

不同强度旅游干扰对黄山松群落物种多样性的影响

吴甘霖,黄敏毅,段仁燕,赵 凯

(安庆师范学院生命科学系,安徽 安庆 246011)

摘要:研究天柱山国家森林公园不同强度旅游干扰下黄山松群落的物种多样性,用物种丰富度指数 S 、Simpson 指数 D 、Shannon-Wiener 指数 H 和 Pielou 均匀度 J 比较分析了不同层次物种多样性变化。结果表明:乔木层中,低度干扰下多样性指数较大;其他层次中,中度干扰下多样性指数最高。整个群落分析表明,低度干扰下几种多样性指数分别为 38、3.0976、0.9326、0.7515;中度干扰下,多样性指数最高,分别为 44、3.2519、0.9421、0.8594,其中灌木层和草本层所起的作用较大;高度干扰下,多样性指数有很大程度的下降,分别为 34、3.0095、0.9289、0.7834。利用群落优势度(C)衡量了不同干扰下黄山松群落的稳定性,结果发现中度干扰下的群落稳定性最低。表明中度干扰能一定程度增加群落的物种多样性,但可能会导致群落稳定性降低。

关键词:黄山松群落;旅游干扰;物种多样性;稳定性

文章编号:1000-0933(2006)12-3924-07 中图分类号:Q149,Q948 文献标识码:A

Disturbing effects of tourism on species diversity in *Pinus taiwanensis* communities

WU Gan-Lin, HUANG Min-Yi, DUAN Ren-Yan, ZHAO Kai (The Life Science Department of Anqing Teachers College, Anqing, Anhui 246011, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12): 3924 ~ 3930.

Abstract: The disturbance of tourism on the species diversity in different layers of the *Pinus taiwanensis* communities in Tianzhu Mountain National Forest Park were studied by using species richness index (S), Simpson index (D), Shannon-Wiener index (H), and Pielou Evenness index (J). The highest diversity index values were found for arbor layer under the low disturbance. The highest diversity index values were found for other layers under the intermediate disturbance. The values of S , D , H and J under the low disturbance were 38, 3.0976, 0.9326, and 0.7515, respectively. The values of these indices under the intermediate disturbance were 44, 3.2519, 0.9421, and 0.8594, respectively, higher than those under the low disturbance, especially for the shrub and herb layers. Under the high disturbance, the values of these diversity indices were 34, 3.0095, 0.9289, and 0.7834, respectively, lower than those under the intermediate disturbance. The stability of forests under different disturbances was examined with the community dominance index (C). The C value under the intermediate disturbance was the lowest among the three disturbances. This suggests that the intermediate disturbance can increase species diversity but decrease community stability.

Key words: *Pinus taiwanensis*; community; traveling disturbance; species diversity; stability

生物多样性资源是人类赖以生存的基础。20 世纪 50 年代以来,随着人口的增长、人类活动范围和强度不断扩大以及全球环境的变化,生物多样性正遭受到前所未有的破坏和威胁^[1]。因此,加强人为干扰下生物多样性动态变化的研究具有极为重要的理论和现实意义。近年来我国许多学者从不同角度做了大量的工作^[1~3],但尚未见关于北亚热带针叶林不同人为干扰下生物多样性变化的研究报道。不同干扰下,生物多样性如何变化?不同层间变化是否一致?是亟待探讨和解决的问题。

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金资助项目(2005KJ187)

收稿日期:2006-04-05; **修订日期:**2006-09-28

作者简介:吴甘霖(1963~),男,安徽金寨人,硕士,副教授,主要从事植物生态学和生物多样性研究。E-mail: wugl@aqtc.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Natural Science Foundation of Anhui Education Department (No. 2005KJ187)

Received date: 2006-04-05; **Accepted date:** 2006-09-28

Biography: WU Gan-Lin, Master, Associate professor, mainly engaged in plant ecology and biodiversity. E-mail: wugl@aqtc.edu.cn

