

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2020.60773

周阳, 乔秀娟, 黄汉东, 江明喜. 湖北省栲类林群落学特征研究[J]. 植物科学学报, 2020, 38(6): 773~785

Zhou Y, Qiao XJ, Huang HD, Jiang MX. Study on community characteristics of *Castanopsis* forests in Hubei Province[J]. Plant Science Journal, 2020, 38(6): 773~785

湖北省栲类林群落学特征研究

周阳^{1,2,3}, 乔秀娟^{4,5*}, 黄汉东^{4,5}, 江明喜^{4,5}

(1. 西藏大学青藏高原生态与环境研究中心, 拉萨 850000; 2. 西藏大学理学院, 拉萨 850000; 3. 中国科学院大学, 北京 100049;
 4. 中国科学院武汉植物园, 中国科学院水生植物与流域生态重点实验室, 武汉 430074; 5. 中国科学院核心植物园
 保护生物学中心, 武汉 430074)

摘要: 通过设置样方, 在全面调查湖北省内各栲类林的基础上, 对湖北省栲类林的物种组成、区系成分、群落结构及类型, 以及影响群落结构的环境因子进行研究。结果显示: (1)在所调查的湖北省栲类林中共记录维管植物 88 科 210 属 376 种, 其中乔木层中常绿树种有 73 种、落叶树种有 48 种, 构成了以常绿树种为主的典型常绿阔叶林; (2)从科的区系组成来看, 热带成分多于温带成分; 从属的区系组成来看, 热带成分与温带成分大体相当; (3)湖北栲类林生物多样性有显著的经度和海拔格局, 但受纬度影响不大。土壤因子中仅氮含量对物种多样性格局影响显著; (4)湖北省栲类林可分为 5 个群系, 即: 苦槠 (*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott) 林、钩栲 (*Castanopsis tibetana* Hance) 林、栲 (*Castanopsis fargesii* Franch) 林、甜槠 (*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch.) 林和罗浮栲 (*Castanopsis faberi* Hance) 林。在各环境因子中, 海拔、经度、坡度和土壤磷含量对群落组成的影响最大, 地理因子和土壤因子对栲类林群落组成影响的总解释率为 68.94%; (5)在 5 个群系中大部分乔木及栲属植物的径级分布呈单峰形, 种-多度分布表现为典型的具有少数常见种、多个偶见种的倒“J”形曲线。研究表明湖北省栲类林物种多样性高, 生物多样性丰富, 植物区系热带成分明显, 主要包含 5 个群系, 地理因子和土壤因子可以解释大部分的群落物种组成变异。该研究可为湖北省常绿阔叶林保护和管理提供理论依据和数据支持。

关键词: 常绿阔叶林; 群落分类; 苦槠; 钩栲; 栲; 甜槠; 罗浮栲; 群系

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2020)06-0773-13

Study on community characteristics of *Castanopsis* forests in Hubei Province

Zhou Yang^{1,2,3}, Qiao Xiu-Juan^{4,5*}, Huang Han-Dong^{4,5}, Jiang Ming-Xi^{4,5}

(1. Research Center for Ecology and Environment of Qinghai-Tibetan Plateau, Tibet University, Lhasa 850000, China;
 2. College of Science, Tibet University, Lhasa 850000, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences,
 Beijing 100049, China; 4. Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Wuhan Botanical
 Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 5. Center of Conservation Biology,
 Core Botanical Gardens, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this study, we analyzed the species composition, floristic composition, community structure, and classification of *Castanopsis* forests in Hubei Province, China, based on a comprehensive survey. Results showed that: (1) There were 376 species of vascular plant in 210 genera and 88 families, including 73 species of evergreen and 48

收稿日期: 2020-05-09, 退修日期: 2020-05-18。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0503105); 国家科技基础性工作专项(2015FY210200); 国家自然科学基金项目(31670441)。

This work was supported by grants from the National Key Research and Development Program (2016YFC0503105), Basic Foundation of the Ministry of Science and Technology (2015FY210200), and National Natural Science Foundation of China (31670441).

作者简介: 周阳(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为植被生态学(E-mail: zhouyang2012126@126.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence). E-mail: xjiao@wbgcas.ac.cn

species of deciduous trees. Thus, *Castanopsis* forests were typical evergreen broad-leaved forests dominated by evergreen tree species. (2) There were more tropical components than temperate components. In terms of the floristic composition of the genera, tropical composition was roughly equivalent to that of temperate composition. (3) There were significant longitudinal and altitudinal gradients in biodiversity, but no significant latitudinal patterns. Soil had very limited impact on biodiversity patterns. (4) *Castanopsis* forests in Hubei could be classified into five main alliance types: *Castanopsis tibetana* Hance Forest Alliance, *Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott Forest Alliance, *Castanopsis fargesii* Franch Forest Alliance, *Castanopsis faberi* Hance Forest Alliance and *Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch. Forest Alliance. Canonical correspondence analysis showed that among the environmental factors, altitude, longitude, slope, and soil total phosphorus had the greatest influence on species composition. Variance decomposition analysis indicated that the topographical and soil parameters had significant influence on species composition of *Castanopsis* forests, with an interpretation rate of 68.94%. (5) The diameter at breast height distribution of trees in all *Castanopsis* alliances showed a single peak to the left. The species-abundance distributions were typical inverted “J” curves, with a few common species and many rare species. In all, our results showed that species diversity in *Castanopsis* forests in Hubei was rich, with a high tropical composition, and the forest could be classified into five alliances. This study provides theoretical and data support for the protection and management of evergreen broad-leaved forests in Hubei.

Key words: Evergreen broad-leaved forest; Community classification; *Castanopsis sclerophylla*; *Castanopsis tibetana*; *Castanopsis fargesii*; *Castanopsis eyrei*; *Castanopsis faberi*; Alliance

常绿阔叶林通常是指亚热带气候条件下以常绿阔叶树种为优势物种的森林植被类型，是亚热带地区地带性顶极森林群落，是中国植被的重要组成部分，也是世界常绿阔叶林的主体，具有典型代表性^[1]。同时，常绿阔叶林是我国物种多样性最高、群落结构最复杂、生产力最高的植被类型之一，在保护环境和维持碳平衡中都发挥着非常重要的作用^[2, 3]。壳斗科(Fagaceae)栲属(*Castanopsis*)植物是我国常绿阔叶林的重要组成物种，栲类林是中国典型常绿阔叶林的重要类型^[4]，广泛分布于热带、亚热带植被区域^[5]，一直是植被生态学研究的重要对象^[6-9]。

湖北隶属于“中国亚热带常绿阔叶林区域”，东部(湿润)常绿阔叶林亚区域^[10, 11]，可划分为北部的“北亚热带常绿、落叶阔叶混交林地带”和南部的“中亚热带常绿阔叶林地带”^[4]。地带性的常绿阔叶林体现了湖北森林的最大生产力，对该地区生态系统的物质循环和能量流动有着非常重要的作用^[12]。栲类林是湖北常绿阔叶林的主要类型之一^[13]。然

而，有关湖北省栲类林的研究较少，而且现有资料多为对植被的定性描述，缺少定量的数学分析，尤其是缺乏对栲类林群落特征方面的系统研究。

因此，我们在整理中国科学院武汉植物园植被生态学组已经调查过的湖北省栲类林样方资料的基础上，于2019年7-8月再次进行补充调查，对栲类林群落的种类组成、区系成分、数量分类及物种多样性进行分析，系统研究湖北省栲类林的分布，旨在明确湖北省栲类林的主要群落类型，揭示其群落结构的影响因子，以期为该地区森林植被保护、恢复提供科学数据。

