

人为干扰对川西碧峰峡山矾次生林群落结构和物种多样性的影响

郝建锋^{1,2}, 张逸博¹, 李艳¹, 齐锦秋^{1,3}, 姚小兰¹, 黄雨佳¹, 陈亚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; 3. 木材工业与家具工程重点实验室, 成都 611130)

摘要: 为探讨人为干扰对川西碧峰峡山矾(*Symplocos sumuntia*)次生林群落结构和物种多样性的影响, 对其群落结构、物种组成和物种多样性特征进行了研究。结果表明, 在总面积为 7200 m² 的 12 块样地中共记录到维管束植物 151 种, 隶属于 58 科 98 属, 以樟科(Lauraceae)、山矾科(Symplocaceae)、蔷薇科(Rosaceae)等为主。单因素方差分析表明, 不同强度人为干扰对山矾次生林群落径级、高度级结构影响的差异不显著($P>0.05$), 群落乔木层径级为单峰型结构, 高度级结构分布呈倒“J”型, 群落天然更新能力强。受不同人为强度干扰的山矾次生林群落各层次物种组成和优势种数量不同, 乔木层优势种数量差异显著, 且轻度干扰>中度干扰>重度干扰; 灌木层和草本层中, 中度干扰的优势种数量最多, 轻度干扰次之, 重度干扰的最少。总体上看, 人为干扰对山矾次生林群落乔木层、草本层物种多样性水平具有负面影响, 群落 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Simpson 优势度指数(H')、物种丰富度指数(S)和均匀度指数(J_{sm})随人为干扰强度的增加而降低, 物种多样性水平呈下降趋势; 中度干扰下灌木层的物种多样性有增加的趋势。总体上物种多样性指数表现出灌木层>乔木层>草本层的规律。

关键词: 人为干扰; 山矾次生林; 群落结构; 物种多样性

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.05.012

Effects of Human Disturbance on Species Diversity and Community Structure of *Symplocos sumuntia* Secondary Forest in Bifengxia in Western Sichuan

HAO Jian-feng^{1,2}, ZHANG Yi-bo¹, LI Yan¹, QI Jin-qiu^{1,3}, YAO Xiao-lan¹, HUANG Yu-jia¹, CHEN Ya¹

(1. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Control, Chengdu 611130, China; 3. Key Laboratory of Wood Industry and Furniture Engineering, Chengdu 611130, China)

Abstract: To understand the community structure and species diversity of *Symplocos sumuntia* secondary forest of Bifengxia in western sichuan under human disturbances, the community structure, composition of species and species diversity character of *Symplocos sumuntia* community were studied. The results showed that there were 151 vascular species, belonging to 58 families and 98 genera, in 12 plots with total area of 7200 m², in which Lauraceae, Symplocaceae and Rosaceae were dominant. One-Way ANOVA analysis showed that there were not significant difference ($P>0.05$) in diameter class and height class of tree layer under different human disturbance. And the diameter class structure of tree layer was single peak type, its height class structure conform to inverse J-shape, which suggested strong capacity of natural regeneration. The species composition and number of dominant species in each layer were different under human disturbances. The number of dominant species in tree

收稿日期: 2015-11-27 接受日期: 2016-02-22

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); 国家科技支撑计划(2011BAC09B05); 四川农业大学双支计划博士专项基金(00370401)资助

This work was supported by the General Project of Department of Education in Sichuan Province (Natural Science) (Grant No. 15ZB0020); National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31370628); Projects in the National Science & Technology Pillar Program during the Twelfth Five-year Plan Period (Grant No. 2011BAC09B05); and the Special Fund for Dr. of Double Support Plan in Sichuan Agricultural (Grant No. 00370401).

作者简介: 郝建锋(1972~), 男, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学和林业生态工程学研究。E-mail: haojf2005@aliyun.com

layer had significant difference under disturbances with in order of slight disturbance > middle disturbance > severe disturbance, while the number of species in shrub layer and herb layer was in order of middle disturbance > slight disturbance > severe disturbance. The diversity indexes, such as S , H , H' , and J_{sw} , decreased with the increament of human disturbance, indicating a decrease of species diversity. There was negative relationship between human disturbance and species diversity in tree and herb layer, while the species diversity increased in shrub layer at middle disturbance. As a whole, these indexes were in the order of shrub layer > tree layer > herb layer.

Key words: Human disturbance; *Symplocos sumuntia* community; Population structure; Species diversity

物种多样性是群落结构和功能复杂性的一种体现^[1], 可作为判断生物群落结构变化或生态系统稳定性的指标^[2-4], 是生物多样性的本质内容^[2-5]。研究植物群落的物种多样性有助于进一步研究群落生态系统功能, 更好地认识群落的发展、演变趋势^[6]。生态系统较高的物种多样性意味着较高的生产力、抗干扰能力与干扰后系统恢复能力^[7-8], 森林群落及其多样性作为森林生态系统的重要组成部分, 对发挥生态系统功能、维持生态系统平衡意义重大^[9-10], 因此森林群落物种多样性的研究一直备受关注^[11]。