天柱山国家森林公园地处大别山区,属北亚热带季风气候区,地带性植被为北亚热带常绿落叶阔叶混交林,由于人类的生产实践及旅游活动,原生植被已消失殆尽。目前该地区的森林植被大部分为针叶林,黄山松(*Pinus taiwanensis*)林是该区最主要的一种植被类型,分布面积最广,海拔 700 ~ 1700 m 均有生长,特别是在海拔 1100 m 以上土层贫瘠的山脊和悬崖峭壁处,常形成黄山松纯林^[4,5]。本研究以黄山松群落为对象,探讨不同强度人为干扰下生物多样性变化规律,了解人类活动对生物多样性的影响,以期植被恢复和开发利用提供理论参考。

1 研究区域概况

天柱山国家森林公园位于安徽省安庆市潜山县西北部,地处东经 116°25' ~ 116°32',北纬 30°41' ~ 30°48' 之间,距潜山县城 20 km。天柱山属大别山山脉,呈季风北亚热带气候特征;春秋多雨,秋冬干冷,年平均气温 9.5 左右,平均降雨量 1900 mm,全年无霜期 235 d;土壤类型呈较明显的垂直分布规律。由于地处亚热带常绿阔叶林和暖温带落叶阔叶林的过渡区,其植物资源丰富,种类繁多,有植物种类 1000 余种^[6]。

2 研究方法

2.1 调查方法

研究地点位于天柱山国家森林公园旅游线路附近,海拔范围在 1000 ~ 1100m 之间。该地点位于风景区内,海拔相对较高,周围没有村民居住,主要的干扰方式为游人的活动,其他干扰方式(如采伐、采摘等)很少或几乎没有。对该地进行过调查,发现不同样地间种类组成和群落结构基本一致,生物多样性不存在明显的差异,但经过一段时间的旅游开发,群落结构和生物多样性已发生一定的变化。

旅游干扰的强度根据距离旅游线路的远近划分。不同的距离反映旅游活动的干扰强度不同,距离愈近,干扰愈大,距离愈远,干扰愈小。对研究区域的调查发现,游客干扰主要范围在 0 ~ 80m 之间,超过 80m 范围几乎没有游人活动。为研究不同强度旅游干扰对生物多样性变化的影响,将旅游干扰划分为 3 级:轻度干扰(远离旅游线路,样地距旅游线路在 60 ~ 80m 之间,几乎没有游人到达,样地内没有或很少有人活动的痕迹),中度干扰(靠近旅游线路样地距旅游线路在 30 ~ 50m 之间,有少量游人到达,样地内有少量的旅游垃圾及游人踏痕),高度干扰(紧挨旅游线路,样地距旅游线路在 0 ~ 20m 之间,游人很多、人为活动痕迹明显,样地内有大量的旅游垃圾、到处是游人踩踏的痕迹)。在充分考察的基础上,选取生境基本一致(坡度 5 ~ 10°,坡向南偏西),群落年龄相当(30 ~ 40a),具有代表性的样地,在不同干扰类型的森林群落内采用典型取样法设置样地。不同干扰类型样地重复 3 次,共设置样地 9 个,3 次重复地理位置相距较近,微地形环境没有明显差别。样地面积为 20m × 20m,每个样地内设置 4 个 10m × 10m 乔木和灌木样方,5 个 4m × 4m 的草本样方。对乔木进行每木检测,记录种类、高度、枝下高、株数、胸径、冠幅、林分郁闭度;记录灌木和草本的高度、盖度、种类、株数;同时记录海拔、坡向、坡度、坡位。

2.2 多样性测度方法:

物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量^[7]。通过对群落物种多样性的研究可以很好地认识群落的组成、变化和发展^[8]。关于群落多样性的测度,很多学者从不同的角度考虑群落的多样性,提出了各有特色的测度方法,试图反映群落物种多样性的不同特征^[9]。由于植物的个体数,特别是草本植物的个体数计数难度较大,而且由于不同植物的个体,即使是同一种植物不同发育阶段的个体,它们所占据的空间也有很大的差异。若以个体数测度物种多样性指数往往会导致误差,而重要值则考虑了频度、盖度及生物量等参数,所以许多学者建议采用重要值测度多样性指数^[10,11]。应用目前最广泛采用的物种丰富度指数(*S*)、Simpson 指数(*D*)和 Shannon-Wiener 指数(*H*)^[12~14]和 Pielou 均匀度(*J*)分析不同干扰下黄山松林的物种多样性,并用群落优势度(*C*)来分析群落的稳定性。公式分别为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2; H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i; J = \left(- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \right) / \ln S; C = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

