

广东惠州莲花山木本植物的多样性和生物量沿海拔的变化及相关性分析

林渝彤^{1,2}, 李海滨³, 黄潇洒⁴, 吴林芳⁴, 朱娘金³, 林永标¹, 刘占峰¹, 旷远文^{1,①}

(1. 中国科学院华南植物园 广东省应用植物重点实验室, 广东 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 101408;
3. 广东惠东莲花山白盆珠自然保护区, 广东 惠州 516003; 4. 广州林芳生态科技有限公司, 广东 广州 510520)

摘要: 采用样地调查方法研究了广东惠州莲花山海拔 100~900 m 区域木本植物的种类组成, 并据此分析了该区域木本植物的种类多样性和生物量沿海拔的变化规律及其相互关系。结果显示: 莲花山海拔 100~900 m 样地中共分布有木本植物 54 科 109 属 181 种(变种), 且不同样地的优势种存在一定差异, 其中, 中海拔样地以高大乔木占优势, 海拔 700 m 以上样地以灌木占优势; 木本植物的种类丰富度随海拔升高而降低, 在海拔 200~700 m 样地较高。莲花山海拔 100~900 m 样地中, 木本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数和生物量随海拔升高均呈“低—高一低”的抛物线型分布模式, 且均在海拔 400 m 样地最大, 当海拔大于 700 m 时均明显降低。莲花山不同样地的木本植物中 I (1.00 cm ≤ DBH ≤ 5.00 cm) 级个体数量均最多, 其中, 低海拔和高海拔样地的木本植物主要以小径级个体为主, 中海拔样地的木本植物主要以大径级个体为主。相关性分析结果表明: 莲花山木本植物的科数与海拔极显著 ($P < 0.01$) 负相关, 属数和种数与海拔均显著 ($P < 0.05$) 负相关; 木本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数和生物量与海拔均显著相关, Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数与生物量均极显著相关; IV (DBH > 20.00 cm) 级木本植物的个体数量与生物量显著相关, 但 I、II (5.00 cm < DBH ≤ 10.00 cm) 和 III (10.00 cm < DBH ≤ 20.00 cm) 级木本植物的个体数量与生物量均不显著相关。综合分析结果表明: 海拔对莲花山木本植物的种类组成、种类多样性、生物量和径级结构有明显影响, 种类多样性越高则生物量越大, 且生物量主要受大径级个体数量的影响; 推测莲花山不同海拔区域的水热条件差异可能是其木本植物的种类多样性及生物量变化的主要原因。

关键词: 莲花山; 海拔; 木本植物; 多样性; 生物量; 相关性分析

中图分类号: Q948.11; Q948.15; S759.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2018)04-0042-11
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2018.04.05

Variation of diversity and biomass of woody plant along altitude of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province and their correlation analyses LIN Yutong^{1,2}, LI Haibin³, HUANG Xiaosa⁴, WU Linfang⁴, ZHU Niangjin³, LIN Yongbiao¹, LIU Zhanfeng¹, KUANG Yuanwen^{1,①}
(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Plants, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China; 3. Guangdong Huidong Lianhua Mountain Baipenzhu Nature Reserve, Huizhou 516003, China; 4. Guangzhou Linfang Ecological Science & Technology Limited Company, Guangzhou 510520, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2018, 27(4): 42-52

Abstract: Species composition of woody plant at altitude of 100-900 m of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province was studied by using plot survey method, and based on this result, the variation rule of species diversity and biomass of woody plant along altitude in this area and their correlations were

收稿日期: 2018-04-25

基金项目: 中国科学院战略生物资源服务网络计划生物多样性保护策略项目(ZSSD-007); 广东省省级科技计划项目(2015A090905015)

作者简介: 林渝彤(1993—), 女, 广西玉林人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学方面的研究。

①通信作者 E-mail: kuangyw@scbg.ac.cn

analyzed. The results show that there are 181 species (varieties) of woody plant belonging to 109 genera in 54 families in plots at altitude of 100–900 m of Lianhua Mountain, and there are some differences in dominant species in different plots, in which, high arbor is the dominant species in plots at mid-altitude, but shrub is the dominant species in plots at altitude higher than 700 m; species richness of woody plant decreases with increasing of altitude, and is relatively high in plots at altitude of 200–700 m. In plots at altitude of 100–900 m of Lianhua Mountain, Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index, and biomass of woody plant show a para-curve distribution mode of “low-high-low” with increasing of altitude, and are the highest in plot at altitude of 400 m, but obviously decrease at altitude higher than 700 m. Individual number of woody plant in class I ($1.00\text{ cm} \leq \text{DBH} \leq 5.00\text{ cm}$) in different plots of Lianhua Mountain are the most, in which, small diameter class individuals are dominant in plots at low and high altitudes, while big diameter class individuals are dominant in plots at mid-altitude. The correlation analysis result shows that family number of woody plant in Lianhua Mountain shows an extremely significantly ($P < 0.01$) negative correlation with altitude, while numbers of genus and species both show significantly ($P < 0.05$) negative correlations with altitude; Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index and biomass of woody plant show significantly correlations with altitude, and Shannon-Wiener diversity index and Simpson diversity index both show extremely significantly correlations with biomass; individual number of woody plant in class IV ($\text{DBH} > 20.00\text{ cm}$) shows a significantly correlation with biomass, but that in class I, II ($5.00\text{ cm} < \text{DBH} \leq 10.00\text{ cm}$) and III ($10.00\text{ cm} < \text{DBH} \leq 20.00\text{ cm}$) has no correlation with biomass. The comprehensive analysis result shows that altitude has evident effect on species composition, species diversity, biomass, and diameter class structure, and species diversity higher, biomass larger, meanwhile, biomass is mainly affected by individual number in big diameter class. It is inferred that difference in water and heat condition of different altitude areas might be the major reason causing change of species diversity and biomass of woody plant.

Key words: Lianhua Mountain; altitude; woody plant; diversity; biomass; correlation analysis

植物的生存以及分布高度依赖于环境,生境不同,植物聚生的种类可能各异^[1]。在不同海拔条件下,气温、水分和光照等生态因子的变化对植物生理生态过程,甚至植物群落的组成和分布均具有显著的影响^[2],因此,森林群落特征和生物多样性沿海拔梯度的变化成为了植物生态学研究的热度之一^[3]。植物种类多样性与海拔主要存在3种关系:一是种类多样性与海拔呈负相关,主要存在于大部分热带湿润地区^[4]、温带湿润山区^[5]以及部分干旱地区^[6];二是随海拔升高,种类多样性指数呈先升高后降低的“中间高度膨胀(mid-altitude bulge)”模式^[7],该模式主要受降水和热量影响^[8];三是种类多样性与海拔呈正相关^[9],存在于极少数地区。研究植物种类多样性的海拔特征对揭示植物分布、共存及其与生态因子的相互关系,了解森林群落动态和维持生态系统结构以及种类多样性保护和管理均具有重要的理论和实践意义。

植被生物量能直接反映植被的生长状况及其对生态因子变化的适应程度^[10],是衡量植被生态系统生产力的重要指标之一^[11],而探讨生物多样性和生态系统功能的关系是生态学研究的核心内容之

