



桂西地区南亚热带落叶栎林群落组成 及物种多样性研究

钟悦鸣, 郭兴帅, 姚志勇

(广东森霖造绿有限公司, 广州 510520)

摘要: 落叶栎林是桂西地区南亚热带的典型次生林, 也是该区域落叶阔叶林的重要群系组。该研究采用典型样方法对桂西地区落叶栎林群落进行调查, 分析了该区域落叶栎林群落的物种组成、区系成分、物种多样性特征及其与地形因子的关系, 为桂西地区南亚热带植物多样性保护与恢复提供依据。结果显示: (1) 研究区落叶栎林群落维管束植物共计 269 种, 隶属 80 科 178 属。(2) 种子植物区系以热带成分为主, 同时表现出一定程度的温带过渡性质。(3) 聚类分析表明, 调查的落叶栎林群落可分为云南波罗栎林、栓皮栎林、白栎林、麻栎林 4 种林分类型, 其中以白栎林群落的物种多样性最高, 且灌木层的物种多样性显著高于乔木层和草本层。(4) RDA 分析显示, 落叶栎林群落不同层次物种多样性的差异受地形因子的影响, 多样性指标与经度、纬度、海拔之间具有明显的相关性 ($P < 0.05$), 其中乔木层物种多样性主要与经度、纬度呈显著的相关性, 灌木层物种多样性与纬度、海拔相关, 草本层物种多样性与经度、纬度、海拔之间均有相关性。

关键词: 桂西; 落叶栎林; 物种组成; 物种多样性; 地形因子

中图分类号: Q948.15⁺6 **文献标志码:** A

Community Composition and Species Diversity of Deciduous Oak Forest in South Subtropical Region of West Guangxi

ZHONG Yueming, GUO Xingshuai, YAO Zhiyong

(Guangdong Senlin Greening Company Limited, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Deciduous oak forest is a typical secondary forest and an important group of deciduous forest in west Guangxi. In this study, we used a typical sample method to investigate deciduous oak forest community in West Guangxi, and analyzed the species composition, floristic components, species diversity characteristics and the relationship between the deciduous oak forest community and topographic factors. This study can provide scientific basis for the conservation and restoration of plant diversity in the south subtropical region of West Guangxi. Results showed that: (1) there were 269 species of vascular plants in deciduous oak forest, belonging to 178 genera and 80 families. (2) The spermatophyte flora was mainly influenced by Pantropic and North Temperate and its variations, which reflected a certain degree of transitional nature. (3) Based on cluster analysis, the deciduous oak forests could be classified into 4 types: *Quercus yunnanensis* forest, *Quercus variabilis* forest, *Quercus fabri* forest and *Quercus acutissima* forest. The species diversity of *Q. fabri* forest was the highest among all deciduous oak forests, and the diversity index of the shrub layer was significantly higher than the tree layer and herb layer. (4) The DCA ordination results indicated that longitude, latitude and altitude were the important topographic factors affecting the species diversity in different levels of deciduous oak forest community. The species diversity of

收稿日期: 2022-07-28; 修改稿收到日期: 2022-10-07

基金项目: 广西百色自治区级以上自然保护区生物多样性本底资源调查服务采购 (BSZC2019-G3-01006-KWZB)

作者简介: 钟悦鸣 (1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为生物多样性保护。E-mail: ym_tsong@sina.com

tree layer was significantly correlated with longitude and latitude, shrub layer species diversity was correlated with latitude and altitude, and herb layer species diversity was correlated with longitude, latitude and altitude.

Key words: West Guangxi; deciduous oak forest; species composition; special diversity; topographical factor

植物群落是生活在一定区域内所有植物的有机整体,由于互惠、竞争等作用产生了结构与功能方面的差异^[1]。而物种多样性受地形、气候、土壤等多种环境因子的影响,是群落结构和功能的主要体现,同时也反映了群落及其所处环境的保护现状^[1-2],是度量群落功能复杂性和稳定性的重要指标^[3]。在全球变化的背景下,气候、土壤、降水等格局的变化,使得山地植物群落结构和多样性特征也随之受到影响^[4]。因此,运用群落生态学的方法实现对群落特征及物种多样性的研究,对进一步探讨其环境制约机制、演替趋势、保护森林资源等具有重要理论意义。

落叶栎往往见于温带森林的顶级群落。而在桂西地区,落叶栎林也是亚热带落叶阔叶林的一个重要的群系组,属于原生植被遭受破坏后发展形成的次生林^[5],具有保持水土、涵养水源等生态服务功能,也是生产木材、栲胶等的重要资源,成林分布的种类以栓皮栎(*Quercus variabilis*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、白栎(*Quercus fabri*)等为代表^[5]。近年来,国内外学者主要对栎林的地理分布^[6-7]、功能性状^[8-11]、种质资源及遗传多样性^[12-14]等方面进行了相关研究,以及群落植物生理生态特征、物种多样性特征等方面对环境因子(水分、光照、酸雨、土壤、地形等)的响应^[15-18],也有的探讨松栎混交林多样性特征及环境解释^[19-22]。对落叶栎林群落组成及物种多样性特征的研究,主要针对中亚热带、北亚热带或暖温带的某一种栎属类群,包括陕西、山西、江苏等山地或保护区^[23-25],如方全等^[26]研究了云居山的栓皮栎群落,沈年华等^[27]研究了紫金山的栓皮栎群落,张维伟等^[1]研究了桥山的麻栎群落。

