

大岗山植物群落物种多样性与群落结构研究

张雨桐^{1,2}, 刘 华^{1,2*}, 陈永富^{1,2}, 赵 峰^{1,2}, 凌成星^{1,2}, 曾浩威^{1,2}, 马永康^{1,2}

1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 国家林业和草原局林业遥感与信息技术重点实验室, 北京 100091

摘 要: 物种多样性是生物多样性的基本层次, 不仅体现生物种类的丰富程度, 也表现物种演化的空间范围及对特定环境的生态适应性。群落结构是研究植物历史动态的基础, 在认识明确物种间生长竞争关系的同时, 反映着群落演替的趋势。本研究以江西省大岗山为研究区, 基于 62 个样地, 共计 3.72 hm² 面积调查结果, 对大岗山植物群落的物种多样性和群落结构进行分析。结果表明: 群落内共有植物 486 种, 隶属于 120 科 286 属, 其中单种属占总数的 66.43%, 杉木在群落中处于优势地位; 大岗山处于亚热带地区, 具有过渡带性质, 种子植物属包括 13 个分布类型, 其中包含 9 个中国特有属; 香农-威纳 (Shannon-Wiener) 多样性指数、辛普森 (Simpson) 多样性指数、皮诺 (Pielou) 均匀度指数在各生长层的分布趋势基本一致, 灌木层优势明显, 草本层略高于乔木层。群落整体物种多样性指数较高, 物种较丰富; 按样带划分, 2 号样带物种最丰富, 1 号样带略低于其他样带。但 1、2 号样带群落相似性最高, 3、4 号样带物种多样性指数相差较小, 但群落差异最大。

关键词: 物种多样性; 群落结构; 物种组成; 大岗山

中图分类号: S718.54 文献标识码: A

Species Diversity and Structure of Tree Population in Dagangshan

ZHANG Yutong^{1,2}, LIU Hua^{1,2*}, CHEN Yongfu^{1,2}, ZHAO Feng^{1,2}, LING Chengxing^{1,2}, ZENG Haowei^{1,2}, MA Yongkang^{1,2}

1. Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Key Laboratory of Forestry Remote Sensing and Information System, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China

Abstract: Species diversity is the most basic level of biodiversity, which not only reflects the richness of biological species, but also the spatial scope of species evolution and the ecological adaptability to specific environments. Structure is the basis for studying the historical dynamics of plants, and while understanding and clarifying the growth competition relationship between species, it reflects the trend of community succession. Based on the results of 62 plots with a total area of 3.72 hm², the species diversity and structure of tree populations of Dagangshan were analyzed. There were 486 species of plants in the community, belonging to 286 genera of 120 families, of which single species accounted for 66.43% of the total, and China fir were in a dominant position in the community. Dagangshan is located in the subtropical region and has the nature of transition zone. The genus of seed plants included 13 distribution types, and 9 genera with endemic components in China. Shannon-Weiner index, Simpson index and Pielou index were basically the same in the distribution trend of each growth layer. The advantage of shrub layer was obvious. The herbaceous layer was slightly higher than the arbor layer. The overall species diversity index of the community was higher and the species were more abundant. By sample belt, the 2nd sample was the most abundant, and the 1st sample was slightly lower than the others. However, the community similarity was the highest in the 1st and 2nd belts, and the difference in species diversity indices in the 3rd and 4th samples was small, but the community differences were the largest.

Keywords: species diversity; population structure; species composition; Dagangshan

收稿日期 2022-05-17; 修回日期 2022-07-25

基金项目 科技基础资源调查专项 (No. SQ2019FY010110)。

作者简介 张雨桐 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 大岗山资源环境和生物多样性变化驱动机制。*通信作者 (Corresponding author): 刘 华 (LIU Hua), E-mail: liuhua@ifrit.ac.cn。

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.05.020

随着时代的发展和人类活动的影响,生物多样性正以前所未有的速度丧失。2019年,一个科学家小组得出结论,现在大约有100万动植物物种面临着灭绝的威胁,甚至有一部分物种将在未来几十年内灭绝^[1]。生物多样性为生态系统提供着保护,免其受到气候突变、病虫害及自然灾害等不利环境条件的影响^[2]。此外,已有研究表明,生物多样性与生态系统的服务功能之间存在联系,生物多样性高的生态系统提供着更为丰富的服务功能^[3-4]。为了采取有效的措施,减缓生物的灭绝速度,保护受到威胁的生物多样性,对生物多样性的研究刻不容缓。

物种多样性 (species diversity) 是指地球上动物、植物、微生物等生物类的丰富程度,其代表着物种演化的空间范围和对特定环境的生态适应性,是进化机制的最主要产物及生物有机体本身多样性的体现^[5]。一个区域内不同物种的数量是生物多样性的关键组成部分,珍稀濒危物种的生长或外来物种的引入都可能导致本土物种的生物多样性丧失^[6-8]。物种多样性指数为量化多样性提供了依据^[9],陈廷贵等^[10]比较了15种常用的多样性指数,结果显示,在综合反映多样性变化上香农-威纳 (Shannon-Wiener) 多样性指数和辛普森 (Simpson) 多样性指数效果最好,这2个指数也是研究者们最常用的多样性指数。皮诺 (Pielou) 均匀度指数以 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数为基础,是常用的物种均匀度测定方法^[11]。

