

遂昌乌溪江流域山蜡梅生境群落特征与物种多样性

张川英¹, 李婷婷², 龚笑飞¹, 潘江炎¹, 龚征宇¹, 潘军¹, 焦洁洁², 吴初平²

(1. 浙江省遂昌县生态林业发展中心, 浙江 遂昌 323300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 【目的】山蜡梅 *Chimonanthus nitens* 是中国特有的茶药两用野生珍稀植物。随着对山蜡梅药用功能的开发和市场需求增加, 野生资源受到严重破坏。研究山蜡梅种群生境群落的结构特征及物种多样性, 探讨山蜡梅的适生环境, 可为山蜡梅种群的保护和开发利用提供科学依据。【方法】在实地踏查的基础上, 于遂昌乌溪江流域选取山蜡梅典型群落, 设置 5 块 400 m² 样地, 调查分析该群落的植物区系特征、物种组成、群落结构及物种多样性。【结果】①山蜡梅生境群落区系组成物种以泛热带分布、东亚和北美洲间断分布、北温带分布为主, 热带与温带分布属比例分别为 50.70% 和 40.85%, 具有典型中亚热带植物区系特点。② 2 000 m² 样地内共有维管植物 47 科 80 属 105 种, 科属种类丰富、组成分散, 优势科为樟科 Lauraceae、蔷薇科 Rosaceae、壳斗科 Fagaceae、豆科 Fabaceae 和茜草科 Rubiaceae。③山蜡梅种群和生境群落径级结构均呈倒“J”型, 为增长型结构, 乔木层重要值前 5 位的树种为杉木 *Cunninghamia lanceolata* (11.67%)、山蜡梅 (11.63%)、苦槠 *Castanopsis sclerophylla* (9.05%)、榿木 *Loropetalum chinense* (7.28%) 和石栎 *Lithocarpus glaber* (7.08%)。群落垂直结构层次丰富。运用 K-means 聚类, 乔木层胸径 ≥ 1 cm 的个体根据树高可分为 5 个林层, 山蜡梅主要位于乔木 I 层 [1.0, 4.5) m 和乔木 II 层 [4.5, 7.0) m。④不同样地物种多样性指数差异较大, Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Pielou 均匀度指数及优势度指数分别为 1.98~3.84、1.56~2.37、0.72~0.87、0.69~0.86、1.98~3.85。【结论】遂昌乌溪江流域山蜡梅生境群落物种组成丰富, 垂直结构复杂, 小、中径级林木占绝大多数, 为增长型群落, 物种多样性整体较高。建议在保护现有群落生境前提下, 在乌溪江流域开展山蜡梅仿野生栽培试验, 合理开发利用山蜡梅资源。图 2 表 7 参 26

关键词: 山蜡梅; 植物区系; 物种组成; 群落结构; 物种多样性; 遂昌; 乌溪江

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2023)04-0848-11

Habitat community characteristics and species diversity of *Chimonanthus nitens* in Wuxi River Basin, Suichang

ZHANG Chuanying¹, LI Tingting², GONG Xiaofei¹, PAN Jiangyan¹, GONG Zhengyu¹,
PAN Jun¹, JIAO Jiejie², WU Chuping²

(1. Suichang Forestry Ecological Development Center of Zhejiang, Suichang 323300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] *Chimonanthus nitens* is a rare wild plant unique to China both for tea and medicine. The wild resources have been seriously damaged with the development of its medicinal function and the increase of market demand. This study aims to explore the structure characteristics and species diversity of the habitat community of *C. nitens* population, as well as its suitable living environment, so as to provide a scientific basis for the protection, development and utilization of *C. nitens* population. [Method] Based on the field survey, the

收稿日期: 2022-09-09; 修回日期: 2022-12-12

基金项目: 浙江省省属科研院所扶持专项 (2021F1065-4); 遂昌县乌溪江库区天然蜡梅属植物群落特征与遗传多样性研究 (2020ZCZX020)

作者简介: 张川英 (ORCID: 0000-0003-0624-3882), 工程师, 从事林业技术与推广工作。E-mail: 774947048@qq.com。通信作者: 李婷婷 (ORCID: 0000-0002-6570-2332), 助理研究员, 博士, 从事林木遗传育种与生态学研究。E-mail: tingtingli71@163.com

typical community of *C. nitens* was selected in Wuxi River Basin of Suichang, and five 400 m² plots were set up to investigate and analyze the flora, species composition, community structure and species diversity of the community. [Result] (1) The flora of *C. nitens* community was dominated by pantropical distributions, disjuncted distribution in East Asia and North America, and northern temperate distribution. The proportions of tropical and temperate genera were 50.70% and 40.85%, respectively, with typical characteristics of mid-subtropical flora. (2) There were 105 species in the 2000 m² sample plots, belonging to 80 genera and 47 families. The families and genera were rich in species and dispersed in composition. The dominant families were Lauraceae, Rosaceae, Fagaceae, Fabaceae and Rubiaceae. (3) The diameter class structure of *C. nitens* population and habitat community was an inverted “J” type, indicating a growth type. The top 5 tree species with important values of the arbor layer were *Cunninghamia lanceolata* (11.67%), *Chimonanthus nitens* (11.63%), *Castanopsis sclerophylla* (9.05%), *Loropetalum chinense* (7.28%) and *Lithocarpus glaber* (7.08%). The vertical structure of the community was rich. K-means clustering showed that individuals with DBH ≥ 1 cm in the tree layer could be divided into five forest layers according to the tree height. The main location of the community was in the tree layer I [1.0, 4.5) m and tree layer II [4.5, 7.0) m. (4) The species diversity index varied greatly in different regions. Margalef index, Shannon-Wiener index, Simpson index, Pielou index and Dominance index were 1.98–3.84, 1.56–2.37, 0.72–0.87, 0.69–0.86 and 1.98–3.85, respectively. [Conclusion] The community of wild *Chimonanthus nitens* in Wuxi River Basin of Suichang has rich species composition and complex vertical structure. Small and medium diameter trees account for the vast majority, which is an increasing community with high species diversity as a whole. Under the premise of protecting the existing community habitat, it is suggested to carry out experiments imitating wild cultivation to rationally develop and utilize the wild resources of *Chimonanthus nitens*. [Ch, 2 fig. 7 tab. 26 ref.]