1 研究方法

1.1 研究区范围

根据《中国植被》^[4]、《湖北森林》^[13]等相关资料记载，栲类林在湖北省内多分布在长江以南区域，以鄂东南、鄂西南及神农架林区居多。中国科学院武汉植物园植被生态学课题组先后于2001、2009、2012年在恩施市宣恩县、咸宁市通山县九

官山保护区、宜昌市五峰后河保护区、武汉市江夏区天子山等地进行调查, 完成了栲类林样方 11 个, 2019 年 7—8 月再次在鄂东南、鄂西南及神农架林区进行补充调查, 完成栲类林样方 18 个。前后共完成湖北栲类林 29 个样方的调查(图 1)。

1.2 野外调查方法

采用典型群落调查法^[14]进行调查, 样方面积为 20 m × 30 m, 记录每个样方的经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位等地理因子。在 2019 年调查的 18 个样方中取土样测定土壤 pH 值、有机质含量、土壤全氮、全磷及有效氮、有效磷等土壤因子。对样方内胸径 1.0 cm 以上的乔木进行每木检尺。在样方的 4 个角及中心设置 5 个 5 m × 5 m 的灌木样方, 在每个灌木样方左上角和右下角各设 1 个 1 m × 1 m 的草本样方。调查中, 将树高 $H \geq 3$ m 的植物划归乔木层, $H < 3$ m 的植物划归灌木层。

植物科、属、种的划分及物种名称以 *Flora of China* 为标准。参照吴征镒等^[15—17]关于世界种子植物科和中国种子植物属的分布区类型划分标准对本区栲类林中种子植物的科、属分布区类型进行划分。

1.3 群落多样性测度

计算每个样方内乔木层、灌木层和草本层的物种丰富度, 并计算乔木层 Shannon 指数和 Simpson 指数(本研究采用 Gini-Simpson 指数)。计算

公式为, Shannon 指数: $H = -\sum P_i \log P_i$; Gini-Simpson 指数: $1-D=1-\sum P_i^2$ 。其中, P_i 为种 i 的个体数占群落中总个体数的比例。

1.4 群落数量分析

统计每个样方内物种的多度、胸高断面积、盖度和频度, 并计算重要值(IV)。乔木层计算公式为: 重要值=(相对密度+相对频度+相对优势度)/ $3 \times 100\%$ 。灌木层和草本层计算公式为: 重要值=(相对密度+相对频度+相对盖度)/ $3 \times 100\%$ (将乔木层计算公式中的“相对优势度”替换为“相对盖度”)。

根据乔木层木本植物的重要值, 建立样方、物种及样方、环境数据库, 进行植被-环境关系的多元数量分析。经去趋势对应分析(Detrended correspondence analysis, DCA)显示, 最长的梯度长度为 7.24, 表明物种组成数据存在较大异质性, 因此采用单峰模型是适宜的方法。首先对群落矩阵进行 Hellinger 转化, 然后用典范对应分析(Canonical correspondence analysis, CCA)对物种和环境因子的关系进行排序。CCA 分析时 29 个样方的环境因子包含: 经度、纬度、海拔、坡向、坡度、坡位。由于 2019 年之前调查的 11 个样方只调查了地理因子, 没有采集土壤样品, 因此对 2019 年调查的 18 个样方进行土壤因子分析。为消除量纲的影响, 对各环境因子进行标准化转换。

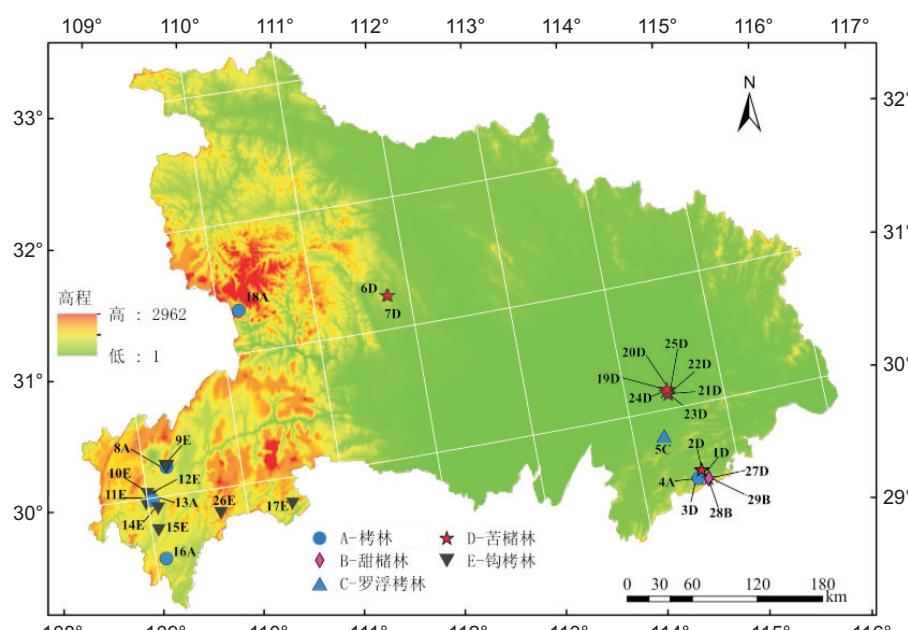


图 1 湖北栲类林调查样方分布示意图

1.5 径级结构及种-多度分布

在群落分类的基础上, 对每种群落内个体的径级结构和种-多度分布进行分析。以径级大小为横轴、该径级内所含个体数为纵轴绘制径级结构图, 径级结构图包括整个群落内的个体以及栲属植物个体。然后以个体多度为横轴、物种数为纵轴, 绘制种-多度关系分布图。

本研究所有分析和绘图均用 R 软件^[18]及其 Vegan 软件包完成。

2 结果与分析

2.1 物种组成

湖北栲类林群落内植物种类丰富。经统计, 所调查的 29 个样方内共记录到维管束植物 88 科 210 属 376 种, 其中蕨类植物 10 科 11 属 12 种; 裸子植物 4 科 7 属 8 种; 被子植物 74 科 192 属 356 种。按不同生活型统计: 乔木层植物 35 科 70 属 121 种; 灌木层植物 58 科 135 属 273 种; 草本层植物 26 科 41 属 45 种; 层间植物 19 科 25 属 30 种(表 1)。

表 1 湖北栲类林各层次植物科属种组成

Table 1 Taxonomic composition of *Castanopsis* forests in Hubei

生活型 Life form	类群 Group	科 Family	属 Genus	种 Species
乔木层 Trees	被子植物 Angiosperm	33	66	116
	裸子植物 Gymnosperm	2	4	5
	合计 Total	35	70	121
灌木层 Shrubs	被子植物 Angiosperm	55	131	269
	裸子植物 Gymnosperm	3	4	4
	合计 Total	58	135	273
草本层 Herbs	被子植物 Angiosperm	16	30	32
	蕨类植物 Fern	10	11	12
	合计 Total	26	41	45
层间植物 Inter stratum	木质藤本 Woody climber	12	18	23
	草质藤本 Herbaceous climber	6	6	6
	寄生植物 Parasitic plant	1	1	1
	合计 Total	19	25	30
总计 Total		88	210	376

湖北栲类林群落按所含物种数统计, 排名前 5 的科是: 壳斗科(25 种)、樟科(24 种)、蔷薇科(20 种)、山茶科(15 种)、豆科(14 种)。从不同生活型来看, 乔木层和灌木层中的壳斗科、樟科等物种最多, 而草本层中则以禾本科为最多, 具体包含物种数见表 2。

表 2 湖北栲类林群落中各层次含物种数排名前 5 的科
Table 2 Top five families in different layers based on number of species in *Castanopsis* forests in Hubei