式中, P_i 为种 i 的相对重要值, $P_i = N_i/N$; N_i 为种 i 的绝对重要值, N 为种 i 所在样方的各个种的重要值

之和, S_i 为种 i 所在样方的物种总数, 即物种丰富度指数。乔木、灌木和草本各个种的重要值计算, 公式为: 乔木的重要值 = (相对密度 + 相对优势度 + 相对盖度) / 3; 灌木和草本的重要值 = (相对高度 + 相对盖度) / 2^[10]。

3 结果与分析

3.1 不同干扰下物种的重要值及其组成比例

大量研究表明, 不同干扰下, 各层植物的多样性变化是不一致的^[10,15]。根据取样资料, 将群落分为乔木层、灌木层、草本层和藤本植物 4 层。

从表 1 和图 1 中可以看出, 在低度干扰下, 乔木层组成种类有 13 种, 占群落总种数的 34.2%, 黄山松和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 重要值分别为 36.1 和 14.3。灌木层种类有 14 种, 占群落总种数的 36.8%, 重要值较大的有满山红 (*Rhododendron mariesii*)、山楂 (*Crataegus pinnatifida*)、杜鹃 (*Rhododendron simsii*) 和伞形绣球 (*Hydrangea umbellata*)。草本层和藤本植物种类分别为 9 种和 2 种, 占群落总数的 23.6%、5.4%, 物种的重要值相差不大。

中度干扰下, 乔木层种类有很大程度的下降, 仅为 6 种, 占群落总种数的 13.6%, 重要值较大的依然是黄山松和杉木, 但相差不大。灌木和草本植物种类较多, 分别为 13 和 21 种, 占群落总数的 29.6% 和 47.7%, 各物种的重要值较为平均。藤本植物较少, 为 4 种, 占群落总数的 9.1%, 以蛇葡萄 (*Ampelopsis sinica*) 较多。

高度干扰下, 乔木层种类为 8 种, 占群落总种数的 23.5%, 重要值最大者为生长快的黄山松和枹栎 (*Quercus glandulifera*), 分别为 35.7 和 15.3。灌木层种类为 13 种, 占群落总数的 38.2%, 其中以杜鹃和满山红占优势, 重要值分别为 27.1 和 15.6。草本层种类为 11 种, 占群落总种数的 32.4%, 其中以蔓茎堇菜 (*Voila diffusa*) 和求米草 (*Oplismenus undulatifolius*) 占优势, 重要值为 10.3 和 9.9。藤本植物较少, 仅 2 种, 占群落总种数的 5.9%, 重要值没有明显差别。

不同干扰下, 乔木层物种共有 16 种, 相同种仅为 6 种, 占总数的 37.5%; 灌木层中共有 23 种, 相同种仅为 8 种, 占总数的 34.8%; 草本层共有 29 种, 相同种仅为 6 种, 占总数的 20.7%; 藤本植物物种共有 4 种, 相同种 2 种, 占总数的 50%。

总的看来, 不同干扰下, 不同物种的重要值存在较大差别, 其中低度干扰和高度干扰下各层的重要值主要集中在少数种上, 尤其在灌木层与草本层则更为明显; 但在中度干扰黄山松林中, 由于一些阳性植物侵入, 重要值较为平均地分配到了各物种上, 各个物

表 1 不同强度干扰对黄山松群落主要植物种类重要值的影响

Table 1 The effect of different traveling disturbance on the important value of the main plant species in *Pinus taiwanensis* community

