

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.01.009

张小萍, 傅睿, 张钊, 等. 金沙江白鹤滩水库巧家淹没区维管植物资源及区系分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(1): 96-111.

金沙江白鹤滩水库巧家淹没区 维管植物资源及区系分析

张小萍¹, 傅睿², 张钊¹, 罗娴¹, 韩少丽¹,
卢佳欣¹, 叶晓敏², 曾波¹

- 三峡库区生态环境教育部重点实验室/重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室/
西南大学 生命科学学院, 重庆 400715;
- 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 311122

摘要: 白鹤滩水电站是我国在金沙江修建的世界上在建规模最大的水电站, 电站竣工形成水库后, 库区内金沙江原有河岸带及河岸带以上至 825 m 高程区域成为被水库蓄水淹没的淹没区, 且在该淹没区内会形成落差达 60 m 的库岸水位消落区. 为掌握白鹤滩水库淹没区内的本底维管植物资源, 也为白鹤滩水库成库后形成消落区的生态演变、生态保护和治理修复工作中适宜植物的筛选提供基础数据, 在 2020 年白鹤滩水库还未建成蓄水前对库区巧家段淹没区的本底维管植物资源进行了实地调查, 并就其区系成分特征进行了分析. 研究表明: ① 白鹤滩水库建成前金沙江巧家段淹没区本底维管植物有 50 科 160 属 207 种, 其中河岸带有 18 科 52 属 59 种, 河岸带以上至 825 m 高程区域有 49 科 154 属 199 种, 二者共有 17 科 46 属 51 种; 无论是在整个淹没区, 还是在河岸带或河岸带以上至 825 m 高程区域均表现为禾本科(Gramineae)物种数量最多, 菊科(Compositae)物种数量次之. ② 无论是在河岸带还是在河岸带以上至 825 m 高程区域中, 草本植物均为本底维管植物中占绝对优势的生长型; 一年生植物和地上芽植物均为本底维管植物中的优势生活型. ③ 金沙江巧家段淹没区本底维管植物区系成分具有明显的热带分布性质, 属于热带分布类型的有 28 科 118 属, 分别占淹没区总科数和总属数的 56.0% 和 73.75%. 其中, 河岸带本底维管植物有 50% 的科和 67.31% 的属为热带区系类型; 河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物有 55.1% 的科和 72.73% 的属为热带区系类型. 该研究对掌握白鹤滩水库巧家段淹没区本底维管植物组成和特征, 预测白鹤滩水库消落区未来植物物种组成、植被演变、消落区生态保护和治理修复工作中适宜植物的选择具有特别意义.

关键词: 金沙江; 白鹤滩水库; 淹没区; 维管植物组成;

区系特征

中图分类号: Q949.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2024)01-0096-16

Species Resources and Floristic Composition of Vascular Plants in Inundated Area of Baihetan Reservoir at Qiaojia Section of Jinsha River

收稿日期: 2023-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(U22A20448, 31770465); 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司项目(202006).

作者简介: 张小萍, 博士, 副教授, 主要从事生物多样性和生态适应机理研究.

通信作者: 曾波, 博士, 教授.

ZHANG Xiaoping¹, FU Rui², ZHANG Zhao¹, LUO Xian¹,
Han Shaoli¹, LU Jiixin¹, YE Xiaomin², ZENG Bo¹

1. Key Laboratory of Eco-Environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education)/
Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research in Three Gorges Reservoir Region/
School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Power China Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122, China

Abstract: The objective of the study is to inventory the local vascular plant resources in the area to-be-inundated by the upcoming impoundment of Baihetan reservoir of Jinsha river at Qiaojia section, and to provide background data for monitoring the vegetation change of the area and assist hopefully selecting suitable plants for the future ecological protection and rehabilitation of the drawdown zone of Baihetan reservoir. In year 2020, before the initial impoundment of Baihetan reservoir, we investigated the species resources and studied the floristic composition characteristics of the local vascular plants in the to-be-inundated area of Baihetan reservoir region at Qiaojia section, including the present riparian zone of Jinsha river and its immediate upper zone (henceforth referred to as immediate upper zone) between the upper limit of the present riparian zone and the area 825 m above sea level (which will be the highest water level of Baihetan reservoir in full operation). It was found that: ① 207 vascular plant species belonging to 160 genera and 50 families distributed in the to-be-inundated area of Baihetan reservoir region of Jinsha river at Qiaojia section, among which 59 and 199 vascular plant species belonging to 52 and 154 genera, and 18 and 49 families, respectively, were found in the present riparian zone and the immediate upper zone. 51 species belonging to 46 genera and 17 families were shared by these two zones. Whether in the area to-be-inundated, or in the present riparian zone, or in the immediate upper zone, Gramineae and Compositae had the first and the second largest number of species, respectively. ② Either in the riparian zone or the immediate upper zone, herbaceous plants were the dominant growth form, annual plants and chamaephytes were the dominant life forms. ③ The local vascular plants in the area to-be-inundated including both the riparian zone and the immediate upper zone had marked tropical characteristics. 28 families and 118 genera were tropical areal types, accounting for 56.0% and 73.75% of total families and genera found in the area to-be-inundated, respectively. Among them, 50% of families and 67.31% of genera of vascular plants found in the riparian zone were tropical areal types, and 55.1% of families and 72.73% of genera of vascular plants found in the immediate upper zone were tropical areal types. Based on the results of this study, we suggest that, in the screening of suitable plants for ecological protection and rehabilitation of the drawdown zone of Baihetan reservoir, more attention should be paid to tropical areal types of flooding-tolerant terrestrial herbaceous plants.

Key words: Jinsha river; Baihetan reservoir; inundated area; vascular plant composition; floristic characteristics

白鹤滩水电站是我国在金沙江修建的世界上目前单机容量最大、在建规模最大的水电站, 电站坝址位于四川省凉山州宁南县白鹤滩镇与云南省昭通市巧家县大寨乡交界处, 最大坝高 289 m, 坝顶高程 834 m, 控制流域面积约 43 万 km², 约占金沙江流域面积的 91%^[1]. 白鹤滩水电工程具有以发电为主, 兼具拦沙、防洪、改善航运条件、提升库区通航能力等综合效益^[2-3]. 白鹤滩电站运行后, 其规模仅次于三峡电站, 为中国第二大水电站^[4-5]. 电站 2011 年开始修建, 2021 年 3 月 31 日正式蓄水, 2022 年 12 月 20 日水电站全部机组投产发电^[6]. 根据设计要求, 白鹤滩水库死水位高程为 765 m, 最高蓄水位高程为 825 m^[7], 水库建成后将在最低水位和最高水位之间形成落差高达 60 m 的库岸水位消落区(简称消落区). 白鹤滩水电站修建前, 大坝坝址冬季水位约为 600 m, 水电站建成后库区内金沙江两岸海拔 600~825 m 的区域均成为水库

淹没区,淹没区包括原来的金沙江自然河岸,也包括自然河岸以上直至高程 825 m 之间的陆域区域。白鹤滩库区内库岸陡峭,坡度大,土壤侵蚀明显,成库后形成的消落区由于长时间受水淹和退水出露交替作用的影响,生态环境十分脆弱,生态保护和治理难度大。白鹤滩库区内巧家县县域段的库岸地势相对较缓,坡度较小,具有阶地地貌,成库后形成的消落区面积在整个库区相对最大;巧家县县城是全库区内最大的人口聚居地和最大的移民城市,也是该县政治、经济、文化中心。因此,巧家消落区在白鹤滩库区中显得尤为重要,该区域的生态保护治理是白鹤滩水库消落区生态保护治理的重点,对白鹤滩库区生态环境质量、人居环境和经济社会发展具有重要意义。