科名 Family	物种数 No. of species	科名 Family	物种数 No. of species
总体			灌木层
壳斗科 Fagaceae	25	樟科 Lauraceae	24
樟科 Lauraceae	24	壳斗科 Fagaceae	18
蔷薇科 Rosaceae	20	蔷薇科 Rosaceae	17
山茶科 Theaceae	15	山茶科 Theaceae	15
豆科 Leguminosae	14	豆科 Leguminosae	14
乔木层			草本层
壳斗科 Fagaceae	24	禾本科 Gramineae	6
樟科 Lauraceae	13	莎草科 Cyperaceae	4
山茶科 Theaceae	8	唇形科 Labiatae	4
杜鹃花科 Ericaceae	8	菊科 Asteraceae	3
山矾科 Symplocaceae	7	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	3
		茜草科 Rubiaceae	3

乔木层中常绿树有 73 种, 落叶树有 48 种。无论从物种数、多度还是优势度来看, 都是以常绿树种为主的典型的常绿阔叶林(图 2)。虽然落叶物种的优势度较低, 但物种数仍然较丰富。乔木层中个体数排名前 5 位的物种为: 钩栲(*Castanopsis tibetana* Hance)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott)、栲(*Castanopsis fargesii* Franch)、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook) 和石栎(*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai)(表 3)。

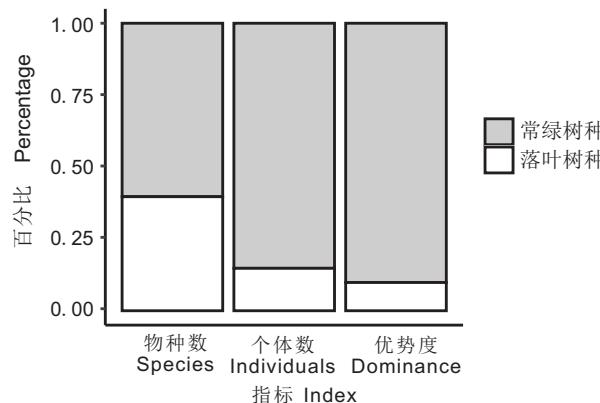


图 2 湖北栲类林常绿树种和落叶树种的比例

Fig. 2 Proportion of evergreen and deciduous species in *Castanopsis* forests in Hubei

2.2 区系成分

参考吴征镒等^[15, 16, 19]对世界种子植物科的分布区类型划分方法, 可将湖北栲类林群落种子植物 78 科划分为 9 个分布区类型(表 4), 其中, 世界

表 3 湖北栲类林群落中乔木层所含个体数排名前 5 的科、属、种
Table 3 Top five families, genera, and species based on number of individuals in tree layer of *Castanopsis* forests in Hubei

科 Family	个体数 No. of individuals	属 Genus	个体数 No. of individuals	种 Species	个体数 No. of individuals
壳斗科 Fagaceae	1269	栲属 <i>Castanopsis</i>	903	钩栲 <i>Castanopsis tibetana</i> Hance	335
杉科 Taxodiaceae	108	柯属 <i>Lithocarpus</i>	155	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i> (Lindl.) Schott	332
山茶科 Theaceae	105	杉木属 <i>Cunninghamia</i>	107	栲 <i>Castanopsis fargesii</i> Franch	131
金缕梅科 Hamamelidaceae	77	栎属 <i>Lithocarpus</i>	90	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook	107
樟科 Lauraceae	66	青冈属 <i>Cyclobalanopsis</i>	83	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> (Thunb.) Nakai	103

表 4 湖北栲类林种子植物的区系成分
Table 4 Distribution patterns of seed plant species in *Castanopsis* forests in Hubei

分布区类型 Distribution type	科数 No. of families	比例 Proportion	属数 No. of genera	比例 Proportion
1 世界分布 Cosmopolitan	19	-	12	-
2 泛热带分布 Pantropic	28	47.45%	43	22.99%
3 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. Disjuncted	8	13.56%	8	4.28%
4 旧世界热带分布 Old World Tropics	1	1.69%	12	6.42%
5 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	2	3.39%	6	3.21%
6 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to trop. Africa	-	-	7	3.74%
7 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	1	1.69%	21	11.23%
8 北温带分布 North Temperate	15	25.42%	28	14.97%
9 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	2	3.39%	23	12.30%
10 旧世界温带分布 Old World Temperate	-	-	4	2.14%
11 温带亚洲分布 Temp. Asia	-	-	2	1.07%
12 地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	-	-	1	0.53%
13 中亚分布 C. Asia	-	-	-	-
14 东亚分布 E. Asia	2	3.39%	27	14.44%
15 中国特有分布 Endemic to China	-	-	5	2.67%

分布有 19 科; 热带成分(分布区类型 2~7)有 40 科, 占非世界分布总科数(下同)的 67.80%, 以泛热带分布科为主(28 科); 温带成分(分布区类型 8~14)有 19 科, 占 32.20%, 以北温带分布科为主(15 科)。

湖北栲类林中种子植物共 199 属, 可划分为 14 个分布区类型(表 4)。其中, 世界分布 12 属; 热带成分 97 属, 占非世界分布总属数(下同)的 51.87%, 以泛热带分布属最多(43 属); 温带成分有 85 属, 占 45.45%, 以北温带分布(28 属)、东亚分布(27 属)和东亚-北美间断分布(23 属)为主; 另外, 中国特有分布 5 属, 占 2.67%, 包括杉木属(*Cunninghamia*)、箭竹属(*Fargesia*)、鸡仔木属(*Sinoadina*)、茶条木属(*Delavaya*)、水杉属(*Metasequoia*)。

2.3 物种多样性格局

湖北栲类林物种多样性沿地理因子的分布格局

显示(图 3), 各多样性指标除草本层外, 均存在显著的经度格局, 表现为由东向西多样性逐渐增高。在海拔梯度上, 乔木层物种数和 Shannon 指数存在显著的海拔格局, 表现为随海拔升高多样性逐渐增加的趋势; 而灌木层和草本层不存在显著的海拔格局。各多样性指标在纬度梯度上没有显著格局。坡向、坡度与各多样性指标没有显著相关性(图 3)。

在土壤因子中, 仅土壤总氮(TN)与乔木层 Shannon 指数和 Simpson 指数存在显著相关性: TN 越高则乔木层的物种多样性及物种均匀度均显著增高。其他土壤因子对各多样性指标的影响均不显著(图 4)。

2.4 群落分类与排序

对湖北栲类林群落分类结果显示, 本研究所调查的 29 个样方涵盖了湖北省栲类林 5 个主要群落类型, 即苦槠林、钩栲林、栲林、甜槠林、罗浮栲林(图 5)。其中, 罗浮栲林和甜槠林分别只包含 1

