

黄山率水流域水陆交错带植被类型及群落特征^{*}

王佩香 汪伯伦

(黄山市环境监测站, 安徽 黄山 245099)

摘要 研究以黄山市率水流域水陆交错带典型植物群落为对象, 沿主河道设置了33个样方, 采用法瑞学派调查法记录样方的物种组成和群落结构; 并根据离水面距离和土壤基质类型划分了3种生境类型: 砾石型河漫滩、粘土型河漫滩以及河岸边坡, 进而进行群落类型划分与生态梯度分析。结果表明: 调查区域有维管束植物共计67科124属146种; 水陆交错带植被可分成15个群落类型, 包含3个森林群落、3个灌丛群落和9个草本群落; 森林群落均出现在河岸边坡生境类型中, 灌丛群落多见于粘土型河漫滩, 草本群落主要集中于砾石型河漫滩; 非度量多维标度分析表明, 存在于上下游之间和水陆之间的两个生态梯度是影响群落物种组成的重要因素, 并且在两个生态梯度中心过渡区, 植物群落丰富度达到最大。

关键词 群落分类; 植物多样性; 生态梯度

中图分类号: S717 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 03-0019-07

Community Types and Characteristic of Riparian Vegetation of Shuaishui River, Huangshan City, China

WANG Peixiang WANG Bolun

(Environmental Monitoring Station of Huangshan, Huangshan, Anhui 245099, China)

Abstract In this study, riparian vegetation was investigated in 33 relevés along Shuaishui River Huangshan city, China. Species compositions and community structure were recorded by following the Braun-Blanquet method. Moreover, all relevés were grouped into three habitat types: gravelly floodplain, sedimentary floodplain, riverbank, based on distance to water and the soil parent materials. Then, plant communities were classified by clustering and the underlying ecological gradients were analyzed by ordination. The results showed that there were 146 vascular plant species belonging to 124 genera and 67 families in all relevés. All the relevés could be classified into 15 communities, including three forest communities, three scrub communities and nine herbaceous communities. All forest communities occurred at river bank habitat, while scrub communities and herbaceous communities were more common at sedimentary floodplain habitat and gravelly floodplain habitat respectively. The two ecological gradients of upstream - downstream and aquatic - terrestrial affected the species component of riparian vegetation based on the analysis of non-metric multidimensional scaling method. Moreover, the species richness of plant community got maximum at the middle of two gradients. The results are helpful for riparian vegetation conversation and restoration along Shuaishui River.

Key words community classification; plant diversity; ecological gradients

^{*} 基金项目: 黄山市 2017 年度科技计划项目。

第一作者: 王佩香 (1967—), 男, 高级工程师, 主要从事环境监测, E-mail: 245808920@qq.com。

通信作者: 汪伯伦 (1982—), 男, 高级工程师, 主要从事环境监测, E-mail: 33451365@qq.com。

水陆交错带, 又称为“消涨区”等, 被认为是流域生态学研究 and 系统可持续发展研究密切关注的地带^[1-2]。近年来, 作为河岸生态学重要的研究课题之一, 水陆交错带对于了解河溪地貌、营养循环、生命活动和行为的干扰、水土污染治理以及野生动植物资源保护等方面具有特殊的研究价值^[3-5]。

一般情况下, 水陆交错带主要为河漫滩及具有湿地特征的河岸边坡^[6-7]。同高地植被相比, 水陆交错带群落显现出狭长状, 为典型的开放系统, 承担着相邻生态系统向河溪进行物质和能量传送的桥梁作用^[8-10], 同时也兼有缓冲和保护功能^[1, 11]。因此, 水陆交错带群落既包含了河漫滩随河水水位上下波动而表现出植被类型梯度变化的特点^[12], 也表现出由水生群落到陆生群落由于土壤湿度的差异而呈现出横向变化的特点^[2]。此外, 不同程度的干扰也影响着水陆交错带植被, 干扰小的支流植被生物完整性较高, 而干扰严重的支流植被生物完整性较低^[13]。