群落结构在组成、功能和动态变化等方面表现出的差异性^[12],不仅反映着群落对环境的适应性,也影响着生态系统的功能^[13]。群落的组成结构可以从多方面反映区域植物多样性的特征,分析群落的组成及区系成分是认识群落特征、变化、发展趋势和生物多样性的基础^[14]。在大部分南方森林生态系统中,局部小环境差异大,从而使得不同群落乔灌木多样性表现为草本层>灌木层>乔木层、灌木层>乔木层>草本层或乔木层最高等多种类型^[15]。在不同森林生态系统中,乔灌木物种多样性通常呈现明显分异,三者为负相关关系^[16]。由此可见,物种多样性是表示群落特征的重要指标,在反映植物群落的结构类型、演替阶段和稳定程度等方面具有重要意义^[17-18]。

当前,我国林业生态效益的发展逐渐从获取

直接的经济效益向改善生态环境质量获取间接效益转变^[16]。随着全国生态建设的持续推进,“近自然森林”成为现代林业建设的重点。在次生林和人工林经营过程中,通过调整树种配置及比例、林分结构等,使其接近生态效益高的天然林分,以达到快速提升林分生态功能的效果,实现近自然化经营^[16,19]。研究特定气候条件下的天然次生林,对于区域森林生态系统管理和近自然经营具有指导性意义^[15]。此外,次生林可以直接快速地观察到群落动态和受干扰的群落中森林结构的变化,为研究群落组成提供了基础。 β 多样性中的物种相似性和物种转化率在衡量2个或多个地点之间的群落组成变化上受到广泛应用,探究 β 多样性可以为次生林演替过程提供指导意义^[20]。

中国的亚热带地区与世界同纬度相比,是除沙漠以外最暖热的区域,雨量也远超同纬度地区,因此亚热带森林生态系统有着丰富的物种、较高的生产力以及强大的生态系统的生态功能。大岗山地处中亚热带地区,山区内的气候、土壤等环境差异形成了森林的空间异质性,异质性程度越高,则意味着更多的小生境和小气候条件,从而满足更多具有不同生态位的物种共存^[21]。对森林进行科学合理的经营与保护,发挥其潜在自然物质的快速恢复能力、产生巨大的物质产品和生态文化服务,是我国森林经营迫切需要解决的问题^[22]。

大岗山的植物群落种类丰富且保存完好,是较为理想的研究场所,近年来的研究偏向单一的植物群落或群落功能,如常绿阔叶林的物种组成^[23]、杉木人工林的土壤肥力和碳储量等^[24-25],对区域性的群落结构及物种多样性的研究较少。本研究以大岗山主要山区的植物群落为研究对象,通过调查分析区域内整体及各个样带之间的物种多样性和群落结构,描述群落的组成,探寻其分布及变化规律,为揭示此类森林的生物多样性潜力及维持机制等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区主要位于江西大岗山自然保护区内(图1),研究区范围114°30′~114°37′E,27°34′~27°43′N,海拔116~1031 m,坡度<43°,土壤类型为红壤和黄壤,由低海拔至高海拔土壤类型及亚

类的分布依次为红壤、黄红壤、黄壤和黄棕壤,其中红壤分布最广,分布海拔为110~470 m。研究区位于中亚热带,气候类型属于亚热带季风湿润气候,年均气温16℃,1月平均最低温2.1℃,7月平均最高温26.5℃,降水主要集中在4—8月,年均降水量1591 mm^[26]。该区域雨量充沛,日照充足,气候温和,无霜期长,森林覆盖率高,植被类型主要由常绿阔叶林、杉木林、毛竹林等构成,保护区虽受人为干扰较小,但也并非完全未被破坏的原始林,经过几十年的自然演替,顶级次生林、次生林林冠几乎完全封闭^[27]。截至1999年7月大岗山亚热带林业试验中心的调查统计,该区现有植物1888种,分属254科847属,其中木本植物780种,隶属760属,占中国被子植物种类的24%;裸子植物22属,占中国裸子植物种类的65%;蕨类植物36属,占中国蕨类种类的16%^[23]。自然保护区内还包含国家级重点保护的珍稀动植物40多种,如猴、獐、鹿、兔、石樟、银杏、水杉等^[28]。

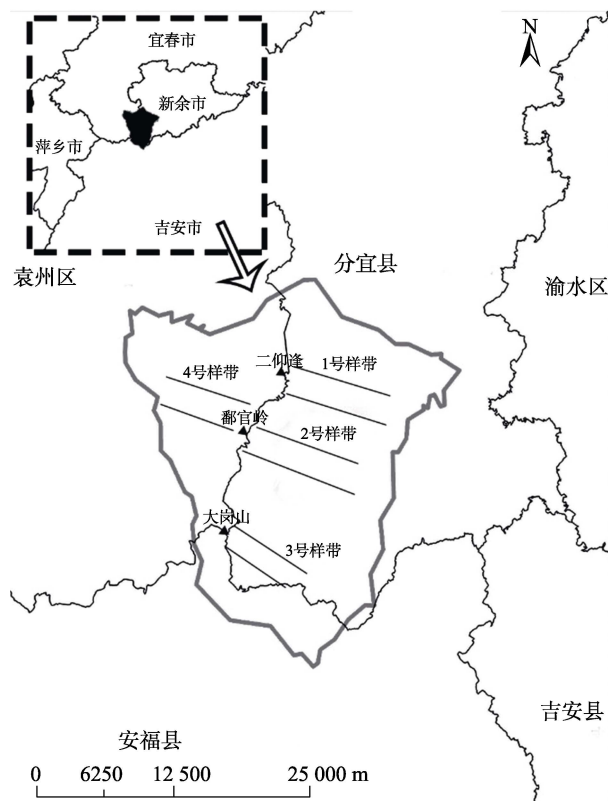


图1 研究区及样带示意图

Fig. 1 Schematic diagram of study area and transect

1.2 样地设计与调查方法

样地设计:2021年7月,以研究区具有代表

性的3个山峰为起点,根据植被覆盖类型沿海拔变化的情况向山峰南、北2个方向设置样带,共计4个样带(图1),在每条样带上,按照海拔梯度设置5条等距离水平样线,在每个样线上设置3个大样方,大样方垂直投影面积为20 m×30 m,各样方间距在50 m以上,共计60个大样方。沿途增设2个含有珍稀濒危树种的样方,实际调查62个样方。其中1~15、61和62号样方位于1号样带;16~29号样方位于2号样带;30~43、59、58号位于3号样带;44~57号位于4号样带。在每个大样方的4个角及中央各设置1个中样方(共5个)进行灌木植物调查,每个5 m×5 m;在每个矩形中样方的内角设置1个小样方进行植物调查,每个1 m×1 m。