雅安市碧峰峡生态风景区属于典型的亚热带常绿阔叶林区, 对涵养水源、调节气候、保持水土和净化空气等方面意义重大, 碧峰峡生态风景区同时也是珍稀濒危物种野生大熊猫栖息地, 但随着碧峰峡生态旅游的发展, 景区内人流量增多, 该地区出现了明显的以踩踏、砍伐树桩、断枝等为主要表现形式的人为干扰痕迹^[12]。大熊猫的食物资源和生活环境遭到破坏, 该区生态系统的物种多样性面临威胁。山矾(*Symplocos sumuntia*)为山矾科(*Symplocaceae*)山矾属常绿植物, 具有优良的经济及生态价值, 对污染物有较强的抗性^[13], 与木荷(*Schima superba*)、栲(*Castanopsis fargesii*)构成碧峰峡风景区常绿阔叶林主要组成树种。本研究以雅安市碧峰峡山矾次生林群落为研究对象, 探讨人为干扰对其物种组成、群落结构和物种多样性的影响, 从而加深对该区森林群落结构、性质的认识, 为当地的生物多样性保护及旅游可持续管理提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于四川省雅安市雨城区北部的碧峰峡(102°51'~103°12' E, 29°40'~30°14' N), 地处邛崃山系西南部余脉的中低山地带, 最高海拔 1971 m, 土壤以山地黄壤为主; 气候类型为亚热带季风性湿

润气候, 空气质量国家 I 级, 气候温和湿润, 雨量充沛; 年均温 16.2℃, 年均日照 1039.6 h, 年降水量 1774.3 mm; 自然植被结构属亚热带季雨式偏湿型常绿阔叶次生林^[14], 主要是以山矾科、樟科(*Lauraceae*)、山茶科(*Theaceae*)、百合科(*Liliaceae*)、菊科(*Compositae*)和蔷薇科(*Rosaceae*)为主组成的常绿阔叶林。

2 研究方法

2.1 样地设置与样方调查

通过实地考察, 参照前人经验, 根据人为干扰痕迹的强弱、林分郁闭度和旅游活动干扰源的远近^[15-16], 设置 3 种强度人为干扰的样地, 重度干扰是指选择性采伐严重, 林分简单, 游客进入量大, 旅游活动频繁, 折枝, 收集枯落物等人为活动频繁, 林内植物生长遭受破坏较大, 郁闭度为 0.6~0.7, 距离核心景区 100~250 m; 中度干扰是指选择性采伐不严重, 树种较为丰富, 游客进入量少, 人为折枝情况少, 草本层植被遭受践踏很少, 郁闭度为 0.7~0.8, 距离核心景区 400~550 m; 轻度干扰是指人为选择性采伐轻微, 林相完整, 几乎无游客进入, 草本层植被保存完整, 郁闭度为 0.8~0.9, 距离核心景区 700~850 m。根据研究地区立地条件, 采用典型选样法, 设置 12 块 20 m×30 m 林相整齐、林层丰富的典型样地(表 1), 轻度、中度和重度干扰样地各 4 块, 记录每个样地的地理坐标、海拔、坡向、坡度、坡位等立地因子。每个样地等分为 6 个 10 m×10 m 的乔木样方, 调查记录样方内的物种名、个体数、胸径、树高、盖度、物候等指标。在每个样地沿对角线设置 6 个 5 m×5 m 的灌木样方, 12 个 1 m×1 m 的草本样方, 分别记录灌木层(包括木质藤本和乔木更新幼苗)和草本层(包括草质藤本)的物种名、单株/丛株、高度、地径、盖度等指标。

表 1 样地概况

样地编号 Plot No.	海拔 (m) Altitude	坡度 (°) Slope	坡向 (°) Aspect	胸径 (cm) DBH	株高 (m) Height	密度 Density (ind. hm ⁻²)	郁闭度 Canopy	干扰强度 Disturbance intensity
1	1132	23	NE80	10.2	9.4	2450	0.9	轻度 Slight
2	1129	26	NE83	9.7	9.5	2000	0.9	轻度 Slight
3	1128	21	NE79	9.1	10.8	1933	0.8	轻度 Slight
4	1126	24	NE74	9.8	10	1617	0.8	轻度 Slight
5	1136	27	NE59	10.3	11.6	1567	0.8	中度 Middle
6	1135	26	NE66	9.7	10.5	1700	0.7	中度 Middle
7	1133	31	NE6	10.8	12.2	1250	0.8	中度 Middle
8	1132	28	NW65	10.3	11.5	2217	0.8	中度 Middle
9	1144	29	NW72	12.3	11.3	1200	0.7	重度 Severe
10	1146	32	NW80	12.1	10.4	1400	0.7	重度 Severe
11	1149	31	NW85	12.1	10.8	1800	0.7	重度 Severe
12	1147	31	NW86	12.3	10.9	1250	0.6	重度 Severe

2.2 群落结构划分

根据调查数据, 结合山砭次生林群落生长情况, 参照孟祥楠等^[17]的方法, 把乔木层胸径划分为 9 个径级(Diameter class), 胸径 1 cm 为起测标准, 每 4 cm 为 1 个径级, 胸径 4 cm 以下为径级 I, 4~8 cm 为径级 II, 以此类推, 胸径 32 cm 及以上为径级 IX。把乔木层高度也分为 9 个高度级(High class), 每 2 m 为 1 个高度级, 高度 3~5 m 为高度级 I, 5~7 m 为高度级 II, 以此类推, 高度 19 m 及以上为高度级 IX。