Key words: *Chimonanthus nitens*; flora; species composition; community structure; species diversity; Suichang; Wuxi River Basin

山蜡梅 *Chimonanthus nitens* 又称亮叶蜡梅、毛山茶、香风茶，为蜡梅科 Calycanthaceae 蜡梅属 *Chimonanthus* 常绿灌木，是中国特有植物，主产于浙江、江西、安徽、湖南、广西、贵州等长江以南省（自治区）。山蜡梅含有挥发油、生物碱、黄酮类和酚性成分，具有抗病毒、消炎、镇痛、提高免疫力等功效，是茶药两用的野生珍稀植物^[1]。随着对山蜡梅化学成分和药理活性研究的深入，山蜡梅茶、山蜡梅叶颗粒等制剂的临床应用，山蜡梅需求量不断增加，种群遭到破坏，野生资源不足。为了保证山蜡梅的可持续利用，应开展山蜡梅的资源现状调查和保护工作。湖南^[2]、安徽^[3]、江西^[4]等省先后开展了野生山蜡梅的群落和资源调查。2020年，在对浙江省丽水市遂昌县乌溪江流域公益林典型森林群落多功能经营改造调查中，首次发现浙江省天然山蜡梅种群分布。野生山蜡梅喜湿耐荫，多分布于溪流沟谷和山区林缘。乌溪江流域公益林内山蜡梅种群原生境保存状态完整，是研究浙江居群生境群落特征和多样性的良好群落。从植物群落物种组成和结构探寻山蜡梅种群现状及自我更新能力对于指导山蜡梅资源保护和恢复具有重要理论和实践价值。群落物种多样性研究则可以反映群落中物种的丰富度、均匀度以及群落与环境因子的适合度，是判断群落稳定性和资源利用可持续性的重要依据，对保护和恢复山蜡梅种群，合理开发利用山蜡梅资源具有重要意义。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

浙江省丽水市遂昌县境内的乌溪江流域 (28°37'13"~28°21'21"N, 118°55'36"~119°00'32"E) 全长约 56 km，属于亚热带季风气候，温暖湿润，四季分明，雨量充沛，土壤营养丰富。林分类型有常绿阔叶林、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林、针阔混交林等，流域内蕴藏着丰富的森林资源、水资源和生物资

源^[5],生态环境优越。乌溪江源头部分样地植物有25科42属50种^[6]。以山蜡梅为主的蜡梅属植物分布于乌溪江流域林地的中坡和下坡以及林缘和溪流边坡等地。本研究调查样地所在的林分类型均为次生常绿阔叶林。

1.2 样地调查

采用典型取样法沿乌溪江流域两侧,自北向南在遂昌县湖山林场孟淤(P_1)、左肩(P_2)、沙会(P_3)、焦滩(P_4)和蟠龙(P_5)公益林内山蜡梅分布较为集中的区域分别设置400 m²样地各1个。将所有样地分割为4个100 m²的样方进行调查,记录样方内所有胸径 ≥ 1 cm的树种名称、位置、胸径、树高、冠幅和枝下高。各样地内均匀设置3个5 m \times 5 m的小样方,调查灌木层、草本层植物名称、平均高度、株(丛)数和盖度。进行山蜡梅种群年龄结构调查时,记录样地内所有山蜡梅的树高、基径和冠幅。各样地取4份土壤样品,检测氮、磷、钾、有机质质量分数和pH。样地情况和土壤检测结果如表1所示。

表1 乌溪江流域各样地基本信息

Table 1 Basic information of test plots in Wuxi River Basin

样地	北纬(N)	东经(E)	海拔/m	坡向	坡度/(°)	郁闭度	土壤				
							氮/(mg·kg ⁻¹)	磷/(mg·kg ⁻¹)	钾/(mg·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)	pH
P_1	28°31'58"	118°56'03"	250	西	19	0.7	352.5±22.2 a	1.2±0.6 b	99.8±50.1 b	54.3±15.2 a	4.8
P_2	28°32'10"	118°55'44"	271	西北	45	0.5	281.4±55.0 b	0.8±0.7 b	97.6±25.3 b	57.3±14.3 a	4.8
P_3	28°30'57"	118°58'38"	260	东北	30	0.7	323.6±43.1 ab	1.5±1.1 b	138.6±35.5 b	55.3±8.4 a	4.9
P_4	28°23'51"	118°58'22"	261	西南	25	0.6	368.2±45.9 a	3.1±0.4 a	251.7±45.7 a	64.9±14.8 a	4.8
P_5	28°24'03"	118°58'51"	326	西南	50	0.6	292.3±32.8 b	0.7±0.6 b	105.1±23.0 b	44.6±8.4 a	5.0

说明:不同小写字母表示不同样地间差异显著($P < 0.05$)。

1.3 山蜡梅生境群落的植物区系和物种组成

参考《中国植物志》网站(<http://www.iplant.cn/frps>)命名和分类标准^[7],统计样地内所有植物的科、属、种以及生活型。按世界种子植物科、属分布区类型划分标准^[8-9]划分样地群落中科、属的分布区类型。

1.4 山蜡梅生境群落结构

采用空间代替时间的方法,以径级代替龄级进行年龄划分。结合各样方乔木层种类胸径的调查数据,分别以胸径(D_{BH})和树高(H)为指标,绘制乔木层各种类种群的径级垂直结构图。以样地内 $1 \text{ cm} \leq D_{BH} \leq 5 \text{ cm}$ 的乔木作第I径级,以5 cm为级长, $5 \text{ cm} < D_{BH} \leq 10 \text{ cm}$ 的乔木作第II径级,……, $D_{BH} > 25 \text{ cm}$ 作为第VI径级,分级统计株数,计算百分率。其中,I~II为小径木,III~IV为中径木,V~VI为大径木。山蜡梅为灌木,测量其基径(D_B),以0.5 cm为1级, $1.0 \text{ cm} < D_B \leq 1.5 \text{ cm}$ 为第1级,……, $D_B > 4.5 \text{ cm}$ 为第8级,绘制山蜡梅径级结构图。采用桂旭君等^[10]的方法,精准测量样地内全部 $D_{BH} \geq 1 \text{ cm}$ 的个体树高,对树高进行K-means聚类分析,以不同分类数下组内平方和的变化情况确定最佳分类数,代入K-means分类法中获得乔木层各层高度范围。