种类 Species	低度干扰 Lower disturbance	中度干扰 Middle disturbance	高度干扰 High disturbance
乔木层 Arbor layer			
黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	36.1	23.6	35.7
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	14.3	15.8	10.6
野鸦椿 <i>Euscaphis japonica</i>	3.2	6.2	4.9
迎春樱 <i>Cerasus discoides</i>	2.1	10.1	3.6
茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	5.9	9.5	4.1
枹栎 <i>Quercus glandulifera</i>	3.1	6.9	15.3
其他 7 种 Other 7 species	22.3		
其他 1 种 Other 1 species		1.5	
其他 2 种 Other 2 species			13.2
灌木层 Shrub layer			
伞形绣球 <i>Hydrangea umbellata</i>	13.4	7.2	3.1
山楂 <i>Lindera reflexa</i>	6.1	10.1	3.6
格药铃 <i>Eurya muricata</i>	4.3	16.8	4.2
杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>	14.3	19.7	27.1
山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i>	16.7	23.7	1.9
满山红 <i>Rhododendron mariesii</i>	42.7	12.5	15.6
椴棠花 <i>Kerria japonica</i>	2.4	2.5	2.9
山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>	1.3	4.2	2.3
其他 6 种 Other 6 species	18		
其他 5 种 Other 5 species		50.4	
其他 5 种 Other 5 species			30.8
草本层 Herb layer			
褐绿苔草 <i>Carex Stipitinx</i>	2.2	3.4	3.1
菟花 <i>Wikstroemia canescens</i>	1.1	1.2	2.3
紫萁 <i>Osmunda japonica</i>	6.9	2.1	1.5
蔓茎堇菜 <i>Voila diffusa</i>	2.5	2.6	10.3
求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	7.1	8.9	9.9
金星蕨 <i>Parathelypteris glanduligera</i>	6.1	1.7	7.4
其他 3 种 Other 3 species	10.6		
其他 15 种 Other 15 species		85.6	
其他 5 种 Other 5 species			20.6
藤本植物 Liana layer			
蛇葡萄 <i>Ampelopsis sinica</i>	1.8	6.3	8.1
葛藤 <i>Pueraria lobata</i>	2.6	1.8	4.1
其他 2 种 Other 2 species		8.1	

种的重要值相差不明显。不同干扰下,不同层次植物的比例差别很大。中度干扰下,草本层占的比例最大(如图 1)。因干扰造成群落生境发生很大的变化,不同干扰下同一层次中仅有小部分物种相同。

3.2 不同干扰下黄山松林的物种多样性

在探讨不同强度干扰下黄山松林物种多样性变化之前,初步研究了不同强度人为干扰的 3 次重复有没有差异,研究结果表明 3 次重复几种多样性指数之间差异并不明显。从表 2 可以看出,乔木层中,不同人为干扰下物种多样性指数存在较大的差异。低强度人为干扰下物种丰富度指数 S 明显高于其他干扰,中度干扰和高度干扰无明显差异。中度干扰下 Shannon-Wiener 指

数 H 、Simpson 指数 D 明显低于低度干扰和高度干扰,低度干扰和高度干扰有一定差别,但差别不明显。不同干扰下,物种均匀度指数 J 差别明显,高干扰最高,其次为低干扰,中度干扰最小。从表 2 中可以看出,中度干扰下,乔木层的物种丰富度指数 S 、Shannon-Wiener 指数 H 、Simpson 指数 D 、均匀度指数 J 分别为 6、1.3568、0.6623、0.7527,几种多样性指数均最低。

