

不同生境对金马河温江段河岸带草本群落物种多样性和构件生物量的影响

郝建锋^{1,2}, 姚小兰¹, 黄雨佳¹, 姚俊宇¹, 陈亚¹, 谢宏宇¹, 陈任华¹

(1 四川农业大学 林学院, 成都 611130, 2 水土保持与荒漠化防治重点实验室, 成都 611130)

摘要: 采用典型样地法, 以金马河流域温江段河岸带草本植物为研究对象, 经实地踏查, 根据采沙运沙干扰程度及样地具体使用情况, 将样地划分为河滩地(未受采沙行为干扰, 但后期受人类其他活动影响较大)、砾石地(采沙后经河水水位变化形成)、芦苇地[经运沙的车辆碾压形成, 后长满芦苇(*Phragmites australis*)]、斑茅地[采沙后不再受水位影响的高地部分, 后长满斑茅(*Saccharum arundinaceum*)]、沙坑(采沙后直接形成)5个生境类型, 以探究不同生境对河岸带草本植物物种多样性和构件生物量的影响。结果表明: (1) 在5个生境类型样地中共记录草本植物113种, 隶属32科80属, 其中沙坑生境草本植物物种数最多, 共计59种, 隶属21科46属, 物种丰富度高, 菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)植物在多样地中均较多。(2) 斑茅地、芦苇地物种多样性指数较小, 优势度指数较大, 均匀度指数较小, 群落物种分布极不均匀, 集中度与均匀度较差, 群落存在极大的不稳定性。(3) 河滩地植物构件生物总量最少, 斑茅地最多且根、茎干重与其他生境存在显著差异。(4) 与其它生境类型相比, 沙坑物种多样性丰富, 分布均匀, 构件生物量较多, 其环境有利于河岸带植物生长。

关键词: 生境; 河岸带草本植物; 物种多样性; 构件生物量; 外来入侵

中图分类号: Q948.114

文献标志码: A

Effect of Different Habitats on the Species Diversity of Communities and Modular Biomass of Riparian Vegetation in the Wenjiang Section of the Jinma River

HAO Jianfeng^{1,2}, YAO Xiaolan¹, HUANG Yujia¹, YAO Junyu¹, CHEN Ya¹,
XIE Hongyu¹, CHEN Renhua¹

(1 College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2 Key Laboratory for Soil and Water Conservation and Desertification Control, Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to explore the effect of different habitats on the species diversity and modular biomass of riparian herbaceous vegetation, we conducted an investigation using the typical sampling method in the Wenjiang section of the Jinma River, Sichuan. The study site was divided into five habitat types, i. e., the flood land (seldom disturbed by sand mining but by some other human activities), the gravel land (formed with the change of water level after sand mining), the reed land (formed by the rolling of vehicles and covered with reeds later), the *S. arundinaceum* land (the high ground not affected by the water level and covered with *S. arundinaceum* later), the sand land (formed after sand mining). The results suggested that:

收稿日期: 2016-03-06; 修改稿收到日期: 2016-08-29

基金项目: 四川省教育厅一般项目(自然科学, 15ZB0020); 国家自然科学基金(31370628); 国家“十二五”科技支撑计划(2011BAC09B05); 四川农业大学双支计划博士专项基金(00370401)

作者简介: 郝建锋(1972—), 男, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学研究。E-mail: haojf2005@aliyun.com

1) a total of 113 herbaceous species belonging to 32 families and 80 genera, was recorded across all types of habitats, among which the number of herbaceous species was the highest (i. e., a high species richness) in the sand habitats, with a total of 59 species belonging to 21 families and 46 genera, while the numbers of plants belonging to the families of Gramineae and Compositae were similar in all the types of habitats; 2) the species diversity index and evenness index were relatively small in the *S. arundinaceum* and reed lands, while the dominance index is relatively large compared with other habitats, indicating a extremely uneven species distribution, weak concentration ratio and uniformity, and extremely unstable species community; 3) The modular biomass was the lowest in the flood land, and the highest in the *S. arundinaceum* land, with significant difference in the root and stem dry weight than that in the other habitats; 4) compared with the other habitats, the species diversity in the sand land is relatively high, and the species distributes evenly with high modular biomass, indicating that the sand land is suitable for the growth of riparian herbaceous plants.