1.5 重要值及多度计算

山蜡梅生活型为灌木,但其整体高度与所处林分乔木层的高度未有明显分层,与乔木层分别统计会明显影响同一群落层间物种重要值的可比性^[11],因此,在样地调查和计算重要值时,将山蜡梅、檫木*Loropetalum chinense*等与乔木层未有明显分层的灌木或小乔木按乔木层计算。计算样地内各层组成树种的相对密度、相对频度、相对优势度和相对盖度,并计算重要值,具体参考文献[12-14]。

参考杨泉光等^[15]的分析方法,采用Drude 7级制多度估测灌木层和草本层物种个体数目:Soe表示植株地上部密闭,覆盖度为76%~100%;Cop3表示植株很多,但个体未完全衔接,覆盖度为51%~75%;Cop2表示植株多,覆盖度为26%~50%;Cop1表示植株尚多,覆盖度为6%~26%;Sp表示植株不多而分散,覆盖度为1%~5%;Sol表示植株数很少而稀疏,覆盖度 $< 1\%$;Un表示个别或单株。

1.6 山蜡梅生境群落物种多样性

参考汪殿蓓等^[16]的植物群落多样性研究指数选择标准,采用ForStat 2.0(统计之林)计算山蜡梅群落

各种多样性指数。指数包括：物种丰富度指数 [样地内物种数 (N) 和 Margalef 指数 (R)]；物种多样性指数 [Shannon-Wiener 指数 (H) 和 Simpson 指数 (D)]；Pielou 均匀度指数 (J)；优势度指数 (C)。参照袁丛军等^[17]的方法，将乔木层、灌木层、草本层权重系数分别设定为 0.5、0.3、0.2，计算各样地整体多样性指数。

2 结果与分析

2.1 山蜡梅生境群落的植物区系

如表 2 所示：乌溪江山蜡梅生境群落中的种子植物包含 42 科 71 属，涉及 12 个分布区类型。属于世界分布和中国特有分布的各 3 属，均占总属数的 4.23%，其中本研究中的山蜡梅即属于中国特有分布中的蜡梅属；热带分布 (2~7) 的有 36 属，占总属数的 50.70%，其中，泛热带分布有 15 属，占 21.13%；温带分布 (8~11) 的有 29 属，占总属数的 40.85%，多数属集中在东亚和北美洲间断分布 (12 属) 和北温带分布 (10 属)，分别占总属数的 16.90% 和 14.08%。未见温带亚洲分布，地中海区、西亚至中亚分布和中亚分布等类型。由此可见，山蜡梅植物地理成分有热带向温带的过渡趋势，具有典型的中亚热带森林植物区系特点。

表 2 乌溪江山蜡梅群落种子植物属的分布区类型

Table 2 Areal-types of spermatophytic genera of *C. nitens* community in the Wuxi River Basin

分布类型	编号	分布区类型	属数/属	属的比例/%	小计/%
	1	世界分布	3	4.23	4.23
	2	泛热带分布	15	21.13	
	3	热带亚洲和热带美洲间断分布	2	2.82	
热带分布	4	旧世界热带分布	6	8.45	
	5	热带亚洲至热带大洋州分布	2	2.82	50.70
	6	热带亚洲至热带非洲分布	5	7.04	
	7	热带亚洲分布	6	8.45	
	8	北温带分布	10	14.08	
温带分布	9	东亚和北美洲间断分布	12	16.90	40.85
	10	旧世界温带分布	1	1.41	
	11	东亚分布	6	8.45	
	12	中国特有分布	3	4.23	4.23
合计			71	100.00	100.00

2.2 山蜡梅生境群落的物种组成

在乌溪江 5 个山蜡梅集中分布样地内，共有维管束植物 105 种，隶属 47 科 80 属。其中，被子植物 39 科 68 属 93 种，裸子植物 2 科 3 属 3 种，蕨类植物 6 科 9 属 9 种 (表 3)。105 种植物中乔木为 30 种，乔木或灌木为 32 种，灌木为 21 种，藤本为 5 种，草本为 17 种，分别占群落物种总数的 28.57%、30.48%、20.00%、4.76% 和 16.19%。组成群落的优势科有：樟科 Lauraceae 4 属 10 种；蔷薇科 Rosaceae 4 属 7 种；壳斗科 Fagaceae 4 属 6 种；豆科 Fabaceae 5 属 5 种；茜草科 Rubiaceae 5 属 5 种；有 2~4 个种的有 17 科，占科总数的 36.17%，其余 25 科均只含 1 属 1 种，占总科数的 53.19%。

2.3 径级结构及重要值

图 1A 显示：样地内 $D_{BH} \geq 1$ cm 的木本植物共有 1276 株，其中：小径木的个体占绝大多数，为总株数的 91.46%；其次为中径木的个体，占总株数的 7.68%；大径木仅有 11 株，占 0.86%，其中水杉 *Metasequoia glyptostroboides*、马尾松 *Pinus masonniana* 各 3 株，杉木 2 株，苦槠 *Castanopsis sclerophylla* 2 株，化香树 *Platycarya strobilacea* 1 株，最大径级为水杉 (44.0 cm)。样地内所有木本植物个体径级结构呈倒“J”型，整体群落结构为增长型，更新状态良好。山蜡梅主要位于第 I 径级，占总株数的 23.12%，为调查样地内的优势种。山蜡梅种群的径级结构同所在群落整体径级结构一致，山蜡梅幼龄和中龄个体 (第 1~6 级) 占整个种群的 94.58%，为增长型种群 (图 1B)。

表3 乌溪江山蜡梅生境群落的维管束植物统计

Table 3 Statistics of vascular plants in the *C. nitens* community in the Wuxi River Basin