一^[12]。相关研究结果表明:植物多样性的提高能增加植物生产力和土壤固碳能力^[13],但不同生态系统的种类多样性与其生产力的存在正相关^[14]、负相关^[15]或单峰格局^[16]等关系。如青藏高原山地植物地上生物量与物种多样性呈负相关,但青藏高原高山草本植物地上生物量与物种多样性则呈“S”曲线模式^[17];在青藏高原高寒草甸区,位于中间海拔的植物群落多样性最高,中间海拔以上的群落地上部分生物量随海拔升高而逐渐降低^[18];但青藏高原高寒草甸的植物多样性随海拔升高呈显著的单峰模式,植物多样性最高时植物生产力和丰富度均处于中等水平^[12];而在热带雨林中,植物种类多样性和生物量随海拔升高呈相反的变化趋势^[19]。作为陆地生态系统的重要组成部分,亚热带常绿阔叶林森林生态系统具有重要的生态、社会和经济价值,当前,对亚热带常绿阔叶林的植物种类多样性和生物量随海拔的变化趋势以及二者间的关系尚不明确。

广东惠州的莲花山白盆珠省级自然保护区属南亚热带季风气候,海拔高差大且土壤发育呈明显的垂直带谱,从低到高分布着沟谷阔叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、半落叶阔叶林和灌丛草甸森林植被,保护

区内保存有完好的南亚热带次生常绿阔叶林和针阔混交林,保护区山脉为粤东沿海第一道生态屏障。目前,对莲花山植被的研究主要侧重于蕨类分布特征^[20]、观赏植物资源保护^[21]和兰科(Orchidaceae)植物多样性分析^[22]等方面,对区内木本植物的种类多样性和生物量分配及其与海拔的关系尚缺乏深入和系统的研究。鉴于此,作者对莲花山不同海拔样地的木本植物种类多样性及生物量变化进行分析,以期对南亚热带常绿阔叶林生态系统的保护、管理及生态系统结构变化的预测提供科学依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于广东惠州的莲花山白盆珠省级自然保护区,具体地理坐标为北纬 23°02′44″~23°11′10″、东经 115°02′02″~115°15′38″,主要保护对象为南亚热带次生常绿阔叶林。该区域属南亚热带季风气候,年平均气温 22.0℃,年均降水量 1 935.7 mm,常年基本无霜,气候垂直差异大。莲花山呈东北—西南走向,主峰海拔超过 1 300 m,山地地势东北高,坡度较大,西南部为谷地;土壤发育具明显的垂直带谱,从低到高依次为赤红壤、山地红壤、山地黄壤、山地灌丛草甸土。

1.2 研究方法

于 2016 年 11 月至 2017 年 10 月,在莲花山北坡海拔 100~900 m 区域,沿海拔每升高 100 m 设置 1 个面积 40 m×60 m 的固定监测样地,共 9 个样地,各样地的位置信息见表 1;并在每个样地内设置 6 个面积 20 m×20 m 的样方。海拔 900 m 以上区域的植被主要为灌丛和草甸,乔木稀有且山体陡峭,山顶有观音石和观音塑像供人瞻拜,人为干扰过大,故未设固定样地。样地设置规则及样地代表性的保证均参照《中国生态系统研究网络观测与分析标准方法:陆地生物群落调查观测与分析》^[23]。

对样地内所有胸径(DBH)大于或等于 1.00 cm 的木本植物个体进行挂牌,测量其 DBH、树高和冠幅,记录种类、株数、分枝情况和生长状态以及相对多度、相对频度和相对优势度等,用 GPS 定位仪对样地的位置信息进行测定。为了减少 DBH 测量误差,对 DBH>5.00 cm 的木本植物,用胸径尺(精度 0.1 cm)测量;对 DBH≤5.00 cm 的木本植物,用游标卡尺(精

度 0.01 cm)测量。

基于上述的样方调查数据,并依据木本植物个体 DBH 将样地内所有存活的木本植物分为 4 个径级:I(1.00 cm ≤ DBH ≤ 5.00 cm)、II(5.00 cm < DBH ≤ 10.00 cm)、III(10.00 cm < DBH ≤ 20.00 cm)和 IV(DBH > 20.00 cm)级,统计各径级木本植物的个体数量。

对野外无法确定的种类,采集符合种类鉴定要求的标本 2 份,由中国科学院华南植物园标本馆的植物分类学家进行种类鉴定,凭证标本保存于中国科学院华南植物园标本馆(IBSC)。

表 1 广东惠州莲花山不同样地的位置信息

Table 1 Location information of different plots of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

样地编号 No. of plot	海拔/m Altitude	纬度 Latitude	经度 Longitude
1	100	23°08′15″	115°09′13″
2	200	23°04′04″	115°11′57″
3	300	23°04′06″	115°12′13″
4	400	23°03′56″	115°12′31″
5	500	23°03′50″	115°12′40″
6	600	23°03′40″	115°12′54″
7	700	23°03′39″	115°13′06″
8	800	23°00′32″	115°13′21″
9	900	23°03′29″	115°13′28″

1.3 数据处理和分析

根据公式“重要值(IV)=相对多度+相对频度+相对优势度”计算重要值,其中,IV 值大于 0.400 的种类为优势种;采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Simpson 多样性指数(D)分析各样地的种类多样性^[24];根据公式“个体百分数=(某样地中各径级的个体数量/该样地的个体总数)×100%”计算该样地各径级的个体百分数。根据参考文献[25-26]计算各样地木本植物各器官的生物量,并根据各器官的生物量总和计算各样地木本植物的生物量。

采用 EXCEL 2010 和 SigmaPlot 12.5 软件对数据进行处理和分析。

2 结果和分析

2.1 木本植物种类组成及其与海拔的相关性

调查结果显示:莲花山不同样地中共分布有木本植物 181 种(变种),隶属于 54 科 109 属(见附录 I)。其中,海拔 100 m 样地为人工马尾松(*Pinus*

massoniana Lamb.)+大叶相思(*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.)林,人为干扰严重。海拔 200 m 样地分布有木本植物 72 种(变种),隶属于 35 科 58 属,优势种为鹅掌柴[*Schefflera octophylla* (Lour.) Harms]和水东哥(*Saurauia tristyla* DC.)。海拔 300 m 样地分布有木本植物 38 种(变种),隶属于 23 科 31 属,以樟科(Lauraceae)植物为主,优势种为厚壳桂[*Cryptocarya chinensis* (Hance) Hemsl.]、鹅掌柴、肉实树[*Sarcosperma laurinum* (Benth.) Hook. f.]和华润楠[*Machilus chinensis* (Champ. ex Benth.) Hemsl.]。海拔 400 m 样地分布有木本植物 48 种(变种),隶属于 25 科 36 属,优势种为厚壳桂、华南青冈[*Cyclobalanopsis edithiae* (Skan) Schott.]、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)和鹅掌柴。海拔 500 m 样地分布有木本植物 47 种(变种),隶属于