2.3 物种多样性计算

物种丰富度指数(S)以样方中物种的数量表示。
Shannon-Wiener 多样性指数(H):

$$H = -\sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

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

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

乔木重要值=(相对密度+相对频度+相对优势度)/3;灌木和草本重要值=(相对密度+相对频度+相对盖度)/3。式中, P_i 为该种的个体数(N_i)占群落中总个体数(N)的比例, 即 P_i=N_i/N。

2.4 数据统计分析

采用 SPSS 17.0 软件中的单因素方差分析(One-Way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)检验

群落各层次多样性指数、径级和高度级的差异显著性(P=0.05), 所有图表均在 Origin 8.0 软件和 Excel 2010 完成。

3 结果和分析

3.1 人为干扰对山砭次生林群落结构的影响

群落径级结构 单因素方差分析表明, 不同强度人为干扰下山砭次生林径级结构完整且差异不显著(P>0.05, 图 1)。乔木层小径级(胸径 8 cm 以下)个体数多于大径级(胸径 16 cm 以上), 且轻度、中度和重度干扰下乔木层的径级结构都以径级 II (胸径 4~8 cm)为峰值, 分别为 232 株、172 株和 156 株, 林分幼树个体较多, 说明该群落潜在天然更新能力强; 山砭次生林群落在轻度、中度和重度干扰林分中乔木径级成单峰型结构, 大径级个体数较少, 说明该群落正处于演替更新阶段。

群落高度级结构 单因素方差分析表明, 不同强度人为干扰对山砭次生林群落高度级的影响有差异(图 2)。在小高度级(高度 3~7 m)受轻度、中度和重度干扰的乔木个体数差异不显著, 在大高度级(高度 15 m 以上)受中度与重度干扰的差异不显著, 但与轻度干扰的差异显著(P<0.05); 轻度、中度和重度干扰下乔木层都以高度级 I (高度 3~5 m)的个体数最多, 分别为 264 株、180 株和 160 株, 随着林木高度的增加, 个体数呈减少趋势, 群落现实生产力低, 高度级分布呈倒“J”型结构。

3.2 人为干扰对物种组成的影响

科属种组成 野外调查表明, 山砭次生林群

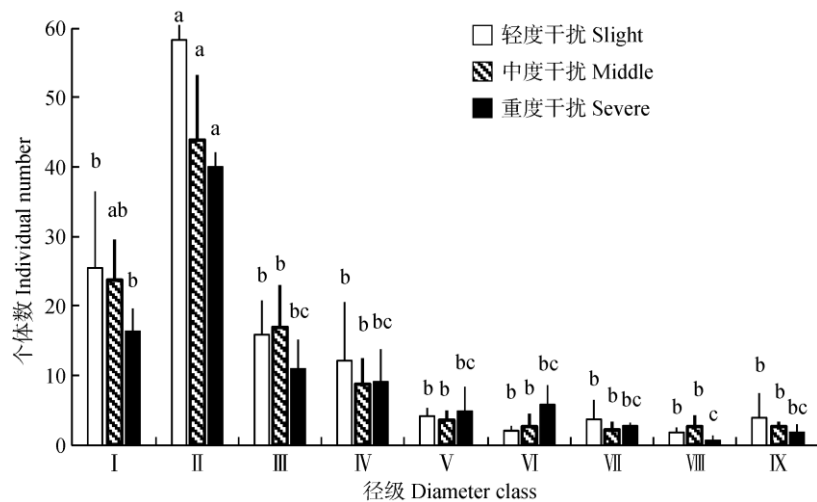


图 1 人为干扰下群落乔木层径级结构。柱上不同小写字母表示不同干扰程度间差异显著($P < 0.05$)。图 2 同。

Fig. 1 Diameter class in tree layer of *Symplocos sumuntia* community under human disturbance. Difference small letters on column among different human disturbance indicate significant differences at 0.05 level. The same is Figure 2.

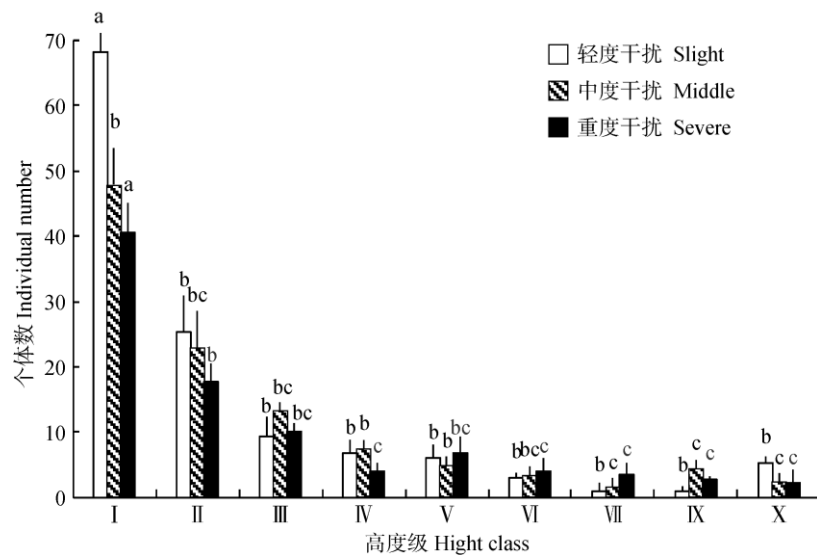


图 2 人为干扰下群落乔木层高度级结构

Fig. 2 Height class in tree layer of *Symplocos sumuntia* community under human disturbance