科	属	种	类群	科	属	种	类群
豆科 Fabaceae	5	5	被子植物	虎耳草科 Saxifragaceae	1	1	被子植物
茜草科 Rubiaceae	5	5	被子植物	夹竹桃科 Apocynaceae	1	1	被子植物
樟科 Lauraceae	4	10	被子植物	金缕梅科 Hamamelidaceae	1	1	被子植物
蔷薇科 Rosaceae	4	7	被子植物	堇菜科 Violaceae	1	1	被子植物
壳斗科 Fagaceae	4	6	被子植物	菊科 Asteraceae	1	1	被子植物
禾本科 Poaceae	4	4	被子植物	鳞始蕨科 Lindsaeaceae	1	1	被子植物
大戟科 Euphorbiaceae	3	4	被子植物	马鞭草科 Verbenaceae	1	1	被子植物
报春花科 Primulaceae	3	3	被子植物	葡萄科 Vitaceae	1	1	被子植物
漆树科 Anacardiaceae	3	3	被子植物	山茱萸科 Cornaceae	1	1	被子植物
杜鹃花科 Ericaceae	2	4	被子植物	柿科 Ebenaceae	1	1	被子植物
山茶科 Theaceae	2	4	被子植物	鼠李科 Rhamnaceae	1	1	被子植物
安息香科 Styracaceae	2	2	被子植物	五加科 Araliaceae	1	1	被子植物
桑科 Moraceae	2	2	被子植物	蕈树科 Altingiaceae	1	1	被子植物
冬青科 Aquifoliaceae	1	3	被子植物	杨梅科 Myricaceae	1	1	被子植物
莎草科 Cyperaceae	1	3	被子植物	叶下珠科 Phyllanthaceae	1	1	被子植物
五列木科 Pentaphragmataceae	1	3	被子植物	柏科 Cupressaceae	2	2	裸子植物
蜡梅科 Calycanthaceae	1	2	被子植物	松科 Pinaceae	1	1	裸子植物
木犀科 Oleaceae	1	2	被子植物	里白科 Gleicheniaceae	2	2	蕨类植物
五福花科 Adoxaceae	1	2	被子植物	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	2	2	蕨类植物
菝葜科 Smilacaceae	1	1	被子植物	海金沙科 Lygodiaceae	1	1	蕨类植物
唇形科 Lamiaceae	1	1	被子植物	金星蕨科 Thelypteridaceae	1	1	蕨类植物
大麻科 Cannabaceae	1	1	被子植物	卷柏科 Selaginellaceae	1	1	蕨类植物
杜英科 Elaeocarpaceae	1	1	被子植物	乌毛蕨科 Blechnaceae	1	1	蕨类植物
胡桃科 Juglandaceae	1	1	被子植物				

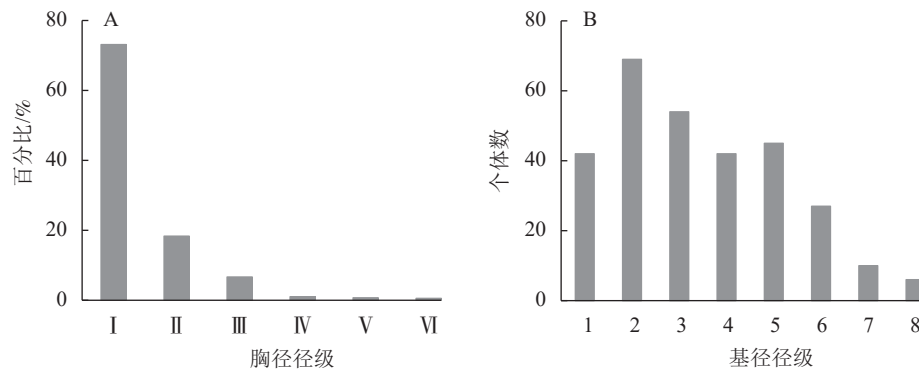


图1 山蜡梅生境群落(A)和种群(B)径级结构分布

Figure 1 Community (A) and population (B) diameter class structure distribution of *C. nitens*

乌溪江山蜡梅各样地乔木层植物有76种，重要值如表4所示。山蜡梅所在群落内乔木层重要值总体排序杉木列第1位(11.67%)，山蜡梅次之(11.63%)，苦槠列第3位(9.05%)。重要值大于2的树种还包括榿木(7.28%)、石栎 *Lithocarpus glaber* (7.08%)、青冈 *Cyclobalanopsis glauca* (5.41%)、峨眉鼠刺 *Itea oblonga* (4.97%)、黄瑞木 *Adinandra millettii* (4.04%)、水杉(3.32%)和木蜡树 *Toxicodendron sylvestri* (2.93%)。不同样地内，山蜡梅所占的重要值位置不同，优势度也不相同。在P₁样地内，山蜡梅重要值列第1位(15.89%)，P₂样地内居第2位(19.36%)，P₃和P₄样地内居第4位(7.59%和7.81%)，P₅样地内居第3位(13.98%)。由重要值分析亦可知：无论是总体排序还是各样地分别排序，前5位种群的重要值

表 4 乌溪江山蜡梅生境群落乔木层主要物种的重要值

Table 4 Importance values of the main species in the arbor layer of *C. nitens* community in the Wuxi River Basin

树种	重要值/%					
	P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	11.67	9.77	4.29	14.91	16.16	—
山蜡梅 <i>Chimonanthus nitens</i>	11.63	15.89	19.36	7.59	7.81	13.98
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	9.05	5.44	3.16	17.71	9.94	—
榿木 <i>Loropetalum chinense</i>	7.28	12.17	7.82	4.33	3.31	11.94
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	7.08	—	3.26	8.61	14.07	2.90
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	5.41	—	20.32	6.52	—	14.43
峨眉鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	4.97	3.01	4.01	5.66	7.05	3.79
黄瑞木 <i>Adinandra millettii</i>	4.04	4.92	—	3.74	6.94	—
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	3.32	10.71	—	—	—	—
木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestri</i>	2.93	3.62	11.68	2.30	—	3.72
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	—	5.63	—	—	—	—
牡荆 <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i>	—	3.84	—	—	—	—
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	—	2.22	—	4.15	—	—
格药杓 <i>Eurya muricata</i>	—	2.12	—	—	—	—
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	—	2.08	—	—	—	—
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	—	—	—	—	2.71	—
黄绒润楠 <i>Machilus grijsii</i>	—	—	—	—	—	2.19
柳叶蜡梅 <i>Chimonanthus salicifolius</i>	—	—	—	—	—	3.10
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	—	—	5.92	—	—	3.25
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i>	—	—	—	—	2.07	—
毛花连蕊茶 <i>Camellia fraterna</i>	—	—	—	2.00	3.07	2.75
密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	—	—	—	—	—	17.05
山乌柏 <i>Triadica cochinchinensis</i>	—	—	7.60	—	—	—
水团花 <i>Adina pilulifera</i>	—	—	—	—	—	7.94
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	—	—	7.94	—	—	—
迎春樱 <i>Cerasus discoidea</i>	—	—	—	—	2.02	—
硬斗石栎 <i>Lithocarpus hancei</i>	—	—	—	—	—	2.57
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	—	—	3.17	—	—	—

