

山区河道工程扰动边坡植物群落恢复动态研究

孔维博¹, 尹亚敏², 彭尔瑞^{2*}, 吴培军², 毛转梅², 刘青¹, 蒋文翠², 陈旺旺²

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201;

2. 云南农业大学水利学院, 云南 昆明 650201)

摘要:为研究山区河道工程扰动边坡植物群落演替规律,以石葵河生态治理工程区为研究对象,采用典型样地抽样调查法,对河道边坡植被恢复情况进行连续3年的调查。结果显示,在生态修复期内共发现105种植物,隶属38科97属,以禾本科、豆科和菊科为主;随着时间推移,功能群物种组成有明显波动,豆科植物占比下降,禾本科、菊科植物占比升高;优势物种发生改变,从初期多年生草本占绝对优势逐步向乔灌木共存的趋势演替;植物群落生物多样性指数均呈上升趋势。针对研究区生态修复,试提出以当地优势物种胡枝子+大青+狗牙根+牛筋草+羽芒菊为主的灌草结合植物配置模式。

关键词:植物群落特征;植被恢复;工程扰动边坡;山区河道;石葵河

中图分类号:X171.4

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2021)06-0019-05

Dynamic Study on Restoration of Slope Plant Community Disturbed by River Engineering in Mountainous Area

KONG Wei-bo¹, YIN Ya-min², PENG Er-rui^{2*}, WU Pei-jun², MAO Zhuan-mei², LIU Qing¹,
JIANG Wen-cui², CHEN Wang-wang²

(1. College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;

2. College of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China)

Abstract: In order to study the succession law of slope plant community disturbed by river engineering in mountainous area, taking Shikui River ecological treatment project area as the research object, the vegetation restoration of river slope was investigated for three consecutive years by using typical sample plot sampling method. The results showed that during the ecological recovery period, 105 species of plants were found belonging to 38 families and 97 genera, mainly Gramineae, Leguminosae and Compositae. The species composition of functional groups fluctuated significantly with time, the proportion of Legumes decreased and the proportion of Gramineae and Compositae increased. The dominant species changed from the absolute dominance of perennial herbs in the initial stage to the coexistence of trees, shrubs and grasses. The biodiversity index of the plant community showed an upward trend. For ecological restoration in the research area, it tried to propose a configuration model of shrub-grass combination based on local dominant species *Lespedeza bicolor* Turcz. + *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz. + *Cynodon dactylon* (L.) Pers. + *Eleusine indica* (L.) Gaertn. + *Tridax procumbens* L.

Key words: Plant community characteristics; Vegetation restoration; Engineering disturbed slope; Mountain river; Shikui River

云南省生态河道治理推行“人水和谐”的理念,既要满足行洪要求,又要最大限度地减少对生态环境的破坏^[1]。工程扰动加剧生态环境恶化,加速水土流失,进一步形成地质灾害隐患,严重制约着工程建设^[2]。近年国家对生态环境保护更加

收稿日期:2020-10-28;修订日期:2021-09-03

基金项目:云南省科技惠民专项计划基金资助项目(2016RA024);云南省水利厅“云南水利现代化评价指标体系研究”基金资助项目(2019J0134)

作者简介:孔维博(1993—),男,云南宣威人,在读研究生,研究方向为生态修复与水土保持。

*通信作者:彭尔瑞 E-mail: pengerru526@163.com

关注,边坡生态修复成为研究热点^[3]。工程扰动边坡植被恢复研究主要集中于公路和弃渣场边坡。段玉婷等^[4]采用动态跟踪监测与实地调查相结合,对高速公路石质边坡植物群落恢复进行研究;李全生^[5]对东部草原大型煤电基地的生态影响和修复技术开展了遥感监测和仿真研究。针对生态河道边坡植被恢复研究较少,从群落水平对植物恢复动态研究较为罕见^[6]。云南山区河道地形复杂,气候多样,土壤理化性质参差不齐,民族习俗种类繁多,增加了工程扰动区植被生态修复难度^[7]。如何保证工程安全建设,对工程扰动区进行植被重建,实现生态环境和社会发展和谐统一,是比较有现实意义的课题^[8]。今以石葵河为研究区对工程扰动河道边坡植物群落结构恢复进行分析研究,探讨植被修复和群落演替的潜在方向,为后期相似工程生态修复植物选择和后期养护管理提供典型案例。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

