

DOI: 10.5846/stxb201511212361

郝建锋,李艳,齐锦秋,裴曾莉,黄雨佳,蒋倩,陈亚.人为干扰对碧峰峡栲树次生林群落物种多样性及其优势种群生态位的影响.生态学报,2016,36(23):7678-7688.

Hao J F, Li Y, Qi J Q, Pei Z L, Huang Y J, Jiang Q, Chen Y. Effects of anthropogenic disturbances on the species diversity and niche of the dominant populations in a *Castanopsis fargesii* secondary forest community in Bifengxia, Sichuan. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(23): 7678-7688.

# 人为干扰对碧峰峡栲树次生林群落物种多样性及其优势种群生态位的影响

郝建锋<sup>1,2,\*</sup>, 李 艳<sup>1</sup>, 齐锦秋<sup>1,3</sup>, 裴曾莉<sup>1</sup>, 黄雨佳<sup>1</sup>, 蒋 倩<sup>1</sup>, 陈 亚<sup>1</sup>

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:**为进一步了解人为干扰对碧峰峡生态旅游区的生态环境及不同种群利用资源、占据生态空间的能力的影响,并为该区植物资源、大熊猫栖息地的保护及旅游可持续措施的制定提供依据,调查了人为干扰下碧峰峡栲树(*Castanopsis fargesii*)次生林物种多样性及其优势种群生态位的组成情况。结果表明:7200m<sup>2</sup>的样方中共记录到156个植物种,隶属于70科114属,其中乔木16科23属33种,灌木39科67属95种,草本38科42属47种;乔木层总体物种多样性水平在中度干扰下最低,在轻度及重度干扰下差异不大。灌木层总体物种多样性水平在中度干扰下最高,在轻度干扰下最低。而草本层物种多样性随着干扰强度的加深有明显降低趋势;随着人为干扰强度的增加,乔木层中优势种栲树的生态位宽度均为最大,与其他树种生态位重叠值在中度干扰下有所降低,栎属(*Quercus serrata*)的生态位宽度会变小,山茶科(Theaceae)植物的生态位变宽,同时其生态位重叠值增大;在灌木层中,重度干扰下,菝葜(*Smilax china*)生态位宽度减小,栲树幼苗的生态适应范围也骤减,其他大多数物种在中度干扰下,生态位宽度最低;在草本层中,蕨类植物及皱叶狗尾草(*Setaria plicata*)在重度干扰下生态位宽度及重叠值均增高,其适应范围变广,种间竞争加剧。综合分析表明,群落各层次物种多样性水平对人为干扰的响应各不相同,其中人为干扰对灌木及草本层物种多样性影响最大。同时人为干扰会改变群落物种组成及种间原有的关系,特别是中度干扰会使群落间优势种地位增强,种间竞争关系加剧,导致其原有生境被破坏,不利于群落发展。因此强化景区保护及合理经营迫在眉睫。

**关键词:**栲树;人为干扰;生态位宽度;生态位重叠;物种多样性

## Effects of anthropogenic disturbances on the species diversity and niche of the dominant populations in a *Castanopsis fargesii* secondary forest community in Bifengxia, Sichuan

HAO Jianfeng<sup>1,2,\*</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, QI Jinqiu<sup>1,3</sup>, PEI Zengli<sup>1</sup>, HUANG Yujia<sup>1</sup>, JIANG Qian<sup>1</sup>, CHEN Ya<sup>1</sup>

1 College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

2 Soil and Water Conservation, Desertification Combating of MOE, Sichuan Provincial Colleges and Universities Key Laboratory, Chengdu 611130, China

3 Wood Industry and Furniture Engineering, Sichuan Provincial Colleges and Universities Key Laboratory, Chengdu 611130, China

**Abstract:** To further understand the effects of anthropogenic disturbances on the ecological environments and on the ability of resources utilization and ecospace occupation of the dominant population in the ecotourism area of Bifengxia, we investigated the effects of anthropogenic disturbance on the species diversity and niche of the dominant population in a

**基金项目:**四川省教育厅一般资助项目(自然科学)(15ZB0020);国家自然科学基金资助项目(31370628);国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAC09B05)

收稿日期:2015-11-21; 修订日期:2016-05-03

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: haojf2005@aliyun.com

*Castanopsis fargesii* secondary forest in this area. The results showed that a total of 156 species belonging to 70 families and 116 genera were found in a 7200 m<sup>2</sup> quadrat. Specifically, there were 33 tree species from 16 families including 23 genera, 95 shrub species from 39 families including 67 genera, and 47 herbaceous species from 38 families including 42 genera. The level of species diversity in arborous layer was lowest under intermediate disturbance, and no obvious difference was found between communities under slight and severe disturbance. However, species diversity level in shrub layer was highest under intermediate disturbance, and lowest under slight disturbances. An obvious decrease for the level of species diversity was found in the herbaceous layer. With increase in the strength of disturbance, the niche breadth value for the dominant species (*C. fargesii*) in arborous layer was consistently the highest, and the value overlapping with other species decreased at certain degree under intermediate disturbance. The niche breadth value for *Quercus serrata* decreased, but such value for Theaceae increase as well as the overlapping value. In the shrub layer, the niche breadth value for *Smilax china* decreased under severe disturbance, as well as *C. fargesii* seedlings. The niche breadth values for the majority of other species were lowest under intermediate disturbance. In the herbaceous layer, the niche breadth values and overlap values for *Pteridium aquilinum var. latiusculum* and *Setaria plicata* both increased under severe disturbance, with wider adaptive range and intensifying interspecific competition. The results suggest that anthropogenic disturbances have significant impacts on the species diversity, species status in community, and interspecific relationship in the *C. fargesii* secondary forest, indicating urgent measures in ecological protection and appropriate management.

