doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 027

松华坝水库天然林植物多样性调查研究

夏嘉禹[1],刘 强[1],吴训锋[1],唐宗英[1],王博轶[1],赵亚玲[2],和丽华[3]
(1. 云南林业职业技术学院,云南 昆明 650224; 2. 云南云绪林业规划管理有限公司,云南 昆明 650500;
3. 哈巴雪山省级自然保护区管护局,云南 迪庆 674499)

摘要:根据松华坝水库天然林群落的不同海拔梯度以及不同坡向设置 36 个典型样方进行调查。对松华坝水库物种组成、种子植物区系、群落各层次物种的重要值以及植物多样性进行分析。结果表明:调查到维管植物 300 种;乔木层云南松种群占绝对优势;水库天然林从乔木到灌木再到草本,植物多样性水平递增;随着海拔的上升,植物多样性水平先升高再降低;从阳坡到半阴坡再到阴坡,植被多样性水平先升高再降低。

关键词:松华坝水库天然林群落;物种组成;种子植物区系;植物多样性

中图分类号:S718. 551;Q16 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2024)01-0156-07

引文格式:夏嘉禹,刘强,吴训锋,等. 松华坝水库天然林植物多样性调查研究[J]. 林业调查规划,2024,49(1):156-162. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 027

XIA Jiayu, LIU Qiang, WU Xunfeng, et al. Plant Diversity of Natural Forest in Songhuaba Reservoir[J]. Forest Inventory and Planning,2024,49(1):156-162. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 027

Plant Diversity of Natural Forest in Songhuaba Reservoir

XIA Jiayu[1], LIU Qiang[1], WU Xunfeng[1], TANG Zongying[1], WANG Boyi[1],
ZHAO Yaling[2], HE Lihua[3]
(1. Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China;
2. Yunnan Yunxu Forestry Planning and Management Co., Ltd., Kunming 650500, China;
3. Administration of Haba Snow Mountain Nature Reserve, Deqen, Yunnan 674499, China)

Abstract: According to different altitude gradients and slope directions of natural forest communities in Songhuaba Reservoir, 36 typical plots were set up for investigation. The species composition, plant flora, importance values of species at all levels of the community, and plant diversity of Songhuaba Reservoir were analyzed. The results showed that 300 species of vascular plants were investigated; the *Pinus yunnanensis* population in arbor layer was absolutely dominant; the level of plant diversity of natural forest in Songhuaba Reservoir increased from arbor layer to shrub layer and then to herb layer; with the increase of altitude, the level of plant diversity first increased and then decreased; from sunny slope to semi shady slope and then to shady slope, the level of vegetation diversity first increased and then decreased.

Key words: natural forest communities in Songhuaba Reservoir; species composition; seed plant flora; plant diversity

收稿日期:2022-07-01.
基金项目:云南林业职业技术学院校级科研项目(KY(QN)202115).
第一作者:夏嘉禹(1990-),男,山西太原人,硕士,助教. 主要从事森林植物教学工作.
责任作者:刘强(1980-),男,甘肃定西人,博士,教授. 主要从事生物多样性和兰科植物的教学和科研工作.

城市森林的植物多样性是维持城市森林多重生态系统服务功能的必要条件[1]。较高的城市植物多样性能够提供更丰富的休闲功能和空气净化功能。居民也可以从多样的城市树木中获得更高的幸福感,例如从中收获更多样的食物种类等,同时也可以发挥科研教学、科普教育等作用。社会和经济指标也显示人类的幸福指数和生活质量随着城市生物多样性的提高而得到提升[1]。植物多样性高的城市森林可以持续地提供更为多样和稳定的生态服务功能。城市居民对城市森林生物多样性的偏爱高于对其所能提供的休闲、娱乐等用途的期望[1]。