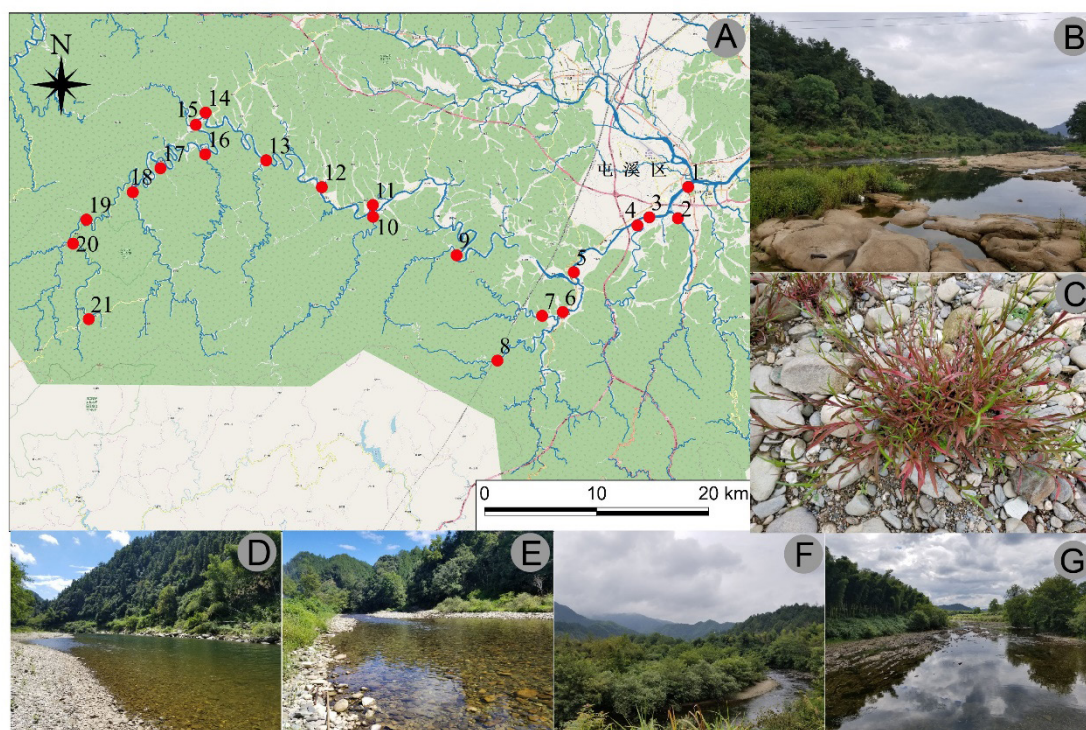
水陆交错带的植被结构和组成直接关系到其各类生态系统功能及其服务^[10, 14], 但全球气候变化

及人为干扰已对水陆交错带植被产生了威胁^[15]。研究其植物多样性及其与环境的对应关系对加强资源合理利用与管理以及维持生物群落的完整性、保护物种的多样性以及生态重建物种的筛选具有重要的指导意义^[16-17]。位于安徽省黄山市境内的率水流域是新安江的源头, 也是最大的支流。研究其水陆交错带的植被类型和群落结构特征以及物种多样性与环境梯度的关系, 有助于深入探究该流域水陆交错带的物种多样性、生态系统组成、结构和功能, 为流域植被保护与生态恢复重提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

率水发源于安徽省黄山市休宁县的六股尖, 是新安江、富春江和钱塘江的正水源头, 主河道全长148.2 km。该区域属北亚热带湿润季风气候, 水热季节交替明显, 无霜期长, 年平均气温为16.2℃, 最冷月温度为3.7℃。植被多为针阔常绿-落叶混交林, 常见有马尾松(*Pinus massoniana*)、黄山松(*Pinus taiwanensis*)、金钱松(*Pseudolarix*