落样地内共有维管束植物 151 种, 隶属于 58 科 98 属, 以山矾科、樟科、蔷薇科等植物为主。不同层次的物种组成存在差异(图 3), 乔木层有 47 种, 隶属于 17 科 28 属, 以山矾科、樟科、壳斗科(Fagaceae)为主; 灌木层有 96 种, 隶属于 39 科 59 属, 以山矾科、樟科、茶科、蔷薇科居多; 草本层有 34 种, 隶属于 20 科 27 属, 以野牡丹科(Melastomataceae)、碗蕨科(Dennstaedtiaceae)为主。灌木层物种多样性最高, 乔木层次之, 草本层最低。不同强度人为干扰下群落物种组成不同(图 3), 轻度干扰样地有 130

种, 隶属于 63 科 90 属, 中度干扰样地有 121 种, 隶属于 53 科 81 属, 重度干扰样地有 109 种, 隶属于 61 科 84 属, 物种数、属数和科数随着干扰强度的增加先增加后减少。

重要值 受不同强度人为干扰的山矾次生林群落各层次物种组成和优势种数量不同。乔木层的优势种数量轻度干扰>中度干扰>重度干扰, 且差异明显(表 2), 轻度干扰下山矾的重要值为 0.1462, 中度干扰下为 0.1440, 重度干扰下为 0.0975, 表明山矾在轻度干扰下生长最好, 总状山矾(*Symplocos botryantha*)、

齿叶红淡比(*Cleyera japonica* var. *lipingensis*)和麻栎(*Quercus acutissima*)树种仅在轻度干扰群落出现, 在中度、重度干扰群落未见, 表明人为干扰使物种组成发生变化。重度干扰下其余 17 种植物的重要值总和

为 0.3911, 低于轻度、中度干扰, 是因为重度干扰群落中存在霸王木, 如木荷、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、毛脉南酸枣(*Choerospondias axillaries* var. *pubinervis*)等, 挤占了其余树种的生存空间。

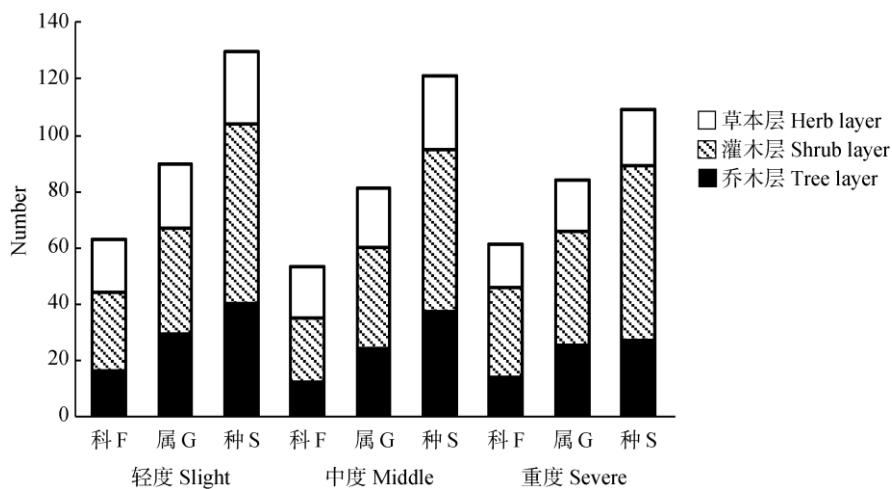


图 3 不同人为干扰下群落的物种组成。F: 科; G: 属; S: 种。
Fig. 3 Species composition of community under human disturbance. F: Family; G: Genera; S: Species.

表 2 山矾次生林群落乔木层物种的重要值

Table 2 Importance value of tree layer of *Symplocos sumuntia* community

植物 Species	重要值 Importance value		
	A	B	C
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	0.1462	0.1440	0.0975
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.0440	0.0378	0.0701
山茶 <i>Camellia japonica</i>	0.0499	0.0277	0.0388
总状山矾 <i>Symplocos botryantha</i>	0.0466		
岗桉 <i>Eurya groffii</i>	0.0438	0.0737	0.0431
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	0.0460	0.1001	0.0925
齿叶红淡比 <i>Cleyera japonica</i> var. <i>lipingensis</i>	0.0357		
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.0306	0.0272	0.0446
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	0.0429		
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	0.0349	0.0462	0.0349
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>		0.0419	
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>		0.0794	
木荷 <i>Schima superba</i>		0.0303	0.0886
日本杜英 <i>Elaeocarpus japonicas</i>			0.0670
毛脉南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i> var. <i>pubinervis</i>			0.0318
A:其余 30 种 Other 30 species in A	0.4794		
B:其余 27 种 Other 27 species in B		0.3917	
C:其余 17 种 Other 17 species in C			0.3911
合计 Total	1.0000	1.0000	1.0000

A: 轻度干扰; B: 中度干扰; C: 重度干扰。下同。

A: Slight disturbance; B: Middle disturbance; C: Severe disturbance. The same is following Tables.