石葵河位于云南省丘北县东北部,地理范围为E104°14'~E104°30', N24°13'~N24°15',属于珠江流域西江水系清水江支流,全长44 km,流域面积283 km²,海拔920 m~1 100 m。多年平均气温为17.4℃~19.2℃,年平均降雨量1 143.3 mm,土壤类型为红壤、砖红壤,有机质含量2%~3%,pH值5.6~7.5^[9]。山区河流水位受季节性降雨影响较大,水位陡涨陡落,研究河段2年一遇洪水水深为1.2 m,流量为46.1 m³/s,10年一遇洪水水位为2.3 m,流量为119 m³/s,常年水位在0.8 m左右波动,最枯流量0.496 m³/s。

1.2 石葵河修复设计与模式

河道整治采用梯形断面,边坡为1:1.5,以常水位(2年一遇洪水位)为基准线,常水位以下用生态混凝土小块干砌,常水位以上用格状框条护坡,在框条内种植满足水土保持需求的物种。研究区施工规范,2014年6月竣工验收完毕,边坡现处于生态修复期,在工程扰动区河道边坡植被修复研究中具有典型代表性,故选择该河段作为调查研究样地。

1.3 样地设置

将样地布置在河道左右岸迎水边坡,以常水位和设计洪水位为界,采用典型样地抽样调查法^[10]进行植被调查,共设置8个样地,左岸样地为L1—L4,右岸样地为R1—R4。每个样地内设置6个样

方,共计48个样方,由于调查区主要植被是灌木和草本,故每个样方设为1 m×1 m。

1.4 调查方法和内容

2018—2020年,在每年8月中旬植物群落物种数量最丰富时期对研究区样地内植被进行实地调查。为降低偶然因素影响,在样地调查中设定平行样,每12个样方设置1个控制样^[11]。调查时按乔、灌、草分类,对样方内植被种类、数量、盖度(目测估计)、高度、频度和生长型统计汇总成册。

1.5 植物群落特征指标计算

重要值表示某个种在群落中的地位和作用的综合数量指标。

频度 = 该种植物出现的样方数/所调查的样方总数 × 100 (1)

相对高度 = 某一种植物的高度/所有种高度总和 × 100 (2)

相对盖度 = 某一种植物的盖度/所有种盖度总和 × 100 (3)

相对频度 = 某一种植物的频度/所有种频度总和 × 100 (4)

乔、灌层重要值^[12] = (相对高度 + 相对盖度 + 相对频度)/3 (5)

藤本、草本层重要值 = (相对频度 + 相对盖度)/2 (6)

选用Patrick丰富度指数(S)、Shannon-Wiener指数(H)、Pielou均匀度指数(E)、Simpson优势度指数(D)等4个指标对植物群落的物种多样性进行测评^[13-16]。

$$H = - \sum P_i \ln P_i \quad (7)$$

$$E = - \sum P_i \ln P_i / \ln S \quad (8)$$

$$D = \sum P_i^2 \quad (9)$$

式中: P_i 为种 i 的相对重要值; S 为种 i 所在样地的物种总数,即丰富度指数。

2 结果与讨论

2.1 边坡植物群落物种组成

在工程扰动后,河道边坡的物种数屈指可数,经过6年的恢复,样地共出现105种植物,分属38科97属,物种数呈现逐年递增趋势。截至2020年左岸出现24科64种植物,右岸出现32科66种植物,主要为禾本科、豆科、菊科3大科植物,河道边坡总物种数总体呈现上升趋势(见表1)。

表 1 2018—2020 年研究样地中植物群落种类组成

Table 1 Species composition of plant community in the study area from 2018 to 2020

植物科名	左岸各科物种数量 n/种			右岸各科物种数量 n/种		
	2018 年	2019 年	2020 年	2018 年	2019 年	2020 年
菊科 (Asteraceae Bercht. & J. Presl)	3	8	15	5	7	12
禾本科 (Poaceae)	4	5	11	4	4	10
锦葵科 (Malvaceae)		2	3		3	2
胡桃科 (Juglandaceae DC. ex Perleb)	1	1	2	1	1	2
马鞭草科 (Verbenaceae)		1	2		2	
马钱科 (Loganiaceae)	1	1	1		1	1
荨麻科 (Urticaceae Juss.)		2	1			1
豆科 (Leguminosae)	3	4	4	2	6	4
葫芦科 (Cucurbitaceae)		1				2
杨柳科 (Salicaceae)	1	1	2	1	1	2
大戟科 (Euphorbiaceae)		2	1		1	2
茄科 (Solanaceae)	1	1	3		1	2
紫草科 (Boraginaceae)			1		1	1
桑科 (Moraceae)	1	3	3	1		4
百合科 (Liliaceae)		1			1	1
鼠李科 (Rhamnaceae Juss.)		1				
蔷薇科 (Rosaceae)	1		4			2
旋花科 (Convolvulaceae Juss.)	1			1		1
蓼科 (Polygonaceae)	1		2			2
木贼科 (Equisetaceae)	1		1	1		1
其他			8			14