23 科 37 属,优势种为红花荷(*Rhodoleia championii* Hook.)、鹅掌柴、罗浮柿(*Diospyros morrisiana* Hance)和密花山矾(*Symplocos congesta* Benth.)。海拔 600 m 样地分布有木本植物 47 种,隶属于 27 科 37 属,优势种为猴欢喜[*Sloanea sinensis* (Hance) Hemsl.]、红花荷和华润楠。海拔 700 m 样地分布有木本植物 44 种,隶属于 17 科 28 属,乔木层和灌木层层次明显,优势种为密花山矾、红花荷、罗浮柿和罗浮杜鹃(*Rhododendron henryi* Hance)。海拔 800 m 样地分布有木本植物 16 种(变种),隶属于 11 科 12 属,优势种为鼠刺(*Itea chinensis* Hook. et Arn.)。海拔 900 m 样地分布有木本植物 25 种(变种),隶属于 16 科 19 属,优势种为罗浮柿、密花山矾和罗浮杜鹃。

对莲花山不同样地中木本植物科数、属数和种数与海拔的相关性进行分析,结果见图 1(海拔 100 m 样

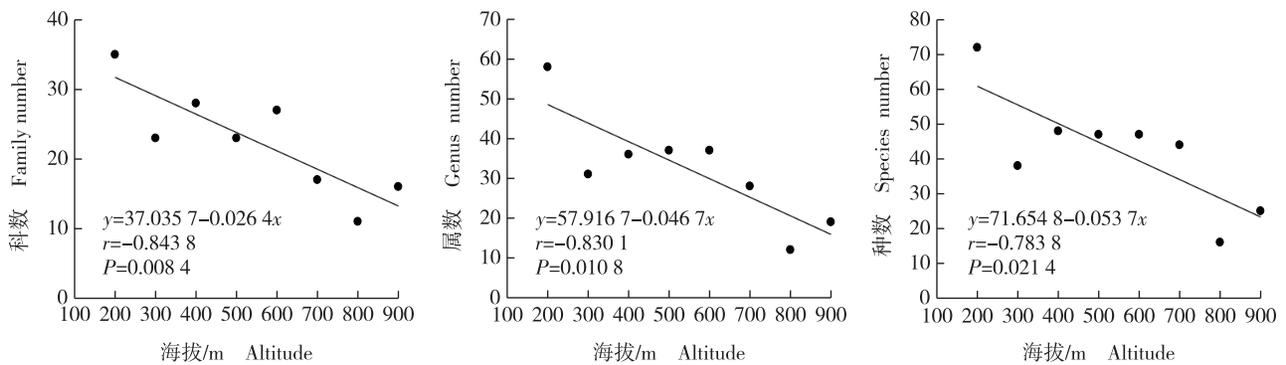


图 1 广东惠州莲花山木本植物的科数、属数和种数与海拔的相关性
Fig. 1 Correlation of numbers of family, genus and species of woody plant with altitude of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

地因人为干扰严重,数据未纳入)。结果显示:莲花山海拔 900 m 以下样地的木本植物种类丰富度随海拔升高而降低,其中,海拔 200 m 样地的木本植物种类最丰富,其次为海拔 400 m 样地;整体上看,海拔 200~700 m 样地的木本植物种类较为丰富,海拔 800 m 以上样地的木本植物种类丰富度最低。从相关系数看,莲花山海拔 900 m 以下样地的木本植物的科数与海拔极显著($P < 0.01$)负相关,属数和种数与海拔均显著($P < 0.05$)负相关,表明海拔对莲花山木本植物的分布有显著影响。

2.2 木本植物种类多样性及其与海拔的相关性

莲花山不同样地中木本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Simpson 多样性指数(D)见表 2;

表 2 广东惠州莲花山不同样地的木本植物种类多样性¹⁾
Table 2 Species diversity of woody plant in different plots of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province¹⁾

样地编号 No. of plot	海拔/m Altitude	H'	D
1	100	—	—
2	200	4.679	0.984
3	300	4.717	0.985
4	400	5.246	0.992
5	500	5.002	0.991
6	600	4.916	0.988
7	700	4.531	0.980
8	800	3.880	0.970
9	900	3.946	0.970

¹⁾ H' : Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index; D : Simpson 多样性指数 Simpson diversity index. —: 无数据 No datum.

H' 和 D 值与海拔的相关性分析结果见图2。

由表2可见:在莲花山海拔900 m以下范围内,海拔400 m样地的木本植物种类多样性最高,其 H' 和 D 值分别为5.246和0.992,海拔400 m以上样地的木本植物种类多样性随海拔升高以及海拔400 m以下样地的木本植物种类多样性随海拔降低均呈降低趋势,其中,海拔800 m样地的木本植物种类多样

性最低,其 H' 和 D 值分别为3.880和0.970。

由图2可见:莲花山海拔900 m以下样地的木本植物 H' 和 D 值随海拔升高均呈“低—高一低”的抛物线型分布模式,当海拔大于700 m时, H' 和 D 值均明显降低。从相关系数看, H' 值与海拔显著($P<0.05$)相关, D 值与海拔极显著($P<0.01$)相关,表明海拔对莲花山木本植物的种类多样性有显著影响。

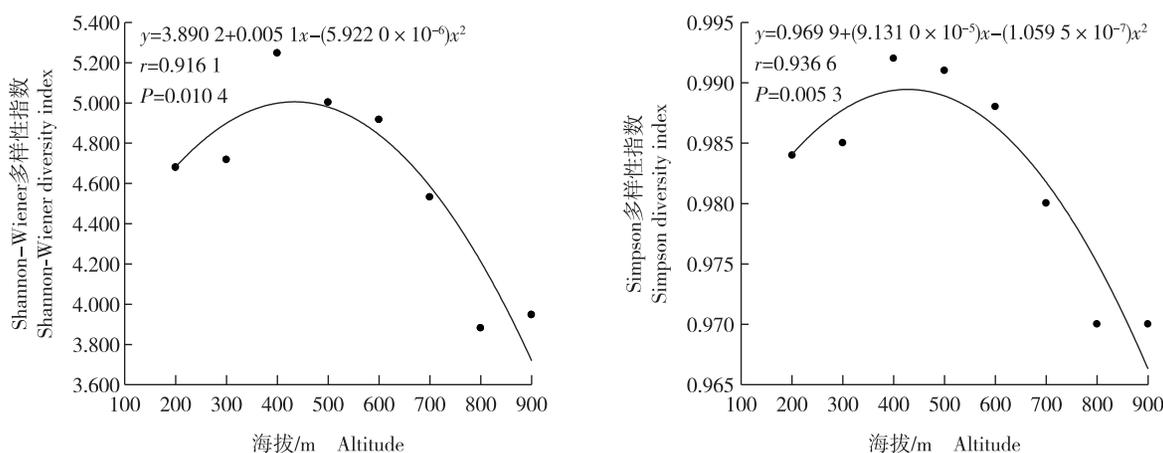


图2 广东惠州莲花山木本植物种类多样性与海拔的相关性

Fig. 2 Correlation of species diversity of woody plant with altitude of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