样地调查:记录各个样地坐标、海拔、坡位、坡向等信息;对大样方内胸径大于等于5 cm的乔木树种进行每木检尺,记录乔木层树种名称、胸径、树高等;中样方内调查并记录灌木及胸径小于5 cm的乔木树种的名称、高度、基径、分布及株数等;小样方内调查并记录草本、苔藓等植物的名称、盖度、高度、分布及生长状况等。

1.3 植物组成成分

裸子植物依据郑万钧^[29]分类系统,被子植物依据哈钦松^[30]分类系统,种子植物地理分布以吴征镒^[31]的中国种子植物属的分布区类型为依据,珍稀濒危植物参考《中国生物多样性红色名录》和江西珍稀植物代表物种^[32]。

1.4 数据处理

根据野外调查数据,统计各样带以及区域乔木层、灌木层、草本层植物的科、属、种、个体多度、频度、平均胸径等内容,并计算指标指数,具体如下,所有数据利用Excel软件进行整理计算和图表绘制。

1.4.1 物种重要值 重要值表示物种在群落中重要性的指标,其计算公式为:

$$P_i = \frac{\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度}}{3}$$

式中, P_i 为群落中第 i 个物种的重要值,相对密度=某种植物的密度/全部植物的总密度;相对频度=该物种的频度/所有种的频度总和;相对显著度=样方中该种个体胸高断面积和/样方中全部个体胸高断面积总和。

1.4.2 物种多样性 采用 α 多样性指数法分别计算大岗山植物群落整体及各样带的乔木层、灌木

层、草本层的物种丰富度 (S)、Shannon-Weiner 多样性指数 (H)、Simpson 多样性指数 (D) 和 Pielous 均匀度指数 (J), 计算公式如下:

$$S = \text{区域内物种总数}$$

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

$$J = \frac{1 - \sum_{i=1}^n P_i^2}{1 - \frac{1}{S}}$$

1.4.3 群落相似性 采用 β 多样性指数法分别计算大岗山各样线之间的 Sørensen 指数 (S_I) 和 Cody 指数 (β_C), 计算公式如下:

$$S_I = \frac{2c}{a+b}$$

$$\beta_C = \frac{g(H) + l(H)}{2} = \frac{a+b-2c}{2}$$

式中, a 和 b 分别为 2 个基本观测单元内观测到的物种数量; c 为 2 个基本观测单元内观测到的共有物种数量, $g(H)$ 和 $l(H)$ 分别为沿生境变化 (H 梯度) 增加和失去的物种数量。

2 结果与分析

2.1 群落种类、区系组成与分布

根据样地调查统计, 合计调查 17 979 个独立个体, 其中乔木层共有 4058 个, 灌木层 9596 个, 草本层 4325 个, 植株密度 4833 株/hm², 总计 120 科 286 属 486 种, 其中蕨类植物 39 种, 隶属 17 科 27 属, 裸子植物隶属 3 科 5 属, 总计 7 种, 被子植物共计 100 科 254 属 440 种。前 5 位的数量优势科中蔷薇科 (Rosaceae) 排名第 1 位, 共计

31 种, 隶属 11 属; 第 2 位为樟科 (Lauraceae) 26 种, 隶属 7 属; 第 3 位为茜草科 (Rubiaceae), 13 属 20 种, 第 4 位为壳斗科 (Fagaceae), 6 属 18 种; 豆科 (Fabaceae) 排名第 5 位, 共计 17 种, 隶属 13 属。单种属 190 个, 占总数 66.43%, 研究区属种系数 (植物属数与植物种数之比) 为 58.85%。属种系数略高, 说明生境条件稳定, 一致性高, 也说明植物分化程度低, 植物物种多样性以单种或寡种占优势。区域内包含国家重点保护及江西特有植物共 7 种, 分别为南方红豆杉、闽楠、胡桃、香樟、华木莲、伯乐树和篦子三尖杉, 濒危等级及保护等级见表 1。濒危种中, 南方红豆杉频度株数最高, 但伯乐树和江西特有种华木莲均只发现 1 科, 只在大岗山零星分布。

根据中国种子植物属的分布类型进行分布统计, 在大岗山 286 个属当中, 种子植物有 259 个属, 其中仅紫叶兰为自墨西哥引进品种, 其所在紫露草属未出现在中国种子植物属的分布类型中, 余下 258 个属分布结果见表 2。

大岗山属于亚热带, 具有过渡带的性质, 群落植被也具有丰富的区系成分, 其中以热带区系的植物占优势, 所有热带成分分布 (分布类型 2~7) 占种子植物属的 49.35%, 共 128 个属, 包含悬钩子属 (*Rubus*)、木姜子属 (*Litsea*)、山胡椒属 (*Lindera*) 等数量优势属, 其中泛热带分布的属最多, 共计 54 属, 占种子植物属的 21.00%, 表明植物种类上与热带植物具有密切的亲缘关系。其他分布类型中, 北温带分布最多, 共计 37 属, 占 14.40%, 包含栎属 (*Quercus*)、李属 (*Prunus*) 等数量优势种, 东亚分布略低于北温带分布, 为 35 属, 占 13.62%, 验证了大岗山所处中亚热带地区具有热带和温带的过渡地带性, 此外还有 9 个