植被构建是水库消落区生态保护治理的重要措施,选择适应消落区环境的适生植物是消落区成功构建植被的关键。白鹤滩库区气候属于典型的金沙江干热河谷区气候^[8-9],消落区每年不仅受水库蓄水水淹,退水出露后又受干热环境影响。只有既能耐受水淹又能适应干热环境的植物才适宜用于白鹤滩水库消落区生态保护治理,因此长期生长于白鹤滩库区的乡土植物将成为消落区植被构建的重要考虑对象。白鹤滩水库淹没区既包括原来的金沙江自然河岸带,也包括自然河岸带以上曾经从不会被金沙江淹没的陆地区域。金沙江自然河岸带的植物每年被自然洪汛淹没,退水出露后又面临干热环境,具有既耐受金沙江汛期水淹胁迫又适应干热河谷环境的能力;而自然河岸带以上曾经从不会被金沙江淹没的陆地区域中生长的植物则完全受干热气候影响,能很好地适应干热河谷环境。掌握白鹤滩水库修建前库区淹没区原金沙江自然河岸带和河岸带以上区域的植物物种资源状况和特征,对了解白鹤滩库区淹没区的本底植物构成及其与环境的对应关系,筛选白鹤滩水库消落区生态保护治理的潜在适宜植物物种具有重要意义。

目前,还没有关于白鹤滩水库建库前整个淹没区本底植物资源的研究报道^[10],更没有以未来白鹤滩水库消落区生态保护和治理修复合适植物选育为目的的白鹤滩水库淹没区本底植物研究。本文对白鹤滩水库未建成蓄水前的金沙江巧家县县域段淹没区的本底维管植物资源状况和区系特征开展工作,研究成果不仅可为白鹤滩水库消落区未来的生态保护治理工作提供帮助,同时也为研究整个白鹤滩库区的长期生态变化提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

巧家县地处滇东北,位于金沙江下游,处于北纬 $26^{\circ}32' - 27^{\circ}25'$,东经 $102^{\circ}52' - 103^{\circ}26'$ 之间,气候为亚热带季风气候^[11]。年平均降雨量为 765.7 mm,干湿季节分明,其中 5—10 月降雨量约占全年降雨量的 80%~90%,6 月多年平均降雨量达到最大值 165 mm,11 月至翌年 4 月为干季,降雨量相对较少,12 月份最小降雨量为 1.9 mm;年均温 20°C 左右,最高极端温度 40°C 以上,最低极端温度 -8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $7\,299^{\circ}\text{C}$,年干燥度在 2.0~4.0 之间,年日照时数 2 155 h,无霜期 365 d^[9,11-12]。巧家县境内的金沙江河谷地带位于干热河谷气候区内,海拔 1 200 m 以下以燥红土为主,随海拔升高依次为红壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤和亚高山草甸土^[12],植被类型和物种组成会随海拔升高而表现出差异^[13-14]。受焚风效应影响,河谷内温度较高,蒸发量远大于降雨量,植被覆盖率低,水土流失严重,是生态脆弱地区和植被恢复困难地带。

1.2 研究方法及数据分析

2020 年 6—8 月,在植物生长旺季选择水位较低、河岸充分出露的时期,对白鹤滩水库建成运行前库区巧家县县域段淹没区的维管植物进行调查,调查地点包括从巧家县县城至蒙姑镇沿线的笕槽沟、赵家坡、小沙沟、蒙姑等地点,调查区域涵盖金沙江河岸带及河岸带以上至高程 825 m(白鹤滩水库成库运行后最高蓄水水位高程)的区域;河岸带的范围为金沙江最低水位至自然汛期最高洪水水位之间的河岸范围。对于河岸带的调查,本研究在每个调查地点沿岸线选择 500 m 长的河段作为调查河段,且所选择的调查河段河岸带的植被和植物物种能很好地体现并代表该地点河岸带的植被和植物物种总体情况;记录每个调查河段河岸带的所有维管植物物种名称、生活型类型、生长型类型、植株高度和个体多度等信息。对于河岸带以上至高程 825 m 区域采用样线法进行调查,记录样线左右各 5 m 范围内的所有维管植物物种名称、生活型类型、生长型类型、植株高度、个体多度等信息。

汇总所有调查获得的维管植物信息,分析水库淹没区包括河岸带及河岸带以上至 825 m 高程区域的维

管植物物种组成、生活型和生长型组成, 并分析淹没区维管植物的区系组成特征. 对维管植物生长型划分采用 Whittaker 生长型系统, 对生活型划分采用 Ellenberg 和 Mueller-Dombois 生活型系统^[15]; 对维管植物中的种子植物区系类型根据《世界种子植物科的分布区类型系统》^[16]《中国种子植物属的分布区类型》^[17]的方法进行划分, 对蕨类植物的区系类型根据臧得奎^[18]和《中国植物志》^[19]所述方法进行划分.

2 结果

2.1 淹没区维管植物的物种组成

对白鹤滩水库建库运行前巧家县县域段淹没区的本底维管植物资源和物种组成调查发现, 巧家县县域段淹没区共有维管植物 50 科 160 属 207 种, 其中河岸带有 18 科 52 属 59 种, 河岸带以上至 825 m 高程之间区域有 49 科 154 属 199 种, 二者共有 17 科 46 属 51 种(附表). 在淹没区的所有维管植物中, 禾本科植物的属数和种数占比最高, 无论是在巧家县县域段整个淹没区, 还是在河岸带及在河岸带以上至 825 m 高程区域, 禾本科植物都是维管植物中的绝对优势类群(表 1、附表), 而且它们的植株数量也最多. 除禾本科外, 菊科植物是巧家县淹没区及河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域中的第二优势类群(表 1, 附表).

表 1 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区(含河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域)

本底维管植物各科具有的属和种数量及比例

科名	属数	占总属数的 百分比/%	种数	占总种数的 百分比/%	科名	属数	占总属数的 百分比/%	种数	占总种数的 百分比/%
白花菜科	1	0.63	2	0.97	瑞香科	1	0.63	1	0.48
唇形科	6	3.75	8	3.86	桑科	4	2.50	5	2.42
大戟科	4	2.50	9	4.35	莎草科	3	1.88	5	2.42
大麻科	1	0.63	1	0.48	石蒜科	1	0.63	1	0.48
豆科	15	9.38	20	9.66	鼠李科	2	1.25	2	0.97
禾本科	36	22.50	49	23.67	薯蓣科	1	0.63	1	0.48
葫芦科	1	0.63	1	0.48	桃金娘科	1	0.63	1	0.48
夹竹桃科	1	0.63	1	0.48	天南星科	1	0.63	1	0.48
姜科	1	0.63	1	0.48	无患子科	1	0.63	1	0.48
菊科	20	12.50	22	10.63	仙人掌科	1	0.63	1	0.48
锦葵科	9	5.63	14	6.76	苋科	4	2.50	5	2.42
爵床科	3	1.88	3	1.45	旋花科	4	2.50	5	2.42
藜科	2	1.25	3	1.45	荨麻科	3	1.88	3	1.45
楝科	2	1.25	2	0.97	鸭跖草科	1	0.63	3	1.45
蓼科	3	1.88	4	1.93	亚麻科	1	0.63	1	0.48
落葵科	1	0.63	1	0.48	罂粟科	1	0.63	1	0.48
马鞭草科	2	1.25	2	0.97	紫草科	2	1.25	2	0.97
马齿苋科	2	1.25	2	0.97	紫茉莉科	2	1.25	2	0.97
马钱科	1	0.63	1	0.48	酢浆草科	1	0.63	1	0.48
毛茛科	1	0.63	1	0.48	凤尾蕨科	2	1.25	2	0.97
美人蕉科	1	0.63	1	0.48	卷柏科	1	0.63	1	0.48
木麻黄科	1	0.63	1	0.48	木贼科	1	0.63	2	0.97
葡萄科	1	0.63	1	0.48	乌毛蕨科	1	0.63	1	0.48
漆树科	1	0.63	1	0.48	中国蕨科	1	0.63	1	0.48
蔷薇科	1	0.63	1	0.48	合计	160	100	207	100
茄科	2	1.25	6	2.90					

2.2 淹没区维管植物的生长型和生活型

根据 Whittaker 生长型系统,白鹤滩水库建库运行前巧家县县域段淹没区本底维管植物的生长型有乔木、灌木、亚灌木、藤本、草本植物 5 种类型;其中河岸带本底维管植物的生长型有乔木、灌木、亚灌木、草本植物 4 种类型,河岸带以上至 825 m 高程区域有乔木、灌木、亚灌木、藤本、草本植物 5 种类型.在河岸带中,乔木、灌木、亚灌木、草本植物物种数量分别占总物种数量的 10.17%,1.69%,5.08%,83.05%,草本植物占绝对优势.在河岸带以上至 825 m 高程区域,乔木、灌木、亚灌木、藤本、草本植物物种数量分别占总物种数量的 8.54%,8.04%,8.04%,1.51%,73.87%,草本植物物种数量同样占绝对优势.与河岸带植物相比,河岸带以上至 825 m 高程区域中乔木、灌木、亚灌木物种有所增加(表 2).