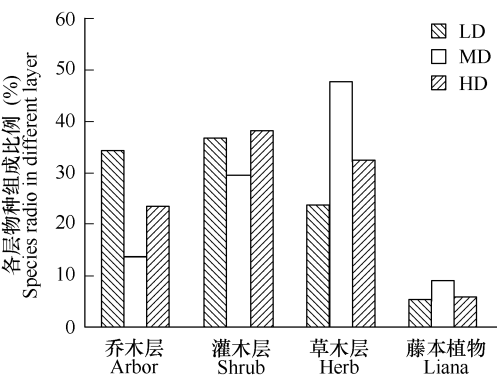


图 1 不同强度干扰下各层物种组成比例

Fig. 1 The species ratio in different layer of the different disturbance

表 2 不同干扰下黄山松群落物种多样性比较

Table 2 The comparison of the species diversity of the Pinus taiwanensis community in different traveling disturbed forest				
干扰强度 Disturbance intensity	S	H	D	J
乔木 Arbor layer				
LD	13 ±1.5a	2.0079 ±0.1256a	0.7829 ±0.0542a	0.7828 ±0.0956a
MD	6 ±0.7b	1.3568 ±0.2331b	0.6623 ±0.0593b	0.7572 ±0.1089b
HD	8 ±0.9b	1.7336 ±0.1179a	0.7789 ±0.0799a	0.8337 ±0.0751c
灌木 Shrub layer				
LD	14 ±1.6a	2.0382 ±0.2205a	0.8059 ±0.0756a	0.7723 ±0.0799a
MD	13 ±1.9a	2.2376 ±0.2795b	0.8699 ±0.0890b	0.8724 ±0.0135b
HD	13 ±2.1a	2.0349 ±0.3527a	0.8223 ±0.0812a	0.7933 ±0.1012a
草本 Herb layer				
LD	9 ±1.1a	1.8276 ±0.2210a	0.8318 ±0.0999a	0.7963 ±0.0701a
MD	21 ±3.2b	2.5781 ±0.2693b	0.8468 ±0.0711a	0.8917 ±0.1098b
HD	11 ±1.6a	1.7489 ±0.1256a	0.7293 ±0.0142b	0.7209 ±0.5325c
藤本 Liana plants				
LD	2 ±0.6a	0.6769 ±0.0562a	0.4839 ±0.0588a	0.9066 ±0.0125a
MD	4 ±0.8a	1.2568 ±0.0956b	0.6771 ±0.0221b	0.9766 ±0.0255b
HD	2 ±0.3a	0.6374 ±0.0128a	0.4453 ±0.0699a	0.9195 ±0.0322a
所有植物 All species				
LD	38 ±3.5a	3.0976 ±0.3001a	0.9326 ±0.0124a	0.7515 ±0.1088a
MD	44 ±5.2b	3.2519 ±0.3876b	0.9421 ±0.0221a	0.8594 ±0.0798b
HD	34 ±4.6a	3.0095 ±0.2986a	0.9289 ±0.0103a	0.7834 ±0.1102a

不同字母表示均值间差异显著 The values sharing the different letters mean difference at $p < 0.05$;LD:低度干扰 Low disturbance MD:中度干扰 Middle disturbance HD:高度干扰 High disturbance

灌木层中,不同干扰下物种丰富度指数 S 没有明显差别。中度干扰下,Shannon-Wiener 指数 H 、Simpson 指数 D 、均匀度指数 J 分别为 2.2376、0.8699、0.8724,均高于其他干扰程度。Shannon-Wiener 指数 H 值表现为低

干扰下比高干扰下高,但 Simpson 指数 D 和均匀度指数 J 相反,均表现为高干扰下比低干扰下高,但二者之间的差异不显著。

草本层各项指标均表现为中度干扰最高,其值分别为 21、2.5781、0.8468、0.8917,其次为低干扰下的值较高,高度干扰下各项指标最低。显著性分析表明,中度干扰下,除 Simpson 指数 D 与低度干扰差别不显著外,其他多样性指数均与低度干扰和高度干扰存在显著的差异。其中,低度干扰和高度干扰 Simpson 指数 D 与均匀度指数 J 存在一定差异,其他多样性指数差异不显著。

藤本植物表现出和草本植物明显的相似性,均为中度干扰下最高,低度干扰次之,高度干扰最低。显著性检验表明,不同干扰下藤本植物物种丰富度指数差异不明显,其他多样性指数均表现为中度干扰与其他干扰差异明显,低度干扰和高度干扰无显著差异。

对整个群落分析表明,不同干扰下各项指标均表现为中度干扰最高,几种多样性指数分别为 44、3.2519、0.9421、0.8594。低干扰下,物种丰富度指数 S 、Shannon-Wiener 指数 H 、Simpson 指数 D 的值高于高度干扰,但高干扰下均匀度指数较高。显著性分析发现,不同干扰下 Simpson 指数 D 无明显差异,其他均表现为中度干扰与其他两种干扰差异明显,低度干扰和高度干扰无明显差异。