2.3 木本植物生物量及其与海拔的相关性

莲花山木本植物生物量与海拔的相关性分析结果见图3。结果显示:莲花山木本植物的生物量随海拔升高呈“低—高一低”的抛物线型分布模式,其中,海拔400 m样地木本植物的生物量最高,为134.68 $t \cdot \text{hm}^{-2}$;海拔800和900 m样地木本植物生物量明显降低,分别为71.43和77.87 $t \cdot \text{hm}^{-2}$ 。从相关系

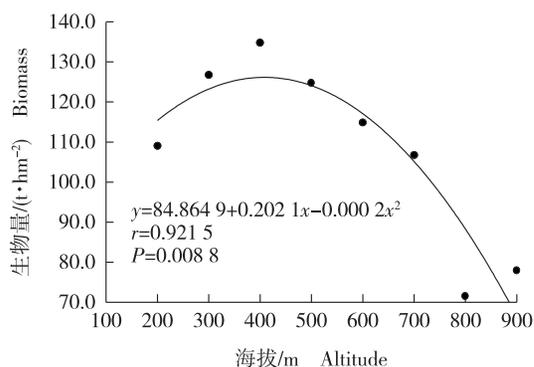


图3 广东惠州莲花山木本植物生物量与海拔的相关性

Fig. 3 Correlation of biomass of woody plant with altitude of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

数看,木本植物生物量与海拔极显著($P<0.01$)相关,表明海拔对莲花山木本植物的生物量有显著影响。

2.4 木本植物个体数量及其与生物量的相关性

莲花山不同样地中各径级木本植物的个体数量及其个体百分数见表3;各径级木本植物的个体数量与生物量的相关性分析结果见图4。

由表3可见:莲花山不同样地的木本植物中I ($1.00 \text{ cm} \leq \text{DBH} \leq 5.00 \text{ cm}$)级个体数量均最多。海拔200 m和600~900 m样地中I和II ($5.00 \text{ cm} < \text{DBH} \leq 10.00 \text{ cm}$)级个体百分数较高;海拔300~500 m样地中III ($10.00 \text{ cm} < \text{DBH} \leq 20.00 \text{ cm}$)和IV ($\text{DBH} > 20.00 \text{ cm}$)级个体百分数较高,说明莲花山低海拔和高海拔样地的木本植物主要以小径级(I和II级)个体为主,中海拔样地的木本植物主要以大径级(III和IV级)个体为主。

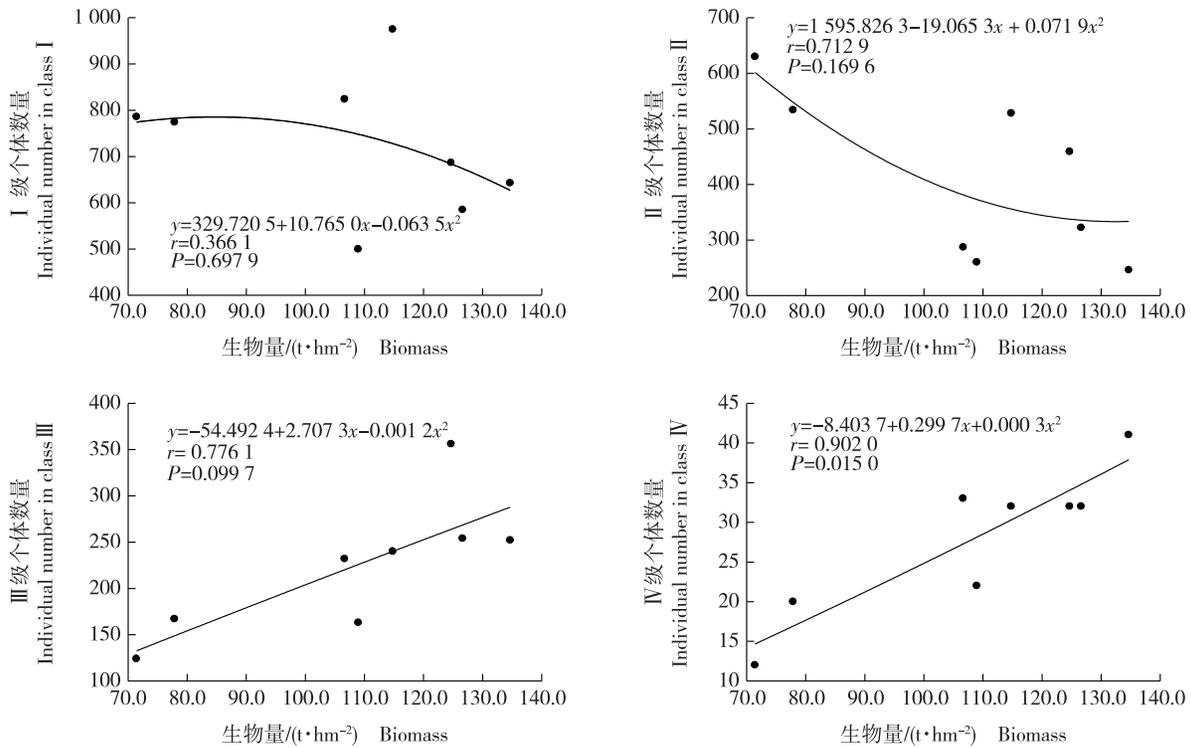
由图4可见:莲花山I、II和III级木本植物的个体数量与生物量均不显著($P>0.05$)相关,但IV级木本植物的个体数量与生物量显著($P<0.05$)相关,说明莲花山木本植物的生物量主要受大径级个体数量的影响。

表 3 广东惠州莲花山不同样地中各径级木本植物的个体数量及其个体百分数¹⁾

Table 3 Number and percentage of individual of woody plant in different diameter classes of different plots of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province¹⁾

样地编号 No. of plot	海拔/m Altitude	各径级的个体数量 Individual number in each diameter class				各径级的个体百分数/% Individual percentage in each diameter class			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	100	—	—	—	—	—	—	—	—
2	200	500	260	163	22	52.9	27.5	17.3	2.3
3	300	585	322	254	32	49.0	27.0	21.3	2.7
4	400	643	246	252	41	54.4	20.8	21.3	3.5
5	500	687	459	356	32	44.8	29.9	23.2	2.1
6	600	975	528	240	32	54.9	29.8	13.5	1.8
7	700	824	287	232	33	59.9	20.9	16.9	2.4
8	800	786	630	124	12	50.6	40.6	8.0	0.8
9	900	774	534	167	20	51.8	35.7	11.2	1.3

¹⁾ I : 1.00 cm ≤ DBH ≤ 5.00 cm; II : 5.00 cm < DBH ≤ 10.00 cm; III : 10.00 cm < DBH ≤ 20.00 cm; IV : DBH > 20.00 cm. DBH: 胸径 Diameter at breast height. —: 无数据 No datum.



I : 1.00cm ≤ DBH ≤ 5.00 cm; II : 5.00 cm < DBH ≤ 10.00 cm; III : 10.00 cm < DBH ≤ 20.00 cm; IV : DBH > 20.00 cm. DBH: 胸径 Diameter at breast height.