表 2 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区及其中的河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物生长型构成

区域	物种数量及比例					总计
	乔木	灌木	亚灌木	藤本	草本	
淹没区	17	16	16	3	155	207
	8.21%	7.73%	7.73%	1.45%	74.88%	100%
河岸带	6	1	3	0	49	59
	10.17%	1.69%	5.08%	0.00%	83.05%	100%
河岸带至 825 m 高程区域	17	16	16	3	147	199
	8.54%	8.04%	8.04%	1.51%	73.87%	100%

按照 Ellenberg 和 Mueller-Dombois 生活型系统,白鹤滩水库建库运行前巧家县县域段淹没区本底维管植物的生活型有高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物、藤本植物、维管寄生植物、一年生植物 7 种类型,其中一年生植物是优势生活型,其物种数量占物种总数的 36.23%.在河岸带的维管植物中,生活型有高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物、一年生植物 5 种类型,其物种数量占河岸带物种总数比例分别为 10.17%,15.25%,15.25%,13.56%,45.76%,其中一年生植物是绝对优势生活型,地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物种数相差不大,高位芽植物种数稍少.河岸带以上至 825 m 高程区域中的维管植物有高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物、藤本植物、维管寄生植物、一年生植物 7 种生活型类型,其物种数量占该区域物种总数比例分别为 9.05%,29.65%,15.58%,5.03%,3.02%,0.5%,37.19%,其中一年生植物也是物种数量最多的优势生活型,其次是地上芽植物,该区域维管植物的生活型还包括藤本植物和少量维管寄生植物(表 3).

表 3 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区及其中的河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物生活型构成

区域	物种数量及比例							总计
	高位芽植物	地上芽植物	地面芽植物	地下芽植物	藤本植物	维管寄生植物	一年生植物	
淹没区	18	59	35	13	6	1	75	207
	8.70%	28.50%	16.91%	6.28%	2.90%	0.48%	36.23%	100%
河岸带	6	9	9	8	0	0	27	59
	10.17%	15.25%	15.25%	13.56%	0.00%	0.00%	45.76%	100%
河岸带至 825 m 高程区域	18	59	31	10	6	1	74	199
	9.05%	29.65%	15.58%	5.03%	3.02%	0.50%	37.19%	100%

2.3 淹没区维管植物的分布区类型和区系特征

对金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区本底维管植物的区系成分分析发现,淹没区中本底维管植物 50 个科可划分为世界分布、泛热带分布、热带亚洲和热带美洲间断分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热

带亚洲(印度—马来西亚)分布、北温带分布共 6 种类型(表 4); 160 个属可划分为世界分布、泛热带分布、热带亚洲和热带美洲间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布、热带亚洲(印度—马来西亚)分布、北温带分布、东亚和北美间断分布、旧世界温带分布、温带亚洲分布、地中海区西亚至中亚分布、东亚(东喜马拉雅—日本)分布共 13 种分布区类型(表 5). 无论是科还是属, 淹没区中本底维管植物区系成分均表现出以热带成分为主, 属于热带分布类型的科和属分别占科、属总数的 56%, 73.75%, 其中泛热带分布的科和属最多(表 4, 表 5).

表 4 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区及其中的河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域
本底维管植物科的区系分布类型组成

分布区类型	科名	科数量	占总科数的 百分比/%
1. 世界分布	唇形科 ^{ab} 、豆科 ^{ab} 、禾本科 ^{ab} 、菊科 ^{ab} 、马齿苋科 ^b 、蔷薇科 ^b 、瑞香科 ^b 、莎草科 ^{ab} 、鼠李科 ^b 、苋科 ^{ab} 、玄参科 ^b 、旋花科 ^b 、亚麻科 ^b 、酢浆草科 ^{ab} 、中国蕨科 ^b 、卷柏科 ^b	16 ^T	32.00 ^T
		7 ^A	38.89 ^A
		16 ^B	32.65 ^B
2. 泛热带分布	大戟科 ^{ab} 、锦葵科 ^{ab} 、爵床科 ^{ab} 、马鞭草科 ^{ab} 、茄科 ^{ab} 、桑科 ^{ab} 、天南星科 ^a 、鸭跖草科 ^{ab} 、山柑科 ^b 、葫芦科 ^b 、夹竹桃科 ^b 、楝科 ^b 、落葵科 ^b 、漆树科 ^b 、葡萄科 ^b 、石蒜科 ^b 、薯蓣科 ^b 、荨麻科 ^b 、紫茉莉科 ^b 、无患子科 ^b 、桃金娘科 ^b 、凤尾蕨科 ^b 、白花菜科 ^b	23 ^T	46.00 ^T
		8 ^A	44.44 ^A
		22 ^B	44.90 ^B
3. 热带亚洲和热带美洲 间断分布	美人蕉科 ^b 、仙人掌科 ^b	2 ^T	4.00 ^T
		2 ^B	4.08 ^B
4. 旧世界热带分布			
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	木麻黄科 ^{ab} 、乌毛蕨科 ^b	2 ^T	4.00 ^T
		1 ^A	5.56 ^A
		2 ^B	4.08 ^B
6. 热带亚洲至热带非洲分布			
7. 热带亚洲(印度—马来西亚) 分布	姜科 ^b	1 ^T	2.00 ^T
		1 ^B	2.04 ^B
8. 北温带分布	大麻科 ^b 、蓼科 ^{ab} 、毛茛科 ^b 、罂粟科 ^b 、紫草科 ^b 、木贼科 ^{ab}	6 ^T	12.00 ^T
		2 ^A	11.11 ^A
		6 ^B	12.24 ^B
9. 东亚和北美间断分布			
10. 旧世界温带分布			
11. 温带亚洲分布			
12. 地中海区、西亚至中亚分布			
13. 中亚分布			
14. 东亚(东喜马拉雅—日本)分布			
15. 中国特有分布			
合计		50 ^T	100.0 ^T
		18 ^A	100.0 ^A
		49 ^B	100.0 ^B

注: a 表示在河岸带中有分布的科, b 表示在河岸带以上至 825 m 高程区域中有分布的科; T 表示整个淹没区中具有
的科数量及所占比例, A 表示河岸带中具有
的科数量及所占比例, B 表示河岸带以上至 825 m 高程区域中具有
的科数量及所占比例; 表 4 中各科拉丁学名见附表.