2018 年(植被恢复第 4 年),左右两岸边坡物种数峰值分别为禾本科和菊科,占该岸总物种数的 21.1% 和 31.3%;2019 年(植被恢复第 5 年),左右两岸边坡物种数峰值都为菊科,占该岸总物种数的 23.5% 和 24.1%;2020 年(植被恢复第 6 年),左右两岸边坡物种数峰值都为菊科植物,占该岸总物种数的 23.4% 和 18.2%。两岸对比分析显示,虽然立地条件相似,但植被恢复群落物种数量略有差异,左岸恢复效果明显比右岸好,出现该现象的原因可能是受人为干扰影响。

2.2 边坡植物群落物种组成分析

根据 Hector 对植物功能群的划分^[17],将边坡植物群落物种分为菊科、豆科、禾本科、非禾杂草类 4 大功能群(见图 1)。由图 1 可见,在生态河道修复过程中,禾本科占比呈现先降低后平稳趋势,这符合植被修复特征理论。豆科占比呈现逐年递减,从 23.1% 减少到 8.2%,这可能是由于豆科植物的固氮作用改善了立地条件,使得其他物种迅速发展,从而降低了豆科植物的占比。菊科占比虽然呈现先增长后下降趋势,但依然占有主导地位,占总物种数的 30% 以上。随着修复时间的积累,非禾杂草类呈现逐年上升趋势,常规 3 大科(豆科、禾

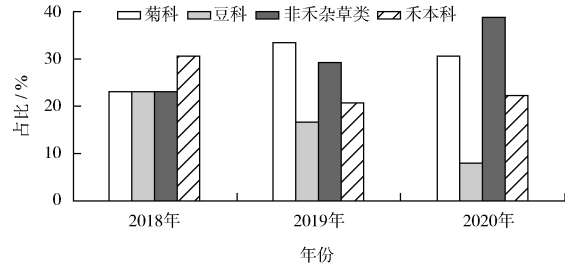


图 1 2018—2020 年不同功能群植物占比

Fig. 1 Proportion of plant in different functional groups from 2018 to 2020

本科、菊科)占比总体呈下降趋势,其他物种逐渐衍生,物种丰富度呈现明显的上升趋势。

2.3 边坡植物群落结构动态变化

工程完工初期,由于受工程扰动的影响,除原生乔木外基本没有其他植被,经过 6 年的修复,植物群落结构发生明显变化,尤其在垂直结构方向,通过对比,两岸物种数量都呈现明显递增趋势,见图 2(a)(b)。由图 2 可见,立地条件相同,植被恢复情况基本相似,比较符合自然规律;从植被生活型分析,增长率最快的是草本植被。2018—2019 年植被增长率由高到低为草本 > 灌木 > 乔木,2019—2020 年为草本 > 乔木 > 灌木;增长数量最

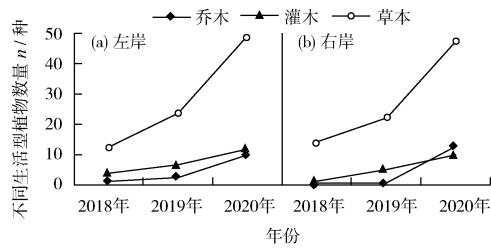


图 2 2018—2020 年两岸不同生活型植物数量

Fig. 2 Number of different life forms of plants on both sides of the river from 2018 to 2020

多的是草本层,左岸由植被恢复第 4 年的 13 种增长到植被恢复第 6 年的 49 种,右岸从 14 种增长到 47 种,灌木的种类和数量亦有明显增长趋势。总体而言,在植被的修复过程中以草本植被为主,两岸所占比例都在 70% 以上,乔木所占比例也有明显提高,乔灌木垂直结构已经基本确立,扰动区的植被修正朝着自然进化方向演替。