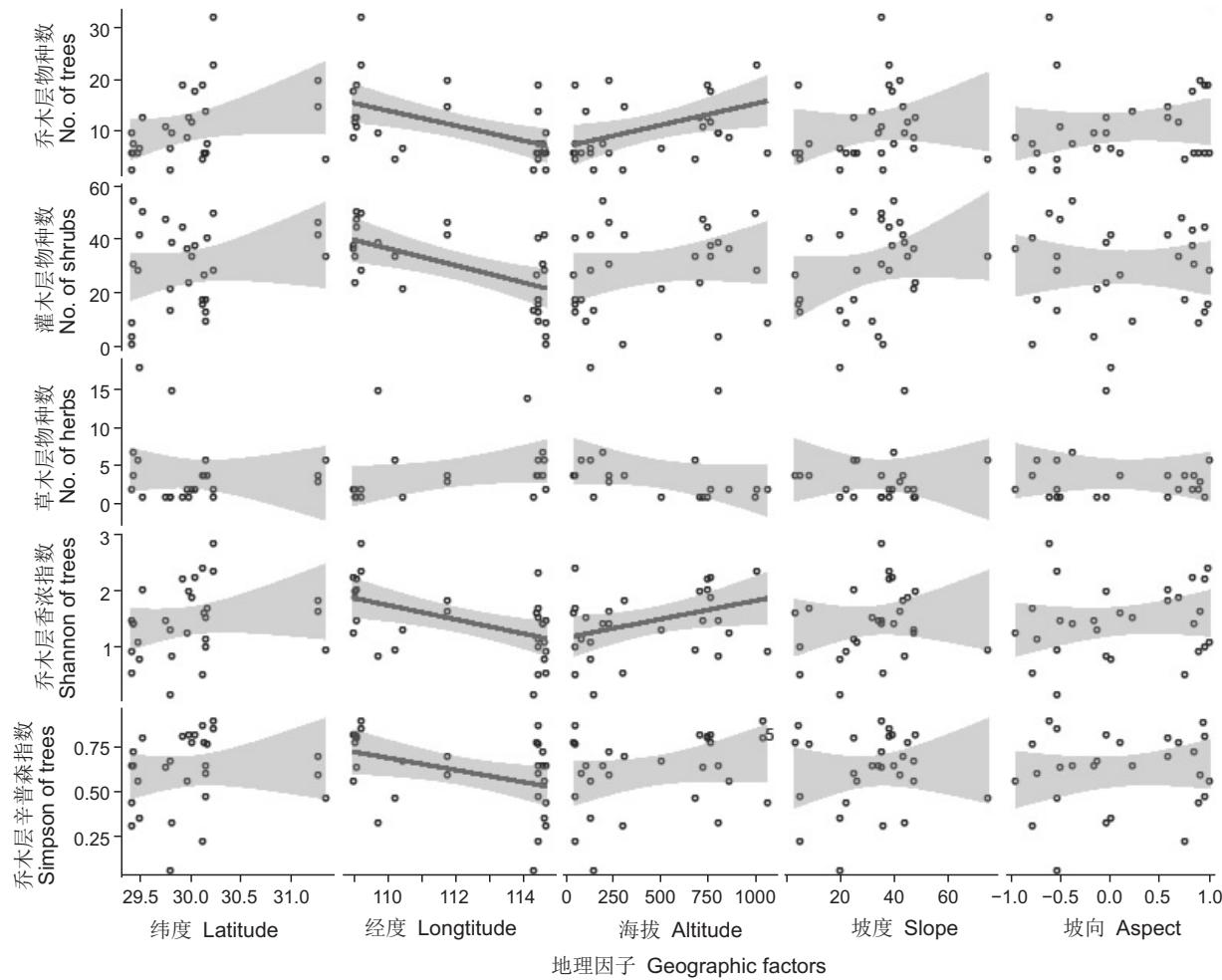


图3 湖北栲类林多样性沿地理因子梯度的分布格局

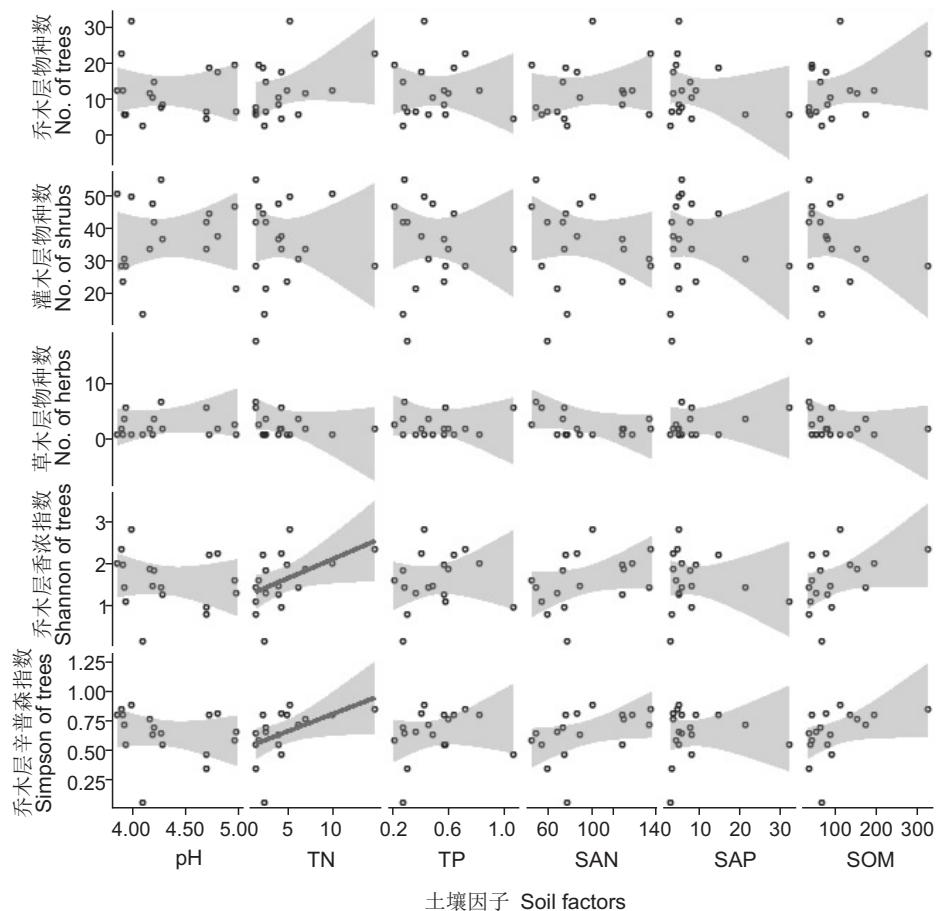
Fig. 3 Patterns of biodiversity in *Castanopsis* forests along geographical gradients in Hubei

个和2个样方。在栲林中，样方13和18中栲占绝对优势，而样方4和16中则是栲与苦槠或钩栲共优。在钩栲林中，样方9、14、15、11和26为钩栲占绝对优势的群落，样方8、17、10、12中钩栲与栲或杉木共优。苦槠林物种组成非常复杂，可分为很多不同类型(图5)，其中样方1、2、3、6、7、21和22是苦槠占绝对优势的样方，而在其他样方中苦槠并不是第一优势物种，其在样方中的重要值排在其他物种之后。

湖北栲类林29个样方的CCA群落排序结果显示，地理因子可以解释28.83%的群落组成变异，其中前两轴的解释率为19.95%(图6)。在一轴上，经度(-0.74)、海拔(0.78)和坡度(0.58)对群落组成的影响最大；在第二轴上，经度(-0.31)、海拔(-0.24)和纬度(0.21)的影响较

大。说明海拔和经度引起的温度和水分变化对群落排序的贡献较大。

对18个有地理因子和土壤因子的样方进行CCA分析，结果显示，地理因子和土壤因子共能解释群落组成变异的68.94%(图7，图8)，其中前两轴解释率为50.32%，说明这两个排序轴已经反映了群落与环境因子的大部分信息。在第一轴上，海拔(0.74)、经度(-0.73)、TP(土壤全磷，0.59)和SAN(土壤可利用氮，0.50)解释率较高，主要反映了海拔和经度导致的温度和水分差异以及土壤氮磷含量对群落物种组成的影响；在第二轴上，土壤全磷(0.33)、坡度(0.27)、海拔(-0.26)以及坡向(0.24)的解释率较高，主要反映了土壤养分含量和土层厚度对物种组成的影响。地理因子和土壤因子对群落组成的解释率基本相当(图8)。



pH: 土壤 pH 值; TN: 土壤总氮含量; TP: 土壤总磷含量; SAN: 土壤有效磷含量; SAP: 土壤有效氮含量; SOM: 土壤有机质含量。

pH: Soil pH; TN: Soil total nitrogen; TP: Soil total phosphorus; SAN: Soil available nitrogen; SAP: Soil available phosphorus; SOM: Soil organic matter.