本研究以桂西地区南亚热带的落叶栎林为研究对象,探讨该区域落叶栎林群落的物种组成、区系成分、物种多样性特征及其与地形因子的关系,有助于理解落叶栎林群落的结构、功能以及维持机制,为桂西地区南亚热带植物多样性保护与恢复提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

根据《广西植被》^[28]的记载,广西植被植物区系可分为7个地区,本研究主要位于广西壮族自治区西部的桂西地区,为云贵高原南缘,但受流水切割作

用形成了山原地貌,包括岑王老山分水岭和八桂河以西的隆林、西林两县全部和田林大部,乐业县小部,东西跨度105 km,南北约60 km,海拔最高峰为金钟山顶峰1 836 m,最低可至700~400(300)m以下。该区属于亚热带季风性气候,受东南和西南季风的影响^[29],夏季炎热多雨、冬季温凉干燥,年均气温20~28℃,年降水量1 100~1 400 mm,为广西少雨地带。在植物区系上,桂西地区地处南亚热带西段,属红水河流域植物区系^[30],以吴征镒的划分标准则属于滇黔桂植物区系^[31]。由于气候较干旱,现状植被以针叶林、落叶栎林以及其他落叶阔叶林和灌丛、草丛为主,森林植被群落复层结构良好。

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置 于2020年4月~9月,对研究区范围内的落叶栎林进行植被调查,采用典型样方法,共设置18个20 m×30 m的样地,并将样地划分为6个10 m×10 m的样方进行调查。记录样地经度、纬度、海拔、坡度、坡位、坡向、郁闭度等信息(图1)。对每个样方中的乔木层胸径≥5 cm的树种实行每木检尺,记录物种名称、胸径、树高和冠幅;灌草层记录物种名称、株数、平均高度和平均盖度。

1.2.2 数据分析 统计每个样方内物种的多度、胸高断面面积(盖度)、频度,并计算乔木层、灌木层和草本层的重要值(IV),计算公式如下:

乔木层:IV=(相对密度+相对频度+相对显著度)/3

灌草层:IV=(相对密度+相对频度+相对盖度)/3

基于物种在样方中的重要值,采用离差平方和

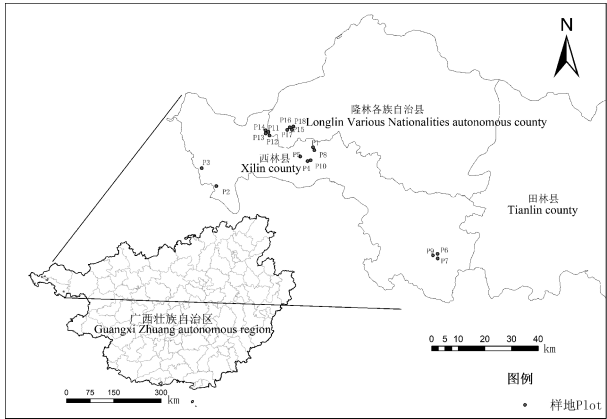


图1 样地分布图

Fig. 1 Basic information of the plots

法对群落进行聚类分析。

计算不同落叶栎林群落不同层次的物种多样性指数特征值,并进行方差分析和 Duncan 多重比较。多样性指数计算公式如下^[32-33]:

变化度 Shannon-Wiener 指数: $H'=-\sum P_i \ln P_i$

优势度 Simpson 指数: $D=1-\sum P_i^2$

均匀度 Pielou 指数: $J=H'/S$

丰富度 Margalef 指数: $E=(S-1)/\ln N$

式中 S 为样方的植物种类综合, N 为样方所有物种的个体数之和, P_i 为种 i 的个体数占所有种个体数的比率。

为进一步探究物种多样性指数与地形因子(经度、纬度、海拔)的关系,首先对物种多样性指标特征值一样方矩阵进行去趋势对应分析,结果显示最大梯度长度为 0.720(< 3),表明适合进行冗余分析(RDA),对物种多样性指数与地形因子进行 RDA 排序。再采用 999 次置换的 Monte Carlo 法检验地形因子与群落不同层次物种多样性指数相关的显著性,根据决定系数 R^2 判断不同多样性指数的主要影响因子。

数据分析与作图用 SPSS18.0、R4.2.0、Sigma-Plot14.0。

2 结果与分析

2.1 群落物种组成

通过对研究区落叶栎林的调查统计,共记录维管束植物 269 种,隶属于 80 科 178 属。其中,蕨类植物 13 科 20 属 25 种,裸子植物 2 科 2 属 2 种,被子植物 65 科 156 属 242 种。

其中,含 10 种以上的科有菊科(10 属 16 种)、禾本科(12 属 15 种)、大戟科(7 属 14 种)、壳斗科(4 属 14 种)、蝶形花科(9 属 13 种),为主要种数量优势科,占总种数的 26.77%;含 6~10 种的科有 7 科,占总种数的 18.96%;含 2~5 种的科有 37 科,占总种数的 42.75%;只含 1 种的科有 31 科,占总种数的 11.52%。

2.2 植物区系特征

参考吴征镒等^[34-36]关于中国种子植物科、属的分布区类型的划分方法,可将本研究区落叶栎林群落中的种子植物 67 科划分为 10 个分布型 1 个分布变型(表 1)。其中,热带、亚热带成分的共 36 科,占总科数的 76.60%,并以泛热带分布型为主;温带成分的共 11 科,占总科数的 23.40%,并以北温带分布型及其变型为主。