说明：48种重要值小于2的树种省略；—表示未分布。P为所有样地树种重要值综合排序；P₁~P₅为各样地树种重要值排序。

总和均大于 50%，说明该群落具有明显的优势群，且山蜡梅种群重要值均排在前 4 位，表明其为群落的优势种。

从表 5 可见：灌木层植物有 45 种，包括青冈、绒毛润楠 *Machilus velutina* 等乔木树种的幼树和杜茎山 *Maesa japonica*、榿木、峨眉鼠刺、香花崖豆藤 *Millettia dielsiana*、白花苦灯笼 *Tarenna mollissima*、山蜡梅、水团花 *Adina pilulifera* 等灌木和小乔木，多度大多为 Cop1 和 Cop2。

从表 6 可知：草本层植物有 18 种，其中狗脊蕨 *Woodwardia japonica*、美丽复叶耳蕨 *Arachniodes speciosa*、里白 *Diplopterygium glaucum*、芒萁 *Dicranopteris pedata*、山类芦 *Neyraudia montana* 和淡竹叶 *Lophatherum gracile* 的重要值之和占 64.88%。

2.4 垂直结构

乌溪江山蜡梅群落可分为乔木层、灌木层和草本层。乔木层树种丰富，垂直结构较为复杂，根据不同分类组数下平方和的变化情况对 $D_{BH} \geq 1$ cm 的乔木层再次进行分类。由图 2A 可知：当分类组数为 5 时，平方和变化趋势减缓，可确定最优树高聚类组数为 5 类，代入 K-means 分类法中，获得山蜡梅所在群落乔木层垂直结构：从下到上依次为乔木 I 层 [1.0, 4.5) m、乔木 II 层 [4.5, 7.0) m、乔木 III 层

表5 乌溪江山蜡梅灌木层主要物种重要值和多度

Table 5 Importance values and abundance of *C. nitens* community under growth layer in the Wuxi River Basin

树种	株数或丛数	盖度/%	频率	重要值/%	多度
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	29	74.0	0.2	10.17	Cop3
檫木 <i>Loropetalum chinense</i>	14	78.0	0.2	7.58	Soe
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	10	61.0	0.2	5.91	Cop3
峨眉鼠刺 <i>Itea oblonga</i>	6	43.0	0.2	4.19	Cop2
香花崖豆藤 <i>Millettia dielsiana</i>	8	32.0	0.2	3.97	Cop2
白花苦灯笼 <i>Tarenna mollissima</i>	7	33.4	0.2	3.86	Cop2
山蜡梅 <i>Chimonanthus nitens</i>	8	26.0	0.2	3.65	Cop2
水团花 <i>Adina pilulifera</i>	5	30.0	0.2	3.30	Cop2
窄基红褐柃 <i>Eurya rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i>	6	20.0	0.2	2.95	Cop1
毛花连蕊茶 <i>Camellia fraterna</i>	9	9.0	0.2	2.91	Cop1
黄瑞木 <i>Adinandra millettii</i>	5	17.0	0.2	2.60	Cop1
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	2	26.0	0.2	2.52	Cop2
网脉酸藤子 <i>Embelia rudis</i>	5	14.0	0.2	2.43	Cop1
小槐花 <i>Ohwia caudata</i>	4	15.0	0.2	2.30	Cop1
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	5	9.0	0.2	2.16	Cop1

说明：30种重要值小于2的树种省略。

表6 乌溪江山蜡梅草本层主要物种重要值和多度

Table 6 Importance values and abundance of *C. nitens* community herbal layer in the Wuxi River Basin

树种	株数或丛数	盖度/%	频率	重要值/%	多度
狗脊蕨 <i>Woodwardia japonica</i>	12	87.0	0.6	13.53	Soe
美丽复叶耳蕨 <i>Arachniodes speciosa</i>	14	66.0	0.4	11.38	Cop3
里白 <i>Diplopterygium glaucum</i>	11	77.0	0.4	11.21	Soe
芒萁 <i>Dicranopteris pedata</i>	14	41.0	0.4	9.69	Cop2
山类芦 <i>Neyraudia montana</i>	8	86.0	0.2	9.58	Soe
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	20	31.0	0.2	9.49	Cop2
青绿薹草 <i>Carex breviculmis</i>	5	27.0	0.4	6.01	Cop2
珠穗薹草 <i>Carex ischnostachya</i>	4	12.0	0.4	4.69	Cop1
微糙三脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>	3	10.0	0.2	2.92	Cop1
芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	2	12.0	0.2	2.75	Cop1
紫花堇菜 <i>Viola grypoceras</i>	4	2.0	0.2	2.68	Sp
异穗卷柏 <i>Selaginella heterostachys</i>	3	6.0	0.2	2.65	Cop1
三穗薹草 <i>Carex tristachya</i>	1	14.0	0.2	2.58	Cop1
黑足鳞毛蕨 <i>Dryopteris fuscipes</i>	2	7.0	0.2	2.41	Cop1
乌蕨 <i>Odontosoria chinensis</i>	3	1.0	0.2	2.32	Sp
金星蕨 <i>Parathelypteris glanduligera</i>	2	4.0	0.2	2.21	Sp
显子草 <i>Phaenosperma globosum</i>	1	8.0	0.2	2.18	Cop1
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	1	1.0	0.2	1.70	Sp

[7.0, 10.0) m、乔木Ⅳ层 [10.0, 14.0) m 和乔木Ⅴ层 [14.0, 18.0] m。各层乔木数量见图 2B。乔木Ⅰ层个体占 38.87%，全部为小径木，山蜡梅、檫木、青冈、密花树、峨眉鼠刺等 47 种乔灌木集中于该层，该层中 35.08% 为山蜡梅。乔木Ⅱ层的个体占 39.34%，除 2.00% 为中径木外，其余均为小径木，主要为山蜡梅、檫木、黄瑞木、峨眉鼠刺、杉木和苦槠等 49 种，有 50.00% 以上的树种与灌木层重合，山蜡梅在该层中占 23.71%；乔木Ⅲ层的个体占 14.03%，由 75.42% 的小径木和 24.58% 的中径木组成，主要为杉木、石栎、苦槠、青冈、木蜡树和拟赤杨等 24 种；乔木Ⅳ层的个体占 6.50%，小径木占 43.37%，中径木的比例提高至 54.22%，并有少量大径木，主要为杉木和石栎，还包括木蜡树、拟赤杨、红楠等