**Key Words:** *Castanopsis fargesii*; human disturbance; niche breadth; niche overlap; species diversity

物种多样性是生态系统的重要特征并能维持系统的功能运行<sup>[1]</sup>,较高的物种多样性能增加群落的稳定性,促进生态系统功能的发挥<sup>[2-4]</sup>。生态位理论是评价物种与物种、物种与资源环境之间相互关系的重要依据<sup>[5]</sup>,它能反映物种对于资源的利用及物种在群落中的地位作用<sup>[6]</sup>,在群落演替、解释物种竞争及共存机制、特别是物种多样性的维持和形成等方面有着广泛的应用前景<sup>[7-9]</sup>。然而自然界中普遍存在的干扰会对群落的物种多样性及各种群生态位特征产生多种多样的影响,尤其是人类活动日益频繁的今天,人为干扰已成为引起生态系统结构和功能变化的主要因素<sup>[10]</sup>。不同程度的人为干扰对森林群落内部原有的环境条件、物种组成、以及某些优势种在群落中的地位及竞争能力有着不同的影响,这一影响将会直接改变群落优势种群原有的生态位特征,影响到群落物种多样性水平<sup>[11-12]</sup>。随着全国各地生态旅游业的迅速发展,随之而来的旅游干扰已逐渐成为影响景区生态系统及功能发挥的最重要因素,因此如何准确评估这些干扰所造成的影响已成为广泛关注的问题<sup>[13-15]</sup>。

关于干扰对群落优势种群生态位特征及群落物种多样性影响的研究有很多,但在不同地区乃至不同群落,其研究结果都是不尽相同的,例如鲁庆彬等<sup>[13]</sup>对青山湖风景区的研究表明适度的中等程度干扰有利于促进风景区内植物多样性增加,但郝建锋等<sup>[14]</sup>对金凤寺景区楠木(*Phoebe zhennan*)次生林的研究表明随着干扰强度加深,群落整体多样性水平会降低;朱珠等<sup>[15]</sup>的研究也表明九寨沟旅游干扰与其生物多样性保护有明显冲突,甚至会导致外来物种入侵,需要限制旅游干扰活动。由此可见虽然不同程度的干扰究竟会对各群落产生何种影响目前尚无定论,但不当人为干扰会严重影响风景区植物资源的合理保护及其功能的发挥。铁军等<sup>[6]</sup>通过对川金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)栖息地神农架内优势树种生态位特征的研究,认为栖息地优势种的生态位特征的变化如生态位重叠的加剧将导致森林群落结构及植物组成发生变化,这将会造成食物短缺、栖息地面积缩减,这些都会严重影响川金丝猴的生存。由此可见人为干扰所引起的群落优势种群生态位特征的变化不仅仅会影响到群落结构、物种组成及物种多样性水平,甚至会干扰到群落内其他生物如珍贵野生动物的生存。因而在当今人为干扰日益加重的情况下,准确评估不同程度干扰对群落优势种生态位特征及多样性水平会产生何种影响,这对于风景区动物资源的保护及其经济、生态和社会功能的发挥有着现实而深远的意义<sup>[6, 13-15]</sup>。

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,在涵养水源、保持水土、调节气候和净化空气等方面都发挥着重要作用,同时碧峰峡也是我国特有珍稀物种、国家 I 级保护动物大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 的主要栖息分布区之一,但随着碧峰峡生态旅游业的发展,景区内人流量不断增多,加之当地居民的采摘砍伐等人为干扰活动加剧,导致该区生态系统的功能结构可能面临威胁。对于碧峰峡生态风景区而言目前更多的是对该区动植物资源概况及旅游开发模式探究等方面的研究,少有研究者开展不同人为干扰对该区群落物种多样性及优势种群生态位特征影响的相关研究<sup>[16-17]</sup>,而这对于景区动植物资源的合理保护及旅游可持续又是极为重要的。鉴于此,本文以碧峰峡主要组成群落之一的栲树 (*Castanopsis fargesii*) 次生林群落为研究对象,对不同人为干扰下碧峰峡大熊猫栖息地栲树次生林的物种多样性及优势种群生态位状况进行了分析,旨在揭示不同人为干扰下群落多样性水平、各优势种生态位的变化规律,为该区生物多样性资源及大熊猫栖息地合理保护提供科学参考,同时也为当地旅游可持续管理提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

碧峰峡风景区 (30°03'—30°05'N, 102°57'—103°07'E) 位于四川省雅安市内四川盆地与青藏高原过渡地带之间。海拔 780—800 m; 气候温暖湿润, 雨量充沛, 年降水量 1749.8 mm, 年均温 13.9 °C; 土壤以山地黄壤为主, 自然植被结构属亚热带季雨式偏湿型常绿阔叶(次生)林。

碧峰峡森林覆盖率达 72%, 野生动植物资源丰富, 且存有红豆杉 (*Taxus chinensis*)、楠木等珍稀树种, 该地区自景区开发以来绝大部分林地均经受了游客旅游活动的干扰, 加之当地居民采摘、拾薪及砍伐等的干扰, 其原有的地带性群落经过逆行演替逐渐形成目前以栲树为主的栲树-木荷 (*Schima superba*) 常绿阔叶次生林, 其主要伴生树种有杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、枹栎 (*Quercus serrata*) 等, 林下灌木层物种种类丰富, 有交让木 (*Daphniphyllum macropodum*)、野漆 (*Toxicodendron succedaneum*)、菝葜 (*Smilax china*) 等, 草本层主要物种为水竹叶 (*Murdannia triquetra*)、肉穗草 (*Sarcopyramis bodinieri*) 及蕨类等植物。