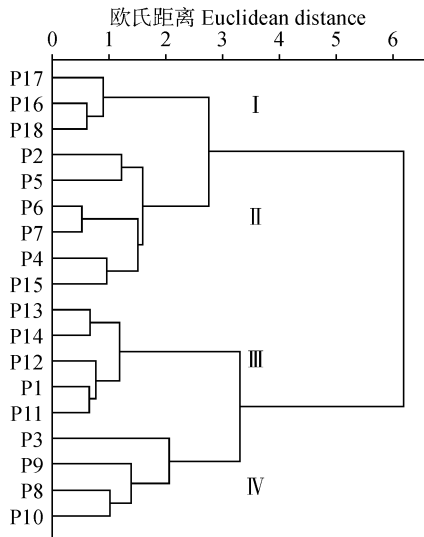
本研究区群落中种子植物共 158 属,可划分为 12 个分布型 9 个分布变型(表 1)。其中,热带、亚热带成分的共 107 属,占总属数的 72.79%,并以泛热带分布型最多,包括算盘子属(*Glochidion*)、杜英属(*Elaeocarpus*)、银合欢属(*Leucaena*)、黄檀属(*Dalbergia*)、榕属(*Ficus*)、冬青属(*Ilex*)、柿树属(*Diospyros*)等;温带成分的共 38 属,占总属数的 25.85%,并以北温带分布型最多,包括栎木属(*Alnus*)、桦木属(*Betula*)、栗属(*Castanea*)、栎属(*Quercus*)、桑属(*Morus*)、盐肤木属(*Rhus*)、忍冬属(*Lonicera*)、莢蒾属(*Viburnum*)等;中国特有属共 2 属,占总属数的 1.36%。

本研究区群落中种子植物共 244 种,可划分为 13 个分布型 8 个分布变型(表 1)。其中,热带亚洲分布型最多,共 70 种,占总种数的 29.91%;其次为中国特有分布型和北温带分布型,各含 36 种和 19 种,分别占总种数的 15.38%和 8.12%。

2.3 群落分类及物种多样性差异

根据聚类分析结果表明(图 2),18 个样地涵盖了桂西地区南亚热带 4 种主要的落叶栎类型,即云南波罗栎(*Quercus yunnanensis*)林、栓皮栎林、白栎林和麻栎林。

分别计算 4 种落叶栎林群落不同层次的物种多



P1~P18. 样地编号; I. 云南波罗栎林; II. 栓皮栎林; III. 白栎林; IV. 麻栎林

图 2 桂西地区南亚热带落叶栎林群落聚类
P1-P18. The code of plots; I. *Quercus yunnanensis* forest;
II. *Quercus variabilis* forest; III. *Quercus acutissima* forest;
IV. *Quercus fabri* forest

Fig. 2 Community cluster analysis of deciduous oak forest in South Subtropics of West Guangxi

表 1 桂西地区南亚热带落叶栎林群落种子植物的分布区类型

分布区类型 Areal type	科 Family		属 Genus		种 Species	
	数量 Number	比例 Ratio /%	数量 Number	比例 Ratio /%	数量 Number	比例 Ratio /%
1. 世界分布 Cosmopolitan	20	—	11	—	10	—
热带、亚热带分布 Trop. & Subtrop.	36	76. 60	107	72. 79	137	58. 55
2. 泛热带分布 Pantropic	24	51. 06	39	26. 53	17	7. 26
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer, disjuncted	6	12. 77	5	3. 40	5	2. 14
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	2	4. 25	18	12. 25	12	5. 13
4-1. 热带亚洲、非洲和大洋洲间断分布 Trop. Asia, Africa(or E. Afr. , Madagas-car)& Aus. disjuncted	—	—	1	0. 68	—	—
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	2	4. 25	7	4. 76	8	3. 42
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	1	2. 13	11	7. 48	8	3. 42
6-1. 华南、西南到印度和热带非洲间断分布 S. , SW. China to India & Trop. Afr. disjuncted	—	—	—	—	1	0. 43
6-2. 热带亚洲和东非间断分布 Trop. Asia & E. Afr. or Madagascar disjuncted	—	—	1	0. 68	—	—
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia(Indo-Malesia)	1	2. 13	21	14. 29	70	29. 91
7-1. 爪哇、喜马拉雅和华南、西南星散分布 Java, Himalaya to S. , SW. China dis-juncted or diffused	—	—	2	1. 36	4	1. 71
7-2. 热带印度至华南分布 Trop. India to S. China	—	—	1	0. 68	3	1. 28
7-4. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)分布 Vietnam (or Indo-Chinese Peninsula) to S. China (or SW. China)	—	—	1	0. 68	9	3. 85
温带分布 Temperate	11	23. 40	38	25. 85	61	26. 07
8. 北温带分布 North Temperate	4	8. 51	17	11. 57	19	8. 12
8-4. 北温带和南温带(全温带)间断分布 N. Temp. & S. Temp, disjuncted	5	10. 64	2	1. 36	3	1. 28
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer, disjuncted	1	2. 13	10	6. 80	7	2. 99
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	—	—	2	1. 36	4	1. 71
10-1. 地中海区、西亚和东亚间断分布 Mediterranea. W. Asia (or C. Asia) & E. Asia disjuncted	—	—	1	0. 68	1	0. 43
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	—	—	—	—	5	2. 14
14. 东亚(东喜马拉雅-日本)分布 E. Asia	1	2. 13	3	2. 04	11	4. 7
14-1. 中国-喜马拉雅分布 Sino-Himalaya(SH)	—	—	1	0. 68	1	0. 43
14-2. 中国-日本分布 Sino-Japan(SJ)	—	—	2	1. 36	10	4. 27
15. 中国特有分布 Endemic to China	—	—	2	1. 36	36	15. 38
合计 Total	67	100	158	100	244	100