Key words:habitat; riparian herbaceous plant; species diversity; modular biomass; alien invasion

植物群落所处生境类型不同,植物组成、结构及物种多样性都会存在空间分异,其生态系统初级生产力及稳定性也会受到影响^[1-2]。研究群落生态系统,群落物种多样性和植物各构件的生物量是 2 个关键变量^[3],物种多样性能表征群落结构和反映生态系统中各物种对资源环境的竞争及协调利用,最终实现共存的结果^[4-5];植物构件生物量能表现植物对环境适应能力及生长发育规律,反映生态系统结构与功能稳定性,是研究生态系统的物质循环与能量流动的重要指标^[6-7],对此进行深入探讨,有助于了解生物多样性在生态系统功能中的作用途径与过程。近年来,国内关于群落物种多样性和构件生物量的研究多集中在高寒地带、草原、荒漠草本植物及外来入侵种^[8-9],对河岸带草本植物群落物种多样性和构件生物量的研究较少。

河岸带是重要的物种源,是河流与陆地的生态过渡地带,生态系统结构复杂,生物多样性丰富。目前,受人类的多元化活动影响,如人们对河岸带土地不同程度的利用,使河岸带的地形地貌以及微环境都在不断发生变化,改变了河岸带植物所处的生境类型,最终影响河岸带植被群落组成^[10];据监测,成都市主城区府河与金马河汇合后第一个水质监测断面,受成都市生产、生活废污水影响,水质最差,影响居民生活^[11]。金马河河岸带日益成为生态脆弱区,其植被多样化及优化组合成为河岸带恢复与重建的关键^[10]。国内对河岸带的研究多集中在不同干扰、不同海拔以及开发水电对河岸带植物群落结构的影响^[12-14],未从植物生长规律的角度去反映自身对环境的适应,缺乏对河岸带生物多样性的生态学机制的探讨。本实验以金马河温江段流域不同生境草本植物为研究对象,通过分析不同空间条件下,物种科

属种组成、物种多样性指数、重要值以及生物量间差异性关系及变化趋势,为物种多样性与生态系统功能相互作用提供理论依据,同时为河岸带微环境及区域物种多样性保护,实现生态护岸作理论贡献。

1 研究区自然概况

金马河温江段流域(30°41′48.38″~30°42′50″N,103°49′57.86″~103°50′44″E),是岷江干流,属四川境内,河流主要流经成都平原。河段上部经四川盆地,周围是海拔 2 000~3 000 m 的高山和高原,丘陵海拔在 800 m 以内,岩层主要由紫红色泥岩和砂岩构成^[15],属亚热带气候,平均气温为 17 ℃,最低气温为-4 ℃左右,最高气温为 38 ℃左右,年平均降水量在 900~1 300 mm 之间,4~5 月降水量较少,7~8 月降水量多,气候条件适宜。过去该流域非法采沙严重,河岸带受到采沙运沙等干扰,生境异质性增加,影响种间竞争及关键性资源的利用,导致物种组成和群落结构发生转变^[16]。现在植被丰富,主要草本以菊科(Compostae)、禾本科(Gramineae)、蓼科(Polygonaceae)植物为主,如飞蓬(*E-rigeron speciosus*)、苦苣菜(*Ixeris polycephala*)、斑茅(*Saccharum arundinaceum*)、芦苇(*Phragmites australis*)等。

2 研究方法

2.1 取样方法

设置样地:在河岸带周边植物生长最佳季节,即 2015 年 6~7 月,对金马河温江段流域沿岸草本植物进行调查。经过实地踏查发现,受到当地采沙运沙干扰及河岸带水位变化的影响,当地河岸带土地具体使用情况分为以下 5 个类型:河滩地、砾石地、

表 1 样地概况

Table 1 General situation of the sample plots

样地 Sample plot	面积 Area/m ²	坡度 Slope	坡向 Aspect	海拔 Altitude/m	经纬度 Longitude and latitude	生境类型 Habitat type
1	400	4°	SW34°	509	30°40.504'N,103°46.632'E	A
2	400	5°	SW25°	510	30°40.515'N,103°46.621'E	A
3	400	6°	ES18°	513	30°40.533'N,103°46.614'E	A
4	400	5°	WN35°	512	30°40.464'N,103°46.644'E	B
5	400	4°	ES12°	507	30°40.436'N,103°46.634'E	B
6	400	4°	WN7°	504	30°40.414'N,103°46.617'E	B
7	400	5°	NE5°	506	30°40.446'N,103°46.661'E	C
8	400	3°	NE16°	510	30°40.434'N,103°46.645'E	C
9	400	4°	NE9°	511	30°40.416'N,103°46.658E	C
10	400	7°	WN33°	518	30°40.427'N,103°46.662'E	D
11	400	6°	WN24°	513	30°40.413'N,103°46.643'E	D
12	400	4°	WN15°	515	30°40.400'N,103°46.635'E	D
13	400	6°	SW13°	504	30°40.483'N,103°46.624'E	E
14	400	5°	ES14°	507	30°40.466'N,103°46.618'E	E
15	400	3°	ES26°	511	30°40.443'N,103°46.633'E	E