灌木层的物种组成丰富, 优势种数量以中度干扰>轻度干扰>重度干扰(表 3), 可能是轻度干扰群落中乔木层的长势优于中度干扰群落, 下层的灌木层生长受到抑制, 造成中度干扰的优势种数量多于轻

度干扰, 而重度干扰由于受到人为破坏严重, 导致优势种数量最少。山矾在轻度、中度和重度群落中的重要值相近, 分别为 0.0584、0.0665、0.0693, 表明灌木层中山矾的生长受到人为干扰的影响不显著。

从表 4 可见,不同强度人为干扰下草本层的优势种数量中度干扰>轻度干扰>重度干扰,中度干扰下优势种数量最多,叶底红(*Phyllagathis fordii*)、肉穗草(*Sarcopyramis bodinieri*)和黑足鳞毛蕨(*Dryopteris fuscipes*)等在不同强度人为干扰的群落中均有分布,表现出对人为干扰和生境的广泛适应性。

表 3 山矾群落灌木层物种的重要值

Table 3 Importance value of shrub layer of *Symplocos sumuntia* community

植物 Species	重要值 Importance value		
	A	B	C
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.1164	0.1177	0.0433
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	0.0597	0.0749	0.0865
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	0.0584	0.0665	0.0693
黄牛奶树 <i>Symplocos laurina</i>	0.0582	0.0409	0.0519
菝葜 <i>Smilax china</i>	0.0536	0.0578	0.0398
岗桉 <i>Eurya groffii</i>	0.0342		
朱砂根 <i>Ardisia crenata</i>	0.0330	0.0452	0.0529
棠叶悬钩子 <i>Rubus malifolius</i>	0.0327	0.0302	
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	0.0325		
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.0320	0.0344	
木姜子 <i>Litsea pungens</i>		0.0413	
日本杜英 <i>Elaeocarpus japonicas</i>		0.0286	
茶 <i>Camellia sinensis</i>			0.0711
蓉城竹 <i>Phyllostachys bissetii</i>			0.0369
细叶楠 <i>Phoebe hui</i>			0.0305
木荷 <i>Schima superba</i>			0.0294
A:其余 47 种 Other 47 species in A	0.4893		
B:其余 53 种 Other 53 species in B		0.4626	
C:其余 42 种 Other 42 species in C			0.4884
合计 Total	1.0000	1.0000	1.0000

表 4 山矾次生林群落草本层物种的重要值

Table 4 Importance value of herb layer of *Symplocos sumuntia* community

植物 Species	重要值 Importance value		
	A	B	C
叶底红 <i>Phyllagathis fordii</i>	0.1528	0.1381	0.0773
肉穗草 <i>Sarcopyramis bodinieri</i>	0.1090	0.1387	0.0651
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>	0.0885		0.0921
黑足鳞毛蕨 <i>Dryopteris fuscipes</i>	0.0720	0.0383	0.1267
里白 <i>Hicriopteris glauca</i>	0.0648	0.0777	
瘤足蕨 <i>Plagiogyria adnate</i>	0.0616	0.0580	0.0872
狗脊 <i>Woodwardia japonica</i>	0.0523	0.0743	0.1548
尾叶鳞盖蕨 <i>Microlepia caudiformis</i>	0.0515	0.0850	
书带蕨 <i>Vittaria flexuosa</i>	0.0476		0.0358
翅轴蹄盖蕨 <i>Athyrium delavayi</i>	0.0473		
红盖鳞毛蕨 <i>Dryopteris erythrosora</i>		0.0796	0.1399
狭叶落地梅 <i>Lysimachia paridiformis</i> var. <i>stenophylla</i>		0.0360	
紫萁 <i>Osmunda japonica</i>		0.0323	0.0459
碗蕨 <i>Dennstaedtia scabra</i>			0.0450
A: 其余 16 种 Other 16 species in A	0.2526		
B: 其余 18 种 Other 18 species in B		0.2420	
C: 其余 12 种 Other 12 species in C			0.1302
合计 Total	1.0000	1.0000	1.0000

3.3 人为干扰对山矾次生林群落物种多样性的影响

总体上看,山矾次生林群落乔木层、草本层的 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 值、物种丰富度指数

S 值、Simpson 优势度指数 H' 值和均匀度指数 J_{sw} 值随人为干扰强度的增加而降低(图 4),物种多样性水平呈下降趋势;不同人为干扰程度下乔木层与

草本层 Shannon-Wiener 多样性指数 H 值、物种丰富度指数 S 值均存在显著性差异($P<0.05$), 且随着干扰程度的增加, 乔木层与草本层 H 值和 S 值减小(图 4), 表明由于选择性采伐和旅游活动带来的人为干扰对乔木层与草本层的多样性和物种丰富度负面影响较大, 而不同人为干扰程度下灌木层的 H 值、 S 值差异性不显著($P>0.05$); 轻度、中度和重度人为干扰下群落乔、灌、草各层次的 Simpson 优势度指数 H' 、均匀度指数 J_{sw} 差异性均不显著($P>0.05$); 受轻度、中度和重度干扰的灌木层各项指数均为中

度干扰>轻度干扰>重度干扰, 中度干扰下灌木层的物种多样性有增加的趋势; 总体上各项指数表现出灌木层>乔木层>草本层的规律, 表明灌木层生长受到人为干扰影响小于乔木层与草本层; 随着干扰程度的增加, 草本层 Simpson 优势度指数 H' 增大, 原因是游客的踩踏干扰造成耐受性较差的物种消失, 抗干扰能力强的草种生态优势明显。受轻度干扰群落由于远离碧峰峡核心景区, 遭受樵采和旅游活动带来的干扰较少, 乔木层受到破坏较小, 物种多样性指数水平较高。