13 种；乔木 V 层的个体仅占 1.25%，包含小径木、中径木各 3 株，大径木 10 株，主要为水杉、马尾松、杉木、拟赤杨和苦槠。灌木层垂直高度为 0.80~1.50 m，草本层垂直高度为 0.02~0.78 m，种类、株数和相对盖度见 表 5~6。此外，还有少量层间植物，如流苏子 *Coptosapelta diffusa*、紫藤 *Wisteria sinensis*、络石 *Trachelospermum jasminoides* 和异叶爬山虎 *Parthenocissus dalzielii* 等。

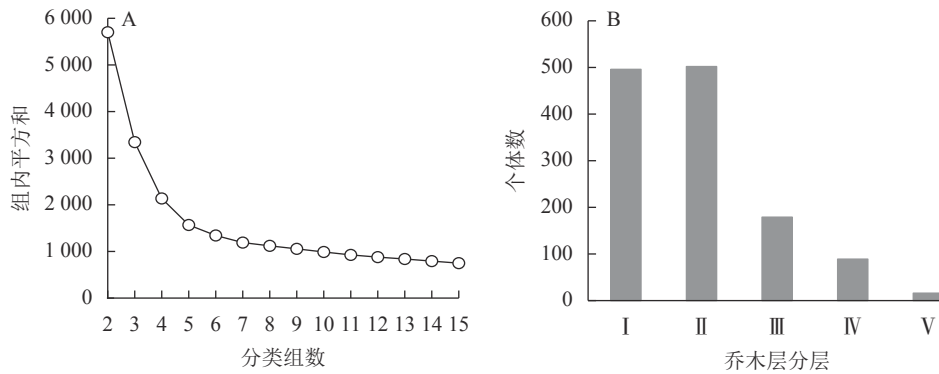


图 2 乔木层最优分类组数判断 (A) 及各层林木个体数 (B)

Figure 2 Judgment index partitioning optimal groups (A) and the number of individuals at each level of the arbor layer (B)

山蜡梅主要位于群落乔木层的乔木 I 层和乔木 II 层，其中，57.84% 的山蜡梅位于乔木 I 层，41.46% 的山蜡梅位于乔木 II 层，还有少量幼苗位于灌木层。山蜡梅的生活型和灌木特质决定了其在群落中的层次位置，而其所在群落高层植物 (乔木 III 层至乔木 V 层) 数量显著减少，郁闭度为 0.5~0.7 时更有利于林下灌层植物如山蜡梅、檫木等的生长。

2.5 山蜡梅生境群落物种多样性

如表 7 所示：不同样地乔木层、灌木层、草本层的 Margalef 丰富度指数分别为 2.99~5.71、0.93~3.66、1.00~1.86，P₁ 乔木层和草本层丰富度指数最高，P₄ 灌木层丰富度指数最高，整体丰富度指数从大到小依次为 P₄ (3.93)、P₁ (3.84)、P₃ (3.73)、P₅ (2.68)、P₂ (1.98)。不同样地乔木层、灌木层、草本层的 Shannon-Wiener 指数分别为 1.97~2.71、1.09~2.50、1.16~1.61，P₃ 乔木层的 Shannon-Wiener 指数最高，P₄ 灌木层的 Shannon-Wiener 指数最高，P₁ 草本层的 Shannon-Wiener 指数最高，整体 Shannon-Wiener 指数从大到小依次为 P₄ (2.37)、P₃ (2.20)、P₁ (1.94)、P₅ (1.83)、P₂ (1.56)；各样地乔木层、灌木层、草本层的 Simpson 指数分别为 0.80~0.91、0.60~0.90、0.63~0.75，P₃ 乔木层的 Simpson 指数最高，P₄ 灌木层和草本层的 Simpson 指数最高，整体 Simpson 指数从大到小依次为 P₄ (0.87)、P₃ (0.84)、P₅ (0.77)、P₁ (0.75)、P₂ (0.72)。各样地乔木层、灌木层、草本层的 Pielous 指数分别为 0.67~0.80、0.67~0.92、0.77~0.99，P₃ 乔木层的 Pielous 指数最高，P₄ 灌木层和草本层的 Pielous 指数最高，整体均匀度指数从大到小依次为 P₄ (0.86)、P₃ (0.84)、P₂ (0.77)、P₅ (0.76)、P₁ (0.69)。各样地乔木层、灌木层、草本层的优势度指数分别为 2.99~5.71、0.93~3.66、1.00~1.86，P₁ 乔木层和草本层的优势度指数最高，P₄ 灌木层的优势度指数最高，整体优势度指数从大到小依次为 P₄ (3.85)、P₁ (3.84)、P₃ (3.73)、P₅ (2.68)、P₂ (1.98)。

表 7 乌溪江山蜡梅生境群落物种多样性指数

Table 7 Diversity indices of *C. nitens* community in the Wuxi River Basin

样地	乔木层						灌木层						草本层					
	N	R	H	D	J	C	N	R	H	D	J	C	N	R	H	D	J	C
P ₁	34	5.71	2.35	0.82	0.67	5.71	9	2.03	1.47	0.64	0.67	2.03	8	1.86	1.61	0.72	0.77	1.86
P ₂	16	2.99	1.97	0.80	0.71	2.99	4	0.93	1.09	0.60	0.79	0.93	4	1.04	1.26	0.69	0.91	1.04
P ₃	30	5.35	2.71	0.91	0.80	5.35	10	2.67	2.05	0.84	0.89	2.67	4	1.25	1.16	0.64	0.84	1.25
P ₄	31	5.27	2.67	0.90	0.78	5.10	15	3.66	2.50	0.90	0.92	3.66	4	1.00	1.38	0.75	0.99	1.00
P ₅	21	3.71	2.23	0.85	0.73	3.71	7	1.82	1.54	0.73	0.79	1.82	5	1.38	1.24	0.63	0.77	1.38

说明：N. 物种数(种)；R. Margalef丰富度指数；H. Shannon-Wiener指数；D. Simpson指数；J. Pielou指数；C. 优势度指数。