样性指数特征值,可以看出,不同林分类型物种多样性指数存在差异(表 2)。

其中,4 种林分类型乔木层的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 指数和 Margalef 指数均表现为白栎林>云南波罗栎林>麻栎林>栓皮栎林,且白栎林的 Shannon-Wiener 指数和 Margalef 指数显著大于其他 3 种林分类型($P<0.05$)。4 种林分类型灌木层的 Margalef 指数呈现出白栎林>麻栎林>云南波罗栎林>栓皮栎林的规律,Shan-non-Wiener 指数和 Simpson 指数也表现出白栎林

最大、栓皮栎林最小的规律,Pielou 指数则没有明显规律。4 种林分类型草本层的 Pielou 指数呈现出栓皮栎林>云南波罗栎林>麻栎林>白栎林的规律,而 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Margalef 指数则没有显著差异。

2.4 群落物种多样性指数对地形因子的响应

根据 RDA 排序结果(图 3),前两轴分别解释了物种多样性指数—地形因子关系的 12.01%和 8.55%。其中,经度、纬度、海拔与第 1 轴的相关系数分别为 0.646、-0.882、0.376,与第 2 轴的相关

表 2 桂西地区南亚热带 4 种落叶栎林不同层次物种多样性特征

Table 2 Species diversity characteristics of 4 deciduous oak forests at different levels in South Subtropics of West Guangxi

层次 Layer	物种多样性特征 Species diversity characteristic	云南波罗栎林 <i>Quercus yunnanensis</i> forest	栓皮栎林 <i>Quercus variabilis</i> forest	白栎林 <i>Quercus acutissima</i> forest	麻栎林 <i>Quercus fabri</i> forest
乔木层 Tree	Shannon-Wiener	1.65ab	1.25a	2.33b	1.53a
	Simpson	0.74	0.60	0.85	0.66
	Pielou	0.66	0.63	0.81	0.69
	Margalef	2.40a	1.25a	3.89b	1.82a
灌木层 Shrub	Shannon-Wiener	2.82ab	2.48a	3.19b	2.81ab
	Simpson	0.92ab	0.89a	0.94b	0.91ab
	Pielou	0.88	0.81	0.86	0.82
	Margalef	4.51ab	3.55a	5.84c	5.10bc
草本层 Herb	Shannon-Wiener	1.96	1.85	1.19	1.71
	Simpson	0.82	0.78	0.57	0.64
	Pielou	0.71b	0.79b	0.48a	0.57ab
	Margalef	2.33	1.71	1.65	2.76

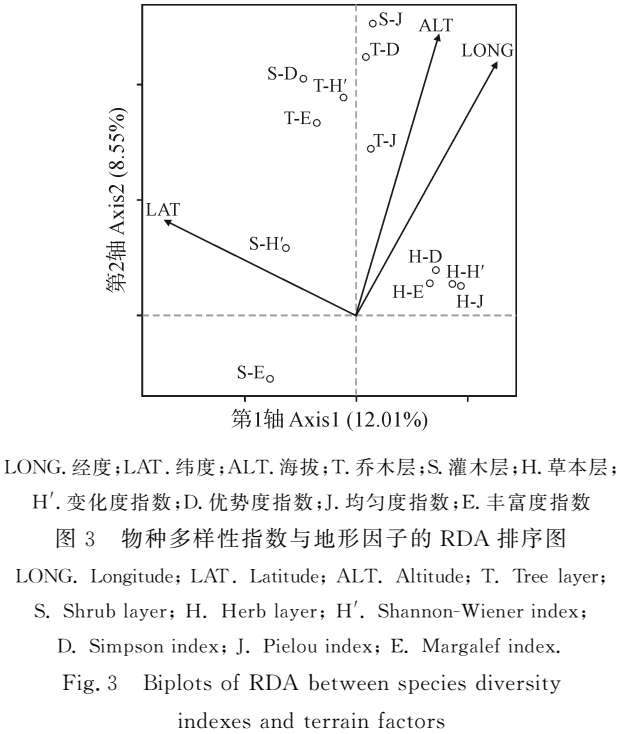
系数分别为 0.445、0.168、0.490。

Monte Carlo 法检验结果表明:乔木层的 Pielou 指数受经度($R^2=0.68, P<0.01$)的影响, Margalef 指数受纬度($R^2=0.39, P<0.05$)的影响,且均为正相关关系。灌木层的 Shannon-Wiener 指数受纬度($R^2=0.72, P<0.01$)的影响, Simpson 指数受纬度($R^2=0.36, P<0.05$)的影响, Pielou 指数受海拔($R^2=0.60, P<0.01$)的影响,且均为正相关关系;而 Margalef 指数受纬度($R^2=0.42, P<0.05$)的正相关影响和海拔($R^2=0.48, P<0.05$)的负相关影响。草本层的 Shannon-Wiener 指数受经度($R^2=0.85, P<0.01$)的正相关影响和纬度($R^2=0.62, P<0.01$)的负相关影响,且受经度的影响更大; Simpson 指数同时受经度($R^2=0.35, P<0.05$)和海拔($R^2=0.36, P<0.05$)的正相关影响,以及纬度($R^2=0.55, P<0.01$)的负相关影响,并以纬度的影响更大; Pielou 指数同时受经度($R^2=0.42, P<0.05$)的正相关影响和纬度($R^2=0.70, P<0.01$)的负相关影响,且以纬度的影响更为显著; Margalef 指数同时受经度($R^2=0.86, P<0.01$)的正相关影响和纬度($R^2=0.90, P<0.01$)的负相关影响。