由于人类的活动范围及不同层植物的生态习性不一,不同人为干扰下,各层的多样性变化各异。总体看来,低干扰下物种多样性适中,均匀度最低;随干扰强度的加强,物种丰富度增加,特别是灌木层和草本层增加明显,多样性有极明显的提高,此时物种数量最多,分布均匀,多样性和均匀度均最高;人为干扰的进一步加强,林下植物受影响较大,大量的灌木和草本植物消失,多样性最低,但相对低干扰而言,均匀度提高。

3.3 不同干扰下的群落优势度

群落的优势度与其组成物种的重要值有关,其数值大小可以反映群落内各种群结构关系的复杂性。群落优势度可对群落的物种多样性结构和动态水平进行更为透彻的说明^[16]。

分别对不同人为干扰下黄山松群落的优势度进行统计分析,如图 2 所示。从图中可以看出,低度干扰和高度干扰下黄山松群落的优势度比较高,仅乔木层而言群落优势度是中度干扰林中最高。中度干扰下,灌木层、草本层和藤本植物的群落优势度分别为 0.1301、0.1083 和 0.3229,均低于低度干扰和高度干扰。中度干扰黄山松群落由于侵入较多的阳性种类,特别是草本和灌木植物的大量增加,原有的平衡被打破,原灌木层与草本层的优势种失去了优势,群落的稳定性较差。

从表 2 和图 2 中可以看出,物种多样性指数较低的层次或群落有较高的群落优势度,而相反,物种多样性指数较高的层次或群落,其群落优势度较低。物种多样性指数和群落优势度指数存在一定的负关联^[17]。多样性结构方面,物种多样性指数、物种丰富度指数和均匀度指数的变化趋势常常一致。而物种均匀度与群落优势度的变化趋势是相反的,群落中种群分布均匀,群落均匀度指数高,则生态优势度较低;反之,种群分布集中,群落均匀度指数低,生态优势度则较高。有学者认为,群落物种多样性增加是生态系统对外界干扰的一种适应,是生态系统水平上对生境变化的一种对策。当重新建立平衡之后,群落的物种多样性仍会降低,而趋于稳定。如果干扰超过其调节能力,那么将难以恢复为原来的群落类型。因此,稳定性大的顶极群落,其物种多样性并不会最高,而受干扰后的次生性过渡类型的群落物种多样性可能会更高^[18]。因此,在表度群落稳定性时,用群落优势度指标比多样性指数更为确切。

4 讨论

物种多样性变化与生境紧密相关。对物种多样化影响因子的研究,大多集中在环境因子方面^[9]。除了环境因子外,生物因子尤其是人为活动干扰对植物群落物种多样性的改变影响颇大^[1,8]。Connell 于 1978 年提出中度干扰假说,该假说认为,对群落实施中等程度的干扰较之干扰频繁和不干扰群落的物种多样性都高;在干扰后群落的恢复过程中,恢复中期物种丰富度最大。Whicher 和 Detling 研究了北美草原上啮齿动物对生物多样性的影响,结果表明,中度干扰的风洞国家森林公园上植物多样性达到最高。本研究对比研究了不同人为干扰下天柱山国家森林公园黄山松群落林的物种多样性,分别利用物种丰富度指数,Shannon-Wiener 指数、

Pielou 均匀度和 Simpson 指数对不同干扰下的物种多样性作了比较,结果表明,低度干扰下黄山松群落的物种丰富度指数为 38, Shannon-Wiener 指数为 3.0976, Simpson 指数为 0.9326,均匀度为 0.7515;中度人为干扰后的黄山松群落的各项物种多样性指数值远高于低度干扰,物种丰富度为 44, Shannon-Wiener 指数 3.2519, Simpson 指数 0.9421,均匀度 0.8594;高度干扰下,多样性指数呈下降趋势。整体看来,中度干扰下多样性指数最高,与其他干扰下多样性指数存在显著差异,低度干扰与高度干扰下多样性指数差异不明显。该研究结果表明中度干扰能提高物种的多样性,验证了中度干扰假说。但对其群落优势度指数研究表明,中度干扰下,除了乔木层稍高外,其他各层优势度最低。表明群落物种多样性的增加是生态系统对外界轻度干扰的一种适应,是恢复生态系统稳定性的一种对策,一旦干扰超过其调节能力,将很难恢复为原来的群落类型。