表 5 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区及其中的河岸带、河岸带以上至 825 m 高程区域
本底维管植物属的区系分布类型组成

分布区类型	属名	属数量	占总属数的 百分比/%
1. 世界分布	槐属 ^b 、铁线蕨属 ^b 、黍属 ^{ab} 、马唐属 ^{ab} 、鬼针草属 ^{ab} 、苍耳属 ^{ab} 、牛膝菊属 ^b 、酸模属 ^b 、蓼属 ^{ab} 、铁线莲属 ^b 、茄属 ^{ab} 、酸浆属 ^b 、莎草属 ^{ab} 、鼠李属 ^b 、苋属 ^{ab} 、藜属 ^{ab} 、猪毛菜属 ^b 、酢浆草属 ^{ab} 、卷柏属 ^b 、旱蕨属 ^b	20 ^T	12.50 ^T
		10 ^A	19.23 ^A
		20 ^B	12.99 ^B
2. 泛热带分布	白茅属 ^a 、猪屎豆属 ^{ab} 、金合欢属 ^{ab} 、穆属 ^{ab} 、银合欢属 ^{ab} 、雀稗属 ^{ab} 、黄茅属 ^{ab} 、莲子草属 ^{ab} 、狗牙根属 ^{ab} 、甘蔗属 ^a 、千金子属 ^{ab} 、牛鞭草属 ^a 、鸭跖草属 ^{ab} 、叶下珠属 ^{ab} 、黄花桉属 ^{ab} 、鳢肠属 ^{ab} 、大戟属 ^{ab} 、假杜鹃属 ^{ab} 、狗尾草属 ^{ab} 、狗肝菜属 ^{ab} 、白酒草属 ^a 、马缨丹属 ^{ab} 、白花菜属 ^b 、罗勒属 ^b 、麻风树属 ^b 、山黄麻属 ^b 、木蓝属 ^b 、油麻藤属 ^b 、灰毛豆属 ^b 、豇豆属 ^b 、丁癸草属 ^b 、凤尾蕨属 ^b 、虎尾草属 ^b 、龙爪茅属 ^b 、芦竹属 ^b 、三芒草属 ^b 、孔颖草属 ^b 、锋芒草属 ^b 、小草属 ^b 、类雀稗属 ^b 、臂形草属 ^b 、梵天花属 ^b 、苘麻属 ^b 、黄麻属 ^b 、刺蒴麻属 ^b 、紫茎泽兰属 ^b 、斑鸠菊属 ^b 、牡荆属 ^b 、马齿苋属 ^b 、榕属 ^b 、水蜈蚣属 ^b 、枣属 ^b 、薯蓣属 ^b 、乌毛蕨属 ^b 、牛膝属 ^b 、醉鱼草属 ^b 、牵牛属 ^b 、菟丝子属 ^b 、土丁桂属 ^b 、冷水花属 ^b 、苧麻属 ^b 、天芥菜属 ^b 、黄细心属 ^b 、车桑子属 ^b 、金须茅属 ^b 、土人参属 ^b 、雾水葛属 ^b	67 ^T	41.88 ^T
		22 ^A	42.31 ^A
		63 ^B	40.91 ^B
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	蛇婆子属 ^b 、藿香蓟属 ^{ab} 、银胶菊属 ^{ab} 、羽芒菊属 ^{ab} 、百日菊属 ^b 、落葵薯属 ^b 、过江藤属 ^{ab} 、美人蕉属 ^b 、龙舌兰属 ^b 、番石榴属 ^b 、蓟罂粟属 ^b 、紫茉莉属 ^b 、仙人掌属 ^b	13 ^T	8.13 ^T
		4 ^A	7.69 ^A
		13 ^B	8.44 ^B
4. 旧世界热带分布	尖稃草属 ^a 、香茶菜属 ^b 、狸尾豆属 ^b 、链荚豆属 ^b 、茅根属 ^b 、弓果黍属 ^b 、双花草属 ^{ab} 、拟金茅属 ^b 、水蔗草属 ^b 、肠须草属 ^b 、马爬儿属 ^b 、艾纳香属 ^b 、枪刀药属 ^b 、楝属 ^b 、木麻黄属 ^{ab} 、扁担杆属 ^b 、黄金茅属 ^b 、飞蛾藤属 ^b	18 ^T	11.25 ^T
		3 ^A	5.77 ^A
		17 ^B	11.04 ^B
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	广防风属 ^{ab} 、香椿属 ^b 、尧花属 ^b 、柘属 ^b	4 ^T	2.5 ^T
		1 ^A	1.92 ^A
		4 ^B	2.60 ^B
6. 热带亚洲至热带非洲分布	蓖麻属 ^b 、筒轴茅属 ^{ab} 、荇草属 ^{ab} 、尾稃草属 ^{ab} 、香茅属 ^b 、菅属 ^b 、牛角瓜属 ^b 、木棉属 ^{ab} 、野苘蒿属 ^b 、六棱菊属 ^b 、杯苋属 ^b	11 ^T	6.88 ^T
		4 ^A	7.69 ^A
		11 ^B	7.14 ^B
7. 热带亚洲(印度—马来西亚)分布	芋属 ^a 、姜黄属 ^b 、苦荚菜属 ^b 、蛇莓属 ^b 、构属 ^b	5 ^T	3.13 ^T
		1 ^A	1.92 ^A
		4 ^B	2.60 ^B
8. 北温带分布	稗属 ^{ab} 、画眉草属 ^b 、赛葵属 ^{ab} 、蒿属 ^{ab} 、联毛紫菀属 ^b 、苦苣菜属 ^b 、桑属 ^{ab} 、琉璃草属 ^b 、羊胡子草属 ^b 、木贼属 ^{ab}	10 ^T	6.25 ^T
		5 ^A	9.62 ^A
		10 ^B	6.50 ^B

续表 5

分布区类型	属名	属数量	占总属数的 百分比/%
9. 东亚和北美间断分布	山蚂蝗属 ^{ab} 、胡枝子属 ^b 、地锦属 ^b	3 ^T	1.88 ^T
		1 ^A	1.92 ^A
		3 ^B	1.95 ^B
10. 旧世界温带分布	香薷属 ^b 、荞麦属 ^b 、莴苣属 ^b	3 ^T	1.88 ^T
		3 ^B	1.95 ^B
11. 温带亚洲分布	米口袋属 ^b	1 ^T	0.63 ^T
		1 ^B	0.65 ^B
12. 地中海区、西亚至中亚分布	假小喙菊属 ^{ab} 、黄连木属 ^b	2 ^T	1.25 ^T
		1 ^A	1.92 ^A
		2 ^B	1.30 ^B
13. 中亚分布			
14. 东亚(东喜马拉雅—日本)分布	紫苏属 ^b 、石海椒属 ^b 、鸡眼草属 ^b	3 ^T	1.88 ^T
		3 ^B	1.95 ^B
15. 中国特有分布			
合计		160 ^T	100.0 ^T
		52 ^A	100.0 ^A
		154 ^B	100.0 ^B

注：a 表示在河岸带中有分布的属，b 表示在河岸带以上至 825 m 高程区域中有分布的属；T 表示整个淹没区中具有
的属数量及所占比例，A 表示河岸带中具有属数量及所占比例，B 表示河岸带以上至 825 m 高程区域中具有
的属数量及所占比例；表 5 中各属拉丁学名见附表。

对河岸带及河岸带以上至 825 m 高程区域的本底维管植物的区系成分分析发现，无论是科水平还是属
水平，河岸带维管植物具有的分布区类型均比河岸带以上至 825 m 高程区域的维管植物的分布区类型少，
前者科和属的分布区类型为 4 种和 10 种，后者科和属的分布区类型为 6 种和 13 种(表 4，表 5)。对河岸带
和河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物的区系特征进行比较发现，河岸带以上至 825 m 高程区域维
管植物具有更为明显的热带区系特征，有 55.1% 的科和 72.73% 的属为热带区系类型，而河岸带维管植物
中有 50% 的科和 67.31% 的属为热带区系类型。

3 讨论

白鹤滩水电站成库运行后，将在金沙江上形成干流长约 182 km 的水库，水库淹没区既包括金沙江原
有河岸，也包括河岸带以上至 825 m 高程之间的陆地区域。尽管对金沙江流域的植物和植被已有不少研
究^[8,13,20-21]，但对受金沙江自然水位涨落影响的金沙江河岸带植物和植被的研究非常少^[10]，而专门针对白
鹤滩水库淹没区在水库成库前本底维管植物的研究迄今为止尚未见报道。对白鹤滩水库巧家县县域段淹没
区河岸带及河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物资源的调查发现，河岸带以上至 825 m 高程区域维
管植物物种数量比河岸带维管植物物种数量多(表 2、表 3、附表)，并且河岸带以上至 825 m 高程区域中很
多植物物种不会在河岸带中出现，河岸带与河岸带以上至 825 m 高程区域的共有物种只有 51 种(附表)，
仅占河岸带以上至 825 m 高程区域具有的物种数量的 25.63%。上述情况说明，金沙江巧家县县域段生长