2.4 边坡植物群落优势种动态变化

优势种是决定群落外形、结构和功能的物种,对群落影响最大,优势种的更替是群落演替阶段的重要标志之一^[18]。两岸重要值最大的前 4 种物种及其相对盖度和重要值见表 2。由表 2 可知,2018 年,左右两岸边坡群落物种相对单一,优势种为狗牙根,重要值分别为 54.81 和 57.52。2019 年,由于乡土物种侵入增多,左岸主要为破坏草和鬼针草,并出现亲水草本植物水蓼,狗牙根重要值为 44.74,比 2018 年略有下降;右岸破坏草和狗牙根生长强势,重要值分别达到 24.36 和 47.43,灌木大青出现,重要值为 16.72。2020 年,左岸破坏草

和水蓼生长迅速,重要值上升为 30.72 和 24.33,成为优势种;右岸破坏草和藿香蓟长势迅猛,狗牙根和鬼针草被遏制,狗牙根重要值降为 23.21,优势种变为破坏草和藿香蓟,右岸边坡群落优势种转变为破坏草和藿香蓟;群落生活型组成由初期的草本占绝对优势地位,演替到多年生草本和亚灌木占主导地位,灌木层和乔木层物种占重要地位。

2.5 边坡植物群落物种多样性动态变化

群落物种多样性是植物群落的重要特征,丰富度指数可反映群落内物种数的多寡,Shannon-Wiener 指数是对群落多样性的信息度量,Pielou 均匀度指数和 Simpson 优势度指数可反映群落中物种分布的均匀程度及群落演替中物种竞争的结果^[19-20]。表 3 为 2018—2020 年两岸植物群落物种多样性指数。由表 3 可知,生态修复初期,河道边坡物种丰富度指数和均匀度指数都比较低,在植被恢复 6 年内,植物群落多样性指数均呈直线上升趋势。在恢复初期,以狗牙根为主的草本植物迅速覆盖河道边坡,改善边坡生态环境,有效抑制了降雨侵蚀和风力侵蚀,减少了水土流失,为其他物种的入侵、定居创造条件。随后大量多年生草本植被和灌木植物侵入,植物多样性不断上升,到恢复第 6 年,左、右两岸河道边坡丰富度指数分别为 49、47,Shannon-Wiener 指数分别为 2.243、2.057,且左岸高于右岸。恢复第 4 年,左右两岸边坡植物群落中狗牙根占绝对优势地位,盖度均在 61% 以上;恢复第 5 年、第 6 年后,两岸狗牙根植物群落盖度均有所降低,左岸破坏草和水蓼盖度上升较快,逐步成为优势物种,右岸破坏草和藿香蓟生长迅猛,盖

表 2 2018—2020 年两岸主要植物种类、相对盖度和重要值

Table 2 Main plant species, relative coverage and important value on both sides of the river from 2018 to 2020

年份	左岸			右岸		
	植物名称	相对盖度	重要值	植物名称	相对盖度	重要值
2018 年	枫杨	7.47	10.23	枫杨	9.32	13.86
	破坏草	12.32	9.34	破坏草	13.51	15.73
	狗牙根	61.91	54.81	狗牙根	64.43	57.52
	鬼针草	11.64	8.63	鬼针草	8.92	14.84
2019 年	枫杨	11.43	18.42	枫杨	12.36	16.43
	大青	14.72	15.43	大青	15.38	16.72
	破坏草	21.82	20.46	破坏草	21.39	24.36
	狗牙根	50.56	44.74	狗牙根	49.76	47.43
2020 年	枫杨	9.71	21.34	枫杨	11.63	16.46
	破坏草	53.26	30.72	破坏草	47.23	31.42
	藿香蓟	16.73	19.43	藿香蓟	21.45	26.65
	水蓼	20.36	24.33	狗牙根	19.38	23.21

表3 2018—2020年两岸植物群落物种多样性指数
Table 3 Species diversity index of plant community on both sides of the river from 2018 to 2020

年份	左岸				右岸			
	S	H	D	E	S	H	D	E
2018年	15	1.423	0.525	0.774	13	1.383	0.539	0.764
2019年	24	1.671	0.625	0.855	22	1.456	0.571	0.874
2020年	49	2.243	0.776	0.904	47	2.057	0.634	0.913

度快速上升,两岸均匀度都呈现上升趋势。

3 结论

工程扰动区边坡生态修复的本质就是植物群落的最终恢复^[21]。通过对石葵河生态河道边坡植物群落恢复取样调查研究得出如下结论。

(1)经过6年的恢复,总物种数达到105种,Shannon-Wiener指数为2.151,Pielou均匀度指数为0.909,Simpson优势度指数为0.515,乔灌木垂直结构确立,植物群落基本郁闭,河道边坡接近未扰动区自然状态。说明所采取的生态河道治理形式、生态护坡结构和材料适宜于植被的自身修复。