松华坝水库是昆明市工业农业生产和城市居民的主要水源。目前,很多学校和科研机构均开展过松华坝水库水源涵养林调查及科研工作,对松华坝水库水源涵养林的管护措施以及生态修复措施等有过一些报道[2-6]。2009 年陈木亮以松华坝水库为研究对象,通过分析其天然林森林群落的演替过程、物种多样性等因素来评价水库天然林健康状况[7],但对松华坝水库天然林植被群落多样性在空间分布格局的系统研究较少。因此,开展对松华坝水库天然林植物群落多样性在乔木层、灌木层和草本层变化情况的调查研究,并分析不同海拔以及坡向对多样性的影响,为松华坝水库天然林群落的恢复和保护提供参考,为开展相关科学研究提供重要的数据。

1 研究地概况

松华坝位于昆明市东北方,地理坐标为 25°08′~25°27′N,102°45′~102°59′E,属我国亚热带山地高原季风气候,年均温 12.6℃,最热月均温为 17.9℃,最冷月均温为 5.7℃,年较差 12.2℃,年降雨量 1 030.5 mm,属降雨量较为丰沛的区域,但季候分配不均,5—10 月汇集了全年降雨量的 89%,冬春常因雨量少而干旱,全年干湿分明,季风气候特征显著。土壤类型主要为红壤。

2 研究方法

2.1 调查方法

2021 年 10 月在松华坝水库消落带及以上 300 m 海拔梯度区域内设置固定样地,并在样地中选择代表性的天然林群落,使调查样地可以反映水库天然林群落特征,一般以高差 100 m 来划分高程[8-10],在每个样地下部(1 960~2 000 m)、中部(2 000~2 100 m)、上部(2 100~2 200 m)各设置 1 条样线,共 3 条样线,样线长度依实际情况而定,一般不小于 3 000 m,样方均设置在样线两侧各 20 m 内位置,各样方之间距离不小于 30 m,每个样线上设置 12 个 20 m×20 m 样方,每个样线 12 个样方中包括 4 个阳坡、4 个阴坡、4 个半阴坡,共设置 36 个样方。植被调查主要采集难鉴定的植物标本,测量和记录每个样方的坡度、坡向、坡位、经纬度、地形、外界干扰程度和海拔以及样方内植被的种类、个体数量、高度、胸径(基径)、盖度、冠幅、物候和生活力信息。

2.2 标本采集和物种鉴定

对样方内现场不能确定的物种收集标本于实验室进行分类鉴定,主要依据《中国植物志》等资料来进行鉴定。参考吴征镒(2006)的种子植物属分布区类型分析群落植物区系地理成分[11]。

2.3 数据分析

2.3.1 重要值分析

物种重要值(IV)、相对密度(RD)、相对频度(RF)、相对优势度(RA)的计算公式为:

$$IV = (RD + RF + RA)/3 \quad (1)$$

RD = 一个种的个体数 / 全部种的个体总数 × 100　(2)

RF = 一个种的频度 / 全部种的频度之和 × 100　(3)

RA = 一个种的胸高断面积之和或覆盖面积 / 全部种的胸高断面积之和或样地面积 × 100　(4)

2.3.2 多样性分析

植物的物种丰富度(S)、物种多度(P_i)、Pielou 均匀度指数(E)、Gleason 丰富度指数(D_{mg})、Shannon-Wiener 多样性指数(H_e')和 Simpson 优势度指数(D)计算公式为:

$$H_e' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i \quad (5)$$

$$P_i = n_i/N \quad (6)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} P_i^2 \quad (7)$$

$$P_i^2 = n_i(n_i - 1)/N(N - 1) \quad (8)$$

$$E = \frac{H_e'}{\ln S} \quad (9)$$

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (10)$$

式中:S 为样地中物种的丰富度,以数目表示;N 为样地中所有种的个体数量之和;n_i 为第 i 种的个体的数量;P_i 为第 i 种的多度比值。

采用 Microsoft Excel 2003 及 SigmaPlot 12.5 进行数据统计及图表制作。

3 结果与分析

3.1 植物种类组成

2021 年调查到松华坝水库天然林维管植物共计 300 种,隶属于 3 门 4 纲 44 目 90 科 227 属。其中,蕨类植物门 1 纲 2 目 13 科 16 属,裸子植物门 1 纲 1 目 2 科 3 属,被子植物门 2 纲 41 目 75 科 208 属。其中,被子植物门种类最多,为 278 种,占总数的 92.67%;蕨类植物门种类居中,为 18 种,占总数的 6.00%;最后是裸子植物门,为 4 种,占总数的 1.33%(表 1)。