图 4 广东惠州莲花山不同径级木本植物的个体数量与生物量的相关性
Fig. 4 Correlation of individual number in different diameter classes with biomass of woody plant of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

2.5 木本植物种类多样性与生物量的相关性

莲花山不同样地的木本植物种类多样性与生物量的相关性分析结果见图 5。结果显示:莲花山木本植物的 Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样

性指数与生物量均呈极显著 ($P < 0.01$) 正相关, 种类多样性越高, 生物量就越大, 表明莲花山木本植物生物量受种类多样性影响, 种类多样性提高有助于生物量增加。

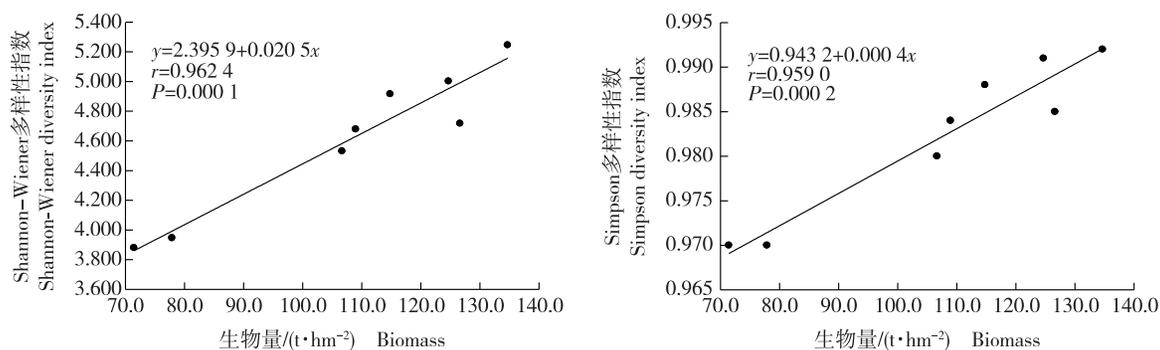


图 5 广东惠州莲花山木本植物的种类多样性与生物量的相关性

Fig. 5 Correlation of species diversity with biomass of woody plant of Lianhua Mountain in Huizhou of Guangdong Province

3 讨论和结论

植物分布和生长受诸多生态因子(如温度、湿度和土壤等)的影响。本研究结果表明:莲花山木本植物的科数、属数和种数随海拔升高而显著降低,表明研究区域木本植物的分布具有特定生态幅^[27];海拔 200~700 m 样地的木本植物种类丰富度较高,可能是由于该区域土壤水热条件良好,适宜植物生长;而受降水和温度的影响,海拔 800 m 以上的区域可能不适合高大乔木生长,而以灌木为主,莲花山木本植物的这一分布特征与亚热带马尾松林相似^[28]。

在同一地理范围内,影响陆地植物多样性沿海拔变化的非生物因子主要有土壤养分、水分、光照和温度,生物因子则包括竞争和捕食等^[29]。莲花山木本植物种类多样性随海拔升高呈“低—高—低”的抛物线型分布模式,且与海拔显著相关。这种植被分布模式也存在于其他区域,如:白龙江上游地区的杜鹃—巴山冷杉(*Rhododendron simsii* Planch.—*Abies fargesii* Franch.)林和苔藓—巴山冷杉林群落的植物多样性随海拔升高呈“低—高—低”的分布模式^[30];华北地区暖温带落叶阔叶林的植物多样性指数在海拔 1 200 m 以下呈递增趋势,在海拔 1 200 m 以上呈递减趋势^[31];高寒草甸植物群落在中海拔区域的植物多样性最高^[18]。低海拔处的人为干扰^[30]和高海拔处水热条件的不足^[19]可能是导致这种分布模式的原因,不同植物对资源利用效率的差异可能也是导致“中间高度膨胀”分布模式的原因之一^[7],如低海拔处优势种对光和水资源的竞争性利用会对其他资源利用效率低的植物产生排斥作用^[29]。

除人为干扰外,植物生物量主要受气候因子(如温度、水分和光照等)和地形因子(如海拔)等的影响^[10],水热条件的变化是导致植物生物量变化的外在原因,降水量和温度的变化导致土壤水分的变化,并影响植物地上部和地下部生物量的变化^[32]。Guo 等^[16]也认为,不同海拔区域的水热条件差异是影响种类多样性和生产力关系的主要因子。热带森林的高降水量加速了土壤与大气中 CO₂ 的交换速率,提高了地上净初级生产力(ANPP)并加快了有机物质的分解速率^[33];降水量年际变化是影响中国陆地生态系统生产力年际变化的主要因子,二者之间显著正相关^[34]。本研究中,莲花山海拔 300~700 m 样地的木本植物生物量最大,个体径级大且数量多,且随海拔升高,高大乔木逐渐被罗浮柿和鼠刺等灌木替代,生物量随之降低,海拔对生物量有显著影响。在其他地区^[19,35-36]也存在这种植物生物量与海拔的关系模式。

植物多样性与生态系统功能的相互作用是生物多样性研究的核心内容之一^[24],且生态系统生产力是生态系统功能的一个重要指标。目前,对植物生物量(生产力)与其多样性之间的关系仍无普遍性认识。有些学者的野外观测和实验分析结果认为,植物种类多样性和生产力存在多种关系,如植物种类多样性增加则生态系统生产力增加^[14,37];也有学者认为,植物种类丰富度和生物量的关系呈“驼峰型”^[16,38],即随植物生物量增加,水热条件引起植物选择、资源竞争和生境变化,到一定程度时植物种类多样性下降,在未受人为干扰的亚高山地区^[39]和高寒草甸地区^[18]存在这一现象;还有学者认为,植物的生物量和多样性之间没有明显的关系^[40],如随亚热带马尾松

林植物种类多样性的增加其生物量没有显著变化^[27]。在不同空间尺度上,植物种类丰富度和生产力之间关系不一^[1],但无论植物种类多样性与生产力为何种关系,前提条件是排除人为干扰的影响^[41]。本研究中,莲花山海拔 100~900 m 区域木本植物的种类多样性和生物量与海拔均有显著的相关性,与不同生态系统的实测结果和模型预测结果^[13-14,37,42]类似。如果考虑各种生态因子的综合作用,植物生物量与种类多样性的关系沿海拔的变化趋势可能更明晰^[41]。

综合上述研究结果,莲花山海拔 100~900 m 样地中共分布有木本植物 54 科 109 属 181 种,在海拔 200~700 m 样地的木本植物种类丰富度较高。该区域木本植物的种类多样性和生物量随海拔升高均呈“低—高—低”的抛物线型分布模式,在中海拔处(400 m)均最大;其中,Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数和生物量与海拔均显著($P < 0.05$)相关,Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数与生物量均极显著($P < 0.01$)相关。莲花山不同海拔区域的水热条件差异可能是其木本植物种类多样性及生物量变化的主要原因。

参考文献:

- [1] WAIDE R B, WILLIG M R, STEINER C F, et al. The relationship between productivity and species richness[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1999, 30(1): 257-300.
- [2] 杨凤萍,胡兆永,张硕新.不同海拔油松和华山松林乔木层生物量与蓄积量的动态变化[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(3):68-76.
- [3] GASTON K J. Global patterns in biodiversity[J]. *Nature*, 2000, 405(6783): 220-227.
- [4] VÁZQUEZ G J A, GIVNISH T J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86(6): 999-1020.
- [5] GLENN-LEWIN D C. Species diversity in North American temperate forests[J]. *Vegetatio*, 1977, 33(2/3): 153-162.
- [6] WHITTAKER R H. Vegetation of the Great Smoky Mountains[J]. *Ecological Monographs*, 1956, 26(1): 2-80.
- [7] WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California [J]. *Ecological Monographs*, 1960, 30(4): 279-338.
- [8] WHITTAKER R H, NIERING W A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope [J]. *Ecology*, 1965, 46(4): 429-452.
- [9] BARUCH Z. Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan Páramos [J]. *Vegetatio*, 1984, 55(2): 115-126.
- [10] 郝文芳,陈存根,梁宗锁,等.植被生物量的研究进展[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(2):175-182.
- [11] 薛立,杨鹏.森林生物量研究综述[J].福建林学院学报,2004,24(3):283-288.
- [12] 王长庭,曹广民,王启兰,等.青藏高原高寒草甸植物群落物种组成和生物量沿环境梯度的变化[J].中国科学,2007,37(5):585-592.
- [13] CHEN S, WANG W, XU W, et al. Plant diversity enhances productivity and soil carbon storage [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(16): 4027-4032.
- [14] NAEEM S, THOMPSON L J, LAWLER S P, et al. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems [J]. *Nature*, 1994, 368(6473): 734-737.
- [15] REDMANN R E. Production ecology of grassland plant communities in western North Dakota [J]. *Ecological Monographs*, 1975, 45(1): 83-106.
- [16] GUO Q, BERRY W L. Species richness and biomass: dissection of the hump-shaped relationships [J]. *Ecology*, 1998, 79(7): 2555-2559.
- [17] 刘哲,李奇,陈懂懂,等.青藏高原高寒草甸物种多样性的海拔梯度分布格局及对地上生物量的影响[J].生物多样性,2015,23(4):451-462.
- [18] 王长庭,王启基,龙瑞军,等.高寒草甸群落植物多样性和初级生产力沿海拔梯度变化的研究[J].植物生态学报,2004,28(2):240-245.
- [19] DO T V, SATO T, THANG N T, et al. Aboveground biomass and tree species diversity along altitudinal gradient in Central Highland, Vietnam [J]. *Tropical Ecology*, 2017, 58(1): 95-104.
- [20] 曾思金,马定文,廖远芳,等.广东莲花山白盆珠自然保护区苏铁蕨群落特征[J].福建林业科技,2016,43(2):8-13.
- [21] 林伟通,刘强,朱慈佑,等.广东惠东莲花山白盆珠耐阴性观赏植物及其应用前景探讨[J].广东园林,2016,38(3):71-74.
- [22] 曾思金,刘强,王盼,等.广东惠东莲花山白盆珠兰科植物多样性分析[J].亚热带植物科学,2015,44(4):319-324.
- [23] 董鸣,王义凤,孔繁志,等.中国生态系统研究网络观测与分析标准方法:陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1997:3-12.
- [24] 陈灵芝,钱迎倩.生物多样性科学前沿[J].生态学报,1997,17(6):565-572.
- [25] 温达志,魏平,孔国辉,等.鼎湖山锥栗+黄果厚壳桂+荷木群落生物量及其特征[J].生态学报,1997,17(5):497-504.
- [26] 周国逸,尹光彩,唐旭利,等.中国森林生态系统碳储量:生物量方程[M].北京:科学出版社,2018:40-60.
- [27] 祖元刚,王文杰,杨逢建,等.植物生活史型的多样性及动态分析[J].生态学报,2002,22(11):1811-1818.
- [28] 高一飞,张静,唐旭利,等.亚热带马尾松林恢复过程中物种丰富度及生物量变化[J].生态环境学报,2016,25(1):

- 22-29.
- [29] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- [30] 郭正刚, 刘慧霞, 孙学刚, 等. 白龙江上游地区森林植物群落物种多样性的研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(3): 388-395.
- [31] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337-344.
- [32] 刘清泉, 杨文斌, 珊丹. 草甸草原土壤含水量对地上生物量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(7): 179-181.
- [33] TAYLOR P G, CLEVELAND C C, WIEDER W R, et al. Temperature and rainfall interact to control carbon cycling in tropical forests[J]. Ecology Letters, 2017, 20(6): 779-788.
- [34] FANG J, PIAO S, TANG Z, et al. Interannual variability in net primary production and precipitation[J]. Science, 2001, 293(5536): 1723.
- [35] WAIKHOM A C, NATH A J, YADAVA P S. Aboveground biomass and carbon stock in the largest sacred grove of Manipur, Northeast India[J]. Journal of Forestry Research, 2018, 29(2): 425-428.
- [36] DE CASTILHO C V, MAGNUSSON W E, DE ARAÚJO R N O, et al. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: effects of soil and topography[J]. Forest Ecology and Management, 2006, 234(1): 85-96.
- [37] TILMAN D, DOWNING J A. Biodiversity and stability in grasslands[J]. Nature, 1994, 367(6461): 363-365.
- [38] ZOBEL K, LIIRA J. A scale-independent approach to the richness vs biomass relationship in ground-layer plant communities[J]. Oikos, 1997, 80(2): 325-332.
- [39] 罗天祥, 石培礼, 罗辑, 等. 青藏高原植被样带地上部分生物量的分布格局[J]. 植物生态学报, 2002, 26(6): 668-676.
- [40] ADLER P B, SEABLOOM E W, BORER E T, et al. Productivity is a poor predictor of plant species richness[J]. Science, 2011, 333(6050): 1750-1753.
- [41] FRIDLEY J D, GRIME J P, HUSTON M A, et al. Comment on "Productivity is a poor predictor of plant species richness"[J]. Science, 2012, 335(6075): 1441.
- [42] 刘禹, 齐永峰, 王文帆, 等. 兴安落叶松林蓄积量与海拔的关系研究[J]. 林业科技, 2011, 36(4): 32-34.