3 讨 论

3.1 物种组成特征

物种组成反映了植物群落结构的变化。经统计,桂西地区南亚热带落叶栎林共有维管束植物 80 科 178 属 269 种。其中蕨类植物 13 科 20 属 25 种,



种子植物 67 科 158 属 244 种。

在植物科的组成方面,菊科、禾本科、大戟科、壳斗科、蝶形花科为群落优势科。其中,壳斗科、大戟科为乔木层和灌木层优势科,且壳斗科所含个体数量远超大戟科;蝶形花科多分布于林下灌木层;菊科主要分布于灌草层;禾本科为草本层优势科。在植物属的组成方面,斑鸠菊属(*Vernonia*)、榕属、悬钩子属(*Rubus*)所含种数比例较高。其中栎属的栓皮栎、白栎、麻栎、云南波罗栎均为区系优势成分,这与

苏宗明等的研究相符^[28]。

3.2 种子植物区系特征

桂西地区地处南亚热带西段,区系属红水河流域植物区系^[30],或以吴征镒的划分标准则属于中国-日本森林植物亚区的滇黔桂植物区系^[31]。研究区以热带、亚热带成分为主,并以泛热带分布型最多,这与广西整体植物区系相吻合^[37]。但受较高海拔及温凉气候影响^[28],温带成分也占有一定比重。

对种子植物的地理成分进行分析,可以发现,科的热带成分占 76.60%,温带成分占 23.40%,R/T 值为 3.27,可见热带成分远超温带成分。热带成分中以泛热带分布型(51.06%)为主,且以大戟科为代表,但该科物种在群落中仅为伴生种;而温带成分中占优势的北温带和南温带间断分布型(10.64%)以壳斗科为代表,该科物种在群落中属于建群种。这体现了研究区落叶栎林群落在科级水平上具有一定程度的热带边缘性质。

相比于科级水平,属的热带成分比例(72.79%)有所下降,而温带成分比例(25.85%)有所增加,R/T 值为 2.82。其中,北温带分布的栎属在乔木层中占据绝对优势,此外,还有温带成分的桉木属、杨梅属(*Morella*)、越桔属(*Vaccinium*)、盐肤木属、松属(*Pinus*)等散生其中,体现了群落的温带性质。而热带成分中,乔木层主要伴生种包括野桐属(*Mallotus*)、黄杞属(*Engelhardia*)、朴属(*Celtis*)、润楠属(*Machilus*)等;数量最多的斑鸠菊属、榕属、艾纳香属(*Blumea*)、构属(*Broussonetia*)、合欢属(*Albizia*)、黄檀属、锥属(*Castanopsis*)、紫金牛属(*Ardisia*)、紫珠属(*Callicarpa*)等,则主要分布在林下灌草层中。

类似的,在种级水平上,温带成分比例(26.07%)相较于属级水平也有所增加,包括群落的建群种栓皮栎和麻栎等;热带成分比例(58.55%)有所下降,以红木荷 [*Schima wallichii* (DC.) Korth.]、水东哥(*Saurauia tristyla* DC.)、印度血桐(*Macaranga indica* Wight)、粗糠柴 [*Mallotus philippensis* (Lamarck) Müll. Arg.]、野牡丹(*Melastoma malabathricum* L.)、粗叶榕(*Ficus hirta* Vahl)、大叶斑鸠菊(*Vernonia volkameriifolia* DC.)、华山姜(*Alpinia oblongifolia* Hayata)等为乔木层伴生种和林下灌草层代表。

3.3 物种多样性特征

群落的物种多样性越高,意味着其群落结构越复杂,遗传资源越丰富^[38]。其中,Shannon-Wiener

指数又称变化度指数,能度量群落的异质性,同时与 Pielou 指数(又称均匀度指数)具有正相关关系,即随着指数的增大,群落物种的异质性也越大,且分布更为均匀。Simpson 指数又称优势度指数,度量多样性的反面,即集中性,与 Pielou 指数具有负相关关系。Margalef 指数又称丰富度指数,与物种多度成正比。

通过聚类分析可以直观呈现群落之间的相似性^[26],可将研究区落叶栎林群落划分为 4 种林分类型。总体而言白栎林的乔木层及灌木层物种多样性最高,而草本层则最低,这可能是因为乔灌层物种的冠幅遮蔽影响了草本层的多样性^[39]。而部分多样性指数在不同林分类型间没有明显差异,如乔木层的 Simpson 指数、Pielou 指数等,这可能是因为落叶栎林群落分布的生境存在一定的相似性,且具有相似的资源利用方式等。

从不同层次来看,4 种落叶栎林的灌木层指数均高于乔木层和草本层,其原因可能是灌木层物种不仅包含了林下对中小尺度资源利用率更高的灌木物种^[40],还包含了乔木层物种的幼苗,因而物种多度更高,同时生态小环境分化较大^[27],从而具有更高的多样性。而乔木层中几种落叶栎作为建群种,占据了明显的优势地位,因而物种较为单一;草本层可能是因为林分的郁闭度较高,无法接收到充足的阳光,且落叶栎林林下的枯枝落叶层较厚,从而使生长发育受到影响。

