



## 东莞市亚热带常绿阔叶次生林优势种生态位特征研究

冯铭淳, 谢惠燕, 邓宁枕, 李嘉诚, 罗贞, 卢德浩, 林娜

### 引用本文:

冯铭淳, 谢惠燕, 邓宁枕, 李嘉诚, 罗贞, 卢德浩, 林娜. 东莞市亚热带常绿阔叶次生林优势种生态位特征研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(6): 747–756.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4836>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 舟山群岛次生林优势种群的生态位与种间联结

Niche and Interspecific Association of Dominant Species in Secondary Forest of Zhoushan Islands

热带亚热带植物学报. 2017, 25(1): 73–80 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3620>

#### 亚热带常绿阔叶林89种木本植物一级根碳氮浓度变异规律

Variation Patterns in C and N Concentrations in the First-order Roots of 89 Woody Species in Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest

热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 474–482 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4372>

#### 黔中喀斯特次生林主要物种的生态位及种间联结性动态变化

Dynamic Changes in Niche and Interspecific Association of Major Species of Karst Secondary Forest in Central Guizhou

热带亚热带植物学报. 2021, 29(1): 9–19 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4252>

#### 广东翁源青云山自然保护区森林群落优势树种的生态位特征

Niche Characteristics of Dominant Species of Forest Community in Qingyunshan Natural Reserve, Wengyuan, Guangdong Province

热带亚热带植物学报. 2020, 28(6): 565–573 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4214>

#### 沿海拔梯度武夷山3种典型森林凋落物及养分归还动态

Dynamics of Litterfall and Nutrient Return in Three Typical Forests of Wuyi Mountain along Altitudinal Gradient

热带亚热带植物学报. 2020, 28(4): 394–402 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4146>

向下翻页, 浏览PDF全文

# 东莞市亚热带常绿阔叶次生林优势种生态位特征研究

冯铭淳, 谢惠燕, 邓宁枕, 李嘉诚, 罗贞, 卢德浩, 林娜\*

(华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642)

**摘要:** 为了解广东省东莞市亚热带常绿阔叶次生林群落的生态位特征和演替现状, 设置 3 个 1 hm<sup>2</sup> 样地, 采用 Levins 生态位宽度和 Pianka 生态位重叠, 对东莞市马山和银瓶山市级自然保护区的亚热带常绿阔叶次生林群落优势种进行生态位特征分析。结果表明, 马山和银瓶山亚热带常绿阔叶次生林群落主要由樟科、芸香科、山茶科、鼠刺科、茜草科等树种组成。群落中山油柑(*Acronychia pedunculata*)、木荷(*Shichima superb*)、华润楠(*Machilus chinensis*)、黄樟(*Cinnamomum parthenoxylon*)、鼠刺(*Itea chinensis*)的生态位宽度较大, 生态位宽度与频数关系密切。优势种生态位重叠值介于 0~0.53, 生态位重叠程度低, 竞争关系较弱。3 个样地所处演替阶段不同, 银瓶山样地阳生树种与其他树种的生态位重叠值较大, 马山样地中生性树种与其他树种的生态位重叠值更大, 体现出常绿阔叶林从阳生树种建群到中生性树种建群的更替过程, 为该区次生林的保护和管理提供科学依据。

**关键词:** 亚热带常绿阔叶林; 次生林; 优势种; 生态位特征

doi: 10.11926/jtsb.4836

CSTR:32235.14.jtsb.4836

## Niche Characteristics of Dominant Tree Species of Subtropical Evergreen Broad-leaved Secondary Forest in Dongguan City, Guangdong Province, China

FENG Mingchun, XIE Huiyan, DENG Ninglong, LI Jiacheng, LUO Zhen, LU Dehao, LIN Na\*

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** To understand the niche characteristics and succession status of subtropical evergreen broad-leaved secondary forest community in Dongguan, Guangdong Province, three 1 hm<sup>2</sup> plots were set up. Levins niche width and Pianka niche overlap are used to analyze the niche characteristics of the dominant tree species of the evergreen broad-leaved secondary forest community in Mashan and Yinpingshan Nature Reserves in Dongguan. The results showed that the secondary forest communities in Mashan and Yinpingshan were mainly composed of Lauraceae, Rutaceae, Theaceae, Iteaceae, Rubiaceae. The niche width of *Acronychia pedunculata*, *Shichima superb*, *Machilus chinensis*, *Cinnamomum parthenoxylon*, *Itea chinensis* in communities was large, and the niche width was closely related to the frequency. The niche overlap of dominant tree species ranged from 0 to 0.53, indicating that the competition of dominant tree species was weak. The succession stages of the three plots are different. The niche width and the niche overlap of heliophytes were large in Yinpingshan communities, while those of mesophytes in Mashan community were relatively larger, reflecting the replacement process of evergreen

收稿日期: 2023-08-29 接受日期: 2023-11-03

基金项目: 广东省基础与应用研究基金项目(2021A1515011092)资助

This work was supported by the Project for Basic and Applied Research in Guangdong (Gant No. 2021A1515011092).

作者简介: 冯铭淳(1999 年生), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为森林生态系统管理。E-mail: 1070109672@qq.com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: nalin@scau.edu.cn

broad-leaved forest from heliophytes to mesophytes, these would provide scientific basis for the protection and management of secondary forest in this area.