表 1 大岗山国家重点保护及江西特有植物
Tab. 1 National key protected and endemic plants of Jiangxi in Dagangshan

中文名称 Chinese name	拉丁学名 Latin name	频度 Frequency	株数 Quantity	珍稀濒危等级 Rare and endangered level	保护等级 Protection level
南方红豆杉	<i>Taxus wallichiana</i> var. <i>mairei</i>	8	18	濒危种	国家一级重点保护
闽楠	<i>Phoebe bournei</i>	7	9	近危种	国家二级重点保护
樟树	<i>Cinnamomum camphora</i>	15	21	无危种	国家二级重点保护
胡桃	<i>Juglans regia</i>	1	8	无危种	国家二级重点保护
华木莲	<i>Manglietia decidua</i>	1	1	濒危种	国家一级重点保护
伯乐树	<i>Bretschneidera sinensis</i> Hemsl	1	1	濒危种	国家一级重点保护
篦子三尖杉	<i>Cephalotaxus oliveri</i>	1	5	易危种	国家二级重点保护

表 2 大岗山种子植物属的分布类型

Tab. 2 Distribution types of seed plants in Dagangshan

分布类型 Distribution type	属数 Genus	百分比 Percentage/%
世界分布	15	5.84
泛热带分布	54	21.01
热带亚洲和热带美洲间断分布	12	4.67
旧世界热带分布	16	6.22
热带亚洲至热带大洋洲分布	14	5.45
热带亚洲至热带非洲分布	7	2.72
热带亚洲(印度-马来西亚)分布	25	9.73
北温带分布	37	14.40
东亚和北美洲间断分布	26	10.12
旧世界热带分布	7	2.33
地中海区、西亚至中亚分布	1	0.39
东亚分布	35	13.62
中国特有分布	9	3.50
合计	258	100.00

中国特有分布属, 占 3.50%, 分别是伯乐树属 (*Bretschneidera*)、喜树属 (*Camptotheca*)、蜡梅属 (*Chimonanthus*)、巴豆藤属 (*Craspedolobium*)、杉木属 (*Cunninghamia*)、青钱柳属 (*Cyclocarya*)、箭竹属 (*Fargesia*)、大血藤属 (*Sargentodoxa*)、

四棱草属 (*Schnabelia*)。

乔木层、灌木层和草本层重要值排名前 5 位的物种信息见表 3。其中, 杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 在乔木层占据绝对优势, 杉木为群落建群种和优势种, 调查发现, 大岗山还拥有部分杉木人工林。木荷 (*Schima superba*) 重要值排名第 2, 为群落次优势种, 此外, 在群落灌木层中, 木荷也具有较高重要值, 排名第 4 位, 证明其具有较强的更新能力。灌木层中, 杜茎山 (*Maesa japonica*) 数量最多, 油茶 (*Camellia oleifera*) 的出现频率最高, 但综合来看, 杜茎山的重要值最高, 为灌木层的主要优势种。在草本层中, 荩草 (*Arthraxon hispidus*) 数量最多, 齿头鳞毛蕨 (*Dryopteris labordei*) 出现频率最高, 但由于箭竹 (*Fargesia spathacea*) 更新能力强, 长势快等生理优势, 重要值排名最高, 成为草本层的主要优势种。

从群落组成的种类及分布分析, 有 98 个种的乔木树木处于更新阶段, 调查期间均在灌木层中, 且乔木层中的主要树种均在林下出现幼苗, 木荷和杉木更是在灌木层种占据一定优势, 表明群落结构基本稳定, 杉木还将保持优势地位。

表 3 大岗山乔木层、灌木层和草本层重要值排名前 5 位物种

Tab. 3 Top 5 species in terms of tree, shrub and herbaceous layer values in Dagangshan

植被层 Vegetation layer	中文名称 Chinese name	科名 Section name	属名 Genus name	拉丁学名 Latin name	频度 Frequency	株数 Quantity	重要值 Important value
乔木层	杉木	Cupressaceae	<i>Cunninghamia</i>	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	40	907	21.07
	木荷	Theaceae	<i>Schima</i>	<i>Schima superba</i>	32	281	7.57
	千年桐	Euphorbiaceae	<i>Vernicia</i>	<i>Vernicia montana</i>	23	100	4.32
	拟赤杨	Styracaceae	<i>Alniphyllum</i>	<i>Alniphyllum fortunei</i>	25	146	4.20
	青冈	Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus glauca</i> Thunb.	26	87	3.10
灌木层	杜茎山	Primulaceae	<i>Maesa</i>	<i>Maesa japonica</i>	163	1289	7.35
	油茶	Theaceae	<i>Camellia</i>	<i>Camellia oleifera</i>	177	495	6.73
	细枝柃	Pentaphragaceae	<i>Eurya</i>	<i>Eurya loquaiana</i>	101	272	5.00
	木荷	Theaceae	<i>Schima</i>	<i>Schima superba</i>	78	179	2.64
草本层	鹿角杜鹃	Ericaceae	<i>Rhododendron</i>	<i>Rhododendron latoucheae</i> Franch	21	47	2.49
	箭竹	Poaceae	<i>Fargesia</i>	<i>Fargesia spathacea</i>	8	203	9.53
	珍珠莲	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus sarmentosa</i> var. <i>henryi</i>	82	362	9.14
	荩草	Poaceae	<i>Arthraxon</i>	<i>Arthraxon hispidus</i>	69	431	6.14
	齿头鳞毛蕨	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris labordei</i>	101	216	5.12
	铁芒萁	Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris</i>	<i>Dicranopteris linearis</i>	37	293	4.68