3.4 多样性指数与地形因子的关系

地形因子的变化被认为是造成局域植物群落物种多样性格局差异的重要因子^[41-42]。从 RDA 的排序结果可以看出,纬度的解释量最大,其次为经度和海拔。

本研究发现,乔木层 Margalef 指数与纬度呈较强的正相关关系,灌木层除 Pielou 指数没有明显规律外,其余多样性指数也均随纬度的上升而增大,草本层则相反,即随纬度的上升反而下降。其中,乔木层与灌木层的 Margalef 指数与纬度表现出正相关关系,这与 Rapoport 法则相反,但与董雪等^[43]的研究结论相一致。除研究区纬度跨度范围较小的原因外,还可能是因为相较于草本层,乔、灌层植物起源于温带地区的物种比例增大,由于物种本身的生态位相对较宽,对纬度梯度所造成的气候变化更为适应^[44],因此出现了随着纬度的上升,物种丰富度也随之上升的变化趋势。

经度往往与降雨量之间存在共变关系,反映了

水分的影响^[22,45],而草本层物种由于寿命较短,往往选择高繁殖力的生存策略,且研究区地处广西的少雨地带,因而物种多样性对水分的响应更为敏感,呈现出与经度显著的正相关性,即从西到东呈递增趋势。

海拔通过对局部水热分配的调节,改变群落物种的组成,从而对群落的分布格局产生影响,通常来说,物种丰富度随着海拔的上升而下降^[46],其中灌木层 Margalef 指数表现最为显著。同时,由于低海拔地区受人为干扰活动影响较频繁,如采伐、采集、放牧等对灌草层物种分布有较大影响,因而灌木层 Pielou 指数和草本层 Simpson 指数都呈现出随着海拔的上升而增大的趋势。

4 结 论

(1)研究区落叶栎林群落共计有维管束植物 80

科 178 属 269 种,菊科、禾本科、大戟科、壳斗科、蝶形花科为群落优势科。

(2)研究区落叶栎林群落种子植物区系的热带成分占比高于温带成分,但温带成分所含物种在群落中的地位更具优势,区系表现出一定程度的过渡性质。

(3)可将研究区落叶栎林分为云南波罗栎林、栓皮栎林、白栎林、麻栎林 4 种类型。根据多样性指数计算结果,4 种林分类型均表现出灌木层的物种多样性显著高于乔木层和草本层;其中,以白栎林的乔木层及灌木层物种多样性最高,而草本层则最低。

(4)落叶栎林群落的多样性指数受纬度的影响最大。从不同林分层次来看,乔木层物种多样性主要与经度、纬度呈显著的相关性,灌木层物种多样性与纬度、海拔相关,草本层物种多样性与经度、纬度、海拔之间均有相关性。

参考文献:

- [1] 张维伟,薛文艳,杨 斌,等. 桥山栎林群落结构特征与物种多样性相关关系分析[J]. 生态学报, 2019, **39**(11): 3 991-4 001.
ZHANG W W, XUE W Y, YANG B, *et al.* Differences in community characteristics, species diversity, and their coupling associations among three *Quercus acutissima* forests in Qiaoshan[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, **39**(11): 3 991-4 001.
- [2] 李玲丽,徐耀粘,周天阳,等. 湖南八大公山黄杉种群结构和群落特征研究[J]. 植物科学学报, 2021, **39**(2): 111-120.
LI L L, XU Y Z, ZHOU T Y, *et al.* Population structure and community characteristics of *Pseudotsuga sinensis* Dode in Badagongshan, Hunan Province, China[J]. *Plant Science Journal*, 2021, **39**(2): 111-120.
- [3] 马克平. 生物多样性与生态系统功能的实验研究[J]. 生物多样性, 2013, **21**(3): 247-248.
MA K P. Studies on biodiversity and ecosystem function via manipulation experiments[J]. *Biodiversity Science*, 2013, **21**(3): 247-248.
- [4] 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律[J]. 生物多样性, 2004, **12**(1): 1-4.
FANG J Y. Exploring altitudinal patterns of plant diversity of China's Mountains[J]. *Chinese Biodiversity*, 2004, **12**(1): 1-4.
- [5] 王献溥,李俊清. 广西落叶栎林的分类研究[J]. 广西植物, 1999, **19**(4): 323-333.
WANG X P, LI J Q. The study of deciduous oak forests classification in Guangxi[J]. *Guihaia*, 1999, **19**(4): 323-333.
- [6] 王良民,任宪威,刘一樵. 我国落叶栎的地理分布[J]. 北京林业学院学报, 1985, **7**(2): 57-69.
WANG L M, REN X W, LIU Y Q. Geographic distribution of deciduous oaks in China[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1985, **7**(2): 57-69.
- [7] BOLOGNINI G, NIMIS P L. Phytogeography of Italian deciduous oak woods based on numerical classification of plant distribution ranges[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1993, **4**(6): 847-860.
- [8] 袁义福. 不同氮磷比条件对外来种火炬树与本地种麻栎、荆条的种间关系的影响[D]. 济南: 山东大学, 2014.
- [9] 徐 飞. 不同生境下麻栎和刺槐幼苗整株及叶性状的表型可塑性研究[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [10] 严昌荣,韩兴国,陈灵芝. 北京山区落叶阔叶林优势种叶片特点及其生理生态特性[J]. 生态学报, 2000, **20**(1): 53-60.
YAN C R, HAN X G, CHEN L Z. The relationship between the ecophysiological feature and leaf characteristics of some woody plants in Beijing Mountain zone[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(1): 53-60.
- [11] 丁文娟. 氮沉降对麻栎和刺槐的生理生态特征及种间关系的影响[D]. 济南: 山东大学, 2012.
- [12] 孔倩倩. 麻栎和栓皮栎遗传多样性的 AFLP 分析及速生家系选择[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2017.
- [13] 邸晓瑶. 基于 cpDNA 和 SSR 标记的槲栎群体遗传学研究[D]. 西安: 西北大学, 2017.
- [14] 唐晓倩,刘广全,王华田,等. 6 种落叶栎类种子形态特征和营养含量之差异[J]. 国际沙棘研究与开发, 2013, **11**(1):