图 4 湖北栲类林多样性沿土壤因子梯度的分布格局

Fig. 4 Patterns of biodiversity in *Castanopsis* forests along soil gradients in Hubei

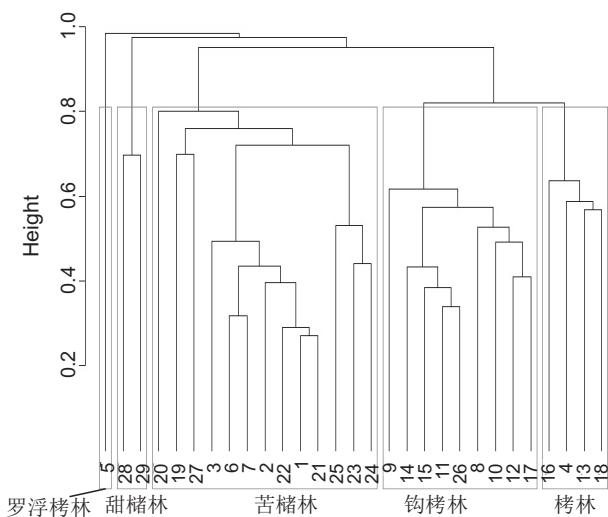


图 5 湖北栲类林 29 个样方的群落数量分类

Fig. 5 Community quantitative classification of 29 plots in *Castanopsis* forests in Hubei

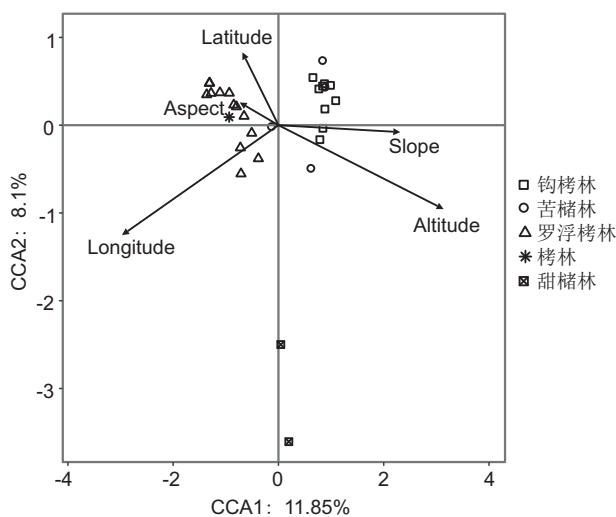


图 6 湖北栲类林 29 个样方基于地理因子的 CCA 排序图

Fig. 6 Two-dimensional scatter plot of CCA ordination based on topography for 29 *Castanopsis* forests in Hubei

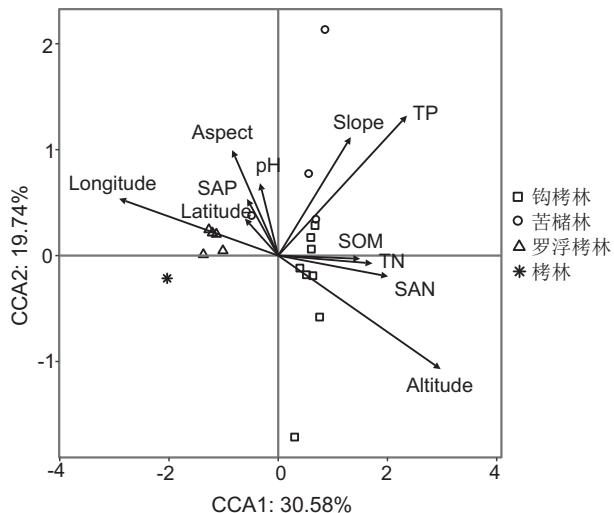


图 7 湖北栲类林 18 个样方基于地理因子和土壤因子的 CCA 排序图

Fig. 7 Two-dimensional scatter plot of CCA ordination based on geography and soil for 18 *Castanopsis* forests in Hubei

2.5 径级和多度分布

在调查的湖北栲类林样方中，乔木层木本植物的平均胸径为 14.43 cm。栲类群落中最大胸径出现在钩栲林中，有 1 株钩栲胸径达 162.40 cm。通过对不同群落内的径级结构进行分析，发现不论是群落内所有个体还是栲属个体，大部分表现为单峰