表 1 松华坝水库天然林植物物种组成

Tab. 1 Species composition of natural forests in Songhuaba Reservoir

植物类群	科数	占科总数比例/%	属数	占属总数比例/%	种数	占种总数比例/%
蕨类植物	13	14.44	16	7.05	18	6.00
裸子植物	2	2.22	3	1.32	4	1.33
被子植物	75	83.33	208	91.63	278	92.67
合计	90	100.00	227	100.00	300	100.00

3.2 种子植物区系特征

群落内有种子植物 77 科 211 属,属的地理成分中有 9 个类型 8 个亚型。世界分布型最多,有 86 属,占总属数的 40.76%;其次为热带分布型,有 70 属,占总属数的 33.18%,其中以泛热带分布为主,有 61 属,占总属数的 28.91%;温带分布型 55 属,占总属数的 26.07%,其中北温带分布 20 属,占总属数的 9.48%,北温带和南温带间断分布 13 属,占总属数的 6.16%。结果表明,构成该地区群落的植物区系以热带分布为主,但这一区系植物属水平上热带分布型和温带分布型比例相近,体现了松华坝水库南北植物区系交汇,种子植物区系总体上为亚热带性质,这一观点同昆明西山喀斯特地区种子植物区系研究结果相似[12]。世界分布 86 属,泛热带分布 61 属,共 147 属,占总属数的 69.67%,这两种分布型中的物种多为次生阳性种,如牛膝属(*Achyranthes*)、相思树属(*Acacia*)、紫茎泽兰属(*Ageratina*)等,可以看出该群落受到一定程度破坏后,进入到较多的次生阳性物种。该区共发现 4 个中国特有属,分别为马蹄香属(*Saruma*)、车前紫草属(*Sinojohnstonia*)、鹭鸶草属(*Diuranthera*)、刚竹属(*Phyllostachys*)(表 2)。

表 2 松华坝水库天然林种子植物区系统计

Tab. 2 Flora of seed plants of natural forests in Songhuaba Reservoir

序号	分布区类型	科数	占比/%	属数	占比/%
1	世界分布	31	40.26	86	40.76
2	泛热带分布	21	27.27	61	28.91
2-1	热带亚洲,大洋洲和热带美洲分布	1	1.30	1	0.47
2-2	热带亚洲,非洲和热带美洲分布	1	1.30	1	0.47
2S	以南半球为主的泛热带	1	1.30		
3	东亚及热带南美间断分布	2	2.60	3	1.42
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	1	1.30	1	0.47
6d	南非分布	1	1.30	3	1.42
	热带分布(2~6d)	28	36.36	70	33.18
8	北温带分布	4	5.19	20	9.48
8-4	北温带和南温带间断分布	10	12.99	13	6.16
8-5	欧亚和南美洲温带间断分布	1	1.30	2	0.95
8-6	地中海区,西亚和东亚间断分布	1	1.30	1	0.47
10-3	欧亚和南非分布	1	1.30	1	0.47
12	地中海区,西亚至中亚分布	1	1.30	2	0.95
13	中亚分布			1	0.47
14	东亚分布			8	3.79
14SJ	中国—日本			3	1.42
15	中国特有			4	1.90
	温带分布(8~15)	18	23.38	55	26.07
	总计	77	100.00	211	100.00

3.3 天然林群落各层次物种的重要值

松华坝水库天然林群落乔木层优势种群的作用较明显,共调查到 23 种乔木,其中重要值在 10%以上的就有 3 种,云南松种群占绝对优势,重要值达 32.27%,在调查样地中出现次数最多,株数最多,相对优势度和相对密度远远高于其他乔木,其次优势