乌溪江山蜡梅群落 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和优势度指数从大到小总体表现为乔木层、灌木层、草本层, Pielou 指数则呈相反趋势。P₄ 样地的综合多样性指数均最高, P₂ 样地除均匀度指数居中外, 各指数均表现较低。

3 讨论与结论

乌溪江流域的山蜡梅种群主要分布在海拔 250~350 m 河流两岸林缘、溪流边坡和林地中、下坡, 半阴的缓坡分布数量最多。山蜡梅生境群落中共有维管束植物 105 种, 隶属 47 科 80 属。地理区系组成物种以泛热带分布、东亚和北美洲间断分布、北温带分布为主, 热带分布属与温带分布属比例分别为 50.70% 和 40.85%, 优势科为樟科、蔷薇科、壳斗科、豆科和茜草科等, 具有典型中亚热带常绿阔叶林植物区系特点。乌溪江流域属于亚热带季风气候, 温暖湿润, 地理位置所处气候区与区系性质相符, 群落植物对环境有较强的适应性, 这与湖南^[2]、安徽^[3] 和江西^[4] 等地发现的山蜡梅种群所处气候区及生境群落植物区系相一致。

乌溪江山蜡梅所在群落的径级结构与垂直结构表现出与其他亚热带常绿阔叶林样地的一致性, 如: 样地内所有木本植物个体及山蜡梅种群的径级结构均呈倒“J”型, 群落与种群结构为增长型^[18-20]; 不同冠层的径级分布, 低冠层(乔木 I 层和乔木 II 层) 绝大部分为小径木, 中冠层(乔木 III 层和乔木 IV 层) 先以小径木为主, 后随冠层增高中径木比例成倍增加, 高冠层(乔木 V 层) 则以大径木为主, 但数量在整个群落中占比极少^[19, 21]。林冠结构能影响林下光照分布, 同时也为林下物种提供更多的生态位空间^[22]。山蜡梅种群为低冠层的优势种, 上层空间中、大径级林木的低占比及以松、杉类等透光率强的针叶树为主的树种组成结构使得林下郁闭度保持在 50%~70% 的适宜范围, 为山蜡梅等耐荫物种早期生长发育和更新提供了蔽护条件。

很多学说认为: 群落物种多样性增加可以提高生态系统的稳定性^[23-25], 但对有些群落而言则为负相关^[16, 26]。山蜡梅种群适生冠层的植物数量占林木总数的 78.21%, 因此, 群落多样性高的同时意味着种间竞争强度增大, 如 P₄ 样地的多样性指数最高, 山蜡梅在此样地中的重要值就比在其他样地中低; 而在立地条件差、多样性较低的 P₂ 样地, 山蜡梅的重要值则较高。由此也可知山蜡梅具有极强的生存能力。当条件适宜时, 如在 P₁ 样地, 半阴坡, 坡度低于 20°, 物种多样性较为丰富的条件下, 山蜡梅的绝对数量是其他样地的 2 倍以上。在没有外部人为干扰的情况下群落稳定。建议在保护现有群落的同时, 对山蜡梅种群进行遗传多样性研究, 选择核心资源, 在乌溪江流域开展山蜡梅仿野生栽培试验, 合理开发利用山蜡梅野生资源。

4 参考文献

- [1] 吴艳秋, 刘宇灵, 林龙飞, 等. 山蜡梅叶化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(11): 6599 - 6607.
WU Yanqiu, LIU Yuling, LIN Longfei, et al. Research progress on chemical composition, preparation, pharmacological action and clinical application of *Chimonanthus nitens* Folium [J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2021, 36(11): 6599 - 6607.
- [2] 邱如文, 喻勋林, 蓝肖. 湖南双牌县打鼓坪林场亮叶腊梅群落研究[J]. 广西林业科学, 2008, 37(1): 8 - 12.
QIU Ruwen, YU Xunlin, LAN Xiao. Study on the *Chimonanthus nitens* community in Daguping Forest Farm of Shuangpai County, Hunan Province [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2008, 37(1): 8 - 12.
- [3] 方建新, 胡长玉, 程国栋. 黄山市蜡梅属植物资源的调查研究与利用[J]. 资源开发与市场, 2009, 25(5): 418 - 420.
FANG Jianxin, HU Changyu, CHENG Guodong. Investigation and development of plant resources of *Chimonanthus* genus in Huangshan City [J]. *Resource Development & Market*, 2009, 25(5): 418 - 420.
- [4] 孙延军, 张冰, 林石狮, 等. 江西三清山优势种群钩锥-山蜡梅群落研究[J]. 广西植物, 2011, 31(1): 70 - 74.
SUN Yanjun, ZHANG Bing, LIN Shishi, et al. Study on the dominant population *Castanopsis tibetana*-*Chimonanthus nitens* community in Mount Sanqingshan, China [J]. *Guihaia*, 2011, 31(1): 70 - 74.
- [5] 张小林, 张靖天, 迟春娟, 等. 乌溪江梯级水库的营养特征及水生态健康评价[J]. 环境工程技术学报, 2018, 8(5): 502 -