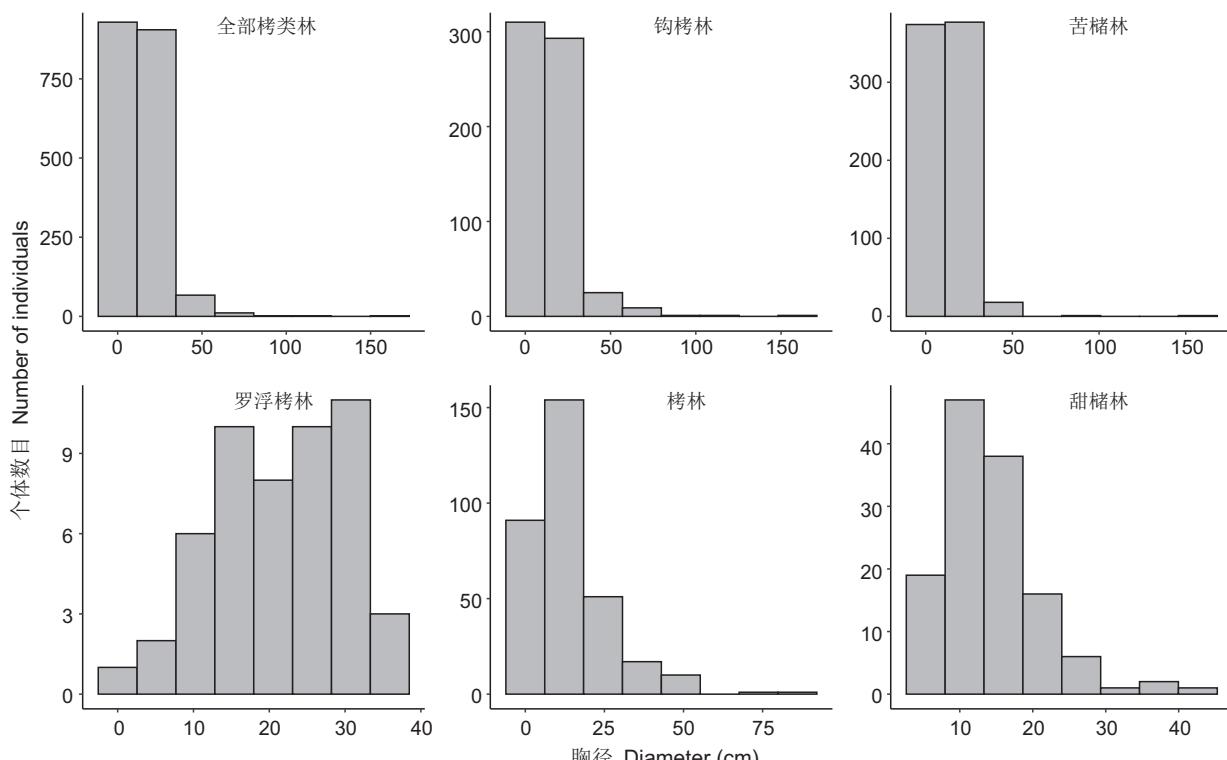


图 9 湖北栲类林群落的径级结构

Fig. 9 Size-class structures of *Castanopsis* forests in Hubei

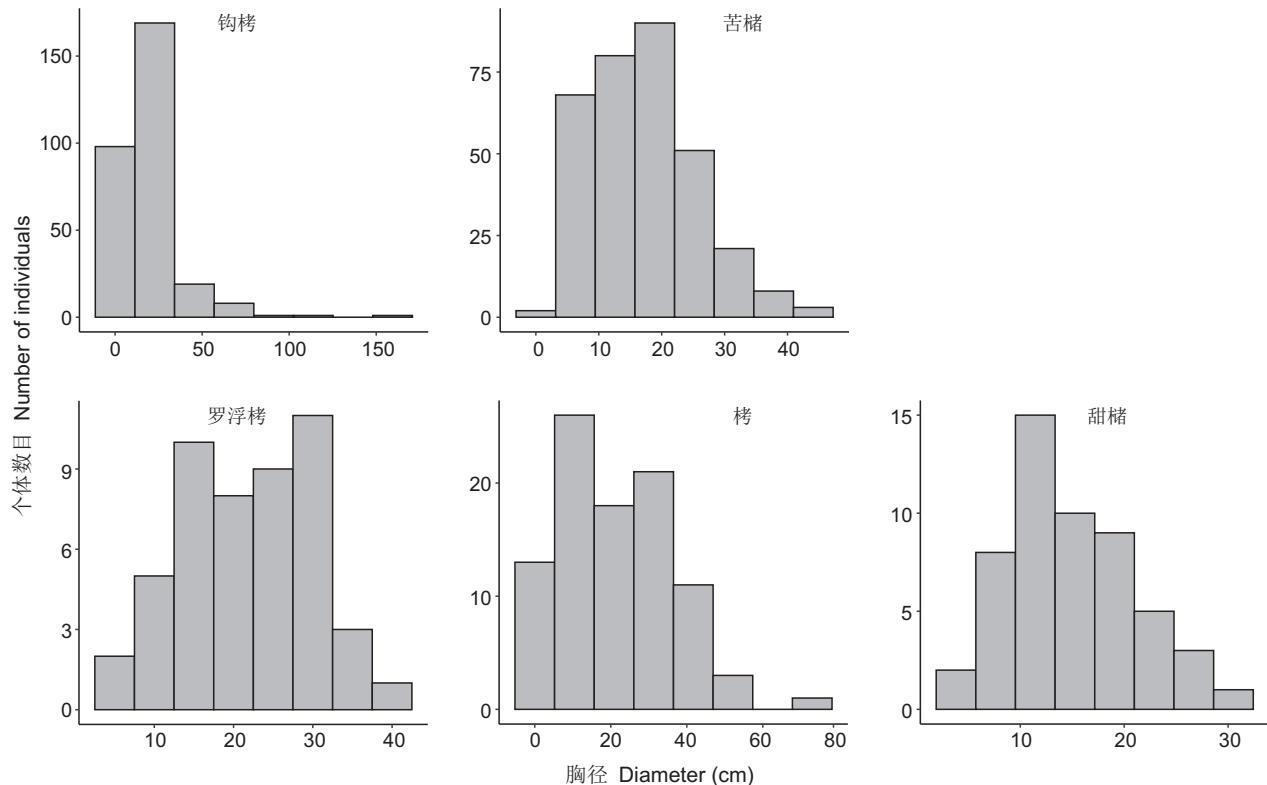


图 10 湖北栲类林中栲属植物的径级结构

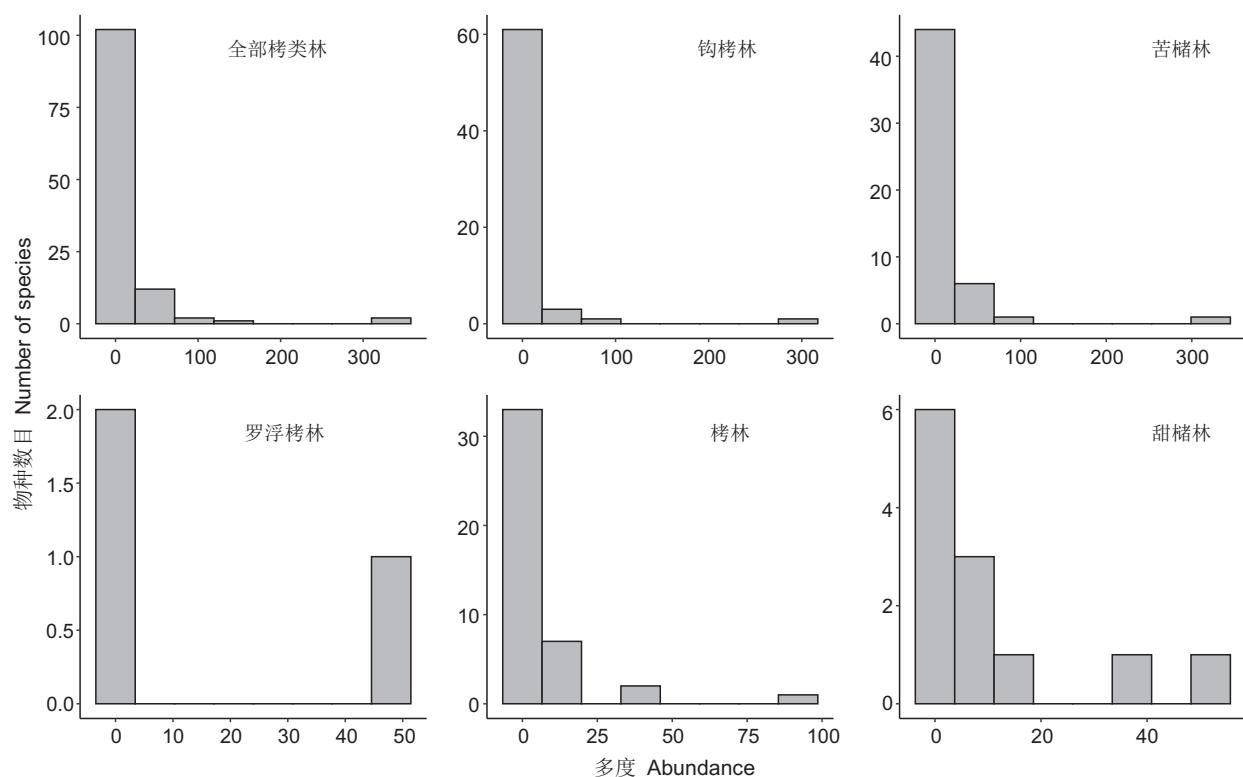
Fig. 10 Size-class structures of five *Castanopsis* species in *Castanopsis* forests in Hubei

图 11 湖北栲类林的种-多度分布

Fig. 11 Species-abundance distributions of *Castanopsis* forests in Hubei

而其他大部分的物种只有很少的个体。除罗浮栲林外(只有3个乔木物种，除罗浮栲外，其他2个物种各仅有1个个体)，个体数小于10的物种均占全部物种数的80%以上。

3 讨论

3.1 物种组成

本研究对湖北栲类林森林群落的调查显示，鄂西南山地地区以钩栲林为主，而鄂东南丘陵地区以苦槠林为主，这与郑重^[20]对湖北植物区系及植物分布的研究结果一致。综合分析表明，湖北栲类林森林群落物种丰富，区系复杂，体现了不同植物地理区系成分在该区域的相互渗透。

从各层次物种数来看，乔木层和灌木层的物种数远高于草本层，其原因可能是栲类林乔木层的郁闭度较高，从而使得草本层不能接受充足的阳光而影响了草本层的发育，本研究与前人^[21, 22]的研究结果一致。灌木层物种数高于乔木层，可能是由于灌木物种包含了乔木物种的幼苗，从而与乔木层物种有所重叠，其余物种则为适应林下生境的灌木物种，个体较小，能更充分的利用中小尺度的资源^[23]。