### 1.2 干扰水平的划分

依据毛志宏等<sup>[10]</sup>及 Buckley 等<sup>[18]</sup>的研究方法, 将栲树次生林群落划分为 3 个干扰水平: (1) 轻度干扰: 远离核心景区道路或居民区, 近年来未受人为干扰, 林分郁闭度 > 0.80; (2) 中度干扰: 离居民区较远 (> 2 km) 或在核心景区道路两侧约 500 m 范围以外, 受人为干扰破坏, 但受放牧、樵采、药材及果实采摘等人为干扰较少的次生林, 郁闭度 0.70—0.80; (3) 重度干扰: 在离居民区较近 (≤ 2 km) 或在核心景区道路两侧约 500 m 范围以内, 遭受反复人为破坏, 受放牧、樵采、药材及果实采摘等人为干扰较多的次生林, 郁闭度 < 0.70。

### 1.3 样地设置及数据调查

2014 年 6—7 月在受到不同程度人为干扰的碧峰峡栲树次生林群落内进行全面踏查, 根据踏查结果将林地划分为受轻度干扰、中度干扰及重度干扰的 3 种不同干扰类型的样地, 依据方精云等<sup>[19]</sup>的方法对群落进行调查。运用典型样地法分别在 3 种类型的样地中各选取立地条件基本一致的样地各 4 块, 共计 12 块, 样地面积均为 20 m×30 m, 各样地概况见表 1, 采用“相邻格子法”将每个样地等分为 6 个 10×10 m 乔木样方, 测定并记录各样方内胸径 (DBH) ≥ 3 cm 的乔木个体的物种名称、数量、高度及冠幅, 并在每个样地沿对角线选取 6 个 5 m×5 m 的灌木样方和 12 个 1 m×1 m 的草本样方, 测定并记录灌木样方内所有灌木的种类、株数、高度和盖度, 草本样方内全部草本的种类、株数或丛数、高度和盖度。

### 1.4 数据处理与分析

本文以物种丰富度指数  $D$  值、Shannon-wiener 多样性指数  $H$  值、Simpson 优势度指数  $H'$  值和 Pielou 均匀度指数  $J_{\text{inv}}$  值来综合评价栲树次生林群落的物种多样性; 在综合考虑物种对资源的利用状况的情况下, 以群落调查中的每种干扰类型下的各个样地视作一种综合资源位, 利用各个种在不同样方中的数目、胸径、冠幅、盖度和分布状况等分别计算乔木、灌木和草本的重要值, 以各主要物种在各样地的重要值为指标分析栲树次生

林优势物种的种群生态位特征。依据重要值由大到小的排序,选取不同干扰水平下各层次重要值之和大于 0.8 的物种,其中乔木层前 7 种、灌木层前 12 种、草本层前 8 种,分别计算各优势种群的生态位宽度及其与其它物种间生态位重叠值的平均值以及各干扰群落全部物种间生态位总平均值。

表 1 样地概况

Table 1 General situation of the sample plot

样地编号 Sample plot No.	海拔 Altitude/m	坡度 Slope/(°)	坡向 Aspect/(°)	平均胸径 Average diameter/cm	平均树高 Average height/m	密度 Density/ (株/hm <sup>2</sup> )	郁闭度 Canopy density	干扰强度 Disturbance intensity
1	1123.4	10.5	SE39	15.5	9.7	1850	0.55	C
2	1125.6	10.9	SE39	16.4	12.8	1900	0.67	C
3	1132.3	9.7	SE44	16	13.4	2100	0.69	C
4	1123.7	9.9	SE41	11.4	11.6	1900	0.56	C
5	1172.0	8.5	NE57	11.4	10.3	2050	0.90	A
6	1169.8	7.6	SE33	11.8	10.8	2100	0.85	A
7	1160.6	9.2	NE5	12.7	12.2	2200	0.88	A
8	1161.2	8.3	SE30	9.4	10.6	2100	0.81	A
9	1137.2	6.5	SE32	15.1	12.9	2200	0.79	B
10	1142.5	7.1	NE54	13	11.6	2200	0.70	B
11	1130.1	5.6	NE51	12	10.3	2100	0.70	B
12	1148.9	6.7	SE34	11	9.1	1850	0.75	B

A: 轻度干扰; B: 中度干扰; C: 重度干扰

### (1) 物种多样性

物种丰富度指数:

$$D = S$$

Simpson 优势度指数:

$$H' = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Shannon-Wiener 物种多样性指数:

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

Pielou 均匀度指数:

$$J_{sw} = \frac{- \sum_{i=1}^S P_i \log P_i}{\log S}$$

式中,  $P_i$  为第  $i$  种的个体数  $n_i$  占所有种个体总数  $n$  的比例, 即  $P_i = n_i/n$ ,  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $n$  为所有种的个体总数,  $i=1, 2, 3, \dots, S$ ,  $S$  为物种数。

### (2) 重要值

乔木重要值:

$$IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度}) / 3$$

灌木及草本重要值:

$$IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3$$

### (3) 生态位宽度<sup>[5]</sup>

Levins 生态位宽度:

$$B_i = - \sum_{j=1}^r p_{ij} \log p_{ij}$$

式中,  $B_i$  为种  $i$  的生态位宽度,  $p_{ij}$  为物种  $i$  在资源系列中第  $j$  个资源位的重要值占该种重要值总数的比例,  $r$  为资源位数,  $B_i \in [0, \log r]$ 。

### (4) 生态位重叠<sup>[20]</sup>

Pianka 公式:

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^r n_{ij} n_{kj} / \sqrt{\sum_{j=1}^r n_{ij}^2 \sum_{j=1}^r n_{kj}^2}$$

式中,  $O_{ik}$  为物种  $i$  和物种  $k$  的生态位重叠值,  $n_{ij}$  和  $n_{ik}$  为物种  $i$  和物种  $k$  在资源  $j$  上的优势度即重要值,  $r$  为资源位数,  $O_{ik} \in [0, 1]$ 。

样地全部树种间生态位重叠值的总平均值=样地内全部树种间生态位重叠值总数/总种对数。

文中所有数据采用 Origin 8.0 软件制图, Excel 进行统计分析, SPSS 17.0 进行数据统计, 采用多重比较 (LSD) 检验栲树次生林不同干扰强度不同层次群落物种多样性的显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 干扰强度对群落物种多样性的影响