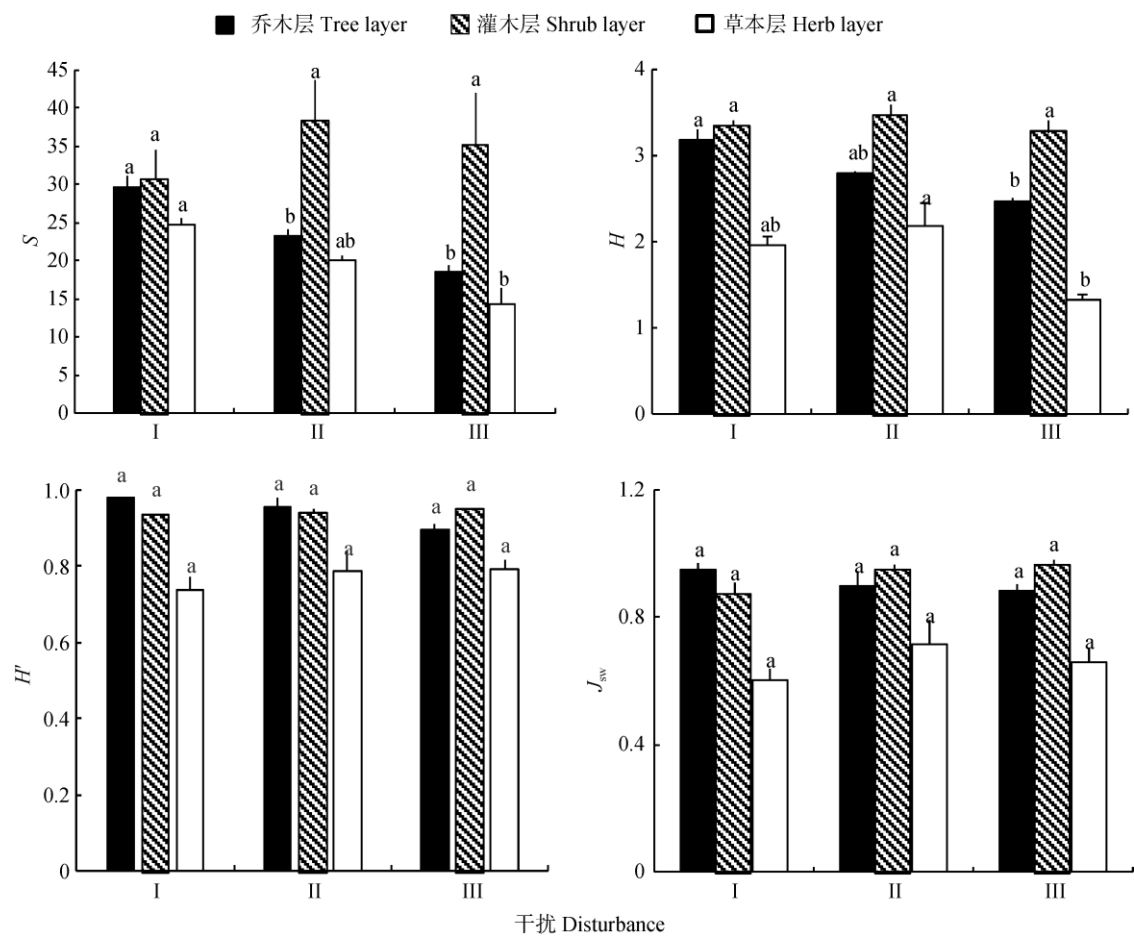


图4 人为干扰下山矾次生林群落的物种多样性指数。I: 轻度干扰; II: 中度干扰; III: 重度干扰; S: 物种丰富度指数; H: Shannon-Wiener 多样性指数; H': Simpson 优势度指数; J_{sw} : 均匀度指数。

Fig. 4 Diversity indexes of *Symplocos sumuntia* community under human disturbance. I: Slight disturbance; II: Middle disturbance; III: Severe disturbance; S: Richness; H: Shannon-Wiener index; H': Simpson index; J_{sw} : Evenness index.

4 讨论和结论

本研究结合群落乔木层径级、高度级结构、群落物种组成特征, 运用多样性、丰富度、优势度、

均匀度等多样性指数指标探讨了人为干扰对碧峰峡山矾次生林群落的影响。不同人为干扰程度对山矾次生林群落径级、高度级结构的影响差异性不显著, 在轻度、中度和重度干扰林分中乔木径级呈单

峰型结构,高度级为倒“J”型分布,群落中幼树较多,潜在天然更新能力强;高径级、高度级处乔木个体数较少,林分不成熟,正处于演替更新阶段,现实生产力低。受不同强度人为干扰的山砭次生林群落各层次物种组成和优势种数量具有差异性,物种多样性灌木层>乔木层>草本层;不同强度人为干扰下灌木层、草本层的优势种数量表现出中度干扰>轻度干扰>重度干扰的规律。总体上看,随着人为干扰程度的加剧,山砭次生林群落乔木层、草本层物种多样性水平呈下降趋势,中度干扰下灌木层的物种多样性有增加的趋势;总体上各项指数表现出灌木层>乔木层>草本层的规律。