2.2 物种多样性分析

大岗山植物群落灌木层拥有最高的多样性和均匀度, H 、 D 、 J 指数分别为 4.46、0.97、0.98。

草本层次之, H 、 D 、 J 指数分别为 3.94、0.96、0.97, 乔木层最低, H 、 D 、 J 指数分别为 3.77、0.94、0.94。草本层与乔木层相差不大, 灌木层

与其他两层相差明显。整体多样性表现灌木层 > 草本层 > 乔木层，*H* 指数最低的乔木层也达到 3.77，大岗山植物群落整体均具有较高的物种多样性。

按照各个样带划分，大岗山植物群落乔木层、灌木层和草本层的 *H*、*D*、*J* 指数计算结果如表 4。可以看出，灌木层和草本层在 4 条样带上的变化

相似，多样性较为稳定，4 条样带相差并不大，均匀度上 3、4 号样线略高于 1、2 号样线，但总体上看灌木层仍高于草本层。无论是多样性还是均匀度，乔木层在样带 4 上均有明显的劣势，远低于其他样带。样带 4 中接近纯林的杉木林和毛竹林在乔木层占据了绝对优势，导致样带 4 乔木层整体的多样性下降。

表 4 各个样带乔木层、灌木层和草本层物种多样性指数
Tab. 4 Species diversity indices of tree, shrub and herbaceous layers in each transect

样带号 Transect No.	香农-威纳多样性指数 <i>H</i>			辛普森多样性指数 <i>D</i>			皮诺均匀度指数 <i>J</i>		
	草本层 Herb layer	灌木层 Shrub layer	乔木层 Tree layer	草本层 Herb layer	灌木层 Shrub layer	乔木层 Tree layer	草本层 Herb layer	灌木层 Shrub layer	乔木层 Tree layer
1	2.00	2.70	2.20	0.82	0.87	0.84	0.92	0.91	0.91
2	2.26	3.01	2.10	0.83	0.90	0.83	0.90	0.93	0.92
3	2.17	2.92	2.44	0.85	0.91	0.87	0.94	0.95	0.93
4	2.51	2.95	1.44	0.88	0.91	0.64	0.95	0.94	0.86

从各样地植被层来看（图 2），草本层物种丰富度最高的是 47 号样地，含 29 种物种，灌木层物种丰富度最高的是 53 号，含 57 种，乔木层物种丰富度最高的是 37 号，含 25 种，总体物种丰富度以 46 号最多，含 86 种，均不处在同一样地，

这与各样地的生态环境变化有关。不同的环境对不同植被层的生物多样性有一定影响，同时也有一定的人为因素，如 44 号的荒草地，没有乔木层，以及 61、62 号的杉木纯林，乔木层只有杉木，没有算在多样性计算当中。

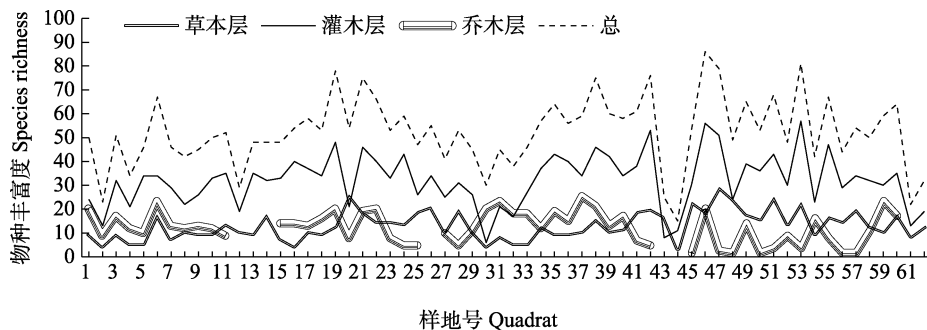


图 2 各个样地乔木层、灌木层和草本层的物种丰富度
Fig. 2 Species richness of arbor, shrub and herbaceous layers in each plot

2.3 群落相似性分析

由表 5 可知，各样带之间的 Sørensen 指数 (*SI*) 和 Cody 指数 (βC) 相似性系数范围为 0.50~0.66，均值为 0.59，3、4 号样地相似性最低，为 0.50，1、2 号样地相似性最高，为 0.66，物种转换率平均为 105.00，1 号样带和 2 号样带物种转化率最小，为 80.00；3 号和 4 号样带物种转化率最大，为 139.50。

3 讨论

在调查的 62 个样地中，总计物种 486 种，隶

属 120 科 286 属，其中乔木层 144 种，隶属 52 科 87 属；灌木层 283 种，隶属 114 科 154 属；草本层 182 种，隶属 99 科 133 属。灌木层科、属、种数均高于乔木层和草本层。在森林生态系统中灌木与乔木相互作用，影响上层乔木生长、下层幼苗更新以及草本群落结构^[33]。因此，灌木层的结构和空间分布对于维持森林生态系统稳定性具有关键作用。

在整个森林群落中，蔷薇科种数最多，其次是樟科、茜草科、壳斗科、豆科。与李海静^[34]对大岗山常绿阔叶林植物区系及多样性的研究相比

表 5 乔木层、灌木层和草本层 Sørensen 指数和 Cody 指数相似性
Tab. 5 Sørensen index and Cody index for tree, shrub and herbaceous layers

