材质、堤岸高度、堤岸修筑形式等差异造成了其异于其他河流的低河岸带植物均匀度。

3.4.3 滨河硬度对河岸带优势植物的影响

统计 12 条河流不同生活型重要值前 3 位的植物,结果见表 6。

表 6 晋江不同河流河岸带植被不同生活型重要值前 3 位植物

Table 6 Main species composition and their important values(top three) of different rivers in Jinjiang			
河流名称 Name	乔 Tree	灌 Shrub	草 Grass
九十九溪	桉树、小叶榕、龙眼	蓖麻、马樱丹、九里香	芦苇、菵草、空心莲子草
潘径溪	大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i> 、苦楝 <i>Melia azedarach</i> 、小叶榕	蓖麻、马樱丹、枸杞	空心莲子草、羊蹄、小飞蓬
港塔溪	柳叶桉 <i>Eucalyptus saligna</i> 、 乌桕 <i>Sapium sebiferum</i> 、木麻黄	蓖麻、马樱丹、枸杞	水莎草 <i>Juncellus serotinus</i> 、小藜 <i>Chenpodium serotinum</i> 、肿柄菊
坝头溪	银合欢、相思树、木麻黄	蓖麻、马樱丹、爬山虎	鬼针草、肿柄菊、麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>
钞井溪	银合欢、木麻黄、桑树 <i>Morus alba</i>	蓖麻、马樱丹、小蜡	羊蹄、肿柄菊、小飞蓬
埭边溪	木麻黄、槐树 <i>Sophora japonica</i>	蓖麻、马樱丹、枸杞	香蒲 <i>Typha orientalis</i> 、羊蹄、小飞蓬
东溪	银合欢、榕树、合欢 <i>Albizia julibrissin</i>	马樱丹、九里香	小飞蓬、羊蹄、龙葵
可幕溪	朴树、相思树、银合欢	蓖麻	鬼针草、羊蹄、空心莲子草
南堤干渠	木麻黄、小叶榕、银合欢		鬼针草、芦苇、美人蕉 <i>Canna indica</i>
梧垵溪	银合欢、相思树、桉树	蓖麻、马樱丹、三角梅 <i>Bougainvillea glabra</i>	鬼针草、狗牙根、肿柄菊
梧桐溪	银合欢、橡皮榕 <i>Ficus elastic</i> 、 苦楝 <i>Melia azedarach</i>	蓖麻	鬼针草、羊蹄、狗牙根
阳溪	木麻黄、相思、银合欢	蓖麻、马樱丹、枸杞	鬼针草、羊蹄、香蒲 <i>Typha orientalis</i>

表中加粗植物为该河不同于总体的优势性物种

对比表 6 和表 3 可知,表 6 所列的不同河流不同生活型植物的优势植物大体上均属于表 3 的范围,但仍存在差异。一方面从植物层次完整性角度分析,高河道硬度的东溪,与高滨河土地硬度及河道硬度的南堤干渠、梧桐溪、可幕溪 4 条河流,均缺失甚至南堤干渠全部缺失灌木层植物,表明滨河硬度对灌木层的影响最为强烈。另一方面,从特殊的优势植物种类角度分析,滨河硬度为类型 I 的九十九溪、可幕溪的优势植物与总体优势植物一致,埭边溪、南堤干渠、梧桐溪则分别存在槐树、香蒲,美人蕉,橡皮榕、苦楝这几种特殊的优势植物,且其来源均为人工移植或栽培,槐树、橡皮榕、苦楝河岸用作乡土性的景观树种,美人蕉为城市滨河观赏植物,香蒲则多用于源头湿地的保水与绿化;类型 III 的东溪、阳溪、潘径溪则分别为合欢、香蒲、大叶相思、苦楝,其中乔木多见于河道渠化的农耕地区,草本香蒲则多为农地边缘保留的丛生“杂草”;类型 IV 的梧垵溪则为三角梅,由人工栽植。这反映出滨河沿线以建设用地为主或河道高度渠化,或二者同时存在时,人为干扰对优势性植物种类的影响越大,特殊的优势植物多是出于满足该河流用地具体的审美或生产生活需求的目的而被引入或保留。类型 II 的钞井溪、港塔溪、坝头溪,其特殊优势植物分别为桑树、柳叶桉、乌桕、水莎草、小藜、麻竹,其中柳叶桉、桑树、乌桕均为农耕用地中保留的原生乡土树种,水莎草、小藜、麻竹也多自然散生于农耕地水岸缓冲带。这反映出以农耕地为主,渠化率较低的河流更能留存本土自然生长的乔木树种与草本植物。