在自然条件下,中度人为干扰(如旅游干扰、放牧干扰、水淹干扰等)情况下,群落的生物多样性会增加,对群落的健康发展是有利的。通过对安徽天柱山国家森林公园不同强度旅游干扰对黄山松群落生物多样性的影响研究发现,不同强度的旅游干扰对其生物多样性造成了的影响程度不同。造成生物多样性变化差异的原因可能因为旅游的过度开发,造成游客的过多踩踏。近年来,随着旅游干扰的不断加剧,加之管理措施尚未完善,天柱山国家森林公园部分景区已表现为裸地出现、生境破碎、物种多样性下降、伴人植物增加等,影响到群落的稳定性。因此,应适当控制旅游开发力度,保护该景区的生物多样性。

References:

- [1] Zhou J M, Jiang Z L, Jiang W, *et al.* The effects of human-caused disturbance on species diversity of forest community in northern Fujian Province. *Chinese Biodiversity*, 1997, 5(4): 263 ~ 270.
- [2] Wang X M, You S S. Restoration ecology study of *Castanopsis carlesii* forests in Wupin, Fujian. Effects of artificial disturbance on different scales upon the diversity indices, evenness degree and domination degree in different layers. *Journal of Central South Forestry University*, 2002, 22(1): 62 ~ 65.
- [3] Zhang G P, Zhang F, Ru W M. The effect of traveling on the interspecific correlation of dominant populations in Lishan sub-alpine meadow, Shanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 2868 ~ 2874.
- [4] Feng L, Hong W, Wu C Z, *et al.* Research on the species diversity and spatial pattern of *Pinus taiwanensis* population in Wuyishan Mountain. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(3): 16 ~ 18.
- [5] Hu Z H, Yu M J, Ding B Y, *et al.* Characteristics of *Pinus taiwanensis* community and species diversity in Gutian Mountain National Nature Reserve. *Ecology and Environment*, 2003, 12(4): 436 ~ 439.
- [6] Lie A W. The exploitation of tour resource and protecting the ecological environment in Tianzhu Mountain. *Science and Technology of Anhui*, 2001, 9: 12 ~ 13.
- [7] Hao Z Q, Yu D Y, Yang X M, *et al.* a diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 785 ~ 789.
- [8] Xue Z F, Zhu H, Wang Y X, *et al.* Species diversity dynamics of fragmented tropical rainforests in the lower-lancing/upper-Mekong river basin. *Acta Phytocologia Sinica*, 2004, 28(5): 585 ~ 593.
- [9] Tilman D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology*, 1994, 75(1): 2 ~ 16.
- [10] Guo Z G, Liu H Y, Sun X G, *et al.* Characteristics of species diversity of plant communities in the upper reaches of Bailong River. *Acta Phytocologia Sinica*, 2003, 27(3): 388 ~ 395.
- [11] Cheng R M, Xiao W F, Li J W, *et al.* Analysis on forest plant diversity in the Three Gorges Reservoir Area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(1): 35 ~ 40.
- [12] Ma K P. The measurement of community diversity. In: Qian YQ ed. *Principles and methodologies of biodiversity studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994. 141 ~ 165.
- [13] Huang J H, Chen L Z. Analysis of species diversity of the forest vegetation in Dongling Mountain, Beijing. *Acta Botanica Sinica*, 1994, 36(Sp.): 178 ~

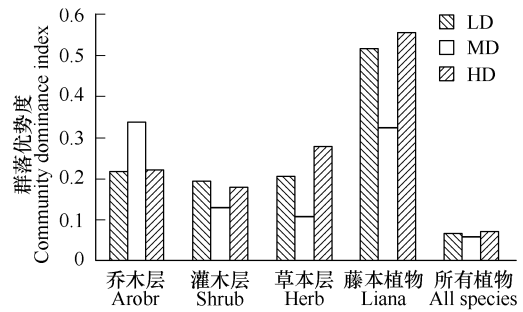


图2 不同强度干扰下黄山松林的优势度

Fig. 2 The community dominance indices of the different disturbance

186.