(2)植被修复的6年中,禾本科、豆科、菊科植物起决定性作用,占总物种数50%以上。生态修复初期,禾本科生长快、成坪迅速、覆盖率高,对边坡初期绿化和水土保持有重要意义,这与段中华等^[22]的研究结果一致。菊科植物适应性和侵入性较强,生长迅速,能提升群落结构的复杂性和增加生态系统的稳定性;豆科植物占比较高,具有固氮、根深和耐旱的特点^[23],故在混播草种时可适当增加豆科植物的比例。

(3)研究发现,水位变化对植被修复有直接影响,常水位附近物种丰富度指数高,植被生活型多样,生物多样性丰富;常水位以下主要是原生乔木和亲水草本植物;设计洪水位以上以多年生草本为主。上游降雨和径流直接影响水位变化,上游来水还可能将上游物种带到下游,这也是一种影响研究区植被修复效果的重要因素^[24]。水位变化对植被修复效果的影响机理目前还没有深入系统研究。

(4)调查发现了一些当地优势物种,如将牛筋草、狗牙根或将狗牙根、羽芒菊作为优势种,提出以胡枝子+大青+狗牙根+牛筋草+羽芒菊为主的植被配置模式,该模式比较适合于滇东南山区河道边坡植被修复。今采用典型样地抽样调查方法对工程扰动河道边坡植物群落恢复作研究,由于条件限制未开展持续性跟踪监测,所得数据具有局限性

和偶然性,下一步须对植物群落恢复、水位变化、水文气象等跟踪监测^[25],进一步分析和总结河道边坡植物群落恢复特征及其相应的水文变化规律。

[参考文献]

- [1] 章运超. 长江中游横断面形态对水沙条件变化的滞后响应研究[D]. 武汉:长江科学院,2016.
- [2] 武海峰. 晋西南地区天然气管道工程的水土保持措施及防治效果分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [3] 赵冰琴,夏栋,夏露,等. 向家坝工程扰动区植被恢复土壤质量评价[J]. 中国环境科学,2020,40(3):1224-1234.
- [4] 段玉婷,王志泰,徐小明,等. 石质边坡人工植物群落动态研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):75-81.
- [5] 李全生. 东部草原区大型煤电基地开发的生态影响与修复技术[J]. 煤炭学报,2019,44(12):3625-3635.
- [6] 杨阳. 皖西大别山区高速公路边坡人工植被恢复特征及其质量评价[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [7] 赵冰琴,夏振尧,许文年,等. 工程扰动区边坡生态修复技术研究综述[J]. 水利水电技术,2017,48(2):130-137.
- [8] 屈月雷,令志强,王晨,等. 云南省石葵河不同海拔梯度的植物多样性分析[J]. 广东农业科学,2018,45(9):79-83.
- [9] 范强,刘瑞,代兴梅,等. 石葵河河道治理关键技术问题研究[J]. 中国农村水利水电,2013(11):31-33,40.
- [10] 王飞,王永元,杨萌萌,等. 干旱河谷草本植物随海拔变化的物种多样性[J]. 森林与环境学报,2017,37(4):471-476.
- [11] 叶金利,田路萍,吴文卫,等. 云南会泽者海镇典型矿区场地重金属污染特征及健康风险评估[J]. 环境监测管理与技术,2019,31(3):36-40.
- [12] 张明月,刘楠楠,刘佳,等. 湖南大围山和八面山香果树种群的年龄结构和演替动态比较[J]. 西北植物学报,2017,37(8):1603-1615.
- [13] 谢春平,王森,伊贤贵,等. 南京仙林地区安置小区木本植物组成与多样性分析[J]. 环境监测管理与技术,2019,31(1):64-67.
- [14] 齐代华,贺丽,周旭,等. 三峡水库消落带植物物种组成及群落物种多样性研究[J]. 草地学报,2014,22(5):966-970.
- [15] 温培才,盛茂银,王霖娇,等. 西南喀斯特高原盆地石漠化环境植物群落结构与物种多样性时空动态[J]. 广西植物,2018,38(1):11-23.
- [16] 朱爱民,韩国栋,康静,等. 长期不同放牧强度下短花针茅荒

(下转第34页)