种为旱冬瓜,重要值达 14. 24%,虽然在样地中出现次数不多,株数不多,但胸径均较粗,可达 46 cm,华山松重要值 10. 79%,这 3 种优势种的重要值之和达 57. 30%,在其天然林群落中起着主导作用,控制群落的生境空间。在灌木层中,共调查到 46 种,比乔木层丰富度高,占优势地位的为小铁仔,重要值达 14. 08%,在样地中出现次数最多,丛数最多,其余种重要值均在 10% 以下,呈现分散分布。在草本层中,共调查到 231 种,丰富度最高,占优势地位的是三花枪刀药,重要值达 4. 80%,在样地中出现次数和丛数最多,其余种重要值均在 4. 5%以下,呈现零星分布(表 3)。

表 3　松华坝水库天然林群落各层次排名前十物种的重要值

Tab. 3　Importance values of the top ten species at different levels of natural forest communities in Songhuaba Reservoir

科名	属名	种名	相对频度 /%	相对优势度 /%	相对密度 /%	重要值 /%	层次
松科	松属	云南松 *Pinus yunnanensis*	23. 30	34. 48	39. 04	32. 27	乔木
桦木科	桤木属	旱东瓜 *Alnus nepalensis*	13. 59	21. 48	7. 64	14. 24	乔木
松科	松属	华山松 *Pinus armandii*	15. 53	5. 70	11. 15	10. 79	乔木
松科	油杉属	滇油杉 *Keteleeria evelyniana*	3. 88	14. 98	7. 10	8. 65	乔木
壳斗科	青冈属	小叶青冈 *Cyclobalanopsis myrsinifolia*	8. 74	9. 01	7. 94	8. 56	乔木
壳斗科	柯属	白皮柯 *Lithocarpus dealbatus*	3. 88	3. 52	8. 40	5. 27	乔木
豆科	金合欢属	银荆 *Acacia dealbata*	6. 80	3. 33	3. 28	4. 47	乔木
壳斗科	栎属	栓皮栎 *Quercus variabilis*	2. 91	2. 31	4. 28	3. 17	乔木
山茱萸科	四照花属	头状四照花 *Cornus capitata*	1. 94	2. 16	2. 29	2. 13	乔木
胡桃科	胡桃属	核桃 *Juglans regia*	1. 94	0. 08	1. 99	1. 34	乔木
紫金牛科	铁仔属	小铁仔 *Myrsine african*	9. 56	14. 68	18. 00	14. 08	灌木
蔷薇科	火棘属	火棘 *Pyracantha fortuneana*	6. 25	8. 49	9. 31	8. 02	灌木
杨梅科	杨梅属	云南杨梅 *Myrica nana*	6. 62	7. 51	7. 08	7. 07	灌木
瑞香科	荛花属	细轴荛花 *Wikstroemia nutans*	5. 88	7. 90	6. 61	6. 80	灌木
杜鹃花科	越橘属	南烛 *Vaccinium bracteatum*	6. 25	6. 24	5. 93	6. 14	灌木
芸香科	花椒属	两面针 *Zanthoxylum nitidum*	5. 15	6. 93	5. 93	6. 00	灌木
马钱科	醉鱼草属	密蒙花 *Buddleja officinalis*	5. 88	6. 59	4. 99	5. 82	灌木
蔷薇科	梨属	杜梨 *Pyrus betulifolia*	6. 99	5. 90	4. 38	5. 76	灌木
忍冬科	荚蒾属	珍珠荚蒾 *Viburnum foetidum* var. *ceanothoides*	4. 04	2. 83	2. 90	3. 26	灌木
小檗科	小檗属	粉叶小檗 *Berberis pruinosa*	4. 04	2. 34	3. 24	3. 21	灌木
爵床科	枪刀药属	三花枪刀药 *Hypoestes triflora*	1. 39	7. 06	5. 96	4. 80	草本
鳞毛蕨科	鳞毛蕨属	黑足鳞毛蕨 *Dryopteris fuscipes*	3. 24	4. 67	5. 21	4. 37	草本
菊科	蒿属	南艾蒿 *Artemisia verlotorum*	2. 93	2. 11	3. 46	2. 83	草本
唇形科	香薷属	野拔子 *Elsholtzia rugulosa*	2. 00	2. 55	2. 54	2. 36	草本
菊科	鬼针草属	鬼针草 *Bidens pilosa*	2. 62	1. 39	2. 98	2. 33	草本
荨麻科	蝎子草属	蝎子草 *Girardinia diversifolia* subsp. *suborbiculata*	1. 85	2. 30	2. 85	2. 33	草本
禾本科	求米草属	竹叶草 *Oplismenus compositus*	1. 85	2. 36	2. 73	2. 31	草本
蔷薇科	悬钩子属	凉山悬钩子 *Rubus fockeanus*	2. 31	1. 83	1. 94	2. 03	草本
薯蓣科	薯蓣属	黄独 *Dioscorea bulbifera*	2. 93	1. 48	1. 44	1. 95	草本
荨麻科	冷水花属	冷水花 *Pilea notata*	0. 77	1. 58	2. 20	1. 52	草本