21-27.
TANG X Q, LIU G Q, WANG H T, *et al.* Comparing study on seed morphological characteristics and nutrient contents among six deciduous oak species[J]. *The Global Seabuckthorn Research and Development*, 2013,**11**(1): 21-27.

[15] KOUBA Y, CAMARERO J J, ALADOS C L. Roles of land-use and climate change on the establishment and regeneration dynamics of Mediterranean semi-deciduous oak forests[J]. *Forest Ecology and Management*, 2012,**274**: 143-150.

[16] 齐 光, 佟伟霜, 彭舜磊, 等. 宝天曼不同海拔典型栎类林植被与土壤碳贮量及其分配格局[J]. 平顶山学院学报, 2015,**30**(2): 90-95.
QI G, TONG W S, PENG S L, *et al.* Storage and distribution patterns of biomass and soil organic carbon in typical oak forests at different altitude levels in Baotianman[J]. *Journal of Pingdingshan University*, 2015,**30**(2): 90-95.

[17] 张学顺, 冯万富, 李培学, 等. 暖温带-亚热带过渡区鸡公山落叶栎林生态系统碳储量分布特征[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2014,**27**(3): 363-367.
ZHANG X S, FENG W F, LI P X, *et al.* Carbon distribution characteristics of Jigongshan Mountain deciduous oak forest ecosystem in the transition region from warm temperate zone to subtropics[J]. *Journal of Xinyang Normal University* (Natural Science Edition), 2014,**27**(3): 363-367.

[18] 付合才. 4 种落叶栎类植物根际土壤微生物多样性及其与环境因子关系的研究[D]. 济南: 山东大学, 2018.

[19] 吴 昊, 张明霞, 王得祥. 秦岭南坡油松-锐齿槲栎混交林群落不同层次多样性特征及环境解释[J]. 西北植物学报, 2013,**33**(10): 2 086-2 094.
WU H, ZHANG M X, WANG D X. Diversity characteristics in different layers of *Pinus tabulaeformis* *Quercus aliena* var. *acuteserrata* mixed forest and environmental interpretation in the southern slope of Qinling Mountains[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2013, **33**(10): 2 086-2 094.

[20] 吴 昊, 王得祥, 黄青平, 等. 环境因子对秦岭南坡中段松栎混交林物种多样性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012,**40**(9): 41-50.
WU H, WANG D X, HUANG Q P, *et al.* Influence of environmental factors on species diversity of pine-oak mixed forest in the middle part of south Qinling Mountains[J]. *Journal of Northwest A & F University* (Natural Science Edition), 2012,**40**(9): 41-50.

[21] 马 闯, 杨竞艺, 高云昌, 等. 八仙山不同类型松栎林群落主要特征分析[J]. 广西植物, 2021,**41**(8): 1 306-1 314.
MA C, YANG J Y, GAO Y C, *et al.* Main community characteristics of different types of pine and oak forests in Baxianshan Nature Reserve[J]. *Guihaia*, 2021, **41**(8): 1 306-1 314.

[22] 吴 昊. 秦岭松栎林群落物种丰富度特征及其环境解释[J]. 生态环境学报, 2017,**26**(6): 931-938.
WU H. Species richness and environmental interpretation of pine and oak forest community in Qinling Mountains[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2017, **26**(6): 931-938.

[23] 张 丽, 廉凯敏, 赵璐璐, 等. 太宽河自然保护区栓皮栎群落物种多样性研究[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2010, **33**(2): 296-301.
ZHANG L, LIAN K M, ZHAO L L, *et al.* Species diversity of *Quercus variabilis* communities In taikuanhe nature reserve, Shanxi[J]. *Journal of Shanxi University* (Natural Science Edition), 2010,**33**(2): 296-301.

[24] 李 林, 黄忠良, 张海忠, 魏识广, 张文辉. 陕西栓皮栎群落类型划分及其物种多样性特征[J]. 广西植物, 2005,**25**(4): 300-304.
LI L, HUANG Z L, ZHANG H Z, *et al.* Community partition and species diversity of *Quercus variabilis* in Shaanxi Province[J]. *Guihaia*, 2005,**25**(4): 300-304.

[25] 范得芳, 王得祥, 柴宗政, 等. 环境因子对秦岭锐齿栎群落物种分布及多样性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016,**44**(10): 59-67.
FAN D F, WANG D X, CHAI Z Z, *et al.* Effects of environmental factors on species distribution and diversity of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* community in Qinling Mountains[J]. *Journal of Northwest A & F University* (Natural Science Edition), 2016,**44**(10): 59-67.