从调查群落所有物种的科属来看，壳斗科及其栎属和栲属在乔木层中占据绝对优势，按科、属、种所含个体数排序可见其优势更为明显，除杉木属的杉木之外，含个体数排名前5位的属和种均为壳斗科，且壳斗科所含个体数远超其他各科，体现了壳斗科在所调查森林群落中的优势。除壳斗科外，樟科、蔷薇科、山茶科、冬青属、山矾属等所含物种也较多，但分析发现这些科属所含的物种在乔木层中个体数较少，更多个体分布于林下灌层中。

3.2 区系成分

湖北地处华中，是南部亚热带向北部温带的过渡地区，也是西部山地向东部低山丘陵和平原地区的过渡区，植物区系成分在此交汇，相互渗透^[20, 24]。本研究对湖北栲类林群落物种的区系成分分析发现，在科、属水平上的分布区类型分别为9个和14个，体现了该群落内物种区系成分来源的复杂性。

在科级水平上，热带成分占67.80%，远超温带成分(占32.20%)，但热带成分中以泛热带分布为主，占热带成分的70%，且代表热带分布核心

的旧世界热带分布和热带亚洲分布成分均只有1科，分别为海桐花科和清风藤科(此科仅出现在鄂西地区样方9、14的钩栲林中)，其物种主要分布于灌木层；而在乔木层中占据优势的壳斗科、杉科、金缕梅科属于北温带分布，山茶科和樟科属于泛热带分布，体现了所调查森林群落在科级水平上的热带边缘性质。

在属级水平上，温带分布成分所占比例明显增加，达到45.45%，以北温带分布、东亚分布和东亚-北美间断分布类型为主，这些类型是华中植物区具有特征意义的类群，其中，栲属、柯属和栎属在乔木层中占据绝对优势，是所调查森林群落的建群种，体现了该地区森林群落的温带性质；热带分布成分虽占据一半以上(51.87%)，但仍以泛热带分布为主(43/97)，热带亚洲分布比例有所升高，但仅有青冈属在乔木层中较为常见，山茶属主要在灌木层中。

祁承经等^[24]对华中地区植物区系进行了系统分析，认为该地区温带和热带分布成分均占有相当比重，但温带成分稍占优势。本研究中，虽然热带成分科、属的数量均高于温带成分的科、属，但温带成分所含物种如壳斗科各属、杉科杉木属等植物在群落中的优势明显，体现了该地区森林群落由亚热带向温带过渡的性质。

朱华等^[25]和陈圣宾等^[26]分别对中国种子植物特有属进行了分析，均指出川东-鄂西地区的中国特有属比例最高。本研究中，调查到中国特有分布属5个，其中包括乔木层占据一定优势的杉木属和古老孑遗种水杉属(该种仅存于鄂西地区样方14中)。

此外，华中特有种猴樟(*Cinnamomum bodinieri* Levl.)、宜昌楠(*Machilus ichangensis* Rehd. et Wils.)、小果润楠(*Machilus microcarpa* Hemsl.)等物种，也散见于鄂西地区所调查群落中，体现了本研究中森林群落的典型性。

3.3 群落分类与排序

本研究中可将湖北省栲类林划分为5个群系，这与以往文献资料中的研究结果基本一致^[10, 11, 13]。这5类栲类林群系都属于中亚热带广布分布型^[6]。栲类林群落类型的分类也反映了植被和环境之间的关系。湖北栲类林物种多样性格局受纬度影响较小，这可能与我们取样地点的纬度范

围不大有关, 也可能与整个中亚热带常绿阔叶林由于长期的人类干扰已经不存在明显的纬度梯度格局^[21]有关。

决定湖北栲类林物种组成差异的主要经度、海拔、坡度和土壤磷含量。湖北的植被表现出一定的经度地带性, 反映了水分的影响。降水量由东而西递降, 植被也几乎按照经度更替^[10, 11]。根据湖北降水多少, 可以将湖北省分为东部湿润区和西部半湿润区, 其分界线自北而南依次为丹江口、老河口、南漳、远安、宜昌、宜都、松滋^[27, 28]。我们研究发现, 在该界限以东, 由于长期的人为干扰, 自然存在的常绿阔叶林仅存于交通不便或特殊的风水林内, 栲类林主要是苦槠林; 该界限以西主要是钩栲林, 多散生于沟谷中。栲林则在东部、西部均有分布。本次调查中我们仅调查到1个罗浮栲样方和2个甜槠样方, 均分布于湖北省东部, 其中罗浮栲林在之前的湖北植被分类中并未提及^[29]。

海拔对湖北栲类林群落排序的影响也很显著, 沿海拔梯度, 物种组成出现了明显变异。本研究中, 鄂东南的苦槠林一般分布于海拔300 m以下的低山丘陵, 分布的平均海拔仅为130 m; 而在鄂西南, 钩栲林分布的平均海拔为800 m左右, 最高海拔可达1000 m。森林受海拔的影响一般较大, 因为海拔的变化会导致温度、湿度和光照等一系列差异, 从而影响物种生长^[30]。一般来说, 物种多样性与海拔呈负相关^[31, 32]。但在本研究中, 乔木层的物种丰富度和多样性指数在高海拔地区反而更高, 这反映出本研究中海拔1000 m以下范围内人为干扰可能对基带植被常绿阔叶林有影响。

一般来说坡度通过影响温度和湿度进而影响群落组成。坡度越大, 地貌越不稳定, 土层越薄, 储水性也会变差^[33]。本研究中, 坡度和土壤全磷含量对群落物种组成的影响和特征值大小均极为相似, 表明坡度对群落组成的影响在很大程度上可能是因坡度影响了土层厚度而导致了磷含量的不同。

3.4 径级和多度分布

群落的径级分布可以反映群落的生长现状及稳定性^[34], 稳定增长的群落及种群应表现为倒“J”形曲线, 越小径级的个体越多^[35]。但在湖北栲类林群落中, 不管是整个群落还是主要栲属植物的径级分布, 大部分表现为单峰分布, 最小径级的幼树相对较少。这可能是因为本研究所涉及到的湖北栲

类林曾是当地农民的薪材林, 农民砍柴时通常砍小树留大树而造成。这说明栲类林仍处于干扰后的恢复期。

栲类林各群落内物种多度呈现典型倒“J”形曲线, 个体数少的物种种类数较多, 而个体数较多的物种种类数很少(只有几种), 但优势物种的个体数远远高于其他物种, 使得群落内多度分布十分不均匀, 这与其他常绿阔叶林的研究结果十分相似^[36, 37]。

4 结论

综上所述, 湖北省栲类林物种多样性丰富, 物种丰富度有显著的经度和海拔梯度; 根据群落内物种组成及环境因子可分为5个群系, 分别是苦槠林、钩栲林、栲林、甜槠林和罗浮栲林; 地理因子和土壤因子可以解释大部分的群落物种组成变化; 栲属物种在各群落内个体数最多, 优势度明显。本研究结果可为湖北省常绿阔叶林的保护和管理提供理论依据和数据支持, 有利于促进其生态平衡和可持续利用。

致谢: 感谢黄雪晨和戴宇哲在野外调查中给予的帮助, 感谢杨磊在绘制样点分布图中给予的帮助。

参考文献:

- [1] 宋永昌. 中国常绿阔叶林[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 1-20.
- [2] 丁圣彦, 宋永昌. 常绿阔叶林植被动态研究进展[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1765-1775.
Ding SY, Song YC. Research advances in vegetation dynamic of evergreen broad-leaved forest[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(8): 1765-1775.
- [3] 王希华. 中国典型常绿阔叶林植物地理与物种多样性研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.
- [4] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 306-355.
- [5] 叶万辉, 练瑞瑜, 曹洪麟. 中国栲属植物建群种地理分布与替代规律分析[C]// 中国科学院生物多样性委员会. 中国生物多样性保护与研究进展: 第五届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 气象出版社, 2004: 7.
- [6] 邓贤兰, 刘玉成, 吴杨. 井冈山自然保护区栲属群落优势种群的种间联结关系研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 531-536.
Deng XL, Liu YC, Wu Y. Interconnection among dominant plant populations of *Castanopsis* community in Jinggang Mountain Nature Reserve[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(4): 531-536.