注: A. 河滩地; B. 砾石地; C. 芦苇地; D. 斑茅地; E. 沙坑。下同

Note: A. Flood land; B. Gravel land; C. Reed lands; D. *S.arundinaceum* land; E. Sand. The same as below

芦苇地、斑茅地、沙坑。参照杨文斌等^[17]调查滩涂湿地所用的方法,每个类型再分别划分 3 个 20 m×20 m 的样地,共计 15 个(表 1),样地面积总计 6 000 m²。将每个样地均分 12 个 1 m×1 m 的草本样方进行调查,共计 180 个。

调查方法:记录草本物种名称,高度,冠幅(或盖度),株数(或丛数)。在每个样地内,选取 3 个样方,再在各个样方内对草本植物采取全挖法取完整植物后装入纸袋带回实验室处理,从茎基部将根系剪下,用 0.5 mm 筛子冲洗根系,地上部分按茎、叶和花分离,将植物构件分装在纸袋内,在 65 ℃烘箱中烘 4 d 至恒重,然后在电子天平上分别称茎干重、花干重(花或者花絮)、叶干重(叶片生物量)和根干重。

2.2 数据处理

(1) 运用 Micro, excel 和 DPS7.05 统计软件对每个样地内草本植物进行统计分析,选取的计算指数^[18]如下:

重要值:草本层:IV=(相对密度+相对盖度+相对频度)/3

相对密度=某个种的株数/所有种的总株数

相对频度=某个种在样方中出现的次数/所有种出现的总次数

相对盖度=某个种冠幅/所有种的冠幅之和

丰富度指数(D):用相对物种丰富度来表示

$$D = S$$

Simpson 指数(优势度指数): $H' = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$

Shannon-Wiener 指数: $H = - \sum_{i=a}^S P_i \log P_i$

Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = \frac{- \sum P_i \log P_i}{\log S}$

上述各式中,S 为样地中物种的总数; P_i 为种 i 的相对重要值;A 为样方面积。

(2) 对不同生境下河岸带草本植物物种多样性指数和生物量的计算,采用 DPS7.05 统计软件和 Excel 进行统计分析,并采用单因素方差分析(one-way ANOVA)及最小显著差异法(LSD)和新复极差法(Duncan)检验其显著性差异($P=0.05$)^[19]。

3 结果与分析

3.1 不同生境下河岸带草本植物物种组成

图 1 显示,此次调查共记录金马河温江段流域草本植物 113 种,隶属 32 科 80 属,其中沙坑内草本植物物种数最多,共计 59 种,隶属 21 科 46 属,其次是河滩地、砾石地,分别是 51 种、54 种,芦苇地和斑茅地草本植物物种数最少,即 44、45 种;表 2 显示,金马河温江段流域不同生境中前 10 科物种数共计

79 种,其中河滩地、砾石地、芦苇地、斑茅地和沙坑分别为 40 种、37 种、34 种、36 种和 48 种,均占据各生境物种总数的一半以上;菊科、禾本科和蓼科植物物种数较多,分别为 26 种、17 种和 10 种,前两者在 5 种生境中均有分布,且在各个生境中物种数最多,说明其适合在各生境中生长。

3.2 不同生境下河岸带草本植物物种多样性比较

物种多样性是群落功能复杂性和稳定性的重要量度指标^[20],物种丰富度指数 D 表示群落内物种种数,Shannon-Wiener 指数 H 表示物种多样性程度,Simpson 指数 H' 数值越大,表示群落里物种分布越不均匀^[21],物种均匀度指数 J_{sw} 则反映群落均匀度。据表 3,沙坑物种丰富度指数 D 最大,且除砾石地外,与其他生境差异显著,但 Shannon-Wiener 指数 H 数值却呈现不一致的变化趋势,这刚好说明了 Shannon-wiener 指数不仅与 D 值相关,还与物种的个体数量相关;斑茅地与芦苇地的物种丰富度指数 D 、Shannon-Wiener 指数 H 、物种均匀度指数 J_{sw} 相较其他生境最低,Simpson 指数 H' 最高,这与下文中的重要值分析一致,斑茅与芦苇在生境中的优势地位明显,一定程度上限制了其他物种的生长,加剧了群落的不稳定性;河滩地各指数间的变化趋