样带号 Transect No.	Sørensen 指数 S_r			Cody 指数 β_c		
	1 号样带 Transect 1	2 号样带 Transect 2	3 号样带 Transect 3	1 号样带 Transect 1	2 号样带 Transect 2	3 号样带 Transect 3
1						
2	0.66			80.00		
3	0.60	0.62		100.50	100.50	
4	0.58	0.59	0.50	104.00	109.00	139.50

较, 当时的主要优势种和建群种是壳斗科、樟科, 壳斗科和樟科仍然保持着常绿阔叶林的优势地位。此外, 群落中还拥有珍贵的残遗植物和孑遗植物, 如胡桃(第三纪残遗植物)、伯乐树(古老残遗植物)、篦子三尖杉(孑遗植物)等, 说明了大岗山森林群落的植物起源具有古老性。

一个群落的植物区系与其周围群落的植物区系存在紧密联系, 复杂的植物区系组成能够为物种之间的交流、分化、形成与演变提供更多的变异可能^[35]。大岗山处于中亚热带, 具有热带和温带的过渡地带性, 与李海静^[34]的研究相比, 群落植被属的热带成分有所增加, 温带成分减少, 热带分布成分已经占据了接近一半的比例。由此可以看出, 中亚热带的植物群落具有以亚热带植物为主, 热带成分与温带成分并存, 且植物区系由温带成分向热带成分过渡的特点。

各个植被层的 Shannon-Weiner 多样性指数、Simpson 多样性指数和 Pielous 均匀度指数均以灌木层最高, 说明层间植物丰富, 群落虽然已经接近顶级群落, 几乎完全郁闭, 但林下灌木生长以及乔木树种的更新能力依然很强, 使得灌木层在物种丰富度上具有一定优势, 并且对环境变化具有一定的抵抗能力与恢复能力。草本层适应能力强, 也具有较高的物种多样性, 群落的主体乔木层反而具有一定劣势, 分析原因, 密度对种子和幼苗存活率的影响及对于维持物种多样性发挥着重要作用, 光照和土壤养分等可用资源的竞争也影响着物种多样性的维持^[36]。

各样带之间物种多样性表现与整体相似, 没有明显的区域差异, 仅 4 号样带的乔木层表现出劣势, 分析其原因为 4 号样带中存在部分杉木纯林以及荒草地影响了 4 号样带整体物种多样性。各样带相似性指数范围为 0.50~0.66, 指数相差 0.16, 说明样带间差异较小, 群落较为稳定。但整体相似性不高, 处于中等偏上水平。从物种转

化率来看, 3、4 号样带物种差异较大, 1、2 号样带差异较小, 这与物种丰富度上的变化表现基本吻合。各样带之间形成了各自的小生境, 具有一定的环境异质性, 使得各样带之间的物种及物种多样性上产生了差异, 但总体上环境比较稳定, 人为干扰较小, 群落本身较高的丰富度也对环境干扰有一定的抵御能力。

引发物种灭绝的原因有很多, 但有 2 种被格外注意。一种为当地特有或珍稀物种的整个栖息地被破坏, 栖息地的丧失导致物种灭绝; 另一种为外来物种的引入, 通过引发物种间相互竞争资源, 致使本地物种的丰度和分布下降甚至灭绝^[37]。大岗山植物群落受国家政策保护, 人为干预较小, 也鲜少发生大面积自然灾害, 为物种提供了稳定且安全的生存环境。丰富的物种多样性以及稳定的群落结构使得群落本身具备了抵御外来物种入侵的能力。

从历史上看, 大多数森林都经历了不同程度的人类活动, 植物群落受到破碎化和气候变化的影响, 在区域形成小生境。人们对环境异质性如何影响群落的物种组成、结构和功能知之尚少, 环境异质性又是制定生物多样性保护计划的关键因素。本研究仅根据积累的多年来有关生态因素对物种多样性和群落结构影响的研究^[38-40], 分析影响大岗山各植被层物种多样性间的差异, 下一步将会对物种多样性的维持机制展开深入研究。探寻以不损害生物多样性的方式实施生物多样性保护及可持续利用。

参考文献

- [1] IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services[R]. Bonn, Germany: IPBES secretariat, 2019.
- [2] KENDAL D, DOBBS C, LOHR V I. Global patterns of