生物多样性对维持生态系统平衡与功能的正常发挥起关键作用^[6],在进行群落组成、结构及发展变化的评价,群落及其环境保护状态的测度和濒危物种丧失的控制过程中具有重要意义^[18-19]。有研究表明,持续的人为干扰会使群落结构、植被类型、群落演替方向等发生改变进而降低群落物种多样性^[9,20]。导致碧峰峡山砭次生林群落物种多样性下降的主要原因是选择性砍伐和旅游活动,大量研究表明旅游活动带来的踩踏、折枝、游道等的人为干扰会对森林群落环境造成严重、难以恢复的破坏^[15,21]。为维持碧峰峡山砭次生林群落较高的物种多样性和大熊猫栖息地的完整性,要适当降低旅游活动和选择性采伐干扰的强度,在受人为干扰严重群落栽植具有潜在更新能力和经济价值较高的乡土树种,如楠木(*Phoebe zhennan*)、润楠(*Machilus nanmu*)、青冈等,丰富林相;山砭次生林群落中草本层物种多样性水平最低,因此要重视草本层植物的抚育更新;最终营造一个森林生产力水平高、群落结构稳定、物种多样性水平高、整体功能发挥良好的群落环境。此外,在灌木层轻度干扰样地发现了红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *chinensis*),红豆杉是我国Ⅰ级濒危保护物种,材质坚硬、纹理致密,是一种集园林观赏、抗癌药用、高级用材于一体的珍贵树种^[22],要尽可能减少人为干扰,以便保护红豆杉的合适生境。

参考文献

- [1] MA H J, LI R X, YUAN F Y, et al. Stability of *Platycladus orientalis* mixed forest communities at different successional stages [J]. *Chin J Ecol*, 2013, 32(3): 558–562.
马洪婧, 李瑞霞, 袁发银, 等. 不同演替阶段栎树混交林群落稳定性 [J]. *生态学杂志*, 2013, 32(3): 558–562.
- [2] 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): 2856–2866. doi: 10.5846/stxb201201140085.
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): 2856–2866. doi: 10.5846/stxb201201140085.
- [3] MENG Y Y, ZHOU L, ZHOU W M, et al. Characteristics of plant species diversity in a windthrow area on Changbai Mountain after 26 years of natural recovery [J]. *Acta Ecol Sin*, 2015, 35(1): 142–149. doi: 10.5846/stxb201405301109.
孟莹莹, 周莉, 周旺明, 等. 长白山风倒区植被恢复 26 年后物种多样性变化特征 [J]. *生态学报*, 2015, 35(1): 142–149. doi: 10.5846/stxb201405301109.
- [4] GHALEY B B, PORTER J R. Ecosystem function and service quantification and valuation in a Conventional winter wheat production system with DAISY model in Denmark [J]. *Ecosyst Ser*, 2014, 10: 79–83. doi: 10.1016/j.ecoser.2014.09.010.
- [5] CHEN G S. Analysis on environmental gradients for species diversity of forest community in xiaozhaigou nature reserve, Sichuan [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2010, 18(2): 182–188. doi: 10.3969/j.issn.1005–3395.2010.02.012.
陈光升. 四川小寨子沟森林群落物种多样性的环境梯度分析 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2010, 18(2): 182–188. doi: 10.3969/j.issn.1005–3395.2010.02.012.
- [6] YI X M, ZHANG Y, WANG Y X, et al. Population structure and dynamics of *Fraxinus mandshurica* in Changbai Mountain [J]. *Acta Ecol Sin*, 2015, 35(1): 91–97. doi: 10.5846/stxb201403260566.
易雪梅, 张悦, 王远遐, 等. 长白山水曲柳种群动态 [J]. *生态学报*, 2015, 35(1): 91–97. doi: 10.5846/stxb201403260566.
- [7] LIU P, QIN J, LIU J C, et al. Comparison of structure and species diversity of *Eucalyptus* community [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, 31(8): 2227–2235.
刘平, 秦晶, 刘建昌, 等. 桉树人工林物种多样性变化特征 [J]. *生态学报*, 2011, 31(8): 2227–2235.
- [8] MA W J, ZHANG Q, NIU J M, et al. Relationship of ecosystem primary productivity to species diversity and functional group diversity: Evidence from *Stipa breviflora* grassland in Nei Mongol [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2013, 37(7): 620–630. doi: 10.3724/SP.J.1258.2013.00064.
马文静, 张庆, 牛建明, 等. 物种多样性和功能群多样性与生态系统生产力的关系——以内蒙古短花针茅草原为例 [J]. *植物生态学报*, 2013, 37(7): 620–630. doi: 10.3724/SP.J.1258.2013.00064.