势与斑茅地和芦苇地一致,但由于人为干扰严重,生境内物种种类相对沙坑和砾石地生境较少,群落稳定性差;受常年季节性河水的影响,砾石地生境 Shannon-Wiener 指数 H 最高,Simpson 指数 H' 除沙坑外,最低,物种均匀度指数 J_{sw} 最高,表明群落演替已逐渐趋于稳定。

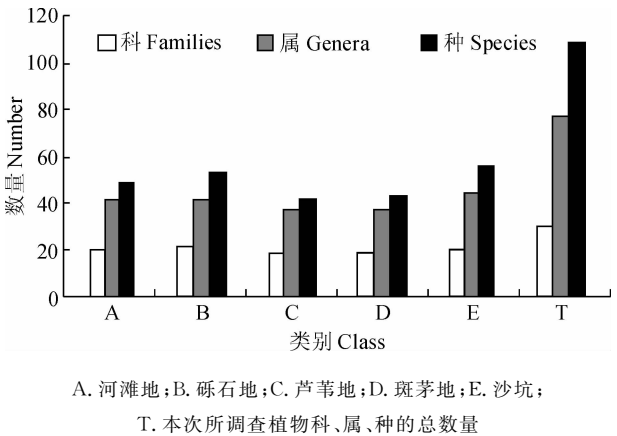


图 1 不同生境下河岸带草本植物群落科、属、种数量
A. Flood land; B. Gravel land; C. Reed lands; D. *S. arundinaceum* land; E. Sand; T. The total number of families, genera and species of the plant
Fig. 1 The number of families, genera and species species of herbaceous plant communities in different habitats

表 2 不同生境下河岸带草本植物排列前 10 科的物种组成统计
Table 2 Species of herbaceous plants in riparian zone in different habitats

科 Family	种数 Species					全部 Total
	河滩地 Flood land	砾石地 Gravel land	芦苇地 Reed land	斑茅地 <i>S. arundinaceum</i> land	沙坑 Sand	
菊科 Compositae	17	8	15	13	17	26
禾本科 Gramineae	7	8	5	7	11	17
蓼科 Polygonaceae	3	7	—	2	7	10
荨麻科 Urticaceae	2	3	3	—	—	6
蕨类 Pteridophyta	—	—	1	4	—	4
十字花科 Cruciferae	2	3	2	—	3	4
伞形科 Umbelliferae	—	2	2	—	2	3
茄科 Solanaceae	2	—	2	2	—	3
唇形科 Labiatae	2	3	2	—	2	3
旋花科 Convolvulaceae	2	—	—	—	—	3
鸭跖草科 Commelinaceae	2	—	—	2	—	—
车前科 Plantaginaceae	1	—	1	1	1	—
藜科 Chenopodiaceae	—	2	1	—	2	—
百合科 Liliaceae	—	1	—	—	1	—
报春花科 Primulaceae	—	1	—	—	—	—
茜草科 Rubiaceae	—	—	—	2	2	—
蔷薇科 Rosaceae	—	—	—	2	—	—
桑科 Moraceae	—	—	—	1	—	—
合计 Total	40	37	34	36	48	79

表 3 不同生境下的物种多样性
Table 3 The species diversity in different habitats

生境类型 Habitat type	物种丰富度指数 <i>D</i>	Shannon-Wiener 指数 <i>H</i>	Simpson 指数 <i>H'</i>	物种均匀度指数 <i>J_{sw}</i>
A	36.000 0±4.163 3b	3.049 4±0.224 6a	0.944 7±0.010 6a	0.835 3±0.046 7a
B	40.000 0±2.309 4ab	3.359 3±0.053 0a	0.943 6±0.070 1ab	0.975 2±0.012 4a
C	33.666 7±2.403 7b	1.980 4±0.183 0b	0.970 7±0.012 8ab	0.573 7±0.051 7b
D	32.666 7±1.333 3b	2.824±0.282 2ab	1.021 1±0.009 2a	0.835 3±0.072 2a
E	44.666 7±1.763 8a	3.182 3±0.110 8a	0.733 3±0.081 5b	0.900 0±0.056 2a