3.4 天然林植物多样性分析

3.4.1 天然林群落各层次的植物多样性

松华坝水库天然林植物多样性在群落各层次的变化如图 1。

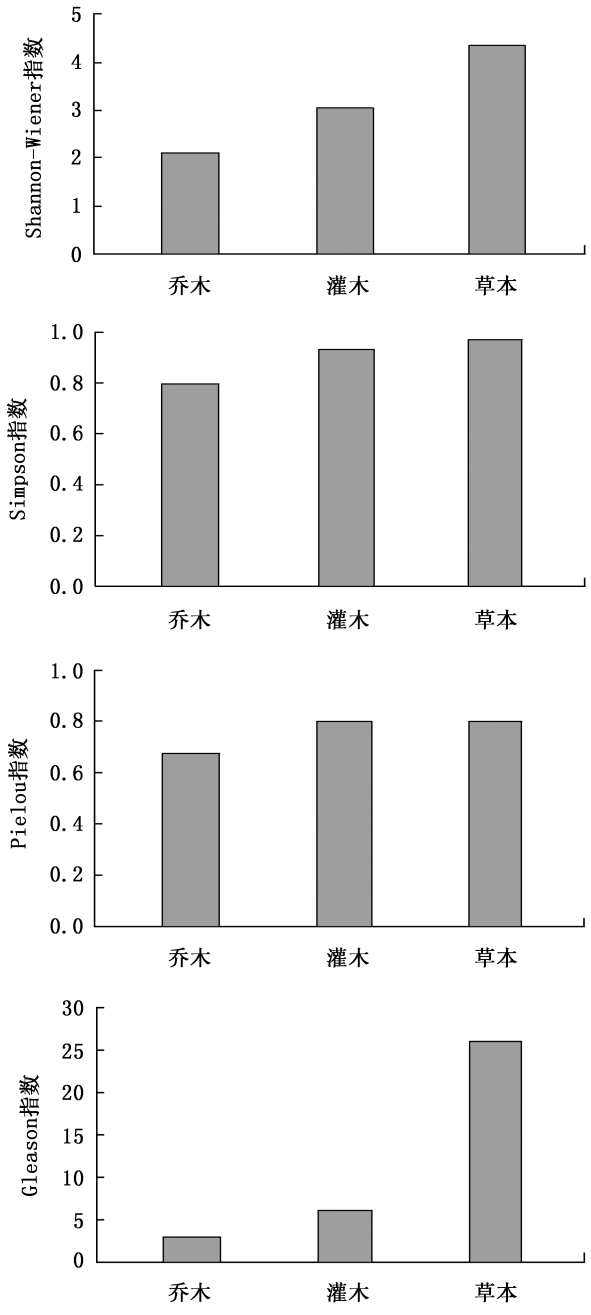

图 1 天然林群落各层次物种多样性指数

Fig. 1 Species diversity index of arbor layer, shrub layer and herb layer

从图 1 看出,相对于乔木层和灌木层,草本层的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 指数和 Gleason 指数均较高,为 4.363、0.969、0.802、26.089,说明草本层中物种数量最多,而且物种分配较均匀,共有 67 科 176 属 231 种,而乔木层和灌木层 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 指数和 Gleason 指数均较低,分别为 2.113、0.797、0.674、3.079 和 3.064、0.931、0.800、6.160,说明其物种数量较少,分别为 12 科 20 属 23 种和 27 科 39 属 46 种。