- [7] 方燕鸿. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 148–155.
Fang YH. Species composition and diversity of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis carlesii* and *C. eyrei* in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian, China [J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(2): 148–155.
- [8] 肖正利, 周丹. 湖北远安县苦槠天然林群落结构特征[J]. 湖北林业科技, 2017, 46(4): 6–10.
Xiao ZL, Zhou D. Community structure characteristics of natural forests *castanopsis sclerophylla* of Yuan'an county [J]. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2017, 46 (4): 6–10.
- [9] 肖正利, 杨忠书, 钦松, 周丹. 远安县苦槠天然林种群结构和空间分布格局分析[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(14): 90–96.
Xiao ZL, Yang ZS, Qin S, Zhou D. Analysis on the population structure and spatial distribution pattern of *Castanopsis sclerophylla* natural forest in Yuan'an county [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2018, 57(14): 90–96.
- [10] 王映明. 湖北植被地理分布的规律性(上)[J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(1): 47–54.
Wang YM. The geographically distributional regularity of the vegetation in Hubei province (I) [J] *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1995, 13(1): 47–54.
- [11] 王映明. 湖北植被地理分布的规律性(下)[J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(2): 127–136.
Wang YM. The geographically distributional regularity of the vegetation in Hubei province (II) [J] *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1995, 13(2): 127–136.
- [12] 张厚极. 保护和发展湖北地带性森林植被维护森林生态整体的平衡[J]. 环境科学与技术, 1985(4): 43–45, 5.
- [13] 湖北森林编辑委员会. 湖北森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 163–169.
- [14] 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[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533–548.
Fang JY, Wang XP, Shen ZH, Tang ZY, He JS, Yu D, et al. Methods and protocols for plant community inventory [J]. *Biodiversity Science*, 2009, 17(6): 533–548.
- [15] 吴征镒, 周浙昆, 李德铢, 彭华, 孙航. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245–257.
Wu ZY, Zhou ZK, Li DZ, Peng H, Sun H. The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(3): 245–257.
- [16] 吴征镒.《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 535–538.
- [17] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991(SIV): 1–139.
Wu ZY. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991(SIV): 1–139.
- [18] R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing [M/OL]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. <http://www.R-project.org/>.
- [19] 吴征镒, 周浙昆, 孙航, 李德铢, 彭华. 种子植物分布区类型及其起源和分化[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2006: 1–451.
- [20] 郑重. 湖北植物区系特点与植物分布概况的研究[J]. 武汉植物学研究, 1983, 1(2): 165–175.
Zheng Z. The characteristics of the flora and an outline of the distribution of plants in Hubei Province, People's Republic of China [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1983, 1(2): 165–175.
- [21] 贺金生, 陈伟烈, 李凌浩. 中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征[J]. 植物生态学报, 1998(4): 303–311.
He JS, Chen WL, Li LH. Community diversity of the main types of the evergreen broad-leaved forest in the eastern part of the middle subtropical China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1998(4): 303–311.
- [22] 何永涛, 曹敏, 唐勇, 杨国平. 滇中地区常绿阔叶林树种多样性比较研究[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 322–328.
He YT, Cao M, Tang Y, Yang GP. A comparative study on tree species diversity of evergreen broadleaved forest, central Yunnan [J]. *Mountain Research*, 2000, 18(4): 322–328.
- [23] Benayas JMR. Patterns of diversity in the strata of boreal montane forest in British Columbia [J]. *J Veg Sci*, 1995, 6 (1): 95–98.
- [24] 祁承经, 喻勋林, 肖育檀, 曹铁如, 郑重, 尹国萍. 华中植物区种子植物区系的研究[J]. 云南植物研究, 1995(SVII): 55–92.
Qi CJ, Yu XL, Xiao YT, Cao TR, Zheng Z, Yin GP. A study on the flora of seed plants in central China [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1995(SVII): 55–92.
- [25] 朱华, 马友鑫, 阎丽春, 胡华斌. 中国种子植物属的地理成分分布格局及其与气候和地理的关系(英文)[J]. 植物分类学报, 2007, 45(2): 134–166.
Zhu H, Ma YX, Yan LC, Hu HB. The relationship between geography and climate in the generic-level patterns of Chinese seed plants [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2007, 45(2): 134–166.
- [26] 陈圣宾, 欧阳志云, 方瑜, 李振基. 中国种子植物特有属的地理分布格局[J]. 生物多样性, 2011, 19(4): 414–423.
Chen SB, Ouyang ZY, Fang Y, Li ZJ. Geographic patterns of endemic seed plant genera diversity in China [J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(4): 414–423.
- [27] 王映明. 湖北植被区划(上)[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3 (1): 61–73.

- Wang YM. On the vegetation regionalization of Hubei province (A) [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1985, 3(1): 61–73.
- [28] 王映明. 湖北植被区划(下)[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(2): 165–176.
- Wang YM. On the vegetation regionalization of Hubei province (B) [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1985, 3(2): 165–176.
- [29] 王映明. 湖北省植被分类的研究 I : 自然植被[J]. 武汉植物学研究, 1986, 4(3): 239–252.
- Wang YM. Studies on the classification of vegetation in Hubei province I : natural vegetation [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1986, 4(3): 239–252.
- [30] Gaston KJ. Global patterns in biodiversity [J]. *Nature*, 2000, 405: 220–227.
- [31] Whittaker RH. Vegetation of the Great Smoky Mountains [J]. *Ecol Monogr*, 1956, 26(1): 1–80.
- [32] 郝占庆, 于德永, 杨晓明, 丁之慧. 长白山北坡植物群落 α 多样性及其随海拔梯度的变化[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 785–789.
- Hao ZQ, Yu DY, Yang XM, Ding ZH. α diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 785–789.
- [33] 方精云, 沈泽昊, 崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 10–19.
- Fang JY, Shen ZH, Cui HT. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology [J]. *Chinese Biodiversity*, 2004, 12(1): 10–19.
- [34] Feeley KJ, Davies SJ, Noor MS, Kassim AR. Do current stem size distributions predict future population changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales[J]. *J Trop Ecol*, 2007, 23: 191–198.
- [35] Niklas KJ, Midgley JJ, Rand RH. Tree size frequency distributions, plant density, age and community disturbance [J]. *Ecol Lett*, 2003, 6(5): 405–411.
- [36] 刘金福, 洪伟. 福建三明格氏栲林物种多度分布格局研究[J]. 林业科学, 2001(S1): 200–204.
- Liu JF, Hong W. Study on species abundance distribution of *Castanopsis kawakamii* natural forest in Fujian Sanming[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001(S1): 200–204.
- [37] 解丹丹, 张苏峻, 苏志尧, 李意德. 陈和洞自然保护区常绿阔叶林物种多度分布格局[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(4): 63–67.
- Xie DD, Zhang SJ, Su ZY, Li YD. Species abundance distribution in the broadleaved evergreen forest in Chenhedong Nature Reserve, Guangdong Province, China [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2010, 31(4): 63–67.

(责任编辑: 张平)