

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.032

香格里拉普朗尾矿区工程边坡植被恢复调查研究

邹国富¹, 黄云朝², 杨继清², 朱辉¹, 雍伟勋¹

(1. 中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司, 云南 昆明 650000; 2. 云南农业大学, 云南 昆明 650201)

摘要:为研究香格里拉市高寒山区工程边坡迹地植物群落结构,以香格里拉普朗尾矿区工程边坡迹地为研究对象,研究其植物群落的物种组成、物种相似性及物种多样性。结果表明:工程迹地乔木层的优势种主要是丽江云杉,灌木层优势种以川滇高山栎为主,其次是滇西北小檗和西南蔷薇,草本层优势种以苔草、蒿等植物为主,未受破坏的自然林地植物优势种更为多元化;工程迹地 1 年自然恢复样地与自然群落样地物种相似性指数较小,为 0.03~0.30;工程迹地多年自然恢复样地物种与自然群落样地物种相似性系数较高,最高为 0.43;F1 样地草本层 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数均较大,但不同工程迹地之间差别较小。草本层自然恢复较快,在演替早期,草本植物中的蒿、苔草、野青茅及西南鳶尾等植物,可作为工程迹地植被恢复的先锋植物。

关键词:工程迹地;植被恢复;物种多样性;优势种;香格里拉市

中图分类号:S758.8;X171.4;Q945.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)04-0191-06

引文格式:邹国富,黄云朝,杨继清,等. 香格里拉普朗尾矿区工程边坡植被恢复调查研究[J]. 林业调查规划, 2023,48(4):191-196. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.032

ZOU Guofu, HUANG Yunzhao, YANG Jiqing, et al. Investigation on Slope Vegetation Restoration of Pulang Tailings Area in Shangri-La City[J]. Forest Inventory and Planning, 2023,48(4):191-196. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.032

Investigation on Slope Vegetation Restoration of Pulang Tailings Area in Shangri-La City

ZOU Guofu¹, HUANG Yunzhao², YANG Jiqing², ZHU Hui¹, YONG Weixun¹

(1. China Non-ferrous Metal Industry Kunming Exploration Design Research Institute, Kunming 650000, China;
2. Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to study the plant community structure of the engineering slope in the alpine mountain area of Shangri-La City, the engineering slope in the Pulang tailings area was taken as the research object to study the species composition, species similarity, and species diversity of the plant community. The results showed that the main dominant species in the arbor layer of the project slash was *Picea likiangensis*, the dominant species in the shrub layer were *Quercus aquifolioides*, followed by *Berberis franchetiana* and *Rosa murielae*, the dominant species in the herbaceous layer were *Carex* sp. and *Artemisia* sp., and the dominant species of plants in undamaged forest land were more diversified; the similarity index between the species in the one-year engineering site and the natural community species was small, ranging from 0.03 to 0.30; the similarity index between the species in the multi-year engineering natural

收稿日期:2022-02-15.

基金项目:校企合作项目(20200618);云南省教育厅基金项目(2021J0123).

第一作者:邹国富(1970-),男,黑龙江林甸人,正高级工程师.研究方向为地质工程与生态修复. Email:gwenling2008@sina.com

restoration site and the natural community species was higher, with a maximum of 0.43; in terms of community species diversity, Simpson diversity index and Shannon-Wiener diversity index of herb layer were larger in F1 sample plot, but there was little difference between different project slash. In conclusion, the natural recovery and renewal of the herb layer was faster, in the early stage of succession, herbaceous plants, especially *Artemisia* sp., *Carex* sp., *Deyeuxia* sp. and *Iris bulleyana*, can be used as pioneer plants for vegetation restoration in project slash.