- 509.
- ZHANG Xiaolin, ZHANG Jingtian, CHI Chunjuan, *et al.* Nutritional characteristics and aquatic ecosystem health assessment in cascade reservoirs of Wuxijiang [J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2018, **8**(5): 502 – 509.
- [6] 夏春平, 季新良, 彭辉, 等. 乌溪江源头水源涵养林空间结构二元分布特征[J]. *福建林业科技*, 2021, **48**(3): 10 – 13.
- XIA Chunping, JI Xinliang, PENG Hui, *et al.* Binary distribution spatial structure parameters of water conservation forest in the headstream area of Wuxijiang River [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2021, **48**(3): 10 – 13.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第30卷第2册[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 5 – 10.
- Flora of China Editorial Committee of Chinese Academy of Sciences. *Flora of China: Vol 30 Issue 2* [M]. Beijing: Science Press, 1979: 5 – 10.
- [8] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, **13**(增刊4): 1 – 139.
- WU Zhengyi. The areal-types of chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, **13**(suppl 4): 1 – 139.
- [9] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 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 Zhengyi, ZHOU Zhekun, LI Dezhu, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, **25**(3): 245 – 257.
- [10] 桂旭君, 练琚愉, 张入匀, 等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林群落垂直结构及其物种多样性特征[J]. *生物多样性*, 2019, **27**(6): 619 – 629.
- GUI Xujun, LIAN Juyun, ZHANG Ruyun, *et al.* Vertical structure and its biodiversity in a subtropical evergreen broad-leaved forest at Dinghushan in Guangdong Province, China [J]. *Biodiversity Science*, 2019, **27**(6): 619 – 629.
- [11] 王育松, 上官铁梁. 关于重要值计算方法的若干问题[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2010, **33**(2): 312 – 316.
- WANG Yusong, SHANGGUAN Tieliang. Discussion on calculating method of important values [J]. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 2010, **33**(2): 312 – 316.
- [12] 张金屯. 数量生态学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2011: 248 – 249.
- ZHANG Jintun. *Quantitative Ecology* [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2011: 248 – 249.
- [13] 孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟, 等. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 140 – 143.
- SUN Ruyong, LI Qingfen, NIU Cuijuan, *et al.* *Basic Ecology* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 140 – 143.
- [14] 芦伟, 唐战胜, 郑振杰, 等. 浙江古田山濒危植物香果树群落组成和结构特征[J]. *生态环境学报*, 2018, **27**(6): 1052 – 1059.
- LU Wei, TANG Zhansheng, ZHENG Zhenjie, *et al.* The community composition and structural characteristics of *Emmenopterys henryi* forest, an endangered species in Gutianshan, Zhejiang Province [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2018, **27**(6): 1052 – 1059.
- [15] 杨泉光, 柴胜丰, 吴儒华, 等. 濒危植物东兴金花茶伴生群落及其种群结构特征[J]. *广西林业科学*, 2020, **49**(4): 492 – 497.
- YANG Quanguang, CHAI Shengfeng, WU Ruhua, *et al.* Characteristics of concomitant community and population structure of endangered plant *Camellia tunghinensis* [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2020, **49**(4): 492 – 497.
- [16] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. *生态学杂志*, 2001, **20**(4): 55 – 60.
- WANG Dianbei, JI Shuyi, CHEN Feipeng. A review on the species diversity of plant community [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, **20**(4): 55 – 60.
- [17] 袁丛军, 刘娜, 谢涛, 等. 贵州青钱柳群落结构及物种多样性特征[J]. *江苏农业科学*, 2022, **50**(4): 131 – 138.
- YUAN Congjun, LIU Na, XIE Tao, *et al.* Community structure and species diversity characteristics of *Cyclocarya paliurus* in Guizhou Province [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022, **50**(4): 131 – 138.
- [18] 叶万辉, 曹洪麟, 黄忠良, 等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林20公顷样地群落特征研究[J]. *植物生态学报*, 2008, **32**(2): 274 – 286.
- YE Wanhui, CAO Hongling, HUANG Zhongliang, *et al.* Community structure of a 20 hm² lower subtropical evergreen broadleaved forest plot in Dinghushan, China [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2008, **32**(2): 274 – 286.
- [19] 陈斌, 赵家豪, 关庆伟, 等. 江西武夷山中亚热带南方铁杉针阔混交林群落组成与结构[J]. *生态学报*, 2018, **38**(20): 7359 – 7372.
- CHEN Bin, ZHAO Jiahao, GUAN Qingwei, *et al.* Community composition and structure of a mid-subtropical coniferous

- (*Tsuga chinensis* var. *tchekiangensis*) and broadleaf mixed forest in Jiangxi Wuyishan, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, **38**(20): 7359 – 7372.
- [20] 丁晖, 陈水飞, 徐辉, 等. 2013—2018年武夷山亚热带常绿阔叶林乔木层动态[J]. *生态学报*, 2022, **42**(8): 3458 – 3469.
DING Hui, CHEN Shuifei, XU Hui, *et al.* Dynamics of arbor layer in the subtropical evergreen broad-leaved forest in the Wuyi Mountains, Fujian Province, southeastern China in 2013–2018 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, **42**(8): 3458 – 3469.
- [21] 祝燕, 赵谷风, 张俐文, 等. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地—群落组成与结构[J]. *植物生态学报*, 2008, **32**(2): 262 – 273.
ZHU Yan, ZHAO Gufeng, ZHANG Liwen, *et al.* Community composition and structure of Gutianshan forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, east China [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2008, **32**(2): 262 – 273.
- [22] CHEN Xiongwen, NIU Jianzhi. Relationships between tree height and tree species richness at small scales[J/OL]. *Acta Oecologica*, 2020, **109**: 103668 [2022-08-09]. doi: 10.1016/j.actao.2020.103668.
- [23] 郑超超, 伊力塔, 余树全, 等. 浙江江山公益林群落生物多样性与稳定性[J]. *东北林业大学学报*, 2013, **41**(11): 31 – 35.
ZHENG Chaochao, YI Lita, YU Shuquan, *et al.* Biodiversity and stability of ecological service forest of Jiangshan City in Zhejiang Province [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2013, **41**(11): 31 – 35.
- [24] 庞圣江, 张培, 杨保国, 等. 广西大青山西南桦人工林林下植物多样性与稳定性[J]. *中南林业科技大学学报*, 2018, **38**(2): 103 – 107, 113.
PANG Shengjiang, ZHANG Pei, YANG Baoguo, *et al.* Species diversity and community stability of *Betula alnoides* plantations in Daqingshan Mountain in areas of Guangxi [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2018, **38**(2): 103 – 107, 113.
- [25] 巫翠华, 蔡建军, 李华, 等. 紫柏山壳斗科植物群落物种多样性和稳定性研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2021, **41**(8): 108 – 115.
WU Cuihua, CAI Jianjun, LI Hua, *et al.* Studies on species diversity and stability of the fagaceae community in the Zibai Mountain [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2021, **41**(8): 108 – 115.
- [26] 朱杰, 吴安驰, 邹顺, 等. 南亚热带常绿阔叶林树木多样性与生物量和生产力的关联及其影响因素[J]. *生物多样性*, 2021, **29**(11): 1435 – 1446.
ZHU Jie, WU Anchi, ZOU Shun, *et al.* Relationships between tree diversity and biomass/productivity and their influence factors in a lower subtropical evergreen broad-leaved forest [J]. *Biodiversity Science*, 2021, **29**(11): 1435 – 1446.