于典型陆地区域河岸带以上至 825 m 高程区域中的植物物种,大多数不能适应并生存于河岸带自然汛期水淹和退水出露交替出现的水陆两栖环境。考虑到白鹤滩水库成库运行后库岸消落区每年水库蓄水淹没的时间和深度均远远大于金沙江河岸带在自然汛期中的受淹时间和受淹深度^[7],属于典型陆地区域的河岸带以上至 825 m 高程区域中具有的本底植物物种在白鹤滩水库成库运行后形成的消落区中能生存下来的物种将会很少。即使在金沙江河岸带中能生存的本底植物物种,可能也只有少数物种能适应白鹤滩水库成库运行后形成的消落区更为严酷的水淹环境。

对白鹤滩水库巧家县县域段淹没区本底维管植物资源的调查发现,淹没区中本底维管植物的区系成分,无论从科还是属的水平来看,均表现出以热带成分为主,属于热带分布类型的科和属分别占科、属总数的 56%、73.75%(表 4、表 5)。巧家县县域段淹没区中河岸带本底植物具有的热带区系成分比例尽管比属于典型陆地区域的河岸带以上至 825 m 高程区域中本底植物具有的热带区系成分比例低(表 4、表 5),但仍有 50%的科和 67.31%的属为热带区系类型,仍表现出明显的热带区系成分特征。上述结果表明,白鹤滩水库淹没区本底维管植物区系成分明显表现出受所处金沙江干热河谷气候影响的特点,即使是水分条件相对更好、受自然汛期影响的河岸带,其本底植物区系成分同样也表现出明显的热带区系成分特征,受干热河谷气候的影响仍然很大。白鹤滩水库未来成库运行后形成的消落区每年有几个月退水出露期暴露在干热河谷气候环境中,同样会受到干热河谷气候的影响,因此也可能只有属于热带区系类型的植物未来才能白鹤滩水库消落区中很好地生存。

对白鹤滩水库巧家县县域段淹没区河岸带本底维管植物资源调查发现,在所有生长型类型中草本植物具有最高的比例,达到物种总数的 83.05%,高于河岸带以上至 825 m 高程区域中的草本植物比例(表 2);同时,在调查中发现即使在河岸带中有分布的乔木、灌木、亚灌木物种,也都生长在河岸带中的高高程区域,在中、低高程区域中没有分布,表明乔木、灌木、亚灌木这些生长型类型不能很好地耐受和适应太强的水淹胁迫环境。从对河岸带和河岸带以上至 825 m 高程区域维管植物生长型组成的分析可以看出,河岸带水淹环境会导致植物生长型组成更多地趋向以草本植物为主,而不利于乔木、灌木、亚灌木生存。对淹没区本底维管植物生活型组成的分析发现,在河岸带本底维管植物的所有生活型类型中,一年生植物物种数量比例达 45.76%,高于河岸带以上至 825 m 高程区域中的一年生植物物种比例(表 3),表明在像河岸带这种具有周期性水淹的干扰环境中,比如白鹤滩水库成库运行后形成的消落区中,一年生植物可能会成为植被物种组成中的重要成分。

综合分析白鹤滩水库巧家县县域段淹没区河岸带和河岸带以上至 825 m 高程区域本底维管植物物种生长型、生活型、区系组成特征,本文推测白鹤滩水库成库运行后形成的消落区中耐旱、耐热、耐淹草本植物可以较好地生存。因此,在白鹤滩水库消落区生态保护和修复的适宜植物筛选中,要注重从金沙江河岸带本底植物中寻找适宜的植物,并且要尽量从属于热带区系类型的草本植物中寻找合适的植物。

4 结论

对金沙江白鹤滩水库建库运行前巧家县县域段淹没区本底维管植物资源调查发现,整个淹没区河岸带和河岸带以上至 825 m 高程区域中维管植物区系均表现出明显的热带成分特征,表明其受干热河谷气候影响较大。与属于典型陆地区域的金沙江河岸带以上至 825 m 高程区域中的维管植物相比,受自然汛期影响的金沙江河岸带中具有维管植物物种数量更少,草本植物物种占有的比例更高,表明在周期性水淹环境中植物更多地趋向形成以草本植物为主的植物群落。在对白鹤滩水库消落区生态保护的适宜植物物种选择中,需注重从属于热带区系类型、具有耐淹能力的草本植物中去筛选适宜的植物。

附表 金沙江白鹤滩库区巧家县县域段淹没区本底维管植物物种组成

科名	属名	种名	河岸带及	
			河岸带	上至 825 m 高程区域
白花菜科(Cleomaceae)	白花菜属(<i>Gynandropsis</i>)	白花菜(<i>Gynandropsis gynandra</i>)	—	+
		黄花草(<i>Gynandropsis viscosa</i>)	—	+
唇形科(Labiatae)	广防风属(<i>Epimeredi</i>)	广防风(<i>Epimeredi indica</i>)	+	+
	罗勒属(<i>Ocimum</i>)	罗勒(<i>Ocimum basilicum</i>)	—	+
	牡荆属(<i>Vitex</i>)	疏序黄荆(<i>Vitex negundo</i> f. <i>laxipaniculata</i>)	—	+
	香茶菜属(<i>Isodon</i>)	狭叶香茶菜(<i>Isodon angustifolius</i>)	—	+
	香薷属(<i>Elsholtzia</i>)	四方蒿(<i>Elsholtzia blanda</i>)	—	+
		窄叶野草香(<i>Elsholtzia cypriani</i> var. <i>angustifolia</i>)	—	+
		香薷(<i>Elsholtzia ciliata</i>)	—	+
	紫苏属(<i>Perilla</i>)	野生紫苏(<i>Perilla frutescens</i> var. <i>purpurascens</i>)	—	+
大戟科(Euphorbiaceae)	大戟属(<i>Euphorbia</i>)	飞扬草(<i>Euphorbia hirta</i>)	+	+
		齿裂大戟(<i>Euphorbia dentata</i>)	+	+
		白苞猩猩草(<i>Euphorbia heterophylla</i>)	—	+
		细叶地锦草(<i>Euphorbia thymifolia</i>)	—	+
		猩猩草(<i>Euphorbia cyathophora</i>)	—	+
	叶下珠属(<i>Phyllanthus</i>)	叶下珠(<i>Phyllanthus urinaria</i>)	+	+
		黄珠子草(<i>Phyllanthus virgatus</i>)	—	+
	蓖麻属(<i>Ricinus</i>)	蓖麻(<i>Ricinus communis</i>)	—	+
大麻科(Cannabaceae)	麻风树属(<i>Jatropha</i>)	麻风树(<i>Jatropha curcas</i>)	—	+
	山黄麻属(<i>Trema</i>)	狭叶山黄麻(<i>Trema angustifolia</i>)	—	+
豆科(Leguminosae)	金合欢属(<i>Acacia</i>)	金合欢(<i>Acacia farnesiana</i>)	+	+
	山蚂蝗属(<i>Desmodium</i>)	三点金(<i>Desmodium triflorum</i>)	+	—
		大叶山蚂蝗(<i>Desmodium gangeticum</i>)	—	+
	银合欢属(<i>Leucaena</i>)	银合欢(<i>Leucaena leucocephala</i>)	+	+
	猪屎豆属(<i>Crotalaria</i>)	假苜蓿(<i>Crotalaria medicaginea</i>)	+	+
		条叶猪屎豆(<i>Crotalaria linifolia</i>)	—	+
		响铃豆(<i>Crotalaria albida</i>)	—	+
	丁癸草属(<i>Zornia</i>)	丁癸草(<i>Zornia gibbosa</i>)	—	+
	胡枝子属(<i>Lespedeza</i>)	截叶铁扫帚(<i>Lespedeza juncea</i> var. <i>sericea</i>)	—	+
	槐属(<i>Sophora</i>)	白刺花(<i>Sophora davidii</i>)	—	+
	灰毛豆属(<i>Tephrosia</i>)	灰毛豆(<i>Tephrosia purpurea</i>)	—	+
	鸡眼草属(<i>Kummerowia</i>)	鸡眼草(<i>Kummerowia striata</i>)	—	+
	豇豆属(<i>Vigna</i>)	乌头叶豇豆(<i>Vigna aconitifolia</i>)	—	+
	狸尾豆属(<i>Uraria</i>)	刚毛兔尾草(<i>Uraria hispida</i>)	—	+
		美花狸尾豆(<i>Uraria picta</i>)	—	+