- [14] Krebs G.J. Ecology-the experiment analysis of distribution and abundance. 2nd ed. New York: Harper & Row, 1986. 449 ~ 487.
- [15] Li Z S, Tang J W, Zheng Z, *et al.* A study on plant diversity of tropical mountain rain forests in Xishuangbanna, Yunnan. *Acta Phytocologia Sinica*, 2004, 28(6): 833 ~ 843.
- [16] Simpson G.G. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 136: 688.
- [17] Ma K P, Huang J H, Yu S L, *et al.* Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China 2-Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268 ~ 277.
- [18] Li Z J, Liu C X, Yang Z W, *et al.* Studies on the species diversity of the closed stable forest and the disturbed forest of *castanopsis eyrei* in Wuyishan National Nature Reserve. *Acta Phytocologia Sinica*, 2000, 24(1): 64 ~ 68.

参考文献:

- [1] 朱锦懋, 姜志林, 蒋伟, 等. 人为干扰对闽北森林群落物种多样性的影响. *生物多样性*, 1997, 5(4): 263 ~ 270.
- [2] 王小明, 游水生. 福建武夷米槠林恢复生态学研究. 不同人为干扰尺度对各层次物种多样性指数、均匀度和优势度的影响. *中南林学院学报*, 2002, 22(1): 62 ~ 65.
- [3] 张桂萍, 张峰, 茹文明. 旅游干扰对历山亚高山草甸优势种群间相关性的影响. *生态学报*, 2005, 35(11): 2868 ~ 2874.
- [4] 封磊, 洪伟, 吴承祯, 等. 武夷山黄山松群落物种多样性与种群空间格局的研究. *中国生态农业学报*, 2004, 12(3): 16 ~ 18.
- [5] 胡正华, 于明坚, 丁炳扬, 等. 古田山国家级自然保护区黄山松群落特征及物种多样性研究. *生态环境*, 2003, 12(4): 436 ~ 439.
- [6] 聂爱武. 天柱山旅游资源开发与生态环境保护. *安徽科技*, 2001, 9: 12 ~ 13.
- [7] 郝占庆, 于德永, 杨晓明, 等. 长白山北坡植物群落 α 多样性及其随海拔梯度的变化. *应用生态学报*, 2002, 13(7): 785 ~ 789.
- [8] 许再富, 朱华, 王应祥, 等. 澜沧江下游/湄公河上游片断热带雨林物种多样性动态. *植物生态学报*, 2004, 28(5): 585 ~ 593.
- [10] 郭正刚, 刘慧霞, 孙学刚, 等. 白龙江上游地区森林植物群落物种多样性的研究. *植物生态学报*, 2003, 27(3): 388 ~ 395.
- [11] 程瑞梅, 肖文发, 李建文, 等. 三峡库区森林植物多样性分析. *应用生态学报*, 2002, 13(1): 35 ~ 40.
- [12] 马克平. 生物多样性的测定. 见: 钱迎倩主编, 马克平等. 生物多样性的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141 ~ 165.
- [13] 黄建辉, 陈灵芝. 东灵山物种多样性研究. *植物学报*, 1994, 36(sp): 178 ~ 186.
- [15] 李宗善, 唐建维, 郑征, 等. 西双版纳热带山地雨林的植物多样性研究. *植物生态学报*, 2004, 28(6): 833 ~ 843.
- [17] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. *生态学报*, 1995, 15(3): 268 ~ 277.
- [18] 李振基, 刘初钿, 杨志伟, 等. 武夷山自然保护区郁闭稳定甜槠林与人为干扰甜槠林物种多样性比较. *植物生态学报*, 2000, 24(1): 64 ~ 68.