3.4.2 天然林垂直分布植物多样性

依据不同海拔记录的物种数据可以看出,海拔 1 900~2 000 m,处于松华坝水库消落带上,在 3 个梯度中位置最低,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数均较低,分别为 4.006、0.957、0.797,说明此海拔区间物种数量较少,而且物种分配不均匀,调查到 152 种。海拔 2 000~2 100 m,处于 3 个梯度中段,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 指数和 Gleason 指数均较高,分别为 4.432、0.980、0.879、19.476,说明此海拔区间物种数量最多,调查到 155 种。海拔 2 100~2 200 m,处于 3 个梯度最高位置,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数居中,分别为 4.143、0.971、0.825,说明此海拔区间物种的数量较多,调查到 152 种(图 2)。

3.4.3 天然林不同坡向的植物多样性

依据不同坡向记录的物种数据可以看出,在阳坡上,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Gleason 指数均较低,分别为 4.245、0.974、17.699,体现了松华坝水库阳坡物种数量较少,调查到 145 种。在半阴坡上,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 指数和 Gleason 指数均较高,分别为 4.477、0.978、0.858、23.074,体现了半阴坡物种数量最多,而且物种分配均匀,调查到 184 种。在阴坡上,其 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Gleason 指数居中,分别为 4.286、0.975、20.860,体现了阴坡物种数量较多,调查到 170 种(图 3)。

4 结论与讨论

1)调查到样地中维管植物 3 门 4 纲 44 目 90 科 227 属 300 种,被子植物种类最多,蕨类植物次之,裸子植物种类最少,种类较多的科有蔷薇科、豆科、菊科等。该地植物区系隶属 9 个类型 8 个亚型,该区共发现 4 个中国特有属,分别为马蹄香属、车前紫草属、鹭鸶草属和刚竹属。从松华坝水库天然林群落重要值来看,乔木层优势种群的作用较明显,云南松种群占绝对优势,重要值达 32.27%,其次优势种群为旱冬瓜,重要值达 14.24%;灌木层占有优势地