- [9] MIAO N, ZHOU Z L, SHI Z M, et al. Successional dynamics of community structure and species diversity after clear-cutting of faxon fir (*Abies faxoniana*) forest stands [J]. *Acta Ecol Sin*, 2014, 34(13): 3661–3671. doi: 10.5846/stxb201211151605.
- 缪宁, 周珠丽, 史作民, 等. 岷江冷杉林皆伐后次生群落结构和物种多样性的演替动态 [J]. *生态学报*, 2014, 34(13): 3661–3671. doi: 10.5846/stxb201211151605.
- [10] CAO X Y, LI J P, ZHOU Y Q, et al. Stand layer index and its relations with species diversity of understory shrubs of *Cunninghamia lanceolata* plantations [J]. *Chin J Ecol*, 2015, 34(3): 589–595.
- 曹小玉, 李际平, 周永奇, 等. 杉木林林层指数及其与林下灌木物种多样性的关系 [J]. *生态学杂志*, 2015, 34(3): 589–595.
- [11] BOULANGEAT I, GEORGES D, DENTANT C, et al. Anticipating the spatio-temporal response of plant diversity and vegetation structure to climate and land use change in a protected area [J]. *Ecography*, 2014, 37(12): 1230–1239. doi: 10.1111/ecog.00694/abstract.
- [12] LIANG Q P. Study on woody liana resources of Bifengxia in Ya'an City [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2013: 1–80.
- 梁秋屏. 雅安市碧峰峡风景区木质藤本植物资源研究 [D]. 成都: 四川农业大学, 2013: 1–80.
- [13] GU C H, WANG Y X, BAI S B, et al. Tolerance and accumulation of four ornamental species seedlings to soil cadmium contamination [J]. *Acta Ecol Sin*, 2015, 35(8): 2536–2544. doi: 10.5846/stxb201306101560.
- 顾翠花, 王懿祥, 白尚斌, 等. 四种园林植物对土壤镉污染的耐受性 [J]. *生态学报*, 2015, 35(8): 2536–2544. doi: 10.5846/stxb201306101560.
- [14] TANG C X, XU E X, TANG Y, et al. Adaptability of giant panda to a new habitat in Bifengxia, Yaan, Sichuan [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2007, 13(5): 686–690. doi: 10.3321/j.issn:1006-687x.2007.05.017.
- 汤纯香, 许尔兴, 汤洋, 等. 大熊猫迁居碧峰峡新生境的适应能力研究 [J]. *应用与环境生物学报*, 2007, 13(5): 686–690. doi: 10.3321/j.issn:1006-687x.2007.05.017.
- [15] LU Q B, YOU W Y, ZHAO C J, et al. Effects of tourism disturbance on plant diversity in Qingshan Lake Scenic Area of Zhejiang Province [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2011, 22(2): 295–302.
- 鲁庆彬, 游卫云, 赵昌杰, 等. 旅游干扰对青山湖风景区植物多样性的影响 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(2): 295–302.
- [16] HAO J F, WANG D Y, LI Y, et al. Effects of human disturbance on species diversity of *Phoebe zhenan* communities in Jinfengshan Mountain in western Sichuan [J]. *Acta Ecol Sin*, 2014, 34(23): 6930–6942.
- 郝建锋, 王德艺, 李艳, 等. 人为干扰对川西金凤山楠木次生林群落结构和物种多样性的影响 [J]. *生态学报*, 2014, 34(23): 6930–6942.
- [17] MENG X N, ZHOU Y S, ZHENG L, et al. Population structure and understory species diversity of different aged *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantations in Nenjiang Sandy Land of northeast China [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2012, 23(9): 2332–2338.
- 孟祥楠, 赵雨森, 郑磊, 等. 嫩江沙地不同年龄樟子松人工林种群结构与林下物种多样性动态 [J]. *应用生态学报*, 2012, 23(9): 2332–2338.
- [18] ZHAO Q H, MA L J, LIU Q, et al. Plant species diversity and its response to environmental factors in typical river riparian zone in the middle and lower reaches of Yellow River [J]. *Chin J Ecol*, 2015, 34(5): 1325–1331.
- 赵清贺, 马丽娇, 刘倩, 等. 黄河中下游典型河岸带植物物种多样性及其对环境的响应 [J]. *生态学杂志*, 2015, 34(5): 1325–1331.
- [19] LUO J, FANG J P, WANG G Y. Studies on the characteristics of *picea likiangensis* var. *linzhiensis* communities in Xizang (Tibet), China [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2011, 19(2): 113–119. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.02.003.
- 罗建, 方江平, 王国严. 林芝云杉群落特征的研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2011, 19(2): 113–119. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2011.02.003.
- [20] XU H, LI Y D, LUO T S, et al. Environmental factors correlated with species diversity in different tropical rain forest types in Jianfengling, Hainan Island, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2013, 37(1): 26–36. doi: 10.3724/SP.J.1258.2013.00003.
- 许涵, 李意德, 骆士寿, 等. 海南尖峰岭不同热带雨林类型与物种多样性变化关联的环境因子 [J]. *植物生态学报*, 2013, 37(1): 26–36. doi: 10.3724/SP.J.1258.2013.00003.
- [21] SURIGUGA, ZHANG J T, WANG Y X. Species diversity of forest communities and its forecasting by neural network in the Songshan National Nature Reserve, Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2013, 33(11): 3394–3403. doi: 10.5846/stxb201203290440.
- 苏日古嘎, 张金屯, 王永霞. 北京松山自然保护区森林群落物种多样性及其神经网络预测 [J]. *生态学报*, 2013, 33(11): 3394–3403. doi: 10.5846/stxb201203290440.
- [22] LI W, WANG R X, ZHANG G F, et al. Point pattern analysis of *ex-situ* population of *Taxus wallichiana* var. *mairii* [J]. *Chin J Ecol*, 2014, 33(1): 16–22.
- 李伟, 王瑞雪, 张光富, 等. 南方红豆杉迁地保护种群的点格局分析 [J]. *生态学杂志*, 2014, 33(1): 16–22.