在总面积为 7200m<sup>2</sup> 的样方中共记录到 156 个植物种, 隶属于 70 科 114 属, 其中乔木 16 科 23 属 33 种, 灌木 39 科 67 属 95 种, 草本 38 科 42 属 47 种。不同强度人为干扰下群落各层次物种多样性水平存在显著差异 (图 1,  $P < 0.05$ )。群落各层次物种丰富度指数  $D$ 、Shannon-wiener 指数  $H$  均表现为灌木层 > 草本层 > 乔木层, 可见灌木层的物种多样性水平最高, 草本层次之, 乔木层最小。Simpson 优势度指数  $H'$  值和 Pielou 均匀度指数  $J_{\text{sim}}$  值表现为: 灌木层 > 乔木层 > 草本层, 表明灌木层植物、乔木层植物和草本层植物对干扰环境的适应能力在依次降低。

各群落乔木层物种多样性水平在各强度人为干扰下表现为: 轻度干扰 > 重度干扰 > 中度干扰。但总体差异不显著, 乔木层处于林分最上层, 樵采、旅游等人为干扰对其的影响是通过林下环境改变而间接造成的, 干扰对其的作用有些延迟, 因此各干扰下乔木层物种多样性差异不明显; 在灌木层中, 各群落丰富度指数表现为轻度干扰 > 中度干扰 > 重度干扰, 均匀度指数、物种多样性指数及优势度指数均表现为中度干扰 > 重度干扰 > 轻度干扰, 在轻度干扰下虽然其物种丰富度较高, 但物种均匀度指数却最低, 物种分布集中且极不均匀; 草本层物种多样性随着干扰强度的加深有明显降低趋势。

### 2.2 干扰强度对群落优势种群生态位宽度的影响

#### 2.2.1 乔木层

不同强度人为干扰对乔木层群落的种群生态位宽度存在一定影响 (表 2)。在轻度、中度及重度 3 种干扰强度下的乔木层中, 均以栲树的生态位宽度最大, 分别为 1.09、1.09、1.07, 说明栲树在各群落中利用资源的能力最强, 地位作用最大。枹栎的生态位宽度随干扰强度的增加表现先增高后降低, 在重度干扰下其生态位宽度降为 0.85, 说明重度人为干扰下, 枹栎利用资源的能力明显下降; 杉木生态位宽度在各干扰下均保持较高值且差异不大, 说明杉木在乔木层中占据较高地位且环境对其的影响不大。同时, 随着干扰强度的加深, 乔木层中木荷、柃木 (*Eurya japonica*)、窄叶柃 (*Eurya stenophylla*) 等山茶科 (Theaceae) 树种的生态位宽度得以出现, 并开始占据较高的生态位宽度, 重度干扰下, 他们的生态位宽度分别达: 0.91、1.00、0.99, 仅次于栲树及杉木, 在群落中的地位作用和适应范围开始加大。

表 2 不同强度人为干扰下群落乔木层优势种群生态位宽度

Table 2 Niche breadth for the dominant populations in tree layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
	$B_i$	$B_i$	$B_i$
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	1.09	1.09	1.07
枹栎 <i>Quercus serrata</i>	1.05	1.07	0.85
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	1.02	1.06	1.05
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.97	1.02	—
总状山矾 <i>Symplocos botryantha</i>	0.94	—	—
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	0.68	—	—
大头茶 <i>Gordonia axillaris</i>	—	1.06	0.66
木荷 <i>Schima superba</i>	—	0.94	0.91
白花泡桐 <i>Paulownia fortunei</i>	—	0.69	—
柃木 <i>Eurya japonica</i>	—	—	1.00
窄叶柃 <i>Eurya stenophylla</i>	—	—	0.99