注: A 样方地理位置, 红实心点为监测点; B&C 砾石型河漫滩; D&E 粘土型河漫滩; F&G 河岸边坡。

Note: A locations with monitoring sites in red dots, B&C the gravelly washlands, D&E, the clayey washlands, F&G the river banks

图1 率水流域沿河环境监测点位置及代表性生境

Figure 1 The locations of environmental monitoring sites and the styles of representational habitats along the Shuaishui River

amabilis)、杉木 (*Cunninghamia lanceolate*)、小叶青冈 (*Cyclobalanopsis myrsinifolia*)、柯 (*Lithocarpus glaber*)、三角枫 (*Acer buergerianum*)、野鸦椿 (*Euscaphis japonica*) 等。

1.2 植被调查

调查区域为该流域及其主要支流已有的 21 个环境监测点 (图 1A) 附近的水陆交错带高等植物群落 (表 1)。其水陆交错带按照土壤基质可划分成: 砾石型河漫滩、粘土型河漫滩以及河岸边坡 3 种类型 (图 1BCDEF 所示)。砾石型河漫滩是离河岸较远、离河水平面较近, 易受河水涨跌的影响的河床区域; 这一区域仅在砾石石缝和粗砂覆盖的地面生长有植物群落。粘土型河漫滩是介于砾石型河漫滩和河岸边坡之间的区域, 土壤包括河

水冲积的细沙和河岸边坡冲刷下来的泥土; 这一区域受河水涨跌的影响不大 (仅在洪水时会被淹没并快速消退), 在一些相对低洼的地方存在由于河水倒渗形成的静水潭。河岸边坡一般认为是高于河床的河堤, 主要以泥土为主, 基本没有砂石。根据这 3 种生境设置样方调查水陆交错带的植被类型和物种组成。

森林、灌丛、草本群落样方面积分别为 400、100 和 1 m²。依据植物群落的自然分层情况, 分别对乔木层、灌木层以及草本层进行法瑞学派调查, 记录各物种名称、盖度和最大高度等。样方概况见表 1。物种鉴定及学名参照《Flora of China》(《中国植物志》英文版), 群落划分依据及命名参照《中国植被》^[18]。

表 1 各样方的群落结构及生境类型
Table 1 Community structure and habitat type of each relevé

样方编号 Relevés ID	样点位置 Site location	生境类型 Habitat types	T1- <i>H</i> _{max} /m	T1- Cover/%	T2- <i>H</i> _{max} /m	T2- Cover/%	S- <i>H</i> _{max} /m	S- Cover/%	H- <i>H</i> _{max} /m	H- Cover/%	Sum- Cover/%
P1	2	砾石型河漫滩							0.15	85.0	85.0
P2	2	砾石型河漫滩							0.4	70.0	70.0
P3	2	砾石型河漫滩							2	95.0	95.0
P4	2	砾石型河漫滩							2.5	95.0	95.0
P5	5	河岸边坡	22	70.0	15	5.0			1.3	62.5	95.0
P6	6	砾石型河漫滩							1.2	62.5	62.5
P7	7	砾石型河漫滩							1.4	90.0	90.0
P8	8	粘土型河漫滩					3	15.0	1	90.0	100.0
P9	9	河岸边坡	10	87.5			3.5	10.0	0.8	1.0	90.0
P10	9	砾石型河漫滩							0.5	87.5	87.5
P11	9	砾石型河漫滩							1	100.0	100.0
P12	9	砾石型河漫滩							2	100.0	100.0
P13	9	砾石型河漫滩							0.2	30.0	30.0
P14	10	粘土型河漫滩					2	65.0	1.2	20.0	80.0
P15	11	粘土型河漫滩					2.5	50.0	1	40.0	70.0
P16	12	河岸边坡	10	50.0			4	10.0	1.2	65.0	85.0
P17	12	砾石型河漫滩					1	5.0	1	80.0	80.0
P18	13	粘土型河漫滩					2	15.0	0.6	45.0	50.0
P19	13	粘土型河漫滩					4	60.0	0.4	80.0	90.0
P20	13	砾石型河漫滩							1.2	30.0	30.0
P21	14	砾石型河漫滩							1.3	90.0	95.0
P22	16	粘土型河漫滩							1	70.0	70.0