- diversity in the urban forest: is there evidence to support the 10/20/30 rule?[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2014, 13(3): 411-417.
- [3] ESCOBEDO F J, CLERICI N, STAUDHAMMER C L, CORZO G T. Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(4): 1040-1053.
- [4] NOWAK D J, HOEHN R E, BODINE A R, GREENFIELD E J, O'NEIL-DUNNE J. Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY[J]. *Urban Ecosystems*, 2016, 19(4): 1455-1477.
- [5] COSTANZA R, DALY H E. Natural capital and sustainable development[J]. *Conservation Biology*, 1992, 6(1): 37-46.
- [6] MORO M F, CASTRO A S F. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity?[J]. *Urban Ecosystems*, 2015, 18(1): 47-71.
- [7] GAGGINI L, RUSTERHOLZ H P, BAUR B. Settlements as a source for the spread of non-native plants into Central European suburban forests[J]. *Acta Oecologica*, 2017, 79: 18-25.
- [8] YAN P B, YANG J. Species diversity of urban forests in China[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2017, 28: 160-166.
- [9] WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California[J]. *Ecological Monographs*, 1960, 30(4): 407.
- [10] 陈廷贵, 张金屯. 十五个物种多样性指数的比较研究[J]. *河南科学*, 1999, 17(S1): 55-57, 71
CHEN T G, ZHANG J T. A comparison of fifteen species diversity indices[J]. *Henan Science*, 1999, 17(S1): 55-57, 71. (in Chinese)
- [11] 中国生态学会. 生态文明与绿色长征[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
Chinese Ecological Society. *Ecological civilization and green long march*[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2011.
- [12] 黄忠良, 孔国辉, 何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究[J]. *生态学报*, 2000, 20(2): 193-198.
HUANG Z L, KONG G H, HE D Q. Plant community diversity in Dinghushan Nature Reserve[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 20(2): 193-198. (in Chinese)
- [13] 姚兰, 艾训儒, 易咏梅, 黄永涛, 冯广, 刘峻城. 鄂西南亚热带常绿阔叶混交林优势种群的结构与动态特征[J]. *林业科学*, 2017, 53(2): 10-18.
YAO L, AI X R, YI Y M, HUANG Y T, FENG G, LIU J C. Structure and dynamics of dominant populations in the mixed forest of subtropical evergreen and deciduous broad-leaved tree species in the Southwest of Hubei Province[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2017, 53(2): 10-18. (in Chinese)
- [14] 王牌, 苟志辉, 农寿千, 黄川腾, 林玲, 余雪标. 海南中部丘陵区热带次生林物种多样性及区系分析[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(4): 802-808.
WANG P, GOU Z H, NONG S Q, HUANG C T, LIN L, YU X B. Species diversity and floristic components of tropical secondary forests in hilly areas of central Hainan[J]. *Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(4): 802-808. (in Chinese)
- [15] 高伟, 黄石德, 林建丽, 黄茂根, 吴兴盛, 黄修麟, 黄雍容. 亚热带 3 种森林类型的群落特征与物种多样性的耦合关系[J]. *热带作物学报*, 2021, 42(6): 1756-1763.
GAO W, HUANG S D, LIN J L, HUANG M G, WU X S, HUANG X L, HUANG Y R. Coupling relationships between community characteristics and species diversity of three forest types in subtropical China[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2021, 42(6): 1756-1763. (in Chinese)
- [16] 张建宇, 王文杰, 杜红居, 仲召亮, 肖路, 周伟, 张波, 王洪元. 大兴安岭呼中地区 3 种林分的群落特征、物种多样性差异及其耦合关系[J]. *生态学报*, 2018, 38(13): 4684-4693.
ZHANG J Y, WANG W J, DU H J, ZHONG Z L, XIAO L, ZHOU W, ZHANG B, WANG H Y. Differences in community characteristics, species diversity, and their coupling associations among three forest types in the Huzhong area, Daxing'anling Mountains[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 38(13): 4684-4693. (in Chinese)
- [17] 吕林玲, 陈慧, 李伟杰, 杨海建, 戴波, 黄良明, 郑希龙. 大洲岛海芒果群落及其物种多样性特征[J]. *热带作物学报*, 2019, 40(11): 2270-2277.
LYU L L, CHEN H, LI W J, YANG H J, DAI B, HUANG L M, ZHENG X L. The communities and species diversity features of the *Cerbera manghas* in Dazhou island[J]. *Journal of Tropical Crops*, 2019, 40(11): 2270-2277. (in Chinese)
- [18] 王伯荪, 余世孝, 彭少麟, 李鸣光. 植物群落学实验手册[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1996.
WANG B S, YU S X, PENG S L, LI M G. *Experiment manual of phytogenetics*[M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1996.
- [19] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏, 邢福武, 彭少麟. 深圳南山区天然森林群落多样性及演替现状[J]. *生态学报*, 2003, 23(7): 1415-1422.
WANG D B, JI S Y, CHEN F P, XING F W, PENG S L. Diversity and succession of natural forest communities in Nanshan district, Shenzhen[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 23(7): 1415-1422.