注:不同小写字母表示不同生境间差异显著($P<0.05$)
Note:The different normal letters indicate significant differences at $P<0.05$ between different habitats

表 4 不同生境河岸带草本植物重要值
Table 4 Important values of herbaceous plants in different habitats

物种 Species	重要值 Important value				
	A	B	C	D	E
斑茅 <i>Saccharum arundinaceum</i>	0.223 9			0.398 6	0.031 9
飞蓬 <i>Erigeron speciosus</i>	0.076 7		0.039 9		0.066 2
紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	0.058 5				
醉鱼草 <i>Buddleja lindleyana</i>	0.051 6				
类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i>	0.047 8				
前胡 <i>Peucedanum praeruptorum</i>	0.034 7			0.031 5	0.035 3
苦茺菜 <i>Ixeris polycephala</i>	0.029 3				
艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>	0.027 5			0.023 9	
矮蒿 <i>Artemisia lancea</i>	0.026 5				
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	0.024 0				
红蓼 <i>Polygonum orientale</i>		0.108 0			0.037 6
酸模 <i>Rumex acetosa</i>		0.070 6			0.023 0
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>		0.064 5			0.041 4
节节草 <i>Equisetum ramosissimum</i>		0.056 2			
早熟禾 <i>Poa annua</i>		0.067 3			
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>		0.035 4			0.033 3
葎草 <i>Humulus scandens</i>		0.034 6	0.047 1		0.111 2
酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>		0.070 0			
天胡荽 <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>		0.029 8			
苅草 <i>Arthraxon hispidus</i>		0.028 2			
钻叶紫菀 <i>Aster tataricus</i>		0.026 6			0.022 5
冷水花 <i>Pilea notata</i>		0.023 0			
芦苇 <i>Phragmites australis</i>			0.289 9		0.083 0
芦竹 <i>Arundo donax</i>			0.175 8		0.060 0
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>			0.053 5		
藜 <i>Chenopodium album</i>			0.030 1		0.040 3
蜈蚣草 <i>Nephrolepis cordifolia</i>				0.051 9	
千里光 <i>Senecio scandens</i>				0.035 0	
刺天茄 <i>Solanum indicum</i>				0.034 0	
蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>				0.032 5	
棒头草 <i>Polypogon fugax</i>					0.030 5
A:其余 56 种 The remaining 56 species belonging to A	0.399 5				
B:其余 57 种 The remaining 57 species belonging to B		0.385 8			
C:其余 47 种 The remaining 47 species belonging to C			0.363 7		
D:其余 48 种 The remaining 48 species belonging to D				0.392 6	
E:其余 58 种 The remaining 58 species belonging to E					0.383 8

表 5 不同生境河岸带草本植物构件生物量

Table 5 Modular biomass in riparian zone in different habitats

生境类型 Habitat type	根干重 Root dry weight/g	茎干重 Stem dry weight/g	叶干重 Leaf dry weight/g	花干重 Flower dry weight/g	总干重 Total dry weight/g
A	8.78±2.06c	14.84±4.6155c	11.53±2.38c	2.12±0.41b	36.68±8.30a
B	21.69±3.31c	31.73±7.63bc	35.82±9.31bc	7.57±2.59ab	96.81±12.56b
C	91.10±12.93b	71.69±18.64b	44.58±7.49abc	3.90±0.99b	211.27±38.52bc
D	232.56±19.59a	122.36±19.68a	71.08±14.94ab	13.91±2.45a	439.90±55.58cd
E	23.97±3.04c	73.83±13.10b	74.88±20.17a	11.98±4.15a	184.66±24.84d

注:不同小写字母表示不同生境间的数据差异显著($P<0.05$)

Note: The different normal letters indicate significant differences at $P<0.05$ between different habitats