(责任编辑: 郭严冬)

附录 I Appendix I

安息香科 Styracaceae

安息香属 *Styrax*

白花龙 *Styrax fabri*

越南安息香 *Styrax tonkinensis*

赤杨叶属 *Alniphyllum*

赤杨叶 *Alniphyllum fortunei*

八角枫科 Alangiaceae

八角枫属 *Alangium*

八角枫 *Alangium chinense*

大风子科 Flacourtiaceae

脚骨脆属 *Casearia*

脚骨脆 *Casearia balansae*

柞木属 *Xylosma*

柞木 *Xylosma racemosum*

大戟科 Euphorbiaceae

巴豆属 *Croton*

巴豆 *Croton tiglium*

秋枫属 *Bischofia*

秋枫 *Bischofia javanica*

算盘子属 *Glochidion*

白背算盘子 *Glochidion wrightii*

毛果算盘子 *Glochidion eriocarpum*

土蜜树属 *Bridelia*

膜叶土蜜树 *Bridelia pubescens*

乌柏属 *Sapium*

山乌柏 *Sapium discolor*

五月茶属 *Antidesma*

黄毛五月茶 *Antidesma fordii*

酸味子 *Antidesma japonicum*

血桐属 *Macaranga*

鼎湖血桐 *Macaranga sampsonii*

野桐属 *Mallotus*

白楸 *Mallotus paniculatus*

油桐属 *Vernicia*

木油桐 *Vernicia montana*

油桐 *Vernicia fordii*

冬青科 Aquifoliaceae

冬青属 *Ilex*

矮冬青 *Ilex lohfauiensis*

凹叶冬青 *Ilex championii*

广东冬青 *Ilex kwangtungensis*

梅叶冬青 *Ilex asprella* var. *asprella*

榕叶冬青 *Ilex ficoidea*

三花冬青 *Ilex triflora*

铁冬青 *Ilex rotunda*

豆科 Leguminosae

猴耳环属 *Pithecellobium*

猴耳环 *Pithecellobium clypearia*

亮叶猴耳环 *Pithecellobium lucidum*

黄檀属 *Dalbergia*

南岭黄檀 *Dalbergia balansae*

金合欢属 *Acacia*

大叶相思 *Acacia auriculiformis*

棋子豆属 *Cylindrokelupha*

大叶合欢 *Cylindrokelupha turgida*

杜鹃花科 Ericaceae

杜鹃属 *Rhododendron*

罗浮杜鹃 *Rhododendron henryi*

马银花 *Rhododendron ovatum*

越桔属 *Vaccinium*

黄背越桔 *Vaccinium iteophyllum*

杜英科 Elaeocarpaceae

杜英属 *Elaeocarpus*

褐毛杜英 *Elaeocarpus duclouxii*

日本杜英 *Elaeocarpus japonicus*

山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*

中华杜英 *Elaeocarpus chinensis*

猴欢喜属 *Sloanea*

猴欢喜 *Sloanea sinensis*

番荔枝科 Annonaceae

假鹰爪属 *Desmos*

假鹰爪 *Desmos chinensis*

古柯科 Erythroxylaceae

粘木属 *Ixonanthes*

粘木 *Ixonanthes chinensis*

海桐花科 Pittosporaceae

海桐花属 *Pittosporum*

光叶海桐 *Pittosporum glabratum*

- 红树科 Rhizophoraceae
竹节树属 *Carallia*
竹节树 *Carallia brachiata*
- 胡桃科 Juglandaceae
黄杞属 *Engelhardtia*
黄杞 *Engelhardtia roxburghiana*
- 虎耳草科 Saxifragaceae
鼠刺属 *Itea*
鼠刺 *Itea chinensis*
- 虎皮楠科 Daphniphyllaceae
虎皮楠属 *Daphniphyllum*
虎皮楠 *Daphniphyllum oldhami*
牛耳枫 *Daphniphyllum calycinum*
- 金缕梅科 Hamamelidaceae
枫香树属 *Liquidambar*
枫香树 *Liquidambar formosana*
- 红花荷属 *Rhodoleia*
红花荷 *Rhodoleia championii*
- 蚊母树属 *Distylium*
蚊母树 *Distylium racemosum*
- 蕈树属 *Altingia*
蕈树 *Altingia chinensis*
- 马鞭草科 Verbenaceae
牡荆属 *Vitex*
牡荆 *Vitex negundo* var. *cannabifolia*
山牡荆 *Vitex quinata*
紫珠属 *Callicarpa*
枇杷叶紫珠 *Callicarpa kochiana*
- 猕猴桃科 Actinidiaceae
水东哥属 *Saurauia*
水东哥 *Saurauia tristyla*
- 木兰科 Magnoliaceae
含笑属 *Michelia*
深山含笑 *Michelia maudiae*
野含笑 *Michelia skinneriana*
木莲属 *Manglietia*
木莲 *Manglietia fordiana*
- 木犀科 Oleaceae
梣属 *Fraxinus*
苦槠木 *Fraxinus insularis*
女贞属 *Ligustrum*
台湾女贞 *Ligustrum amamianum*
- 椴木科 Clethraceae
椴木属 *Clethra*
单毛椴木 *Clethra bodinieri*
- 漆树科 Anacardiaceae
南酸枣属 *Choerospondias*
南酸枣 *Choerospondias axillaris*
漆属 *Toxicodendron*
木蜡树 *Toxicodendron succedaneum*
- 壳斗科 Fagaceae
柯属 *Lithocarpus*
大叶苦柯 *Lithocarpus paihengii*
木姜叶柯 *Lithocarpus litseifolius*
泥柯 *Lithocarpus fenestratus*
烟斗柯 *Lithocarpus corneus*
硬壳柯 *Lithocarpus hancei*
紫玉盘柯 *Lithocarpus wariifolius*
- 青冈属 *Cyclobalanopsis*
华南青冈 *Cyclobalanopsis edithiae*
- 锥属 *Castanopsis*
红锥 *Castanopsis hystrix*
黧蒴锥 *Castanopsis fissa*
鹿角锥 *Castanopsis lamontii*
罗浮栲 *Castanopsis fabri*
- 茜草科 Rubiaceae
九节属 *Psychotria*
九节 *Psychotria rubra*
茜树属 *Aidia*
茜树 *Aidia cochinchinensis*
香楠 *Aidia canthioides*
水团花属 *Adina*
水团花 *Adina pilulifera*
鱼骨木属 *Canthium*
鱼骨木 *Canthium dicoccum*
梔子属 *Gardenia*
梔子 *Gardenia jasminoides*
- 蔷薇科 Rosaceae
枇杷属 *Eriobotrya*
香花枇杷 *Eriobotrya fragrans*
臀果木属 *Pygeum*
臀果木 *Pygeum topengii*
樱属 *Cerasus*
山樱花 *Cerasus serrulata*
- 清风藤科 Sabiaceae
泡花树属 *Meliosma*
笔罗子 *Meliosma rigida*
香皮树 *Meliosma fordii*
樟叶泡花树 *Meliosma squamulata*
- 忍冬科 Caprifoliaceae
荚蒾属 *Viburnum*
常绿荚蒾 *Viburnum sempervirens*
珊瑚树 *Viburnum odoratissimum*
- 瑞香科 Thymelaeaceae
茺花属 *Wikstroemia*
了哥王 *Wikstroemia indica*
- 桑科 Moraceae
波罗蜜属 *Artocarpus*
二色波罗蜜 *Artocarpus styracifolius*
榕属 *Ficus*
白肉榕 *Ficus vasculosa*
变叶榕 *Ficus variolosa*
黄葛树 *Ficus virens* var. *sublanceolata*
黄毛榕 *Ficus esquiroliana*
青果榕 *Ficus variegata* var. *chlorocarpa*
水同木 *Ficus fistulosa*
台湾榕 *Ficus formosana*
天仙果 *Ficus erecta* var. *beeheyana*
- 山茶科 Theaceae
大头茶属 *Gordonia*
大头茶 *Gordonia axillaris*
红淡比属 *Cleyera*
厚叶红淡比 *Cleyera pachyphylla*
柃木属 *Eurya*
二列叶柃 *Eurya distichophylla*
格药柃 *Eurya muricata*
华南毛柃 *Eurya ciliata*
尖叶毛柃 *Eurya acuminatissima*
米碎花 *Eurya chinensis*
细齿叶柃 *Eurya nitida*
细枝柃 *Eurya loquaiana*
楔基腺柃 *Eurya glandulosa* var. *cuneiformis*
木荷属 *Schima*
木荷 *Schima superba*
山茶属 *Camellia*
茶 *Camellia sinensis*
长尖连蕊茶 *Camellia acutissima*
杨桐属 *Adinandra*
两广杨桐 *Adinandra glischroloma*
川杨桐 *Adinandra bockiana*
杨桐 *Adinandra millettii*
长毛杨桐 *Adinandra glischroloma* var. *jubata*
折柄茶属 *Hartia*
毛折柄茶 *Hartia villosa*
- 山矾科 Symplocaceae
山矾属 *Symplocos*
光叶山矾 *Symplocos lancifolia*
黄牛奶树 *Symplocos laurina*
毛山矾 *Symplocos groffii*
密花山矾 *Symplocos congesta*
- 山榄科 Sapotaceae
肉实树属 *Sarcosperma*
肉实树 *Sarcosperma laurinum*
- 山龙眼科 Proteaceae
山龙眼属 *Helicia*
网脉山龙眼 *Helicia reticulata*
小果山龙眼 *Helicia cochinchinensis*
- 山茱萸科 Cornaceae
四照花属 *Dendrobenthamia*
褐毛四照花 *Dendrobenthamia ferruginea*