样方编号 Relevés ID	样点位置 Site location	生境类型 Habitat types	T1- $H_{\max}$ /m	T1- Cover/%	T2- $H_{\max}$ /m	T2- Cover/%	S- $H_{\max}$ /m	S- Cover/%	H- $H_{\max}$ /m	H- Cover/%	Sum- Cover/%
P23	16	砾石型河漫滩							1.2	85.0	85.0
P24	17	河岸边坡	16	80.0	6	20.0	1.5	40.0	0.8	90.0	95.0
P25	17	砾石型河漫滩							1.4	65.0	65.0
P26	17	粘土型河漫滩					3	80.0			62.5
P27	18	河岸边坡	15	40.0	5	30.0			1	80.0	98.0
P28	19	粘土型河漫滩					3.5	50.0	0.5	80.0	98.0
P29	19	砾石型河漫滩					2	87.5			87.5
P30	19	砾石型河漫滩							1.2	70.0	70.0
P31	19	砾石型河漫滩							1.2	95.0	95.0
P32	20	河岸边坡	35	20.0	18	10.0	3	10.0	0.8	40.0	98.0
P33	21	河岸边坡	35	70.0	10	30.0	6	10.0	0.5	15.0	70.0

注： $H_{\max}$ ：最大高度，Cover：盖度；Sum-Cover：总盖度；T1、T2：乔木一层、乔木二层；S：灌木层；H：草本层
Note: T1、T2: 1st tree layer. 2nd tree layer; S: shrub layer; H: herbaceous layer; $H_{\max}$: max height

1.3 数据分析

1.3.1 优势种的确定 以物种在群落不同层片的多、盖度等级之和表征物种的多度。为便于数理统计，将不同多盖度等级按其对应的百分比范围的中位值进行换算^[19]。群落优势种由优势度分析法^[20]确定。公式如下：

$$d = 1 / N \left\{ \sum_{i \in T} (x_i - x)^2 + \sum_{j \in u} x_j^2 \right\}$$

其中， x_i 为前位树种 (Top species,T) 的相对优势度，用相对多度表征每个种的优势度。 x 为优势种 (Dominant species) 数量确定的优势种理想百分比 (Ideal percentage share), x_j 为剩余种 (Remaining species) (u) 的百分比。 N 为种总数。如果群落只有一个优势种，则优势种的理想百分比为 100%。如果有两个优势种，则它们的理想百分比为 50%，如果有 3 个优势种，则理想百分比为 33.3%，依次类推。当 d 最小时，前位种的种数即为群落优势种数。

1.3.2 聚类与排序 采用方差分析，比较不同植被类型间物种丰富度的差异，并采用多重比较分析 (Tukey’s method) 进行配对检验。

以样方为单位，采用相对多度进行聚类分析。其中距离参数采用 Bray–Curtis 指数，聚类方法采用离差平方和法 (Ward method)，并以 Calinski-Harabasz 指标筛选最佳聚类数。

群落排序采用非度量多维标度 (Non-metric

Multidimensional Scaling, NMDS) 方法。本文 NMDS 分析使用 Bray 距离度量样方间的物种相似性。用胁强系数 (Stress) 来度量 NMDS 分析结果的拟合优度；Stress < 0.05 为拟合极好；Stress < 0.1 为拟合较好；Stress < 0.2 为拟合一般；Stress > 0.3 为拟合较差^[21]。