3.3 不同生境下河岸带草本植物重要值分析

重要值能衡量物种个体在群落中的地位和作用,通过分析重要值,可找出群落中的主要优势种。据表 4 可知,在河滩地中,斑茅(0.223 9)的重要值最大,飞蓬(0.076 7)、紫苜蓿(*Medicago sativa*, 0.058 5)、醉鱼草(*Buddleja lindleyana*, 0.051 6)的重要值较大,其他物种重要值相对较小;在砾石地中,红蓼(*Polygonum orientale*, 0.108)的重要值最大;在芦苇地和斑茅地中,芦苇(0.175 8)与斑茅(0.398 6)的重要值最大,明显高于其他草本植物,在生境中的优势地位明显,在各个生境中,其余物种的重要值与河滩地、沙坑和砾石地相比,重要值最小,优势种数量芦苇地 6 种,斑茅地 7 种,最少;在沙坑中,葎草(*Humulus scandens*, 0.111 2)的重要值最大,另外,砾石地和沙坑都存在着外来入侵种中的恶性杂草,鬼针草(*Bidens pilosa*)和钻叶紫菀(*Aster tataricus*),但重要值很小。

3.4 不同生境河岸带草本植物构件生物量的比较

据表 5,构件生物量是植物对环境适应和自身生长发育规律的反映^[6]。在河岸带各生境类型中,斑茅地植物总干重最大,这主要是斑茅的作用,高大丛生,根茎粗壮、叶宽大,圆锥花序大型,河滩地植物总干重最小。在各构件生物量中,从根干重上看,斑茅地>芦苇地>沙坑>砾石地>河滩地,河滩地、砾石、沙坑的植物根干重差异不显著,芦苇地、斑茅地间差异显著,且与其他生境也存在显著差异。从茎干重上看,斑茅地茎干重明显高于其他生境,且与其他生境存在显著差异,沙坑生境茎干重虽与芦苇地不存在显著差异,但茎干重沙坑>芦苇地,河滩地茎干重最小,除砾石地外,与其他生境存在显著差异;从叶干重看,沙坑>斑茅地>芦苇地>砾石地>河滩地,斑茅叶大型,数量多,斑茅地叶干重比沙坑小,可能与各生境内物种丰富度有关;从花干重看,斑茅

地>沙坑>砾石地>芦苇地>河滩地,河滩地花干重值最小,可能是人为干扰,造成河滩地干旱缺水,造成该地植物花存在干枯,甚至凋零的现象,所以花生物量干重较小。

4 讨 论

从物种组成上看,金马河温江段流域河岸带草本植物以菊科、禾本科、蓼科植物为主,也分布着唇形科、蕨类、十字花科等植物。其中,沙坑草本植物物种数最多,物种多样性较好,河岸带生态系统较稳定;砾石地物种组成次之,主要在于砾石地受季节性水位变化影响,底泥侵入砾石缝隙中,砾石地底层基质养分、矿物质丰富,利于植物生长。在斑茅地和芦苇地中,植物物种组成较单一,从重要值上就可以看出,斑茅与芦苇的重要值较大,在群落中地位显著,有很强的竞争优势,占据了较大的生存空间,一定程度上限制了其他物种的生长,同时抵抗了外来物种入侵;在砾石地和沙坑中,由于人为携带,外来恶性杂草鬼针草和钻叶紫菀入侵,但在沙坑中二者所占重要值较小,原因可能如黄红娟等^[21]所言,群落物种越丰富,便会利用更多的光和营养,使群落中资源竞争压力增强,一定程度上限制了外来种的生长;在河岸带各个生境中,菊科、蓼科植物总体重要值较大,这与菊科、蓼科植物耐水淹、抗干旱能力强的生物学特性有关,也与邓红兵等^[22]所说的河岸带地下水位高、土壤肥力高、受洪水影响较大,其植物多耐水淹、需肥大的结论相一致,也充分说明飞蓬等菊科植物、水蓼等蓼科植物适宜作为金马河温江段河岸带生态系统植物的重建类型。

从物种多样性指数上看,沙坑生境 Shannon-Wiener 指数 H' 与物种丰富度指数 D' 值变化趋势存在差异,主要原因在于沙坑中单个物种个体数量较多,最终导致物种多样性指数减小,这与郝建锋等^[20]

得出的结论一致, Shannon-wiennner 指数 H 不仅与 D 值相关, 还与物种的个体数量相关。斑茅地与芦苇地中 Simpson 指数 H' 最大, 物种均匀度指数 J_{sw} 最小, 表明这两个群落物种分布极不均匀, 集中度与均匀度较差, 群落存在极大的不稳定性, 这与人为干扰中重度干扰对群落造成的影响相似。