续附表

科名	属名	种名	河岸带及	
			河岸带	上至 825 m 高程区域
禾本科(Gramineae)	链荚豆属(<i>Alysicarpus</i>)	链荚豆(<i>Alysicarpus vaginalis</i>)	—	+
	米口袋属(<i>Gueldenstaedtia</i>)	少花米口袋(<i>Gueldenstaedtia verna</i>)	—	+
	木蓝属(<i>Indigofera</i>)	灰毛木蓝(<i>Indigofera cinerascens</i>)	—	+
		九叶木蓝(<i>Indigofera linnaei</i>)	—	+
	油麻藤属(<i>Mucuna</i>)	黧豆(<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>)	—	+
	白茅属(<i>Imperata</i>)	白茅(<i>Imperata cylindrica</i>)	+	—
	稗属(<i>Echinochloa</i>)	稗(<i>Echinochloa crusgalli</i>)	+	+
	臂形草属(<i>Brachiaria</i>)	毛臂形草(<i>Brachiaria villosa</i>)	—	+
	肠须草属(<i>Enteropogon</i>)	肠须草(<i>Enteropogon dolichostachyus</i>)	—	+
	锋芒草属(<i>Tragus</i>)	虱子草(<i>Tragus bertesonianus</i>)	—	+
		双花虱子草(<i>Tragus biflorus</i>)	—	+
	甘蔗属(<i>Saccharum</i>)	斑茅(<i>Saccharum arundinaceum</i>)	+	—
		甜根子草(<i>Saccharum spontaneum</i>)	+	—
	弓果黍属(<i>Cyrtococcum</i>)	弓果黍(<i>Cyrtococcum patens</i>)	—	+
	狗尾草属(<i>Setaria</i>)	狗尾草(<i>Setaria viridis</i>)	+	+
		皱叶狗尾草(<i>Setaria plicata</i>)	+	+
		金色狗尾草(<i>Setaria glauca</i>)	—	+
	狗牙根属(<i>Cynodon</i>)	狗牙根(<i>Cynodon dactylon</i>)	+	+
	虎尾草属(<i>Chloris</i>)	虎尾草(<i>Chloris virgata</i>)	—	+
	画眉草属(<i>Eragrostis</i>)	画眉草(<i>Eragrostis pilosa</i>)	—	+
		小画眉草(<i>Eragrostis minor</i>)	—	+
		黑德画眉草(<i>Eragrostis nigra</i>)	—	+
	黄金茅属(<i>Eulalia</i>)	棕茅(<i>Eulalia phaeothrix</i>)	—	+
	黄茅属(<i>Heteropogon</i>)	黄茅(<i>Heteropogon contortus</i>)	+	+
	尖稈草属(<i>Acrachne</i>)	尖稈草(<i>Acrachne racemosa</i>)	+	—
	菅属(<i>Themeda</i>)	黄背草(<i>Themeda japonica</i>)	—	+
	金须茅属(<i>Chrysopogon</i>)	竹节草(<i>Chrysopogon aciculatus</i>)	—	+
	荎草属(<i>Arthraxon</i>)	荎草(<i>Arthraxon hispidus</i>)	+	+
		矛叶荎草(<i>Arthraxon lanceolatus</i>)	—	+
	孔颖草属(<i>Bothriochloa</i>)	孔颖草(<i>Bothriochloa pertusa</i>)	—	+
		臭根子草(<i>Bothriochloa intermedia</i>)	—	+
	类雀稗属(<i>Paspalidium</i>)	类雀稗(<i>Paspalidium flavidum</i>)	—	+
	龙爪茅属(<i>Dactyloctenium</i>)	龙爪茅(<i>Dactyloctenium aegyptium</i>)	—	+
	芦竹属(<i>Arundo</i>)	芦竹(<i>Arundo donax</i>)	—	+
	马唐属(<i>Digitaria</i>)	马唐(<i>Digitaria sanguinalis</i>)	+	+
		升马唐(<i>Digitaria ciliaris</i>)	—	+

续附表

科名	属名	种名	河岸带及	
			河岸带	上至 825 m 高程区域
	茅根属(<i>Perotis</i>)	茅根(<i>Perotis indica</i>)	—	+
	拟金茅属(<i>Eulaliopsis</i>)	拟金茅(<i>Eulaliopsis binata</i>)	—	+
	牛鞭草属(<i>Hemarthria</i>)	牛鞭草(<i>Hemarthria altissima</i>)	+	—
	千金子属(<i>Leptochloa</i>)	虬子草(<i>Leptochloa panicea</i>)	+	+
	雀稗属(<i>Paspalum</i>)	双穗雀稗(<i>Paspalum distichum</i>)	+	—
		皱稃雀稗(<i>Paspalum scrobiculatum</i>)	—	+
	三芒草属(<i>Aristida</i>)	三芒草(<i>Aristida chinensis</i>)	—	+
	稃属(<i>Eleusine</i>)	牛筋草(<i>Eleusine indica</i>)	+	+
	黍属(<i>Panicum</i>)	心叶稷(<i>Panicum notatum</i>)	+	+
		短叶黍(<i>Panicum brevifolium</i>)	—	+
		细柄黍(<i>Panicum psilopodium</i>)	—	+
	双花草属(<i>Dichanthium</i>)	双花草(<i>Dichanthium annulatum</i>)	+	+
	水蔗草属(<i>Apluda</i>)	水蔗草(<i>Apluda mutica</i>)	—	+
	筒轴茅属(<i>Rottboellia</i>)	筒轴茅(<i>Rottboellia exaltata</i>)	+	+
	尾稃草属(<i>Urochloa</i>)	尾稃草(<i>Urochloa reptans</i>)	+	+
		类黍尾稃草(<i>Urochloa panicoides</i>)	—	+
	香茅属(<i>Cymbopogon</i>)			
	小草属(<i>Microchloa</i>)	橘草(<i>Cymbopogon goeringii</i>)	—	+
		小草(<i>Microchloa indica</i>)	—	+
葫芦科(<i>Cucurbitaceae</i>)	马廐儿属(<i>Zehneria</i>)	马廐儿(<i>Zehneria japonica</i>)	—	+
夹竹桃科(<i>Apocynaceae</i>)	牛角瓜属(<i>Calotropis</i>)	牛角瓜(<i>Calotropis gigantea</i>)	—	+
姜科(<i>Zingiberaceae</i>)	姜黄属(<i>Curcuma</i>)	莪术(<i>Curcuma phaeocaulis</i>)	—	+
锦葵科(<i>Malvaceae</i>)	扁担杆属(<i>Grewia</i>)	小花扁担杆(<i>Grewia biloba</i> var. <i>parviflora</i>)	—	+
	刺蒴麻属(<i>Triumfetta</i>)	刺蒴麻(<i>Triumfetta rhomboidea</i>)	—	+
	梵天花属(<i>Urena</i>)	地桃花(<i>Urena lobata</i>)	—	+
	黄花棣属(<i>Sida</i>)	云南黄花棣(<i>Sida yunnanensis</i>)	+	+
		东方黄花棣(<i>Sida orientalis</i>)	—	+
		黄花棣(<i>Sida chinensis</i>)	—	+
		心状黄花棣(<i>Sida cordata</i>)	—	+
		粘毛黄花棣(<i>Sida mysorensis</i>)	—	+
		拔毒散(<i>Sida szechuensis</i>)	—	+
	黄麻属(<i>Corchorus</i>)	长蒴黄麻(<i>Corchorus olitorius</i>)	—	+
	木棉属(<i>Bombax</i>)	木棉(<i>Bombax ceiba</i>)	+	+
	苘麻属(<i>Abutilon</i>)	苘麻(<i>Abutilon theophrasti</i>)	—	+
	赛葵属(<i>Malvastrum</i>)	赛葵(<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	+	+
	蛇婆子属(<i>Waltheria</i>)	蛇婆子(<i>Waltheria indica</i>)	—	+