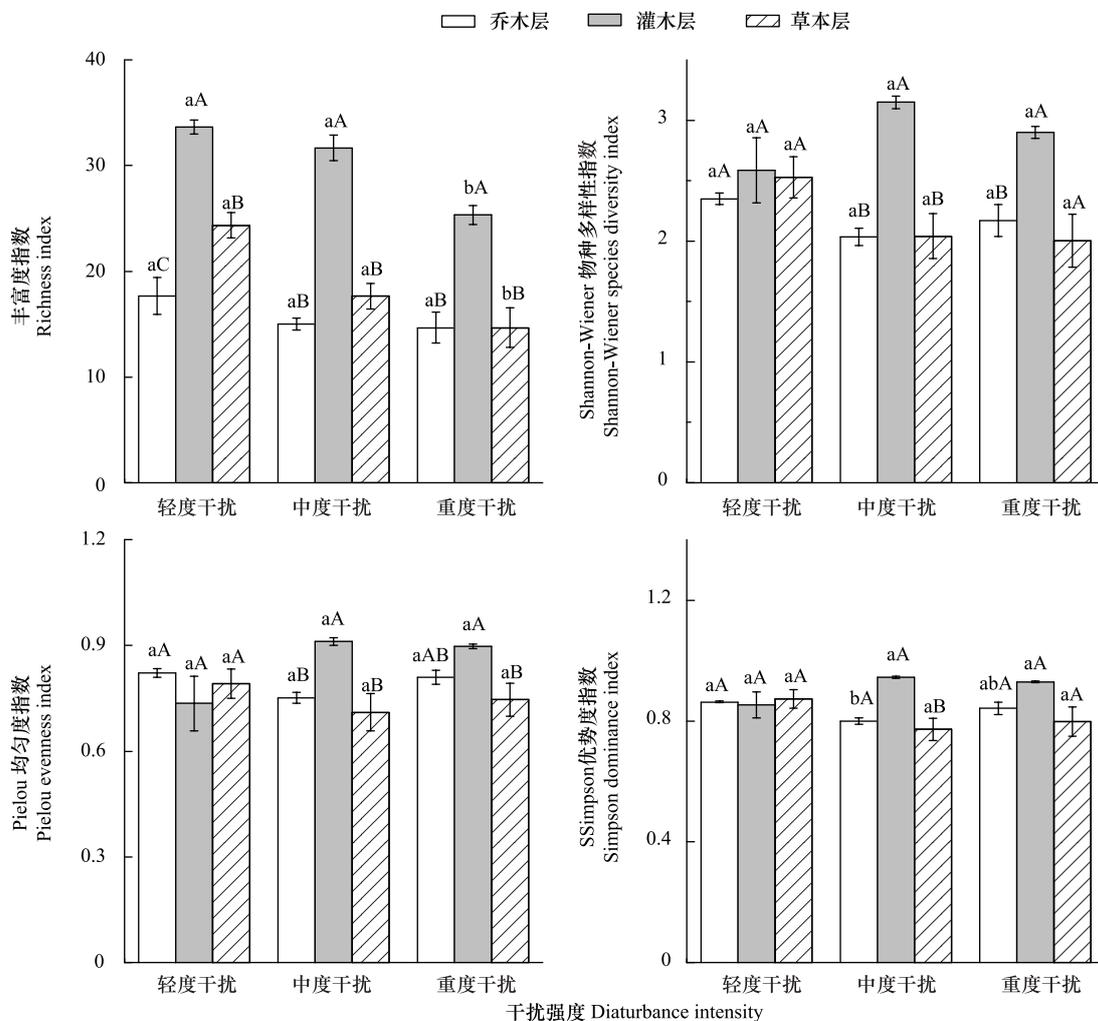


图1 栲树次生林不同强度人为干扰下各层物种多样性指数(平均值±标准误差)

Fig.1 Species diversity of *Castanopsis fargesii* communities under different level of disturbance(mean±SE)

不同大写字母表示乔灌木草各不同层次差异显著;不同小写字母表示各干扰间差异显著

### 2.2.2 灌木层

不同强度人为干扰下群落灌木层优势种生态位宽度有所不同(表3)。轻度及中度干扰下,菝葜的生态位宽度均居于第一,但在重度干扰下,其生态位宽度有所降低并位居第二,对资源的利用能力及对环境的适应能力有所下降;栲树幼苗的生态位宽度随干扰强度的加深表现为先增高后降低的趋势,在中度干扰下,其生态位宽度最高,为1.04,但在重度干扰下,其生态位宽度明显降低,仅为0.54,说明重度干扰会严重影响到栲树原有的生境,导致其对环境资源的利用能力大幅度降低,生态适应范围骤减;在中度干扰下,群落中的茶(*Camellia sinensis*)、木姜子(*Litsea pungens*)、枹栎、野漆、交让木等灌木物种开始占据较高生态位宽度,适应范围变宽。随着干扰强度的加深,大熊猫食物源蓉城竹(*Phyllostachys bissetii*)的生态位宽度骤减,在群落中利用资源的能力处于劣势。

### 2.2.3 草本层

在轻度及中度干扰下(表4),鸢尾(*Iris tectorum*)的生态位宽度在所有植物中均占据第一,其生态位宽度值均为1.10,但在重度干扰下其生态位宽度为0,仅占据一个资源位;在轻度及重度干扰下,蕨类等耐阴性较好的植物均占据较高的生态位宽度值,说明在这两种干扰形成的生境下,蕨类植物对资源的利用能力较高;重度干扰下,群落中有皱叶狗尾草(*Setaria plicata*)出现,其生态位宽度达1.02,对资源的利用能力较高。

表 3 不同强度人为干扰下群落灌木层优势种群生态位宽度变化

Table 3 Niche breadth for the dominant populations in shrub layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
	$B_i$	$B_i$	$B_i$
菝葜 <i>Smilax china</i>	1.07	1.09	1.05
柃木 <i>Eurya japonica</i>	1.06	—	1.10
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	1.03	1.00	—
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	1.02	1.04	0.54
香花崖豆藤 <i>Millettia dielsiana</i>	0.94	—	—
蓉城竹 <i>Phyllostachys bissetii</i>	0.91	0.51	0.40
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	0.90	1.08	1.08
茶 <i>Camellia sinensis</i>	0.82	1.00	1.00
木姜子 <i>Litsea pungens</i>	0.67	0.51	0.79
铜绿山矾 <i>Symplocos aenea</i>	0.48	—	0.90
亮叶桦 <i>Betula luminifera</i>	0.46	—	—
枹栎 <i>Quercus serrata</i>	0.36	—	1.02
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.33	0.63	0.60
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	—	1.09	1.03
野桐 <i>Mallotus japonicus var. floccosus</i>	—	1.05	—
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	—	1.00	0.67
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	—	0.69	0.97
木荷 <i>Schima superba</i>	—	0.69	—
胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	—	0.69	—
绢毛稠李 <i>Padus wilsonii</i>	—	0.67	—
异叶榕 <i>Ficus heteromorpha</i>	—	0.56	—
紫金牛 <i>Ardisia japonica</i>	—	—	0.94
黄牛奶 <i>Symplocos laurina</i>	—	—	0.68

表 4 不同强度人为干扰下群落草本层优势种群生态位宽度变化

Table 4 Niche breadth for the dominant populations in herbaceous layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
	$B_i$	$B_i$	$B_i$
鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	1.10	1.10	0.00
水竹叶 <i>Murdannia triquetra</i>	1.09	1.00	1.05
里白 <i>Hicriopteris glauca</i>	1.06	1.00	1.07
斜方复叶耳蕨 <i>Arachniodes rhomboidea</i>	1.06	1.07	0.95
蕨 <i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>	1.05	—	1.10
肉穗草 <i>Sarcopyramis bodinieri</i>	1.04	0.98	1.09
山冷水花 <i>Pilea japonica</i>	0.96	—	—
糯米团 <i>Gonostegia hirta</i>	0.69	—	—
乌蕨 <i>Stenoloma chusanum</i>	1.08	—	—
黑足鳞毛蕨 <i>Dryopteris fuscipes</i>	1.06	—	1.08
新月蕨 <i>Pronephrium gymnopteridifrons</i>	0.84	—	—
玉簪 <i>Hosta plantaginea</i>	—	—	1.04
皱叶狗尾草 <i>Setaria plicata</i>	—	—	1.02