- [20] MI X, SWENSON N G, JIA Q, RAO M, FENG G, REN H, BEBBER D P, MA K. Stochastic assembly in a subtropical forest chronosequence: evidence from contrasting changes of species, phylogenetic and functional dissimilarity over succession[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 32596.
- [21] 彭闪江, 黄忠良, 徐国良, 欧阳学军, 张池. 生境异质对鼎湖山植物群落多样性的影响[J]. *广西植物*, 2003, 23(5): 391-398.
PENG S J, HUANG Z L, XU G L, OUYANG X J, ZHANG C. Effects of habitat heterogeneity on forest community diversity in Dinghushan Biosphere Reserve[J]. *Guihaia*, 2003, 23(5): 391-398. (in Chinese)
- [22] 杨众养, 王小燕, 刘宪钊, 薛杨, 林之盼, 宿少锋. 海南白沙热带天然次生林更新组成及多样性[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(12): 2506-12.
YANG Z Y, WANG X Y, LIU X Z, XUE Y, LIN Z P, SU S F. Regeneration composition and diversity of tropical natural secondary forests in Baisha, Hainan[J]. *Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(12): 2506-2512. (in Chinese)
- [23] 王兵, 李海静, 李少宁, 邓宗富. 大岗山中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究[J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(5): 678-682, 699.
WANG B, LI H J, LI S N, DENG Z F. Species diversity of evergreen broad-leaved forests in the mid-subtropical zone of Dagang Mountains[J]. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 2005, 27(5): 678-682, 699. (in Chinese)
- [24] 李智超, 张勇强, 宋立国, 厚凌宇, 孙启武. 江西大岗山不同林龄杉木人工林土壤碳氮储量[J]. *中南林业科技大学学报*, 2019, 39(10): 116-122.
LI Z C, ZHANG Y Q, SONG L G, HOU L Y, SUN Q W. Storage of soil carbon and nitrogen in Chinese fir plantations at different ages in Dagang Mountain of Jiangxi province[J]. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2019, 39(10): 116-122. (in Chinese)
- [25] 何相宜. 江西大岗山杉木人工林和毛竹林土壤肥力特征及影响因素[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
HE X Y. Soil fertility characteristics and influencing factors of Chinese fir plantation and moso bamboo forests in Dagang Mountain[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2019. (in Chinese)
- [26] 王燕, 刘苑秋, 杨清培, 邓宗富, 王兵, 曾炳生, 郭浩. 江西大岗山常绿阔叶林群落特征研究[J]. *江西农业大学学报*, 2009, 31(6): 1055-1062, 1068.
WANG Y, LIU Y Q, YANG Q P, DENG Z F, WANG B, ZENG B S, GUO H. A study on the community characteristics of evergreen broad-leaved forest in Dagangshan Mountains of Jiangxi province[J]. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 2009, 31(6): 1055-1062, 1068. (in Chinese)
- [27] 白浩楠, 牛香, 王兵, 宋庆丰, 龙文兴. 大岗山常绿阔叶林不同生活型树种多度分布格局[J]. *热带生物学报*, 2021, 12(1): 49-56.
BAI H N, NIU X, WANG B, SONG Q F, LONG W X. Distribution of species abundance of different plant life forms in the evergreen broadleaf forest in Dagang Mountain[J]. *Chinese Journal of Tropical Biology*, 2021, 12(1): 49-56. (in Chinese)
- [28] 王兵. 大岗山森林生态系统研究: 中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)系列丛书[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003.
WANG B. Forest ecosystem research in Dagang Mountain: China Forest Ecosystem Positioning Research Network (CFERN) series[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2003. (in Chinese)
- [29] 郑万钧. 中国树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
ZHENG W J. Flora of China[M]. Beijing: China Forestry Press, 1985 (in Chinese)
- [30] 哈钦松. 有花植物科志[M]. 上海: 商务印书馆, 1954.
HUTCHINSON J. Flora of flowering plants [M]. Shanghai: Commercial Press, 1954 (in Chinese)
- [31] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. *植物资源与环境学报*, 1991(S4): 1-139.
WU Z Y. Types of distribution areas of the genera of seed plants in China[J]. *Chinese Journal of Plant Resources and Environment*, 1991(S4): 1-139. (in Chinese)
- [32] 李言阔. 江西珍稀植物代表物种[J]. *森林与人类*, 2015(12): 82-85.
LI Y K. Representative species of rare plants in Jiangxi province[J]. *Forest and Human*, 2015(12): 82-85. (in Chinese)
- [33] 郭香瑶, 罗颖, 尹秋龙, 杨治春, 贾仕宏, 郝占庆. 秦岭皇冠暖温带落叶阔叶林灌木层结构与物种多样性[J]. *应用生态学报*, 2022, 33(8): 2017-2026.
GUO X Y, LUO Y, YIN Q L, YANG Z C, JIA S H, HAO Z Q. Shrub layer structure and species diversity of warm temperate deciduous broadleaved forests of the Qinling Mountains Huangguan Plot in China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2022, 33(8): 2017-2026. (in Chinese)
- [34] 李海静. 江西大岗山常绿阔叶林植物区系及多样性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
LI H J. Study on the floristic characteristics and plants diversity in the evergreen broad-leaved forest communities of Dagangshan Mountain in Jiangxi[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2005. (in Chinese)
- [35] 谭卫宁, 罗柳娟, 农素芸, 黄锡强, 刘演, 黄俞淞. 广西木论国家级自然保护区植物物种多样性初步研究[J/OL]. *广西植物*, 2022: 1-20 [2022-04-22]. <https://kns.cnki.net/kc->

- ms/detail/45.1134.q.20220421.1125.006.html.
- TAN W N, LUO L J, NONG S Y, HUANG X Q, LIU Y, HUANG Y S. Primary study on species diversity of plant in Guangxi Mulun National Nature Reserve[J/OL]. Guihaia, 2022: 1-20 [2022-04-22]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.q.20220421.1125.006.html>. (in Chinese)
- [36] JANZEN D H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests[J]. *The American Naturalist*, 1970, 104(940): 501-528.
- [37] SAX D F, GAINES S D. Species diversity: from global decreases to local increases[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2003, 18(11): 561-566.
- [38] 马紫荆, 张云玲, 刘彬. 天山中段南坡巴伦台地区不同海拔植物群落物种多样性与土壤因子的关系[J]. *广西植物*, 2022, 42(7): 1116-1125.
- MA Z J, ZHANG Y L, LIU B. Relationship between species diversity of plant communities and soil factors at different elevations in Baluntai Area, the southern slope of Mid-Tianshan Mountains[J]. *Guihaia*, 2022, 42(7): 1116-1125. (in Chinese)
- [39] 王艳红, 李帅锋, 郎学东, 黄小波, 刘万德, 徐崇华, 苏建荣. 地形异质性对云南普洱季风常绿阔叶林物种多样性的影响[J]. *植物生态学报*, 2020, 44(10): 1015-1027.
- WANG Y H, LI S F, LANG X D, HUANG X B, LIU W D, XU C H, SU J R. Effects of topographic heterogeneity on species diversity in a monsoon evergreen broadleaved forest in Pu'er, Yunnan, China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2020, 44(10): 1015-1027. (in Chinese)
- [40] 谭淇毓. 基于生境异质性的喀斯特植物群落物种与谱系多样性分布格局[D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- TAN Q Y. Distribution pattern of species and pedigree diversity of Karst plant community based on habitat heterogeneity[D]. Guiyang: Guizhou University, 2021. (in Chinese)