续附表

科名	属名	种名	河岸带及 上至 825 m 高程区域	
			河岸带	高程区域
菊科(Compositae)	艾纳香属(<i>Blumea</i>)	馥芳艾纳香(<i>Blumea aromatica</i>)	—	+
	白酒草属(<i>Conyza</i>)	小蓬草(<i>Conyza canadensis</i>)	+	+
		香丝草(<i>Conyza bonariensis</i>)	—	+
	百日菊属(<i>Zinnia</i>)	百日菊(<i>Zinnia elegans</i>)	—	+
	斑鸠菊属(<i>Vernonia</i>)	夜香牛(<i>Vernonia cinerea</i>)	—	+
	苍耳属(<i>Xanthium</i>)	苍耳(<i>Xanthium strumarium</i>)	+	+
	鬼针草属(<i>Bidens</i>)	鬼针草(<i>Bidens pilosa</i>)	+	+
	蒿属(<i>Artemisia</i>)	五月艾(<i>Artemisia indica</i>)	+	+
		野艾蒿(<i>Artemisia codonocephala</i>)	—	+
	藿香蓟属(<i>Ageratum</i>)	藿香蓟(<i>Ageratum conyzoides</i>)	+	+
	假小喙菊属(<i>Paramicrorhynchus</i>)	假小喙菊(<i>Paramicrorhynchus procumbens</i>)	+	+
	苦苣菜属(<i>Sonchus</i>)	苦苣菜(<i>Sonchus oleraceus</i>)	—	+
	苦蕒菜属(<i>Ixeris</i>)	山苦蕒(<i>Ixeris chinensis</i>)	—	+
	鳢肠属(<i>Eclipta</i>)	鳢肠(<i>Eclipta prostrata</i>)	+	+
	联毛紫菀属(<i>Symphytotrichum</i>)	钻叶紫菀(<i>Symphytotrichum subulatum</i>)	—	+
	六棱菊属(<i>Laggera</i>)	翼齿六棱菊(<i>Laggera crispata</i>)	—	+
	牛膝菊属(<i>Galinsoga</i>)	牛膝菊(<i>Galinsoga parviflora</i>)	—	+
	莴苣属(<i>Lactuca</i>)	翅果菊(<i>Lactuca indica</i>)	—	+
	野苣蒿属(<i>Crassocephalum</i>)	野苣蒿(<i>Crassocephalum crepidioides</i>)	—	+
	银胶菊属(<i>Parthenium</i>)	银胶菊(<i>Parthenium hysterophorus</i>)	+	+
	羽芒菊属(<i>Tridax</i>)	羽芒菊(<i>Tridax procumbens</i>)	+	+
	紫茎泽兰属(<i>Ageratina</i>)	紫茎泽兰(<i>Ageratina adenophora</i>)	—	+
爵床科(Acanthaceae)	假杜鹃属(<i>Barleria</i>)	假杜鹃(<i>Barleria cristata</i>)	+	+
	狗肝菜属(<i>Dicliptera</i>)	优雅狗肝菜(<i>Dicliptera elegans</i>)	+	+
	枪刀药属(<i>Hypoestes</i>)	三花枪刀药(<i>Hypoestes triflorum</i>)	—	+
藜科(Chenopodiaceae)	藜属(<i>Chenopodium</i>)	土荆芥(<i>Chenopodium ambrosioides</i>)	+	+
	猪毛菜属(<i>Salsola</i>)	藜(<i>Chenopodium album</i>)	+	+
		猪毛菜(<i>Salsola collina</i>)	—	+
楝科(Meliaceae)	楝属(<i>Melia</i>)	楝(<i>Melia azedarach</i>)	—	+
	香椿属(<i>Toona</i>)	红椿(<i>Toona ciliata</i>)	—	+
蓼科(Polygonaceae)	蓼属(<i>Polygonum</i>)	水蓼(<i>Polygonum hydropiper</i>)	+	+
	荞麦属(<i>Fagopyrum</i>)	疏穗野荞麦(<i>Fagopyrum caudatum</i>)	—	+
		抽葶野荞麦(<i>Fagopyrum statice</i>)	—	+
	酸模属(<i>Rumex</i>)	戟叶酸模(<i>Rumex hastatus</i>)	—	+

续附表

科名	属名	种名	河岸带及	
			河岸带	上至 825 m 高程区域
落葵科(Basellaceae)	落葵薯属(<i>Anredera</i>)	落葵薯(<i>Anredera cordifolia</i>)	—	+
马鞭草科(Verbenaceae)	过江藤属(<i>Phyla</i>)	过江藤(<i>Phyla nodiflora</i>)	+	+
	马缨丹属(<i>Lantana</i>)	马缨丹(<i>Lantana camara</i>)	+	+
马齿苋科(Portulacaceae)	马齿苋属(<i>Portulaca</i>)	马齿苋(<i>Portulaca oleracea</i>)	—	+
	土人参属(<i>Talinum</i>)	土人参(<i>Talinum paniculatum</i>)	—	+
马钱科(Loganiaceae)	醉鱼草属(<i>Buddleja</i>)	白背枫(<i>Buddleja asiatica</i>)	—	+
毛茛科(Ranunculaceae)	铁线莲属(<i>Clematis</i>)	毛茛铁线莲(<i>Clematis ranunculoides</i>)	—	+
美人蕉科(Cannaceae)	美人蕉属(<i>Canna</i>)	美人蕉(<i>Canna indica</i>)	—	+
木麻黄科(Casuarinaceae)	木麻黄属(<i>Casuarina</i>)	木麻黄(<i>Casuarina equisetifolia</i>)	+	+
葡萄科(Vitaceae)	地锦属(<i>Parthenocissus</i>)	地锦(<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)	—	+
漆树科(Anacardiaceae)	黄连木属(<i>Pistacia</i>)	清香木(<i>Pistacia weinmanniifolia</i>)	—	+
蔷薇科(Rosaceae)	蛇莓属(<i>Duchesnea</i>)	蛇莓(<i>Duchesnea indica</i>)	—	+
茄科(Solanaceae)	茄属(<i>Solanum</i>)	龙葵(<i>Solanum nigrum</i>)	+	+
		假烟叶树(<i>Solanum erianthum</i>)	+	+
		刺天茄(<i>Solanum indicum</i>)	—	+
		黄果茄(<i>Solanum virginianum</i>)	—	+
		珊瑚樱(<i>Solanum pseudocapsicum</i>)	—	+
	酸浆属(<i>Physalis</i>)	灯笼果(<i>Physalis peruviana</i>)	—	+
瑞香科(Thymelaeaceae)	茛花属(<i>Wikstroemia</i>)	一把香(<i>Wikstroemia dolichantha</i>)	—	+
桑科(Moraceae)	桑属(<i>Morus</i>)	桑(<i>Morus alba</i>)	+	+
	构属(<i>Broussonetia</i>)	构树(<i>Broussonetia papyrifera</i>)	—	+
	榕属(<i>Ficus</i>)	地果(<i>Ficus tikoua</i>)	—	+
		黄葛树(<i>Ficus virens</i>)	—	+
	柘属(<i>Maclura</i>)	柘(<i>Maclura tricuspidata</i>)	—	+
莎草科(Cyperaceae)	莎草属(<i>Cyperus</i>)	香附子(<i>Cyperus rotundus</i>)	+	+
		南莎草(<i>Cyperus niveus</i>)	—	+
	水蜈蚣属(<i>Kyllinga</i>)	砖子苗(<i>Cyperus cyperoides</i>)	—	+
		短叶水蜈蚣(<i>Kyllinga brevifolia</i>)	—	+
	羊胡子草属(<i>Eriophorum</i>)	丛毛羊胡子草(<i>Eriophorum comosum</i>)	—	+
石蒜科(Amaryllidaceae)	龙舌兰属(<i>Agave</i>)	龙舌兰(<i>Agave americana</i>)	—	+
鼠李科(Rhamnaceae)	鼠李属(<i>Rhamnus</i>)	帚枝鼠李(<i>Rhamnus virgata</i>)	—	+
	枣属(<i>Ziziphus</i>)	滇刺枣(<i>Ziziphus mauritiana</i>)	—	+
薯蓣科(Dioscoreaceae)	薯蓣属(<i>Dioscorea</i>)	黄独(<i>Dioscorea bulbifera</i>)	—	+