## 2.3 干扰强度对群落优势种群生态位重叠值的影响

### 2.3.1 乔木层

在乔木层中(表 5),栲树与其他树种生态位重叠值的平均值随着干扰强度的加深,呈现先增加后降低的

趋势,且栲树在中度干扰下达到最大值 0.90,杉木、枹栎、大头茶(*Gordonia axillaris*)等物种均是在中度干扰下与其他物种的重叠值平均值达到最高;随着干扰强度的加深,总状山矾(*Symplocos botryantha*)、五裂槭(*Acer oliverianum*)等的重叠值消失,而木荷、柃木、窄叶柃等山茶科植物的生态位重叠值出现,并与其他树种间有着较高的生态位重叠值均值,说明五裂槭等植物随着干扰强度增大,生态位得到了一定的分化,种间竞争关系缓和,而山茶科树种在重度干扰下,生态位宽度增大,分布范围增加,导致其种间竞争更为激烈,生态位重叠值增大;从整体来看,群落各优势种生态位重叠值的总平均值大小表现为中度干扰>重度干扰>轻度干扰。

表 5 不同强度人为干扰下群落乔木层优势种群生态位重叠均值

Table 5 Overlap value of niche for the dominant populations in tree layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	0.82	0.90	0.88
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.79	0.91	0.84
枹栎 <i>Quercus serrata</i>	0.78	0.89	0.79
总状山矾 <i>Symplocos botryantha</i>	0.74	—	—
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.71	0.83	—
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	0.60	—	—
大头茶 <i>Gordonia axillaris</i>	0.47	0.86	0.59
木荷 <i>Schima superba</i>	—	0.85	0.74
泡桐 <i>Paulownia</i>	—	0.78	—
柃木 <i>Eurya japonica</i>	—	—	0.82
窄叶柃 <i>Eurya stenophylla</i>	—	—	0.82
样地全部物种间生态位重叠值的总平均值 Average of niche overlap value among dominant species	0.70	0.86	0.77

### 2.3.2 灌木层

在灌木层中(表 6),菝葜、茶、五裂槭、新木姜子(*Neolitsea aurata*)与其他物种生态位重叠值的均值在不同群落均表现为中度干扰>重度干扰>轻度干扰,可见,在中度干扰下它们与其他物种之间的竞争最为激烈;栲树的生态位重叠值在中度干扰下达到最高,为 0.78,此时,群落中的交让木、野桐(*Mallotus jarponicus* var. *floccosus*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)也开始具有较高的生态位重叠;灌木层各优势种生态位重叠值的总平均值大小依然表现为中度干扰>重度干扰>轻度干扰。同时可发现,随着干扰强度的加深,作为大熊猫食物源的蓉城竹的生态位重叠值消失。

表 6 不同强度人为干扰下群落灌木层优势种群生态位重叠均值

Table 6 Overlap value of niche for the dominant populations in shrub layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
菝葜 <i>Smilax china</i>	0.77	0.85	0.81
柃木 <i>Eurya japonica</i>	0.77	—	0.84
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	0.74	0.78	0.62
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	0.73	0.74	—
香花崖豆藤 <i>Millettia dielsiana</i>	0.72	—	—
茶 <i>Camellia sinensis</i>	0.68	0.82	0.72
五裂槭 <i>Acer oliverianum</i>	0.67	0.84	0.84
蓉城竹 <i>Phyllostachys bissetii</i>	0.62	—	—

续表

优势物种 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
木姜子 <i>Litsea pungens</i>	0.61	0.62	0.70
枹栎 <i>Quercus serrata</i>	0.54	—	0.79
亮叶桦 <i>Betula luminifera</i>	0.51	—	—
铜绿山矾 <i>Symplocos aenea</i>	0.44	—	0.65
寒莓 <i>Rubus buergeri</i>	0.44	—	—
大乌泡 <i>Rubus multibracteatus</i>	0.44	—	—
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.38	0.60	0.56
木荷 <i>Schima superba</i>	—	0.73	—
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	—	0.78	0.70
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	—	0.86	0.80
野桐 <i>Mallotus japonicus</i> var. <i>floccosus</i>	—	0.80	—
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	—	0.64	0.74
异叶榕 <i>Ficus heteromorpha</i>	—	0.55	—
绢毛稠李 <i>Padus wilsonii</i>	—	0.71	—
胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	—	0.73	—
黄牛奶 <i>Symplocos laurina</i>	—	—	0.63
紫金牛 <i>Ardisia japonica</i>	—	—	0.77
插田泡 <i>Rubus coreanus</i>	—	—	0.50
样地全部物种间生态位重叠值的总平均值 Average of niche overlap value among dominant species	0.60	0.74	0.71

### 2.3.3 草本层

草本层各优势种与其他物种生态位重叠总体均值水平在中度干扰下最低,在重度干扰下最高。群落中的其他大多数物种生态位重叠均值随干扰强度的变化表现出跟重叠总体均值相一致的变化趋势(表7)。值得说明的是皱叶狗尾草的生态位重叠也是在重度干扰下出现,其生态位重叠均值达0.91,说明在重度干扰下,皱叶狗尾草与其他物种间的竞争也更为激烈。

表7 不同强度人为干扰下群落草本层优势种群生态位重叠均值

Table 7 Overlap value of niche for the dominant populations in herbaceous layer in the *Castanopsis fargesii* community under different levels of disturbance