以上分析均在 R (3.5.1) 软件中实现。

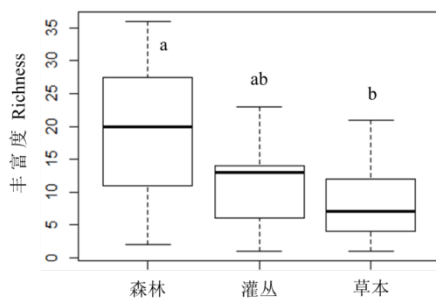
2 结果与分析

2.1 物种多样性

本次调查共记录到植物 67 科 124 属 146 种，其中乔木层 17 科 19 属 20 种，灌木层 14 科 14 属 15 种，草本层 60 科 109 属 131 种。乔木层较常见的科是胡桃科、樟科、槭树科以及壳斗科，其中最为常见的乔木有枫杨 (*Pterocarya stenoptera*)、三角枫 (*Acer buergerianum*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、檫木 (*Sassafras tzumu*) 等；灌木层多见杨柳科、榆科、马鞭草科以及海桐花科植物，包括秋华柳 (*Salix variegata*)、紫柳 (*Salix wilsonii*) 等，其中藤本植物卫矛科的扶芳藤 (*Euonymus fortune*)、夹竹桃科的络石 (*Trachelospermum jasminoides*) 以及五加科的常春藤 (*Hedera nepalensis* var. *sinensis*) 多见于乔木层和草本层中；草本层以蓼科、禾本科以及莎草科植物最为常见，并且在样方中出现的频率最高。此外，菊科植物的多样性最高，禾本科次之，唇形科第三。

另外，在草本层中偶见乔木层和灌木层物种更新小苗，如：青冈（*Cyclobalanopsis glauca*）、糙叶树（*Aphananthe aspera*）、豹皮樟（*Litsea coreana* var. *sinensis*）、紫柳（*Salix wilsonii*）以及秋华柳（*Salix variegata*）等。

本次调查涉及的3种植被类型中，森林物种丰富度的中位值为20，最大值为36，最小值为2；灌丛物种丰富度的中位值为13，最大值为23，最小值为1；草本群落的中位值为7，最大值为21，最小值为1（图2）。单因素方差分析表明，3种植被类型的物种丰富度存在显著差异（ $F(2, 32) = 4.91, P < 0.05$ ）；多重比较分析（Tukey's method）表明中森林类型物种丰富度显著高于草本群落（ $P < 0.05$ ），而森林与灌丛以及灌丛与草本群落之间无显著差异。