续附表

科名	属名	种名	河岸带及	
			河岸带	上至 825 m 高程区域
桃金娘科(Myrtaceae)	番石榴属(<i>Psidium</i>)	番石榴(<i>Psidium guajava</i>)	—	+
天南星科(Araceae)	芋属(<i>Colocasia</i>)	芋(<i>Colocasia esculenta</i>)	+	—
无患子科(Sapindaceae)	车桑子属(<i>Dodonaea</i>)	明油子(<i>Dodonaea viscosa</i> subsp. <i>angustifolia</i>)	—	+
仙人掌科(Cactaceae)	仙人掌属(<i>Opuntia</i>)	仙人掌(<i>Opuntia monacantha</i>)	—	+
苋科(Amaranthaceae)	杯苋属(<i>Cyathula</i>)	杯苋(<i>Cyathula prostrata</i>)	—	+
	莲子草属(<i>Alternanthera</i>)	喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>)	+	+
		刺花莲子草(<i>Alternanthera pungens</i>)	—	+
	牛膝属(<i>Achyranthe</i>)	钝叶土牛膝(<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>indica</i>)	—	+
	苋属(<i>Amaranthus</i>)	反枝苋(<i>Amaranthus retroflexus</i>)	+	+
旋花科(Convolvulaceae)	飞蛾藤属(<i>Porana</i>)	白花叶(<i>Porana henryi</i>)	—	+
		大果飞蛾藤(<i>Porana sinensis</i>)	—	+
	牵牛属(<i>Pharbitis</i>)	牵牛(<i>Pharbitis nil</i>)	—	+
	土丁桂属(<i>Evolvulus</i>)	银丝草(<i>Evolvulus alsinoides</i> var. <i>decumbens</i>)	—	+
	菟丝子属(<i>Cuscuta</i>)	菟丝子(<i>Cuscuta chinensis</i>)	—	+
荨麻科(Urticaceae)	冷水花属(<i>Pilea</i>)	小叶冷水花(<i>Pilea microphylla</i>)	—	+
	雾水葛属(<i>Pouzolzia</i>)	雾水葛(<i>Pouzolzia zeylanica</i>)	—	+
	苧麻属(<i>Boehmeria</i>)	苧麻(<i>Boehmeria nivea</i>)	—	+
鸭跖草科(Commelinaceae)	鸭跖草属(<i>Commelina</i>)	饭包草(<i>Commelina benghalensis</i>)	+	+
		鸭跖草(<i>Commelina communis</i>)	+	+
		地地藕(<i>Commelina maculata</i>)	—	+
亚麻科(Linaceae)	石海椒属(<i>Reinwardtia</i>)	石海椒(<i>Reinwardtia indica</i>)	—	+
罂粟科(Papaveraceae)	蓟罂粟属(<i>Argemone</i>)	蓟罂粟(<i>Argemone mexicana</i>)	—	+
紫草科(Boraginaceae)	琉璃草属(<i>Cynoglossum</i>)	小花琉璃草(<i>Cynoglossum lanceolatum</i>)	—	+
	天芥菜属(<i>Heliotropium</i>)	细叶天芥菜(<i>Heliotropium strigosum</i>)	—	+
紫茉莉科(Nyctaginaceae)	黄细心属(<i>Boerhavia</i>)	黄细心(<i>Boerhavia diffusa</i>)	—	+
	紫茉莉属(<i>Mirabilis</i>)	紫茉莉(<i>Mirabilis jalapa</i>)	—	+
酢浆草科(Oxalidaceae)	酢浆草属(<i>Oxalis</i>)	酢浆草(<i>Oxalis corniculata</i>)	+	+
凤尾蕨科(Pteridaceae)	凤尾蕨属(<i>Pteris</i>)	蜈蚣凤尾蕨(<i>Pteris vittata</i>)	—	+
	铁线蕨属(<i>Adiantum</i>)	铁线蕨(<i>Adiantum capillus-veneris</i>)	—	+
卷柏科(Selaginellaceae)	卷柏属(<i>Selaginella</i>)	九死还魂草(<i>Selaginella pulvinata</i>)	—	+
木贼科(Equisetaceae)	木贼属(<i>Equisetum</i>)	笔管草(<i>Equisetum debile</i>)	+	+
		节节草(<i>Equisetum ramosissimum</i>)	+	+
乌毛蕨科(Blechnaceae)	乌毛蕨属(<i>Blechnum</i>)	乌毛蕨(<i>Blechnum orientale</i>)	—	+
中国蕨科(Sinopteridaceae)	旱蕨属(<i>Pellaea</i>)	旱蕨(<i>Pellaea nitidula</i>)	—	+

注: + 表示该物种有分布, — 表示该物种没有分布.

参考文献:

[1] 罗金涛. 走近白鹤滩感受国之重器的大与美 [EB/OL]. (2018-12-06) [2021-07-14]. <https://news.bjx.com.cn/html/20181206/946791.shtml>.

[2] 任大春, 樊义林, 熊堃. 300 m 级特高拱坝地震损伤特征分析 [J]. 人民长江, 2021, 52(2): 177-181, 205.

[3] 孙洪亮, 陈益民, 蔡付林, 等. 白鹤滩水电站输水发电系统水工模型试验研究 [J]. 水电能源科学, 2021, 39(2): 90-92, 89.

[4] FU G Y, SHE Y W, ZHANG G Q, et al. Lithospheric Equilibrium, Environmental Changes, and Potential Induced-Earthquake Risk around the Newly Impounded Baihetan Reservoir, China [J]. Remote Sensing, 2021, 13(19): 3895.

[5] DUN J W, FENG W K, YI X Y, et al. Detection and Mapping of Active Landslides before Impoundment in the Baihetan Reservoir Area (China) Based on the Time-Series InSAR Method [J]. Remote Sensing, 2021, 13(16): 3213.

[6] 四川观察. 白鹤滩水电站全部机组投产发电 [EB/OL]. (2022-12-21) [2022-12-28]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1752751342791326269&wfr=spider&for=pc>.

[7] 黄仁勇. 长江上游梯级水库泥沙输移与泥沙调度研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2016.

[8] 金振洲, 欧晓昆. 滇川干热河谷植被布朗布朗喀群落分类单位的植物群落学分类 [J]. 云南植物研究, 1998, 20(3): 279-294.

[9] 钟祥浩. 干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径: 以云南金沙江典型区为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(3): 376-383.

[10] 傅睿, 张钊, 吉冬冬, 等. 金沙江白鹤滩库区巧家河岸带本底种子植物物种组成及区系特征 [J]. 重庆师范大学学报 (自然科学版), 2022, 39(6): 77-85.

[11] 黄典. 基于 Aster G-DEM 的金沙江白鹤滩河段河谷地貌特征研究 [D]. 南京: 南京大学, 2011.

[12] 贺蕊. 金沙江巧家段河流阶地记录的干热河谷形成年代研究 [D]. 昆明: 云南师范大学, 2018.

[13] 曹敏, 金振洲. 云南巧家金沙江干热河谷的植被分类 [J]. 云南植物研究, 1989, 11(3): 324-336.

[14] 翟心语, 历从实, 胡永歌, 等. 前坪水库植物物种多样性及其对环境的回应 [J]. 河南农业大学学报, 2023, 57(1): 81-95.

[15] 宋永昌. 植被生态学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.

[16] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统 [J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245-257.

[17] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991, 13(S4): 1-139.

[18] 臧得奎. 中国蕨类植物区系的初步研究 [J]. 西北植物学报, 1998, 18(3): 459-465.

[19] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第一卷-总论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[20] 金振洲, 欧晓昆. 干热河谷植被: 元江、怒江、金沙江、澜沧江 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 2000.

[21] ZHU H, TAN Y H, YAN L C, et al. Flora of the Savanna-Like Vegetation in Hot Dry Valleys, Southwestern China with Implications to Their Origin and Evolution [J]. The Botanical Review, 2020, 86(3/4): 281-297.

责任编辑 夏娟