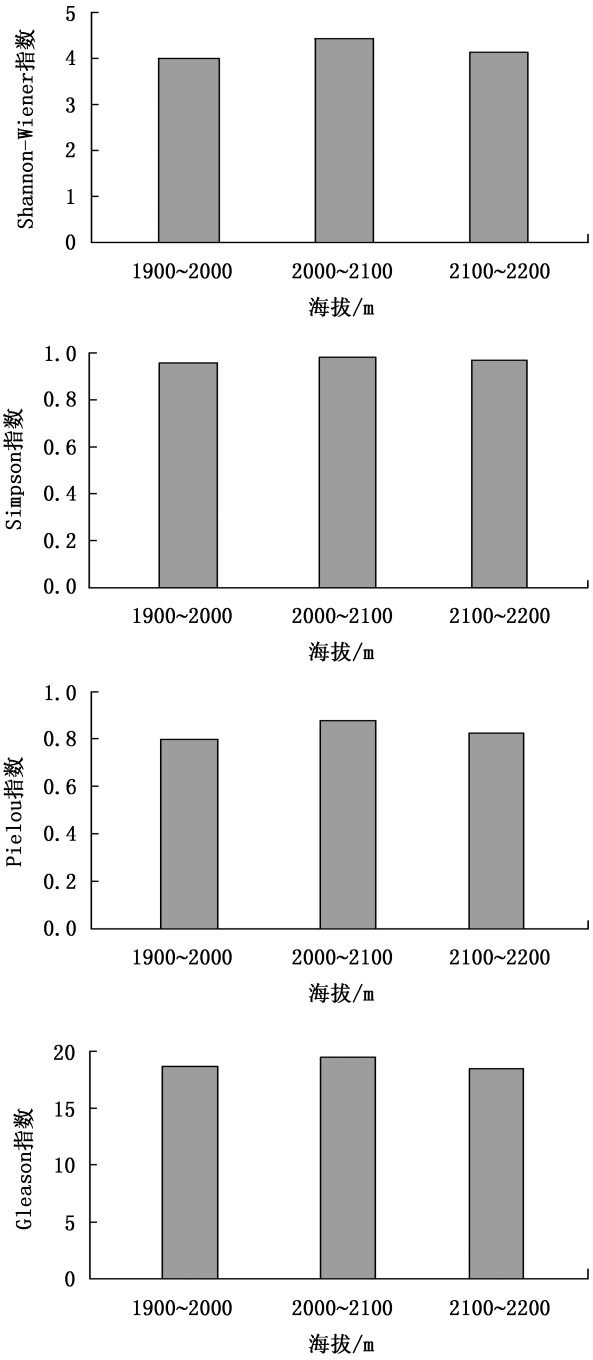

图 2　不同海拔物种多样性指数

Fig. 2　Species diversity index at different altitudes

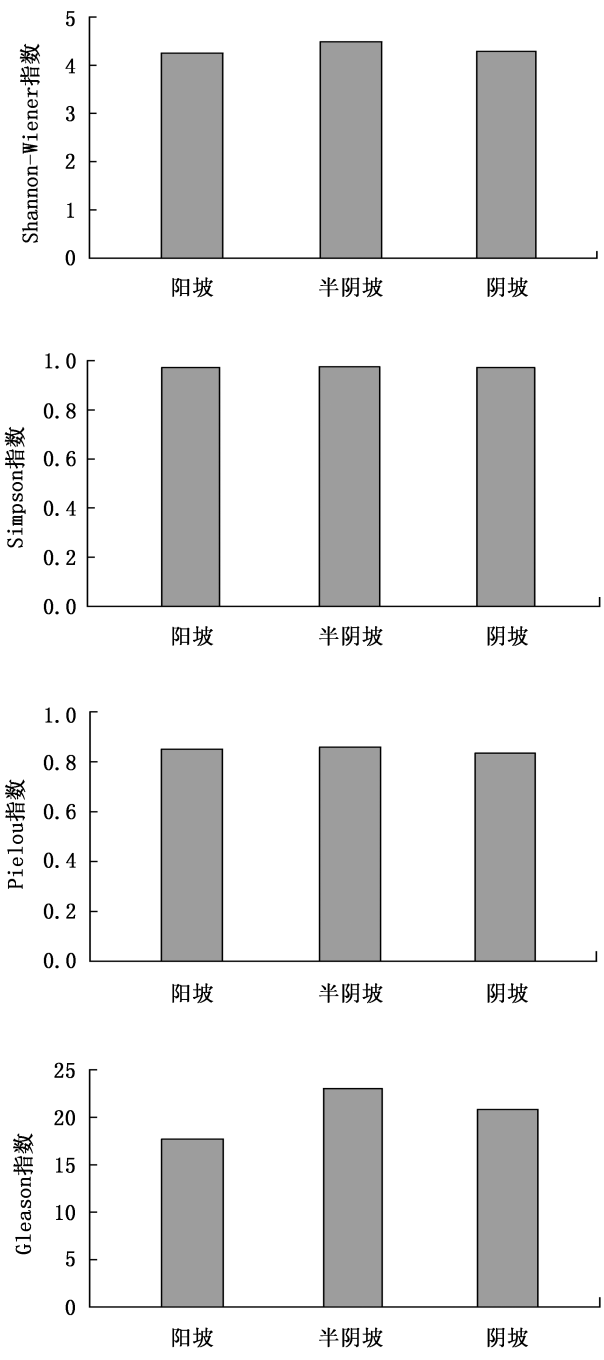

图 3　不同坡向物种多样性指数

Fig. 3　Species diversity index in different slope directions

位的是小铁仔,重要值达 14.08%;草本层植物种类最多,丰富度最高,占优势地位的是三花枪刀药,重要值达 4.80%,其他种呈零星分布。从松华坝水库天然林群落各层次物种的分布格局来看,草本层中物种数量最多,而且物种分配较均匀,乔木层和灌木层物种数量较少,总体上松华坝水库 3 个群落层次多样性差距较大,说明群落结构较为完整,草本层物种多样性水平较高。