注：不同字母表示植被类型间差异显著 Note: Different letters indicate significance at $P < 0.05$

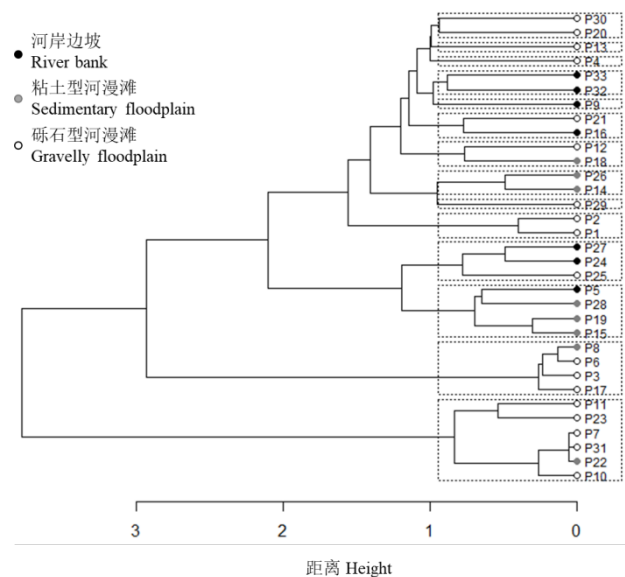
图2 率水流域水陆交错带不同植被类型的物种丰富度

Figure 2 Richness of different riparian vegetation types along Shuaishui River

2.2 群落类型

根据聚类分析结果，当聚类分组数量为14组时，聚类结果最佳（图3）。其中样方24、27和25尽管分在一组，但因前两者群落垂直结构具有乔灌木三层，而后者仅具有草本层（表1），故将其划分为两类。因而本次调查样方最终分为15个群落类型：其中常绿阔叶林群落1个，为青冈林（*Cyclobalanopsis glauca* Comm.）；落叶阔叶林群落1个，为枫杨林（*Pterocarya stenoptera* Comm.）；针阔混交林群落1个，为南方红豆杉-豹皮樟林（*Taxus wallichiana* var. *mairei*-*Litsea coreana* var. *sinensis* Comm.）；落叶灌丛3个，为枫杨灌丛（*Pterocarya stenoptera* Comm.）、秋华柳灌丛（*Salix variegata* Comm.）、紫柳灌丛（*Salix wilsonii* Comm.）；草本植物群落9个，为羽叶蓼群落（*Polygonum runcinatum* Comm.）、条穗薹草群落（*Carex nemostachys* Comm.）、显脉香茶菜+水麻群落（*Isodon nervosus* + *Debregeasia orientalis* Comm.）、双穗雀稗群落（*Paspalum distichum* Comm.）、硬秆子草群落（*Capillipedium assimile* Comm.）、荞麦群落（*Fagopyrum esculentum* Comm.）、芦竹群落（*Arundo donax* Comm.）、苋+陌上菜群落（*Amaranthus tricolor* + *Lindernia procumbens* Comm.）、青葙+牵牛群落（*Celosia argentea* + *Ipomoea nil* Comm.）。

其中，河岸边坡全部为森林植被，涵盖3个群落类型，其中枫杨林最为多见，在流域上游尚可见南方红豆杉-豹皮樟林和青冈林。粘土型河漫滩主要发育灌丛植被，包括枫杨灌丛和紫柳灌丛2个群落类型，前者最为常见；此外偶见少量草本植物群落，包括条穗薹草群落和羽叶蓼群落2个类型，其群落内分布有少量的枫杨、紫柳个体。砾石型河漫滩主要发育草本植物群落，包含本次调查涉及的所有10个草本群落类型，另可见秋华柳灌丛。



注：聚类树枝点为样方编号

Note: Leaf nodes in dendrogram are relevés ID.

图3 率水流域水陆交错带样方聚类分析图（离差平方和法）

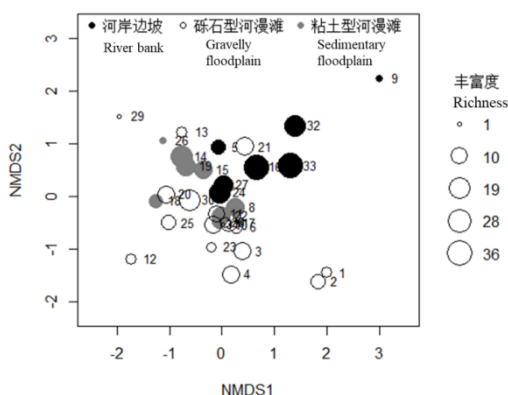
Figure 3 Dendrogram of 33 relevés of riparian vegetation along Shuaishui River clustered by Ward methods

2.3 物种组成与生境的关系

基于33个样方内146种植物的NMDS分析能够揭示群落分布与样地潜在环境因子间的生态

关联,其分析结果如图4所示。本次分析采用4维排序空间时,其胁迫系数(Stress)为0.099,说明NMDS分析具有较好的拟合效果。图中样方彼此距离越近意味着彼此物种组成相似性越高。

从NMDS排序图(图4)中可以看出,第一排序轴(NMDS1)右侧的样方编号较其左侧样方编号小。由于本次调查沿率水主河道由下游至上游依次开展,因而随着样方编号从小到大,样方海拔逐渐增高,也越靠近上游。因此,可以推测NMDS1所表征的潜在生态梯度体现了河道上下游之间的环境差异。第二排序轴(NMDS2)由下至上,样方的土壤生境类型逐渐由砾石型河漫滩,经粘土型河漫滩向河岸边坡转变,这表明NMDS2所表征的潜在生态梯度体现了河道水体至边坡的环境变化。此外,物种丰富度高的样方主要集中在排序图的中心,而处于排序轴两端的样方其物种丰富度相对偏低;这说明处于生态梯度中心的样方具有相对丰富的物种。



注:图中数字为样方编号。

Note: The numbers are relevés ID.