Key words: project slash; vegetation restoration; species diversity; dominant species; Shangri-La City

香格里拉市位于云南省西北部“三江并流”国家级风景名胜区腹地,由于金沙江在其南侧和东侧环切,使其形成一个较为独立和完整的区域。该区域人口密度小,交通不便,植被保存较为完好;由于山高谷深,形成了显著的立体气候,植被垂直带谱完整,生物资源十分丰富,是滇西北生物多样性的缩影和代表,具有较高研究价值^[1]。然而香格里拉市主要属于高寒山区,冬季气候严寒,生态系统十分脆弱。随着香格里拉市高寒地区的开发,矿山、公路、铁路等工程建设形成了大量高陡边坡,工程迹地生态环境极度退化,植物群落结构遭到严重破坏,生物多样性急剧降低,对其植被恢复难度较大,极具挑战性。因此,需重视高寒山区边坡迹地植被恢复工作。

植物多样性恢复是受损生态系统重建的重要内容,其变化说明了植被的恢复进程^[2-4]。植物多样性研究有利于预测植物群落的演替方向及群落稳定程度^[5]。

针对高原高寒山区高陡边坡工程迹地植被自然恢复的研究比较薄弱。对香格里拉普朗尾矿区不同年份形成的工程边坡迹地和原生植被群落进行调查分析,了解工程建设形成的高陡边坡迹地植被自然恢复群落组成、结构特征及生物多样性特征,为后续的生态修复研究提供参考。

1 研究地区与调查方法

1.1 研究区概况

香格里拉市位于云南省西北部的迪庆州东部,属青藏高原南缘横断山脉腹地,地处北纬 26°52'~28°52',东经 99°20'~100°29'(图 1)。研究区海拔 3 250~3 800 m,属寒温带山地季风气候,常年气温偏低,热量不足,干湿季分明;气象站年均温 6.3℃,平均最高温 14℃,平均最低温 -1.6℃,≥10℃年积温 1 200~1 556℃,年均降雨量 618.4 mm,年日照时数 2 180.3 h,年均相对湿度 70%,霜期 244 d,日温差大,太阳辐射强烈^[6]。

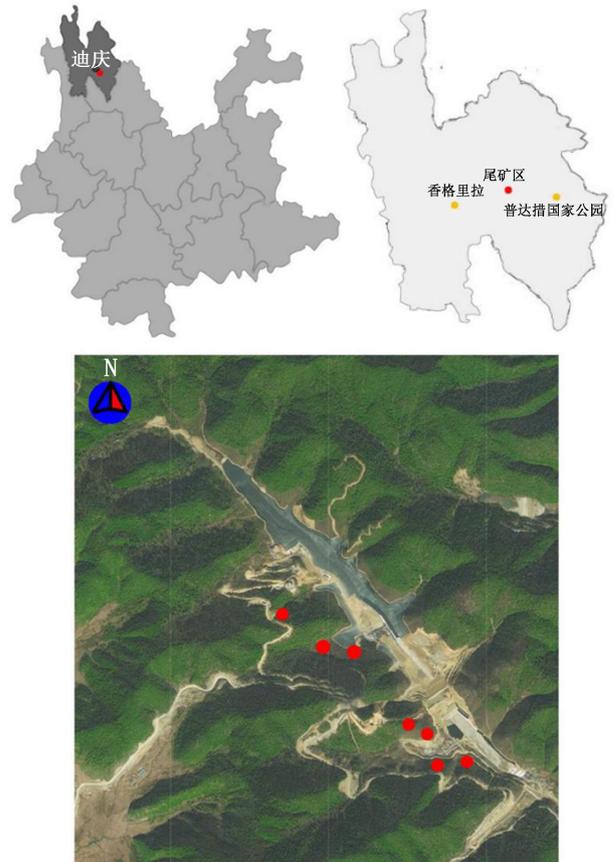


图 1 研究样地区位

Fig. 1 Location of study sample plot

1.2 试验区样地布设

具体调查地点位于香格里拉市格咱乡普朗铜矿尾矿区。在现场踏查基础上,共设置 14 个样方,其中自然植物群落样地 4 个(A1、A2、B1、B2),表面为松软土壤,林下腐殖质丰富,土壤肥力较好;工程边坡迹地 5 年自然恢复样地 2 个(E1、E2),表面有少量碎石,土壤肥力较好;工程边坡迹地 1 年自然恢复样地 6 个(C1、C2、D1、D2、F1、F2),表面有大量小碎石和零星大石块,原有土壤层被破坏,土壤肥力贫瘠,保水能力差;人工恢复边坡迹地 2 个(G1、G2),土壤中加入了腐殖土和肥料。