2)植被多样性在不同海拔梯度的变化情况为随着海拔的上升,植物多样性水平先上升再降低,水库海拔 2 000~2 100 m 和 2 100~2 200 m 植物多样性水平高于海拔 1 900~2 000 m,是由于低海拔水库消落带受到水淹的影响,导致群落物种尤其是草本植物生长受到干扰,植物多样性水平低,这与王业春等[13]对三峡库区腹地忠县消落带植被的研究结果基本一致。决定湿地植被空间分布格局的主导因子

之一是水文机制[14],处于不同海拔区段的植物所受的水淹胁迫程度不同,植物群落的分布格局及物种组成也有所差异,一般认为,植物受水淹胁迫程度越大,其植物多样性就越低[15-16]。松华坝水库海拔1 900~2 000 m 部分地区由于受到水淹胁迫,大部分植物为耐水湿植物或是生长快速的入侵物种,如银荆、紫茎泽兰等。水库海拔2 000~2 100 m 由于基本未受到水淹,群落结构稳定,水分光照充足,因此植物多样性水平较高,海拔2 100~2 200 m 基本在山脊上坡,虽然未受到水淹,但相对干旱,水分不足,因此多样性也较低。总体上看松华坝水库 3 个海拔梯度物种多样性差距不大。

3)植物多样性在不同坡向的变化情况为从阳坡到半阴坡再到阴坡,植物多样性水平先升高再降低,阴坡和半阴坡植物多样性水平高于阳坡,阳坡虽然光照充足,但是水分不足,较为干旱,多为比较耐旱的针叶植物,如云南松、滇油杉等。总体上看 3 个坡向物种多样性差距不大。

致谢:在外业调查工作中得到昆明市盘龙区农林局等部门工作人员,云南林业职业技术学院老师以及叶胜、李玉学、林爽等学生的支持,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 闫蓬博. 中国城市树种多样性评价及树种规划研究[D]. 北京:北京林业大学,2019.

[2] 张建林,施永生. 松华坝水库水源保护区的生态修复技术探讨[J]. 云南化工,2006,33(4):47-49.

[3] 范龑龑,段顺琼,张琴. 昆明市松华坝水库饮用水水源地保护措施[J]. 区域治理,2019:111-113.

[4] 李雯,王富林. 昆明市松华坝水源保护区存在问题与对策[J]. 安徽农学通报,2012,18(7):147-148.

[5] 赵忠琼,陈红书. 松华坝水库水源保护区污染现状及整治对策建议[J]. 环境科学导刊,2011,30(6):40-44.

[6] 胡建芳,裴宗阳,陈建中,等. 松花坝水源林林分土壤理化特性研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2011,31(4):302-307.

[7] 陈木亮. 昆明市松华坝水源保护区天然林森林健康评价研究[D]. 昆明:西南林业大学,2009.

[8] 喻庆国,亢新刚,曹顺伟,等. 云南糯扎渡自然保护区植被空间分异研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(2):11.

[9] 喻庆国,曹顺伟,邓喜庆,等. 云南糯扎渡自然保护区植被垂直分布研究[J]. 林业科技开发,2006,20(4):48.

[10] 喻庆国,亢新刚,曹顺伟,等. 云南糯扎渡自然保护区植被沿坡向空间分异研究[J]. 福建林业科技,2007,34(1):10.

[11] 吴征溢,孙航,彭华,等. 种子植物分布区类型及其起源和分化:第 1 版 [M]. 昆明:云南科技出版社,2006.

[12] 段华超,李双智,茶晓飞,等. 昆明西山喀斯特地区种子植物区系研究[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2020,49(3):383.

[13] 王业春, 雷波, 张晟. 三峡库区消落带不同水位高程植被和土壤特征差异[J]. 湖泊科学,2012,24(2):206-212.

[14] 孙鹏飞,沈雅飞,王丽君,等. 三峡库区秭归段水位消落带草本植物多样性分析[J]. 林业科学研究,2020,33(6):103.

[15] 孙荣, 陈忠礼, 张跃伟,等. 三峡水库消落带植物群落组成及物种多样性[J]. 生态学杂志,2011,30(2):208-214.

[16] 刘维暐, 王杰, 王勇,等. 三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异[J]. 生态学报,2012,32(17):5454-5466.

责任编辑: 杨焌焓