图4 率水流域水陆交错带样方NMDS排序图

Figure 4 NMDS ordination plot with symbol size representing richness of a relevé

3 讨论与结论

本研究结果表明率水流域水陆交错带植被类型较为丰富,涵盖了森林、灌丛和草本三大植被类型,其中森林群落有3个,灌丛群落有3个,草本群落有9个。所有的森林群落均出现在河岸边坡这一生境类型中,灌丛群落多见于粘土型河漫滩,草本群落主要集中于砾石型河漫滩。非度量多维标度分析也发现,沿第二排序轴,不同生境类型的样方逐渐发生替代(图4)。这反映出土

壤条件和立地稳定性成为决定水陆交错带植被群落垂直结构和物种组成的重要环境要素,驱动了河道水平方向上的水陆交错带植被变化。在土壤缺失、水流冲刷频繁的砾石型河漫滩,多以先锋性草本群落为主;而在土壤层瘠薄、水流平缓的粘土型河漫滩则有利于耐水淹树种的定居,形成以其为优势种的灌丛;在土壤深厚、水位较高的边坡,则有利于更多木本植物的生长,形成森林群落^[22]。这是因为水陆交错带的土壤组成成分,如粉粒含量、黏粒含量、全氮含量以及有机质含量影响着植物生长^[4]。因而,可以推测自然河流中水流减缓区域随着沉积土壤的增厚,其植被逐渐由草本群落向森林演替。

此外,率水流域水陆交错带植被在上下游之间还存在着显著的纵向变化,这一点反映在非度量多维标度分析的第一排序轴上(图4)。这种变化与率水流域上下游之间的地形变换有着密切联系。该流域上游,海拔在400 m以上,两岸山势陡峭,河道多弯曲,河床基岩裸露,弯曲凹岸滩地发育,多由砂及卵石沉积而成,一般河宽25-35 m,河道落差大。在中游,地势逐渐开阔,河宽60-100 m,河流进入峡谷,山势险峻,河道曲折迂回;至下游,两岸多为低坡丘陵,地势开阔,河道平顺,河宽120-200 m,河岸为冲积物构成。因而,在种上游其水陆交错区可见该地区地带性植被—常绿阔叶林,而在下游主要自然分布着以枫杨为优势种的森林类型,这与本地区的自然植被记录是相一致的^[23]。

因而,本研究中水陆交错带植物群落组成的变化受到了上下游之间的纵向连接和水-陆之间的水平连接中存在的两个主要生态梯度的影响。在两个生态梯度的中间位置,植物群落的物种丰富度最高。这可能是因为,在纵向连接上海拔梯度变化明显,处于中间海拔的植物群落多样性由于“中间高度膨胀(mid-altitude bulge)”效应达到最大^[24];在水平连接上存在的土壤养分梯度和水湿梯度,使得处于水陆过渡区的物种更丰富^[25]。此外,纵向和水平连接梯度上,均存在着干扰梯度的变化;在纵向上,处于上游的植被保护较为完整,而下游人为破坏严重;在水平上,水陆交错带存在水位变化带来的干扰。因而依据中度干扰假说^[26-27],处于中间位置的区域其物种丰富度最高。本研究结果有助于率水流域水陆交错带植被