1.3 采样方法

主要关注工程迹地植物恢复生长一至多季后的草本层和多年(5年)演替的灌木层。2021年5—9月在研究区内选择14个样地进行调查,每个样地设置20m×20m调查区,记录区内植物种名。在每个10m×10m样方中对乔木和灌木进行调查,记录植物名称、数量、盖度、高度等指标;在每个10m×10m样方设置3个1m×1m小样方,进行草本植物调查,记录其名称、数量、盖度、高度等指标。

1.4 调查数据处理

采用重要值表示物种的优势度,重要值(VI)=(相对密度+相对频度+相对盖度)/3。草本层使用相对高度代替相对密度,乔木层中的相对盖度指相对基盖度。采用Simpson多样性指数、Shannon-Wiener多样性指数、Hurlbert均匀度指数和Margalef丰富度指数进行计算。

Simpson多样性指数 D :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (1)$$

Shannon-Wiener多样性指数 H :

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

Hurlbert均匀度指数 E :

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln S} \quad (3)$$

Margalef丰富度指数 R :

$$R = \frac{(S - 1)}{\ln N} \quad (4)$$

Jaccard物种相似性指数 I :

$$I = c / (a + b - c) \quad (5)$$

式中: c 表示A和B两个样地群落的共有植物种数; a 表示样地A群落的植物种数; b 表示样地B群落的植物种数。

2 结果与分析

2.1 样地群落组成与结构

调查发现,不同类型工程迹地的植被均有不同程度的恢复,植被恢复初期以草本居多,有少量的灌木或乔木。工程迹地植物群落结构较为简单,植物物种相对单一,主要有菊科(Compositae)蒿属(*Artemisia* sp.),禾本科(Gramineae)野青茅属(*Deyeuxia* sp.),莎草科(Cyperaceae)苔草属(*Carex* sp.)。未受破坏的自然林地植物种类呈现多样化趋势,群落结构相对复杂,乔木层有丽江云杉(*Picea likiangensis*)、高山松(*Pinus densata*)、白桦(*Betula platyphylla*)等,灌木有滇西北小檗(*Berberis franchetiana*)、西南蔷薇(*Rosa murielae*)、云南锦鸡儿(*Caragana franchetiana*)、川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)和红棕杜鹃(*Rhododendron rubiginosum*)等。

在工程迹地中,多年自然恢复样地E1植物物种最多,共有18科26属29种,草本层最为丰富,草本种类大于自然植物群落,但缺少乔木层;而工程迹地人工恢复地(G1)植物物种相对较少,共有6科5属6种;工程迹地自然恢复地(C1、C2)只有草本层;自然植物群落(B2)草本层最为发达,主要有苔草(*Carex* sp.)和西南鸢尾(*Iris bulleyana*)等,灌木为川滇高山栎;E1和E2群落组成只有草本和灌木,缺少乔木层植物。样地基本信息见表1。

表 1 样地基本信息

Tab. 1 Basic information of sample plot

样地编号	描述	海拔 /m	经纬度	坡度 / (°)	坡向	人工干扰
A1	自然边坡植物群落	3265	100°59'10"E, 27°59'10"N	42	东	放牧
A2	自然边坡植物群落	3265	100°59'10"E, 27°59'10"N	40	东	放牧
B1	自然边坡植物群落	3225	100°42'10"E, 29°11'0"N	52	北	放牧
B2	自然边坡植物群落	3225	100°42'10"E, 29°11'0"N	49	北	放牧
C1	工程迹地1年自然恢复边坡	3258	99°45'56"E, 27°59'10"N	35	东北	放牧
C2	工程迹地1年自然恢复边坡	3258	99°45'56"E, 27°59'10"N	37	东北	放牧
D1	工程迹地1年自然恢复边坡	3333	102°44'44"E, 25°80'10"N	19	东	放牧
D2	工程迹地1年自然恢复边坡	3333	102°44'44"E, 25°80'10"N	20	东	放牧
E1	工程迹地5年自然恢复边坡	3267	99°42'49"E, 27°50'0"N	23	北	放牧
E2	工程迹地5年自然恢复边坡	3267	99°42'49"E, 27°50'0"N	21	北	放牧
F1	工程迹地1年自然恢复边坡	3331	99°45'52"E, 27°60'06"N	41	东南	放牧
F2	工程迹地1年自然恢复边坡	3331	99°45'52"E, 27°60'06"N	38	东南	放牧
G1	工程迹地人工恢复边坡	3183	99°38'48"E, 28°04'08"N	50	南	放牧
G2	工程迹地人工恢复边坡	3183	99°38'48"E, 28°04'08"N	47	南	放牧