优势种群 Dominant species	干扰强度 Disturbance intensity		
	A	B	C
水竹叶 <i>Murdannia triquetra</i>	0.92	0.80	0.90
鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	0.92	0.92	—
斜方复叶耳蕨 <i>Arachniodes rhomboidea</i>	0.89	0.90	0.86
蕨 <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	0.88	—	0.95
里白 <i>Hicriopteris glauca</i>	0.87	0.88	0.94
肉穗草 <i>Sarcopyramis bodinieri</i>	0.85	0.85	0.93
山冷水花 <i>Pilea japonica</i>	0.80	—	—
糯米团 <i>Gonostegia hirta</i>	0.66	—	—
黑足鳞毛蕨 <i>Dryopteris fuscipes</i>	—	0.86	0.95
乌蕨 <i>Stenoloma chusanum</i>	—	0.93	—
新月蕨 <i>Pronephrium gymnopteridifrons</i>	—	0.78	—
玉簪 <i>Hosta plantaginea</i>	—	—	0.86
皱叶狗尾草 <i>Setaria plicata</i>	—	—	0.90
样地全部物种间生态位重叠值的总平均值 Average of niche overlap value among dominant species	0.87	0.85	0.91

### 3 讨论

#### 3.1 物种多样性格局与干扰强度关系

人为干扰是全球气候和环境发生重大变化的主导因子之一,是近百年来全球物种多样性锐减的主要原因<sup>[10,14]</sup>。人为干扰对植物群落产生影响是一个长期的过程,适度人为干扰能在一定程度上增加物种多样性,但一些不适度的干扰甚至会引起次生林的逆向演替,严重威胁森林健康发展<sup>[21]</sup>。究竟何种程度的干扰对群落来说是适度的呢?本研究中,在中度干扰下栲树次生林灌木层物种多样性达到一个高水平,而草本层的物种多样性随着干扰强度的增加而降低,同时乔木层物种多样性水平在轻度干扰下略高但整体差异不大,说明林分各层次物种多样性对干扰的响应是不同的,这可能是各层次物种的耐受性、繁殖习性、适应策略以及群落受干扰的作用范围不同所致。旅游干扰及樵采等活动对灌草层的影响最为严重,而对处于林分最上层的乔木影响相对较小,因此乔木层整体物种多样性差异并不明显,而对于灌木层物种而言,中度干扰可能是一个适度的干扰水平,中度干扰在一定程度上能抑制灌木层优势物种优势地位的形成,为其他物种的更新发展提供了更好的空间及资源,因而其整体的物种多样性便较高。许多研究认为中度干扰能增加物种多样性,对一些物种有正向促进作用,特别是一些草本类的先锋物种,在中度干扰生境下物种反而更多<sup>[13]</sup>,但本研究中草本层物种多样性反而随着干扰强度的加深明显降低,这说明碧峰峡风景区人为干扰虽然在初期对草本层植物特别是先锋物种的恢复会有促进作用,然而随着群落演替发展及干扰加深,这些在干扰后占据绝对优势地位的物种数量会不断增加,反而会影影响其他物种的更新发展,对群落物种多样性可能产生负面作用。

#### 3.2 优势种群生态位的变化与干扰强度关系

一般认为生态位宽度取决于物种对资源的利用和对环境的适应能力,因而它可以反应该物种对环境资源的利用能力及其在群落中的地位<sup>[9]</sup>。本研究中,在乔木层中,栲树在各种强度干扰下,生态位宽度均为最大,其次是枹栎及杉木。栲树是群落的建群种,因此具有较强的适应环境能力及竞争能力,这也与胡正华等<sup>[22]</sup>研究结果相一致,即建群种对整个群落环境的构建具有重要作用,在群落中具有较强的生态适应能力和资源利用能力。在乔木层中随着人为干扰强度的增加,枹栎的生态位宽度会变小,适应范围变窄,而山茶科植物的生态位变宽,利用资源的能力增强;在灌木层中,在重度干扰下,菝葜、蓉城竹的生态位宽度减小,栲树幼苗的生态适应范围也骤减,长此以往,将会导致栲树次生林群落无法正常更新演替。在重度干扰下,大熊猫的主食之一蓉城竹也无法正常更新发展,长此以往将会影响到大熊猫的生存;在草本层中,蕨类及皱叶狗尾草在重度干扰下发生特化,生态位宽度增高,在群落中地位增强,这些物种可能在栲树次生林群落演替初期的环境条件较为恶劣情况下发挥重要作用,而中度干扰下,蕨类植物的生态位宽度明显降低,表明中度干扰下林地的生产力有所降低。

较高的生态位重叠意味着种群间对环境资源具有相似的生态需求,就有可能产生资源利用性竞争,部分物种在演替过程中被淘汰,推动群落演替的进行<sup>[8,22]</sup>。本研究中,乔木层中栲树、枹栎、杉木等主要优势树种的生态位重叠值多是在中度干扰下达到最大值,但窄叶柃及柃木两种树种则在重度干扰下才出现了生态位重叠值。灌木层物种整体生态位重叠的均值在中度干扰下最大,此时群落内部竞争作用最大;随着干扰强度的加深,草本层中蕨类及皱叶狗尾草的重叠值均增高,竞争作用增大。研究表明,人为干扰能够改变物种的生境,但由于干扰强度的不同对物种生境改变的程度也有不同<sup>[23]</sup>,本研究中群落各层次优势种群的生态位重叠值多是在中度干扰下达到最高,这说明对于栲树次生林群落而言,中度干扰严重改变了群落原有的生境,植物为适应环境变化会逐渐形成其他利用资源的方式,形成资源位的扩展,而这种资源位的扩展可能会增加两个物种对环境的需求相似性及互补性,从而造成生态位重叠值的增高。而原有生境遭到破坏对于群落本身乃至其他生物的生存而言都是极为不利的,这也将使大熊猫栖息地遭到破坏。加之人为干扰使大熊猫食源之一的蓉城竹无法正常更新,长此以往将不利于大熊猫在该处的生存,同时这也是碧峰峡风景区的旅游可持续是背道而驰的,因此在实际经营管理中需要引起重视。