3.5 河流形态对河岸植被特征的影响

依据河流的基本参数,计算河流的弯曲系数,结果见表 7。

由表 7 可知晋江河流大部分属平直河流,九十九溪、梧垵溪、坝头溪、阳溪为弯曲河流,结合前述不同河流植物构成、多样性指数、优势植物的统计与计算结果,可以认为河流天然弯曲的形态对河岸植被特征存在积极影响,具体分析如下。

3.5.1 河流形态对植物构成的影响

结合表 1 中不同河流所占不同生活型植物比例的统计结果,乔木植物丰富度较高的是九十九溪和坝头溪,分别为 34%和 46%,灌木也是九十九溪和坝头溪,分别为 65%和 40%,草本则在九十九溪、阳溪较为丰富,

分别达到 59%、46%。从这些河流河岸特征来看,九十九溪、阳溪河道高度硬化,坝头溪河道虽未及高度硬化但其滨河硬化土地与非硬化土地也相对持平,三者能维持较高的物种丰富度与其均属天然弯曲河流的共性分不开,天然弯曲的河岸线有助于保留部分最自然河岸植被群落,沿线土地类型的交错性也相对较大,能够对丰富植物种类构成起到积极的影响。

表 7 河流基本参数与河流弯曲系数
Table 7 The Basic Parameter of Rivers and their Bending modulus

河流 Name of river	九十九溪	东溪	阳溪	钞井溪	埭边溪	南堤干渠	梧桐溪	梧垵溪	可幕溪	潘径溪	港塔溪	坝头溪
河流长度 Length/km	21.0	2.9	11.2	9.3	3.3	11.3	5.8	14.7	3.7	6.1	3.9	10.1
直线长度 Distant /km	13.1	2.6	9.2	8.0	2.6	8.4	5.2	9.7	2.7	4.5	3.6	8.1
弯曲系数 ka Bending modulus	1.60	1.12	1.34	1.16	1.23	1.28	1.12	1.37	1.21	1.24	1.13	0.37

ka 临界值 1.3,>1.3 弯曲型河流,反之平直型河流

3.5.2 河流形态对生物多样性的影响

由表 5 中各条河流植物多样性的计算结果可知,弯曲河流九十九、坝头溪、阳溪多样性指数超过均值相对较高,与其植物丰富度的结果趋同,进一步说明河流弯曲的天然形态利于在渠化河道局部形成更多类型与更复杂的植被生境,对于河岸植被带物种与结构的天然保有具有正效应,但这种对多样性的积极影响同样会随着土地硬度升高使局部小生境存在空间可能性与潜力下降而消失,如梧垵溪,低河道硬度与弯曲的天然形态亦无法扭转两岸滨河土地高硬度用地造成的低植物多样性水平。

3.5.3 河流形态对优势植物的影响

结合表 6 可知,12 条河流共计出现特殊乔木 9 种为最多,其次是草本 6 种,灌木 1 种为最少,其中乔木全部、草本有 5 种出现在平直河流,而形态弯曲的九十九溪、阳溪、梧垵溪中仅阳溪出现 1 种特殊草本,梧垵出现 1 种特殊灌木,这一结果说明弯曲河流基本涵盖了所有的河岸植物,能够较多地保留晋江主体的植物种类,而人为或自然形成的平直河流的河岸带绝对长度较短,蕴含各类植物种类生境的潜力不及前者,短源流经的具体地区的土地用途形成了其较为多样的优势植物。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1)调查河流的河岸带植物物种共计 70 科 143 属 159 种,其中乔木 20 科 30 属 41 种,灌木 15 科 15 属 20 种,草本 35 科 98 属 98 种,草本居主导地位,遵循河岸带植被普遍的种类结构规律。

(2)河岸植被的植物区系构成均以广义热带成分为主,达到 62.38%,其中乔木、灌木与草本中的温带成分分别为 10%、35%和 17%,灌草植物类型趋于多元,而乔木更能体现本地气候与植被特征,对凸显河岸带原生的植被风貌中的发挥着主导作用形成。因此,滨河植被景观的恢复与建设,要注重以乔木景观塑造地带性风貌,并充分利用草本和灌木来丰富滨河植物景观。

(3)从河岸植被优势植物构成来看,主要优势乔木与灌木基本为本土植物,而主要草本植物中出现了空心莲子草、肿柄菊、银胶菊等外来植物,表明晋江市河岸带植被受到了外来植物的严重入侵,本地草本植物被挤压,对地带性植物景观的指示显然不及乔木与灌木。