- 香港四照花 *Dendrobenthamia hongkongensis*
- 杉科 Taxodiaceae
- 杉木属 *Cunninghamia*
- 杉木 *Cunninghamia lanceolata*
- 省沽油科 Staphyleaceae
- 山香圆属 *Turpinia*
- 山香圆 *Turpinia montana*
- 柿科 Ebenaceae
- 柿属 *Diospyros*
- 罗浮柿 *Diospyros morrisiana*
- 柿 *Diospyros kaki*
- 乌材 *Diospyros eriantha*
- 松科 Pinaceae
- 松属 *Pinus*
- 马尾松 *Pinus massoniana*
- 桃金娘科 Myrtaceae
- 蒲桃属 *Syzygium*
- 赤楠 *Syzygium buxifolium*
- 红鳞蒲桃 *Syzygium hancei*
- 红枝蒲桃 *Syzygium rehderianum*
- 华南蒲桃 *Syzygium austrosinense*
- 蒲桃 *Syzygium jambos*
- 桃金娘属 *Rhodomyrtus*
- 桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa*
- 藤黄科 Guttiferae
- 黄牛木属 *Cratogeomys*
- 黄牛木 *Cratogeomys cochinchinense*
- 藤黄属 *Garcinia*
- 山竹子 *Garcinia multiflora*
- 铁青树科 Olacaceae
- 青皮木属 *Schoepfia*
- 华南青皮木 *Schoepfia chinensis*
- 卫矛科 Celastraceae
- 假卫矛属 *Microtropis*
- 密花假卫矛 *Microtropis gracilipes*
- 卫矛属 *Euonymus*
- 中华卫矛 *Euonymus nitidus*
- 无患子科 Sapindaceae
- 龙眼属 *Dimocarpus*
- 龙眼 *Dimocarpus longan*
- 梧桐科 Sterculiaceae
- 翅子树属 *Pterospermum*
- 翻白叶树 *Pterospermum heterophyllum*
- 苹婆属 *Sterculia*
- 假苹婆 *Sterculia lanceolata*
- 梭罗树属 *Reevesia*
- 两广梭罗 *Reevesia thyrsoides*
- 五加科 Araliaceae
- 楸木属 *Aralia*
- 楸木 *Aralia chinensis*
- 鹅掌柴属 *Schefflera*
- 鹅掌柴 *Schefflera octophylla*
- 树参属 *Dendropanax*
- 树参 *Dendropanax dentiger*
- 五列木科 Pentaphylacaceae
- 五列木属 *Pentaphylax*
- 五列木 *Pentaphylax euryoides*
- 杨梅科 Myricaceae
- 杨梅属 *Myrica*
- 杨梅 *Myrica rubra*
- 野牡丹科 Melastomataceae
- 柏拉木属 *Blastus*
- 柏拉木 *Blastus cochinchinensis*
- 野牡丹属 *Melastoma*
- 毛茛 *Melastoma sanguineum*
- 榆科 Ulmaceae
- 山黄麻属 *Trema*
- 山黄麻 *Trema tomentosa*
- 芸香科 Rutaceae
- 柑橘属 *Citrus*
- 柑橘 *Citrus reticulata*
- 花椒属 *Zanthoxylum*
- 大叶臭花椒 *Zanthoxylum myriacanthum*
- 箬欖花椒 *Zanthoxylum avicennae*
- 吴茱萸属 *Evodia*
- 楝叶吴茱萸 *Evodia glabrifolia*
- 三桠苦 *Evodia lepta*
- 樟科 Lauraceae
- 厚壳桂属 *Cryptocarya*
- 厚壳桂 *Cryptocarya chinensis*
- 黄果厚壳桂 *Cryptocarya concinna*
- 木姜子属 *Litsea*
- 豺皮樟 *Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*
- 华南木姜子 *Litsea greenmaniana*
- 山鸡椒 *Litsea cubeba*
- 琼楠属 *Beilschmiedia*
- 美脉琼楠 *Beilschmiedia delicata*
- 润楠属 *Machilus*
- 短序润楠 *Machilus breviflora*
- 红楠 *Machilus thunbergii*
- 薄叶润楠 *Machilus leptophylla*
- 华润楠 *Machilus chinensis*
- 绒毛润楠 *Machilus velutina*
- 浙江润楠 *Machilus chekiangensis*
- 山胡椒属 *Lindera*
- 广东山胡椒 *Lindera kwangtungensis*
- 香叶树 *Lindera communis*
- 新木姜子属 *Neolitsea*
- 卵叶新木姜子 *Neolitsea ovatifolia*
- 美丽新木姜子 *Neolitsea pulchella*
- 鸭公树 *Neolitsea chuii*
- 樟属 *Cinnamomum*
- 黄樟 *Cinnamomum parthenoxylon*
- 紫草科 Boraginaceae
- 厚壳树属 *Ehretia*
- 长花厚壳树 *Ehretia longiflora*
- 紫金牛科 Myrsinaceae
- 杜茎山属 *Maesa*
- 鲫鱼胆 *Maesa perlaris*
- 密花树属 *Rapanea*
- 密花树 *Rapanea neriifolia*
- 紫金牛属 *Ardisia*
- 大罗伞树 *Ardisia hanceana*
- 罗伞树 *Ardisia quinquegona*