## 4 结论

通过对以上结果分析讨论,得到如下结论:(1)人为干扰对雅安碧峰峡景区栲树次生林群落各层的物种多样性产生了不同的影响。乔木层总体物种多样性水平在中度干扰下最低,在轻度及重度干扰下更高;灌木层总体物种多样性水平在中度干扰下最高,在轻度干扰下最低,而草本层物种多样性随着干扰强度的加深有明显降低趋势。(2)在乔木层中,随着人为干扰强度的增加,桉栎的生态位宽度会变小,适应范围变窄,而山茶科植物的生态位变宽;在灌木层中,在重度干扰下,菴萁、蓉城竹的生态位宽度减小,栲树幼苗的生态适应范围也骤减;在草本层中,蕨类及皱叶狗尾草在重度干扰下发生特化,生态位宽度增高,在群落中地位增强。(3)在中度干扰下,乔木层中栲树、桉栎、杉木等主要优势树种的生态位重叠值达到最大,而灌木层物种整体生态位重叠的均值在此种干扰下最大;草本层中蕨类及皱叶狗尾草的重叠值均随着干扰强度的加深在增高,竞争作用增大。(4)整体而言群落各层次物种多样性水平对人为干扰的响应虽各不相同,但人为干扰会改变群落物种组成及种间原有的关系,特别是在中度干扰下,群落间优势种地位会增强而且种间竞争关系也会加剧,原有生境也遭到了破坏,这对群落发展及其功能的发挥是极为不利的。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] 崔宁洁, 张丹桔, 刘洋, 张健, 杨万勤, 欧江, 张捷, 宋小艳, 殷睿. 马尾松人工林不同大小林窗植物多样性及其季节动态. 植物生态学报, 2014, 38(5): 477-490.
- [ 2 ] Adrian A, Neill A R, Puettmann K J. Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands. *Forest Ecology and Management*, 2010, 260(7): 1104-1113.
- [ 3 ] 马克平. 生物多样性与生态系统功能的实验研究. 生物多样性, 2013, 21(3): 247-248.
- [ 4 ] Rota E, Caruso T, Bargagli R. Community structure, diversity and spatial organization of enchytraeids in Mediterranean urban holm oak stands. *European Journal of Soil Biology*, 2014, 62(5): 83-91.
- [ 5 ] 何忠伟, 胡仁传, 黄日波, 谢强. 广西银杉林主要树种种群生态位分析. 林业科学研究, 2013, 25(6): 761-766.
- [ 6 ] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 杨林森, 胡德夫, 张志翔. 神农架川金丝猴栖息地优势树种生态位及食源植物. 植物生态学报, 2009, 33(3): 482-491.
- [ 7 ] Dorji S, Vernes K, Rajaratnam R. Habitat correlates of the red panda in the temperate forests of Bhutan. *Plos One*, 2011, 6, e26483.
- [ 8 ] 汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 李玲, 徐红梅, 宋亚丽. 鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态. 生态学报, 2012, 32(20): 6334-6342.
- [ 9 ] 陈玉凯, 杨琦, 莫燕妮, 杨小波, 李东海, 洪小江. 海南岛霸王岭国家重点保护植物的生态位研究. 植物生态学报, 2014, 38(6): 576-584.
- [ 10 ] 毛志宏, 朱教君. 干扰对植物群落物种组成及多样性的影响. 生态学报, 2006, 8(8): 2695-2701.
- [ 11 ] Altamirano A, Field R, Cayuela L, Aplin P, Lara A, Rey-Benayas J M. Woody species diversity in temperate Andean forests: The need for new conservation strategies. *Biological Conservation*, 2010, 143(9): 2080-2091.
- [ 12 ] Katovai E, Burley A L, Mayfield M M. Understory plant species and functional diversity in the degraded wet tropical forests of Kolombangara Island, Solomon Islands. *Biological Conservation*, 2012, 145(1): 214-224.
- [ 13 ] 鲁庆彬, 游卫云, 赵昌杰, 王向伟, 孟秀祥. 旅游干扰对青山湖风景区植物多样性的影响. 应用生态学报, 2011, 22(2): 295-302.
- [ 14 ] 郝建锋, 王德艺, 李艳, 姚小兰, 张逸博, 詹美春, 齐锦秋. 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. 生态学报, 2014, 34(23): 6930-6942.
- [ 15 ] 朱珠, 包维楷, 庞学勇, 闫晓丽, 李玉武. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响. 生物多样性, 2006, 14(4): 284-291.
- [ 16 ] 贾林平, 蒋远胜, 戎晓红. 碧峰峡景区生态系统服务及其价值评价. 国土资源科技管理, 2006, 23(3): 108-112.
- [ 17 ] 任小娟, 刘军. 雅安碧峰峡风景区野生观赏植物区系. 四川农业大学学报, 2008, 26(2): 214-217.
- [ 18 ] Buckley D S, Crow T R, Nauertz E A, Schulz K E. Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. *Forest Ecology & Management*, 2003, 175(1): 509-520.
- [ 19 ] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 唐志尧, 贺金生, 于丹等. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- [ 20 ] Pianka E R. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 53-74.
- [ 21 ] 徐远杰, 林敦梅, 米湘成, 马克平. 古田山不同干扰程度森林的群落恢复动态. 生物多样性, 2014, 22(3): 358-365.
- [ 22 ] 胡正华, 钱海源, 于明坚. 古田山国家级自然保护区甜槠林优势种群生态位. 生态学报, 2009, 29(7): 3670-3677.
- [ 23 ] 毛志宏, 朱教君, 谭辉. 干扰对辽东山区次生林植物多样性的影响. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1357-1364.