2.2 不同样地优势种

重要值是衡量群落中植物是否为优势种的一项
重要指标。通过对重要值的分析可找出群落中的主
要优势物种^[7](表 2)。

1)对乔木层而言,白桦—丽江云杉混交林(A1)
以白桦和丽江云杉为优势种,白桦的重要值大于丽
江云杉。自然群落(A2)有 3 种乔木,重要值大小排
序分别是白桦>丽江云杉>高山松;工程迹地中未
见乔木。

2)对灌木层而言,川滇高山栎为多年工程迹地
(E1、E2)主要优势种。自然植物群落 B1 样地灌木
物种重要值位于前 3 位的依次为西南蔷薇、红棕杜
鹃、滇西北小檗;B2 样地灌木物种川滇高山栎和西
南蔷薇的重要值较高,滇西北小檗的重要值较小;
A1 群落灌木物种重要值位于前 3 位的分别为川滇
高山栎、西南蔷薇和滇西北小檗;B2 和 E2 样地灌木
优势种相同,均为西南蔷薇、滇西北小檗及川滇高
山栎;未收破坏的自然群落中灌木优势种均为川滇高
山栎、西南蔷薇及滇西北小檗。

3)工程迹地上草本层的优势植物主要有蒿(*Ar-
temisia* sp.)、西南鸢尾、苔草,其次是接骨草(*Sambucus
chinensis*)、蕨(*Pteridium* sp.)、柳兰(*Epilobium an-
gustifolium*)、西南委陵菜(*Potentilla lineata*)等;未受
损林地重要值位于前 3 位的分别为西南鸢尾、苔
草、蒿。

2.3 群落相似性

物种间相似性是植物群落重要的数量和结构特
征之一,是衡量 2 个物种相似程度的一项指标^[10]。
研究区植物群落相似性见表 3。

由表 3 可知:轻度相似占比为 10.4%,极不相似
占比为 89.5%,相似度最高的是 B1 和 B2、B2 和
E2,B1 和 E2,其余各地均为极不相似。工程迹地 1
年自然恢复样地物种与自然群落样地物种相似性指
数较小,为 0.03~0.30;其中工程迹地多年自然恢复
样地(E2)物种与自然群落样地物种相似性系数较
高,最高为 0.43;工程迹地人工恢复样地与自然群
落样地共有物种少,相似性系数仅为 0.02~0.06。
工程迹地与未受损自然群落物种相似性系数大小依
次为 E2>E1>D1>D2。相比而言,工程迹地多年自
然恢复样地之间物种较为相似,其物种相似性指数
为 0.14~0.43。其中:E2 和 B2 样地间物种相似性
系数最大,为 0.43;E1 与 A1、A2、B1、B2 物种相似
性系数相对较小;不同工程迹地之间主要共有物种

表 2 不同工程迹地植物前三位重要值

Tab. 2 Top three important values of plants in
different project slashes

样地 编号	草本		灌木		乔木	
	物种	重要值	物种	重要值	物种	重要值
A1	西南鸢尾	0.20	川滇高山栎	0.42	白桦	0.72
	苔草	0.20	滇西北小檗	0.12	丽江云杉	0.12
	蕨	0.19	西南蔷薇	0.16	高山松	0.09
A2	西南鸢尾	0.24	川滇高山栎	0.64	白桦	0.64
	苔草	0.23	西南蔷薇	0.12	丽江云杉	0.22
	西南委陵菜	0.16	红棕杜鹃	0.12	高山松	0.14
B1	苔草	0.28	西南蔷薇	0.26		
	桂皮紫萁	0.22	红棕杜鹃	0.20		
	西南鸢尾	0.21	滇西北小檗	0.14		
B2	西南鸢尾	0.18	川滇高山栎	0.42		
	蒿	0.44	西南蔷薇	0.38		
	小花野青茅	0.23	滇西北小檗	0.20		
C1	蒿	0.28				
	苔草	0.24				
	接骨草	0.22				
C2	接骨草	0.29				
	酸模	0.18				
	苔草	0.22				
D1	蒿	0.41				
	西南委陵菜	0.13				
	柳兰	0.11				
D2	西南鸢尾	0.40				
	蒿	0.21				
	柳兰	0.21				
E1	蒿	0.38	川滇高山栎	0.72		
	西南鸢尾	0.23	西南蔷薇	0.18		
	西南委陵菜	0.21	滇西北小檗	0.10		
E2	西南鸢尾	0.27	川滇高山栎	0.62		
	接骨草	0.16	西南蔷薇	0.20		
	蒿	0.17	滇西北小檗	0.18		
F1	繁缕	0.22				
	蒿	0.15				
	苔草	0.20				
F2	蒿	0.17				
	柳兰	0.16				
	苔草	0.23				
G1	蒿	0.44				
	西南委陵菜	0.23				
	西南鸢尾	0.20				
G2	鸭茅	0.17				
	蒿	0.38				
	接骨草	0.18				