生物量能够度量个体在种群中的地位与作用^[23]。构件生物量既能反映构件个体对植物整体的贡献率, 同时还可以反映出生境对植物个体的影响程度, 生物量也可作为生境是否有利于植物生长的测定因素之一。从根、茎、叶、花干重可以看出, 斑

茅地与芦苇地的各构件生物量最大, 与生境存在联系, 但更多在于自身的生长特性。从物种多样性、群落稳定性及植物构件生物量综合考虑, 沙坑最有利于河岸带草本植物的生长, 河滩地则需要进行改善。

综上, 研究不同生境对金马河温江段河岸带草本群落物种多样性和构件生物量的影响, 探讨河岸带生物多样性维持的生态学机制, 选择适合生境生长的耐水植物, 以期改善湿地群落结构、提高物种多样性、维持群落稳定性、充分发挥湿地生态系统功能提供借鉴。

参考文献:

[1] 刘 军, 陈益泰, 罗阳富, 等. 毛红椿天然林群落结构特征研究[J]. 林业科学研究, 2010, **23**(1): 93-97.
LIU J, CHEN Y T, LUO Y F, *et al.* Study on community characters of *Toona ciliata* var *pubescens* Natural Forest[J]. *Forest Research*, 2010, **23**(1): 93-97.

[2] 罗亚勇, 赵学勇, 左小安, 等. 放牧与封育对沙质草地植被特征及其空间变异性的影响[J]. 干旱区研究, 2008, **25**(1): 118-124.
LUO Y Y, ZHAO X Y, ZUO X A, *et al.* Effects of grazing and enclosure on vegetation characteristics and spatial variability of sandy grassland [J]. *Arid Zone Research*, 2008, **25**(1): 118-124.

[3] 任 引, 彭 丹, 潘俊忠, 等. 不同时空尺度下武夷山甜槠林物种多样性与生物量的动态关系[J]. 林业科学, 2010, **46**(8): 33-38.
REN Y, PENG D, PAN J Z, *et al.* Relationship between species biodiversity and biomass accumulation in a *Castanopsis eyrei* forest in Wuyishan Mountain under different temporal and spatial scales[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, **46**(8): 33-38.

[4] GUO Q F. The diversity-biomass-productivity relationships in grassland management and restoration[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2007, **8**(3): 199-208.

[5] CARDINALE B J, SRIVASTAVA D S, DUFFY J E, *et al.* Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems[J]. *Nature*, 2006, **443**(7 114): 989-992.

[6] 李雪华, 李晓兰, 蒋德明, 等. 科尔沁沙地 70 种草本植物个体和构建生物量比较研究[J]. 干旱区研究, 2009, **26**(2): 200-205.
LI X H, LI X L, JIANG D M, *et al.* A research review on modular and individual biomasses of 70 herbaceous species in the Horqin sandy land [J]. *Arid Zone Research*, 2009, **26**(2):

200-205.

[7] 杨 阳, 刘秉儒. 宁夏荒漠草原不同群落生物多样性与生物量关系及影响因子分析[J]. 草业学报, 2015, **24**(10): 48-57.
YANG Y, LIU B R. Impact factors and relationships between biodiversity and biomass of different communities in the desert steppe of Ningxia, China[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, **24**(10): 48-57.

[8] 赵玉红, 魏学红, 苗彦君, 等. 藏北高寒草甸不同退化阶段植物群落特征及其繁殖分配研究[J]. 草地学报, 2012, **20**(2): 221-228.
ZHAO Y H, WEI X H, MIAO Y J, *et al.* Plant community and reproductive allocation of alpine meadow with different degradation degrees in Northern Tibet [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, **20**(2): 221-228.

[9] 徐 粒, 高 琼, 王亚林. 围封 6 年对温带典型草原坡地物种多样性及其与地上生物量关系的影响[J]. 生态环境学报, 2014, **23**(3): 398-405.
XU L, GAO Q, WANG Y L. Species richness within a six-year slope enclosure in a temperate grassland and its relationship with aboveground biomass [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2014, **23**(3): 398-405.

[10] 李 艳, 姚小兰, 郝建锋, 等. 林窗对川西周公山柳杉人工林下物种多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2015, **35**(6): 1 238-1 245.
LI Y, YAO X L, HAO J F, *et al.* Effects of forest gap on under forest species diversity in a cryptomeria fortunei plantation in Zhougong Mountain, West Sichuan [J]. *Acta Bot. Borreal. Occident. Sin.*, 2015, **35**(6): 1 238-1 245.