(4)从植物的人工美学属性来看,10 种优势乔木中小叶榕为园林观赏植物,灌木中有九里香、毛杜鹃、黄杨、火棘、金叶假连翘、小蜡等 6 种园林景观灌木,草本无特殊人工园林地被,反映出晋江人工审美主导的滨河景观空间主要改变与塑造了灌木层植被景观,使人工景观化河段呈现出平面绿纹美观但立体绿量欠缺的现状。

(5)从植物的人居需求属性来看,植物的生产用途主要反映在河岸植被构成上,龙眼、杨桃等多见于庭院

林、水岸林的水果树种也在河岸植被中频繁出现,反映出河流沿线村镇生产生活喜好对河岸带的影响,从某种角度还折射出地域性的乡村河流景观文化。

(6) 滨河土地硬度与河道硬度对河岸带灌木植物的影响最强烈,二者均对河岸带植物多样性造成威胁,且前者具有更大的影响力,当河流出现较高的滨河土地硬度时,低河道硬度亦不能减缓其对植物多样性锐减的影响,但河道硬度的形成方式直接影响了河岸植物群落连续均匀或参差破碎的分布形态。出于生产与审美目的的人为干扰对河岸带植物优势种的影响力随滨河硬度的增加而加强,低土地硬度的以农耕地为主且渠化率低的河流,更能留存原生的自然植被群落。

(7) 天然弯曲的河流形态对河流植被特征具有积极影响,有助于保留更多本土植被类型,并能在某种程度上丰富乔灌木的植物种类,提升植物多样性,但这种缓和作用无法根本扭转硬化,特别是滨河土地硬化对河岸带植被的胁迫影响。

4.2 城镇化地区河流景观差异原因

本次调查研究的 12 条河流处在晋江市自然条件相对一致的地域内,无论在河流滨河景观风貌还是植被群落特征方面,都应该具有很高的相似性。但调查研究结果表明,河流之间存在着较大的差异性,这种差异的根本原因是滨河土地利用状况的差异,说明城镇化地区的河流景观由于不同的干扰类型和强度而出现分异性。不同干扰类型如建设用地、农耕地等奠定了河流景观人工滨河、田园河岸等的基本格调^[25-27],干扰强度决定了河岸带植物多样性的改变程度,人为干扰越强烈植物多样性受胁迫越强,河流天然的弯曲形态虽能缓和被干扰河流植物多样性的降低但不能根本扭转这一状况,而人为因生产生活需要与审美喜好需求对植物种类的筛选与决策,如农耕地作物种类、城镇滨河景观工程树种配置、村镇水岸庭院树的栽植等能够丰富河岸带植被种类,对河岸带植物多样性具有一定的提升作用,但不能改变河岸带天然成分破坏人工痕迹增加的状况。同时由这种干扰形成的河流间差异主要通过乔木对象显现,灌木与草本植物由于具有相对较强的耐受性,因此表现出总体种类与区系类型上较之乔木更丰富且在各条河流间优势种类差异略小的状态。

4.3 城镇化地区河流景观恢复途径

如前所述,城镇化地区河流景观与人为干扰具有密切相关性,对这种相关性的理解和把握正是保护恢复与科学建设河岸带的基础,对于因地制宜地提出重点恢复的植物类型与针对性的河岸土地调整策略具有重要的参考价值。对干扰尚未明显威胁天然河岸带的河流或河段要进行流域宏观用地调整与规划,确保天然河岸带生态与景观功能的安全范围,而对已经存在不可逆转干扰的河流,要重点找出影响河岸带生态景观功能的干扰类型,考虑河流沿线居民的生产生活需求与偏好,将干扰强度控制在合理的范围,并重点以乡土乔木塑造与体现主体河岸景观格调^[28],同时利用多元类型的草本、灌木加以充实,凸显主河岸背景格调下丰富的水岸植被景观。

致谢:在野外数据观测和室内处理中,得到包红光、唐赛男、金佳莉、梁冰晶、李喆靓、李淑涵、史尚睿等同学,以及晋江市林业局施荣达、吴荣良等的鼎力援助,在此深表感谢!