表 3 植物群落相似性
Tab. 3 Plant community similarity

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2	G1	G2
A1	1.00													
A2	0.33	1.00												
B1	0.39	0.37	1.00											
B2	0.12	0.23	0.44	1.00										
C1	0.03	0.03	0.04	0.14	1.00									
C2	0.12	0.06	0.09	0.30	0.17	1.00								
D1	0.09	0.09	0.08	0.08	0.29	0.12	1.00							
D2	0.08	0.05	0.08	0.08	0.13	0.11	0.11	1.00						
E1	0.21	0.14	0.22	0.26	0.13	0.19	0.10	0.10	1.00					
E2	0.32	0.16	0.38	0.43	0.17	0.19	0.10	0.06	0.21	1.00				
F1	0.14	0.12	0.20	0.11	0.08	0.10	0.06	0.06	0.09	0.19	1.00			
F2	0.07	0.04	0.03	0.14	0.29	0.13	0.17	0.13	0.12	0.09	0.05	1.00		
G1	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.06	0.03	0.09	0.03	0.03	0.03	1.00	
G2	0.03	0.04	0.03	0.06	0.23	0.06	0.12	0.09	0.08	0.03	0.03	0.02	0.13	1.00

注:全不相似为 0.00,极不相似为 0.01~0.25,轻度相似为 0.26~0.50,中度相似为 0.51~0.75,极为相似为 0.76~0.99,完全相似为 1.00。

有蒿、西南鸢尾、接骨草、西南委陵菜、小花野青茅、蕨。由于工程迹地多年自然恢复边坡经过多年发育,植被群落达到相对稳定的状态,而工程迹地 1 年自然恢复是在原生演替初期,演替时期不同,因此群落物种相似性低。

2.4 工程迹地草本层多样性指数分析

对于工程扰动后多样性指数的计算和分析能够反映植物群落的生境差异、群落的结构类型、演替阶段和稳定性程度。研究样地的草本植物多样性指数见表 4。

表 4 不同迹地草本层多样性指数
Tab. 4 Diversity index of herb layer in different slashes

样地 编号	乔木				灌木				草本			
	D	H	E	R	D	H	E	R	D	H	E	R
A1	0.59	0.99	0.91	0.91	0.74	1.59	0.76	2.10	0.85	2.27	0.16	2.37
A2	0.48	0.67	0.97	0.62	0.70	1.47	0.75	1.75	0.87	2.21	0.16	2.26
B1	0.41	0.60	0.86	0.51	0.64	1.20	0.74	1.48	0.79	1.89	0.17	1.92
B2	0.41	0.60	0.86	0.51	0.65	1.15	0.71	1.31	0.67	1.46	0.18	1.50
C1									0.78	1.86	0.19	1.71
C2									0.85	1.97	0.25	1.85
D1									1.00	0.14	0.01	2.07
D2									0.76	1.49	0.30	1.18
E1									0.85	2.23	0.16	2.61
E2									0.91	2.36	0.15	3.16
F1									0.92	2.62	0.14	2.90
F2									0.84	2.07	0.19	2.22
G1					0.48	0.67	0.61	0.67	0.78	1.73	0.22	1.50
G2					0.65	1.08	0.77	1.54	0.80	1.81	0.20	1.45