[11] 冷荣艾. 岷江干流水污染趋势分析及其防治措施探讨[J]. 四川水利, 2014, (1): 58-62.
LENG R A. Analysis on the trend of water pollution and prevention measures of Minjiang River [J]. *Sichuan Water Re-*

- sources, 2014, (1): 58-62.
- [12] 李 融, 张庆忠, 姜炎彬, 等. 不同干扰下兴凯湖湿地植物群落的物种多样性研究[J]. 湿地科学, 2011, **9**(2): 179-184.
LI R, ZHANG Q Z, JIANG Y B, *et al.* Species diversity of plant communities of Xingkai Lake Wetlands under different levels of disturbance [J]. *Wetland Science*, 2011, **9**(2): 179-184.
- [13] 卢 涛, 马克明, 倪红伟, 等. 三江平原不同强度干扰下湿地植物群落的物种组成和多样性变化[J]. 生态学报, 2008, **28**(5): 1 893-1 899.
LU T, MA K M, NI H W, *et al.* Variation in species composition and diversity of wetland communities under different disturbance intensity in the Sanjiang Plain[J]. *Acta Ecol. Sin.*, 2008, **28**(5): 1 893-1 899.
- [14] 孙 荣, 邓伟琼, 袁 嘉, 等. 山地河流水电开发对河岸带植物群落特征的影响[J]. 环境科学研究, 2015, **28**(6): 915-922.
SUN R, DENG W Q, YUAN J, *et al.* Influence of hydropower exploitation on characteristics of riparian plant communities in mountain rivers[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2015, **28**(6): 915-922.
- [15] 高玄彧, 李 勇. 岷江中游河流下蚀率的研究[J]. 水土保持通报, 2008, **28**(1): 39-45.
GAO X Y, LI Y. Study of Incision Rate in the Middle Reaches of Minjiang River[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2008, **28**(1): 39-45.
- [16] 陈芙蓉, 程积民, 刘 伟, 等. 不同干扰对黄土区典型草原物种多样性和生物量的影响[J]. 生态学报, 2013, **33**(9): 2 856-2 866.
CHEN F R, CHENG J M, LIU W, *et al.* Effects of different disturbances on diversity and biomass of communities in the typical steppe of loess region[J]. *Acta Ecol. Sin.*, 2013, **33**(9): 2 856-2 866.
- [17] 杨文斌, 刘 坤, 周守标. 安徽新安江干流滩涂湿地草本植物区系及物种多样性[J]. 生态学报, 2013, **33**(5): 1 433-1 442.
YANG W B, LIU K, ZHOU S B. The flora and species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the Xin'anjiang River from Anhui[J]. *Acta Ecol. Sin.*, 2013, **33**(5): 1 433-1 442.
- [18] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I- α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, **2**(4): 231-239.
MA K P, LIU Y M. Measurement of biotic community diversity I- α diversity (Part 2)[J]. *Biodivers. Sci.*, 1994, **2**(4): 231-239.
- [19] 周 兵, 闫小红, 肖宜安, 等. 不同生境下入侵植物胜红蓟种群构件生物量分配特性研究[J]. 生态学报, 2015, **35**(8): 1-10.
ZHOU B, YAN X H, XIAO Y A, *et al.* Module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, **33**(5): 1 433-1 442.
- [20] 郝建锋, 王德艺, 李 艳, 等. 不同林分密度下川北白云山区喜树人工林的群落结构和物种多样性[J]. 植物研究, 2015, **35**(5): 772-778.
HAO J F, WANG D Y, LI Y, *et al.* Effects of stand density on community structure and species diversity of *Camptotheca acuminata* plantation in Baiyun Mountain, Mianzhu District, Sichuan Province[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2015, **35**(5): 772-778.
- [21] 黄红娟, 叶万辉. 外来物种入侵与物种多样性[J]. 生态学杂志, 2004, **23**(2): 121-126.
HUANG H J, YE W H. Exotic invasion and species diversity [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, **23**(2): 121-126.
- [22] 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.
DENG H B, WANG Q C, WANG Q L, *et al.* On riparian forest buffers and riparian management[J]. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2001, **12**(6): 951-954.
- [23] 方燕鸿. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2005, **13**(2): 148-155.
FANG Y H. Species composition and diversity of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis carlesii* and *C. eyrei* in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian, China [J]. *Biodiversity Science*, 2005, **13**(2): 148-155.

(编辑: 潘新社)