参考文献 (References):

- [1] Forman R T T, Wilson E O. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. New York, USA: Cambridge University Press, 1995.
- [2] Naiman R J, Décamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 1993, 3(2): 209-212.
- [3] Naiman R J, Décamps H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28: 621-658.
- [4] Acker S A, Gregory S V, Lienkaemper G, McKee W A, Swanson F J, Miller S D. Composition, complexity, and tree mortality in riparian forests in the central Western Cascades of Oregon. *Forest Ecology and Management*, 2003, 173(1/3): 293-308.
- [5] 张建春. 河岸带功能及其管理. *水土保持学报*, 2001, 15(6): 143-146.
- [6] 夏继红, 胡玲. 生态河岸带功能区划的定性定量研究. *水利学报*, 2007, 10(S1): 542-546.
- [7] Stromberg J C, Tiller R, Richter B. Effects of groundwater decline on riparian vegetation of semiarid regions: the San Pedro, Arizona. *Ecological*

- Applications, 1996, 6(1): 113-131.
- [8] Rich T D. Using breeding land birds in the assessment of western riparian systems. *Wildlife Society Bulletin*, 2002, 30(4): 1128-1139.
- [9] Rossi A M, Moon D C, Casamatta D, Smith K, Bentzien C, McGregor J, Norwich A, Perkerson E, Perkerson R, Savinon J, Stokes K, Doebberfuhr D. Pilot study on the effects of partially restored riparian plant communities on habitat quality and biodiversity along first-order tributaries of the Lower St. Johns River. *Journal of Water Resource and Protection*, 2010, 2(9): 771-782.
- [10] Rauch H P, Sutli F, Hörbinger S. Installation of a riparian forest by means of soil bio engineering techniques—monitoring results from a river restoration work in Southern Brazil. *Open Journal of Forestry*, 2014, 4(2): 161-169.
- [11] Mah D Y S, Bustami R A. Conserving the land: the resilience of riparian wetlands and river channels by a fuzzy inference system. *Sustainability Science*, 2012, 7(2): 267-272.
- [12] Vance J A, Angus N B, Anderson J T. Riparian and riverine wildlife response to a newly created bridge crossing. *Natural Resources*, 2012, 3(4): 213-228.
- [13] 岳隽, 王仰麟. 国内外河岸带研究的进展与展望. *地理科学进展*, 2005, 24(5): 33-40.
- [14] 吉久昌, 郭跃东, 郭晋平, 张芸香. 文峪河上游河岸林群落类型及其生态适应性. *生态学报*, 2009, 29(3): 1587-1595.
- [15] 江明喜, 邓红兵, 唐涛, 蔡庆华. 香溪河流域河岸带植物群落物种丰富度格局. *生态学报*, 2002, 22(5): 629-635.
- [16] 丁圣彦, 郭屹立, 梁国付. 洛河中游河岸带不同生境类型中物种多样性研究. *河南大学学报: 自然科学版*, 2012, 42(5): 613-619.
- [17] 石晓丹, 阮晓红, 吕学研. 南京外秦淮河河岸带原生植被初步调查. *环境科学与管理*, 2007, 32(3): 84-88.
- [18] Mah D Y S, Kuok K K K. Field investigation on anthropogenic impacted lowland riparian zones. *Journal of Water Resource and Protection*, 2013, 5(3): 259-265.
- [19] Mah D Y S. Characterizing a populated riparian zone. *Open Journal of Ecology*, 2014, 4(10): 601-611.
- [20] 修晨, 欧阳志云, 郑华. 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析. *生态学报*, 2014, 34(6): 1535-1547.
- [21] 王育松, 上官铁梁. 关于重要值计算方法的若干问题. *山西大学学报: 自然科学版*, 2010, 33(2): 312-316.
- [22] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型. *云南植物研究*, 1991, 13(S4): 1-3.
- [23] 滕依辰. 永定河山峡段河岸带植物景观研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [24] 李悦, 马溪平, 李法云, 侯伟, 杨春璐, 程志辉. 太子河河岸带植物群落特征及其物种多样性研究. *科技导报*, 2011, 29(23): 23-28.
- [25] Fernández D, Barquín J, Álvarez-Cabria M, Peñas F J. Land-use coverage as an indicator of riparian quality. *Ecological Indicators*, 2014, 41: 165-174.
- [26] Buckley C, Hynes S, Mechan S. Supply of an ecosystem service—Farmers' willingness to adopt riparian buffer zones in agricultural catchments. *Environmental Science & Policy*, 2012, 24: 101-109.
- [27] Clerici N, Paracchini M L, Maes J. Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 2014, 14(2): 107-120.
- [28] Moro M F, Westerkamp C, de Araújo F S. How much importance is given to native plants in cities' treescape? A case study in Fortaleza, Brazil. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2014, 13(2): 365-374.