注:D为 Simpson 指数,H为 Shannon-Wiener 指数,E为 Hurlbert 均匀度指数,R为 Margalef 丰富度指数。

工程迹地样地中草本层群落 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数小于自然植物群落,说明工程迹地植被处于恢复初期,物种多样性必定小于长期稳定的未受损自然群落。然而均匀度与未受损的自然群落差距不大,甚至 D2 均匀度大于自然群落均匀度。草本层 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数在 E2 样地均较大,分别为 3.16、2.36,Shannon-Wiener 指数 F1 样地最大(2.62)。原有植被被破坏后,最先恢复的是草本层,因此,各样地草本多样性指数总体上差异不大。工程迹地草本层多样性指数高于未受损的自然群落,而自然群落多样性指数和丰富度指数并不高,原因可能是稳定的乔木和灌木群落影响到林下草本层植物的多样性。

3 结 论

工程边坡表层由大量的风化碎石组成,养分极其缺乏,肥力和保水能力均较差,给植被恢复造成很大困难,这与相关研究结果一致^[8-10]。本研究发现,菊科的蒿属、禾本科的野青茅属、鸢尾科的西南鸢尾、莎草科的苔草等植物在工程边坡早期恢复的植物群落里占显著优势,对工程迹地植被恢复有重要作用,是高寒山区常见的先锋植物物种。在工程迹地植被恢复早期,草本植物能较快恢复,灌木次之,而乔木在短时间内很难恢复。因此,工程迹地植被恢复早期的植被类型主要为草本植物群落,乔木较少。从生态修复的角度不仅要考虑植物的抗性和适用性,也要考虑先锋植物种源的获取难易程度,以降低生态恢复的成本。蒿属、小花野青茅、西南鸢尾等草本植物不仅抗性和适用性强,且种子量大、容易获取,建议今后可作为高寒地区边坡生态恢复的先锋物种。

植被恢复是受损边坡生态重建的一项重要环节,然而植被的自然恢复与演替是一个长期过程,尤其是在高寒山区,植物生长期较短,生长较为缓慢,所以对于研究区应进行长期持续的跟踪观测,以便更加深入地解析高寒植被自然恢复与演替的过程,为高寒山区工程边坡的植被恢复与重建提供理论依据。在植被恢复工作中,建议采取自然恢复与人工

恢复相结合的方法,以加快工程边坡的植被恢复进程;植物种类选择方面,优先采集当地先锋物种种子进行播种,尽量做到灌草合理搭配,使受损的工程边坡植被得到快速有效的恢复。

调查区域工程边坡迹地植被破坏较为严重,目前仍处于恢复期,且植被恢复程度不同,其中草本层自然恢复与更新较快,其次为灌木层。未受到破坏的自然群落植物优势种更为多元化。在演替早期,草本植物中的野青茅属、蒿属、苔草及西南鸢尾等,可作为工程迹地恢复初期的先锋植物。

参考文献:

- [1] 李瑞年,杜凡,李云琴,等. 香格里拉县种子植物多样性海拔分布格局[J]. 西南林业大学学报,2013,33(2): 13-18.
- [2] 彭少麟,方炜,任海,等. 鼎湖山厚壳桂群落演替过程的组成和结构动态[J]. 植物生态学报,1998,22(3):245-249.
- [3] 常学礼,邬建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性[J]. 应用生态学报,1997,8(2):151-156.
- [4] 罗双,孙海龙,刘冲,等. 四川道路边坡自然恢复的植被多样性研究[J]. 水土保持研究,2011,18(6):51-56.
- [5] 朱晓勇,胡海波,鲁小珍,等. 太湖西区公路两侧植物物种多样性的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2006,30(3):85-88.
- [6] 席赠濮,杜凡,汪健. 香格里拉县亚高山退化草甸植物群落学研究[J]. 西南林业大学学报,2013,33(2):13-18.
- [7] 冶民生. 岷江上游植被群落特征研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [8] 梁超,赵廷宁,史常青,等. 基于 NDVI 的汶川大地震前后北川县次生地质灾害区植被破坏评估[J]. 中国水土保持科学,2013,11(4):86-92.
- [9] 锦春,何丙辉,徐小军,等. 汶川草坡乡地震次生灾害迹地植物群落的恢复研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2013,35(4):51-56.
- [10] 崔艳红,史常青,孙丽文,等. 5·12 地震后北川次生灾害迹地植被的自然恢复与更新[J]. 浙江农林大学学报,2018,35(2):219-226.

责任编辑:杨竣熔