[26] 方 全, 刘以珍, 林朝晖, 等. 云居山栓皮栎群落特征及多样性研究[J]. 植物科学学报, 2015,**33**(3): 311-319.
FANG Q, LIU Y Z, LIN Z H, *et al.* Research on *Quercus variabilis* community characteristics and diversity of yunju mountain[J]. *Plant Science Journal*, 2015,**33**(3): 311-319.

[27] 沈年华, 万志洲, 汤庚国, 等. 紫金山栓皮栎群落结构及物种多样性[J]. 浙江林学院学报, 2009,**26**(5): 696-700.
SHEN N H, WAN Z Z, TANG G G, *et al.* Community structure and species diversity of a *Quercus variabilis* forest on Mount Zijinshan[J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2009,**26**(5): 696-700.

[28] 苏宗明, 李先琨, 丁 涛. 广西植被-第一卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.

[29] 苏志尧, 廖文波, 张宏达, 中山大学生命科学学院. 广西植被和植物区系基本特征 I. 自然条件及植物区系的组成[J]. 中山大学学报论丛, 1996,(2): 85-90.
SU Z Y, LIAO W B, ZHANG H D, *et al.* Vegetational and floristic characteristics of Guangxi I natural conditions and floristic composition[J]. *Supplement to the Journal of Sun Yatsen University*, 1996,(2): 85-90.

[30] 陆益新, 梁畴芬. 广西植物地理的基本情况和基本特征[J]. 广西植物, 1983,**3**(3): 153-165.

LU Y X, LIANG C F. General information and fundamental features of plant geography of Guangxi[J]. *Guihaia*, 1983,**3**(3): 153-165.

[31] 吴征镒. 论中国植物区系的分区问题[J]. 云南植物研究, 1979,**1**(1): 1-20.

WU Z Y. On the division of flora in China[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1979,**1**(1): 1-20.

[32] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994,**2**(3): 231-239.

MA K P. Measuring methods of biodiversity I. Measuring methods of α diversity (part one)[J]. *Chinese Biodiversity*, 1994,**2**(3): 231-239.

[33] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994,**2**(4): 231-239.

MA K P, LIU Y M. Measuring methods of biodiversity I. Measuring methods of α diversity (part two)[J]. *Chinese Biodiversity*, 1994,**2**(4): 231-239.

[34] 吴征镒,周浙昆,李德铎,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 Z Y, ZHOU Z K, LI D Z, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003,**25**(3): 245-257.

[35] 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.

WU Z Y. Revision of distribution type system of seed plants in the world[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003,**25**(5): 535-538.

[36] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 植物分类与资源学报, 1991,(S4): 1-139.

Wu Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991,(S4): 1-139.

[37] 韦毅刚. 广西植物区系的基本特征[J]. 云南植物研究, 2008,**30**(3): 295-307.

WEI Y G. Fundamental features of Guangxi flora of China[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2008,**30**(3): 295-307.

[38] 梁文斌,谢碧霞,巫 涛,等. 南岳栓皮栎群落特征及多样性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2011,**31**(9): 55-59.

LIANG W B, XIE B X, WU T, *et al.* Characteristics and species diversity analysis of *Quercus variabilis* community in Nanyue[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2011,**31**(9): 55-59.

[39] 张 佳,李生字,靳正忠,等. 防护林下草本植物层片物种多样性与环境因子的关系[J]. 干旱区研究, 2011,**28**(1): 118-125.

ZHANG J, LI S Y, JIN Z Z, *et al.* Relationship between species diversity of herbaceous plants in the shelterbelt and environment factors[J]. *Arid Zone Research*, 2011,**28**(1): 118-125.

[40] BENAYAS J. Patterns of diversity in the strata of boreal forest in British Columbia[J]. *Journal of Vegetation Science*, 2009,**6**(1): 95-98.

[41] LAN G Y, HU Y H, CAO M, *et al.* Topography related spatial distribution of dominant tree species in a tropical seasonal rain forest in China[J]. *Forest Ecology and Management*, 2011,**262**(8): 1 507-1 513.

[42] SHI H, XIE F L, ZHOU Q, *et al.* Effects of topography on tree community structure in a deciduous broad-leaved forest in north-central China[J]. *Forests*, 2019,**10**(1): 53.

[43] 董 雪,李永华,辛智鸣,等. 河西走廊西段荒漠戈壁灌木群落物种多样性的海拔格局[J]. 林业科学, 2021,**57**(2): 168-178.

DONG X, LI Y H, XIN Z M, *et al.* Patterns of altitudinal distribution of species diversity of desert Gobi shrub communities in west Hexi Corridor of China[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2021,**57**(2): 168-178.

[44] 丰帮艳,冯建孟. 云南地区种子植物属多样性的纬度格局与区系起源的关系[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2015,**28**(1): 68-72.

FENG B Y, FENG J M. Latitudinal patterns of genus diversity of seed plants in Yunnan with a regard to their floristic origins[J]. *Journal of Xinyang Normal University* (Natural Science Edition), 2015,**28**(1): 68-72.

[45] 周 阳,乔秀娟,黄汉东,等. 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 X J, HUANG H D, *et al.* Study on community characteristics of *Castanopsis* forests in Hubei Province[J]. *Plant Science Journal*, 2020,**38**(6): 773-785.

[46] 唐志尧,方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性, 2004,**12**(1): 20-28.

TANG Z Y, FANG J Y. A review on the elevational patterns of plant species diversity[J]. *Chinese Biodiversity*, 2004,**12**(1): 20-28.

(编辑:潘新社)