的保育和恢复。

参考文献

- [1] 岳隽, 王仰麟. 国内外河岸带研究的进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2005, 24(5): 33-40.
- [2] 程瑞梅, 王晓荣, 肖文发, 等. 消落带研究进展 [J]. 林业科学, 2010, 46(4): 111-119.
- [3] 任远, 王冬梅, 信忠保. 漓江流域水陆交错带植被配置型式分类及生态特征 [J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4423-4434.
- [4] 李扬, 王冬梅, 信忠保. 漓江水陆交错带植被与土壤空间分异规律 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 121-128.
- [5] GUMIERO B, BOZ B, CORNELIO P, et al. Shallow groundwater nitrogen and denitrification in a newly afforested, subirrigated riparian buffer [J]. Journal of Applied Ecology, 2011, 48(5): 1135-1144.
- [6] MALANSON G P. Riparian landscapes [M]. New York: Cambridge University Press, 1993: 296.
- [7] Meehan R, IJILLIAM J S, FREDERICK R, et al. Influences of Riparian Vegetation on Aquatic Ecosystems with Particular Reference to Salmonid Fishes and Their Food Supply 1.2 [C]// JOHNSON R, A, JONES D. Importance, Preservation and Management of Floodplain Wetlands and other Riparian Ecosystems. Washington; USDA Forest Service. 1977: 137-145.
- [8] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 439-448.
- [9] BRINSON M M. Riverine forest [C]//LUGO A E, BRINSON M M, BROWN, S. Forested Wetlands Ecosystems of the World No15. Amsterdam; Elsevier. 1990: 87-140.
- [10] NAKAMURA F, YAMADA H. Effects of pasture development on the ecological functions of riparian forests in Hokkaido in northern Japan [J]. Ecological Engineering, 2005, 24(5): 539-550.
- [11] 邓红兵, 王青春, 王庆礼, 等. 河岸植被缓冲带与河岸带管理 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 951-954.
- [12] LOWRANCE R, ALTIER L, WILLIAMS R, et al. The Riparian Ecosystem Management Model [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 55(1): 27-34.
- [13] 夏会娟, 孔维静, 王汨, 等. 北京市北运河水系水生植物群落结构与生物完整性 [J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(2): 1-13.
- [14] 姚飞, 陈龙乾, 张宇, 等. 巢湖水陆交错带生态服务价值梯度分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9): 1568-1576.
- [15] GARSSSEN A G, BAATTRUP-PEDERSEN A, VO-ESENEK L A, et al. Riparian plant community responses to increased flooding: a meta - analysis [J]. Global Change Biology, 2015, 21: 2881-2890.
- [16] AGUIAR F C, CERDEIRA J O, MARTINS M J, et al. Riparian forests of Southwest Europe: are functional trait and species composition assemblages constrained by environment? [J] Journal of Vegetation Science, 2013, 24(4): 628-638.
- [17] MACFARLANE W W, MCGINTY C M, LAUB B G, et al. High-resolution riparian vegetation mapping to prioritize conservation and restoration in an impaired desert river [J]. Restoration Ecology, 2017, 25(3): 333-341.
- [18] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1375.
- [19] 宋永昌. 植被生态学(第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2017: 697.
- [20] OHSAWA M. Structural comparison of tropical montane rain forests along latitudinal and altitudinal gradients in south and east Asia [J]. Vegetatio, 1991, 97: 1-10.
- [21] 王合玲, 吕光辉, 张辉国. 干旱区典型湖泊湿地主要植物生态种组分析[J]. 生态环境学报, 2012, 21(5): 858-863.
- [22] ENGELHARDT B M, WEISBERG P J, CHAMBERS J C. Influences of watershed geomorphology on extent and composition of riparian vegetation [J]. Journal of Vegetation Science, 2012, 23(1): 127-139.
- [23] 安徽植被协作组. 安徽植被[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1981: 321.
- [24] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- [25] GENTRY A H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients [J]. Annals of the Missouri Botanical Garden, 1988, 75(1): 1-34.
- [26] FOX J F. Intermediate-disturbance hypothesis [J]. Science, 1979, 204(4399): 1344-1345.
- [27] ROXBURGH S H, SHEA K, WILSON J B. The intermediate disturbance hypothesis: patch dynamics and mechanisms of species coexistence [J]. Ecology, 2014, 85(2): 359-371.