**Key words:** Subtropical evergreen broad-leaved forest; Secondary forest; Dominant tree species; Niche characteristic

生态位理论在种间关系、群落结构、物种多样性及种群进化研究中广泛应用, 被普遍认为是生态学的核心思想, 植物间生态位分化是植物物种共存的基本机制之一, 也是群落演替和物种组成变化的主要驱动力<sup>[1-4]</sup>。生态位宽度和生态位重叠是描述生态位特征的主要指标, 可以量化物种对环境资源的利用能力和物种间竞争关系, 反映物种间的共存机制<sup>[5-9]</sup>。生态位宽度反映了物种对于环境资源的利用状况, 生态位宽度较大的物种表明对资源利用更加充分, 因而对环境具有更强的适应力; 生态位重叠则反映物种之间对于环境资源利用发生重叠的情况, 在一定程度上能够反映物种联结关系及空间配置关系<sup>[10-14]</sup>。

次生林是我国森林资源的重要组成部分, 其既保持了原始森林的物种组成成分与生境, 又与原始森林在结构组成、林木生长、生产力、林分环境和生态功能等方面存在显著的不同, 次生林面积扩大将引起森林生态系统中生物多样性的下降<sup>[15-16]</sup>。我国亚热带地区分布着大量的天然次生林, 关于亚热带地区次生林生态位的研究较多, 叶铎等<sup>[17]</sup>对广西大明山常绿阔叶次生林中不同演替序列种群的生态位特征进行研究, 表明了常绿阔叶次生林群落在演替过程中生态位特征的变化; 周洋等<sup>[18]</sup>利用改进的生态位宽度与生态位重叠测度, 测定了福建三明栲类次生林主要树种的更新生态位, 并给出了人工促进幼苗更新的建议; 高洁杰等<sup>[19]</sup>对舟山群岛次生林优势种群进行生态位与种间联结研究, 分析得出舟山群岛次生林群落尚未成熟, 还处于动态演替的不稳定阶段; 杨新东等<sup>[13]</sup>利用生态位宽度、生态位重叠和生态位相似性, 探讨了广东翁源青山次生林的生存现状, 为青山山自然保护区的森林资源管理提供了依据; 李婷婷等<sup>[20]</sup>对黔中喀斯特次生林主要物种的生态位及种间联结进行了动态变化研究, 表明黔中次生林群落种间竞争在自然演替过程中稳定朝着正向演替的方向发展。研究常绿阔叶林的生态位特征, 对了解常绿阔叶次生林的群落稳定性以及演替趋势具有非常重要的意义, 有利于次生林群落管理与保护措施的制定。

东莞市位于广东省中南部, 属亚热带季风性气

候, 地带性植被为南亚热带季风常绿阔叶, 随着经济的快速发展和城市化进程的加剧, 东莞市森林资源受到严重干扰和破坏, 环境承受着巨大的生态压力, 原生性森林消失殆尽, 仅城郊存在少量的常绿阔叶次生林<sup>[21-22]</sup>, 其中大岭山、银瓶山等植被保留最为完整, 银瓶山植物种类分布在东莞最具代表性<sup>[23]</sup>。近年来对东莞市常绿阔叶林次生林的研究多集中在群落组成<sup>[24-25]</sup>、林冠结构<sup>[26-27]</sup>、土壤养分<sup>[22,27]</sup>、土壤微生物<sup>[28]</sup>等方面, 对于生态位特征方面的研究还十分缺乏。本研究以位于大岭山及银瓶山的亚热带常绿阔叶次生林为研究对象, 分析群落组成结构与群落优势种的生态位特征, 以增强对该区常绿阔叶次生林群落生态位特征的认识, 为该区亚热带常绿阔叶次生林群落的恢复、改造以及抚育经营提供理论依据, 更好地发挥森林的生态效益与社会效益。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于广东省东莞市大岭山的马山市级自然保护区及银瓶山的银瓶山市级自然保护区(图 1), 其中马山市级自然保护区(113°40'42.18"~113°48'6.57" E, 22°50'48.76"~22°54'52.85" N)总面积 2 457.46 hm<sup>2</sup>; 银瓶山市级自然保护区(114°9'55.47"~114°15'15.93" E, 22°52'31.98"~22°56'11.90" N)总面积 2 518.30 hm<sup>2</sup>。属亚热带季风气候, 年平均气温 23.1 °C, 年平均降水量 1 802.5 mm, 热量丰富, 雨量充沛, 干湿季明显。研究区地带性植被类型为南亚热带季风常绿阔叶林, 组成种类多样而富有热带性, 表现出从热带到亚热带过渡的特点, 优势种主要由壳斗科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、桃金娘科(Myrtaceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、山矾科(Symplocaceae)、梧桐科(Sterculiaceae)等的树种组成。

### 1.2 样地设置和调查

参考 BCI 大样地建设方法<sup>[29]</sup>, 设置 3 个 1 hm<sup>2</sup> (100 m×100 m)的方形样地, 其中 1 个位于马山市级自然保护区的亚热带常绿阔叶次生林, 2 个位于银

瓶山市级自然保护区的亚热带常绿阔叶次生林。马山样地设置时间为 2021 年 7 月, 银瓶山样地设置时间为 2022 年 7 月—8 月, 使用全站仪将每个样地分成 100 个 10 m×10 m 的样方。植被调查参考方精

云等<sup>[30]</sup>的方法, 对样地内的胸径(DBH)≥3 cm 的全部乔木种进行调查, 测量并记录种名、胸径、树高、冠幅和相对坐标等, 同时调查样地的郁闭度、地形、土壤等环境因子。样地基本信息见表 1。

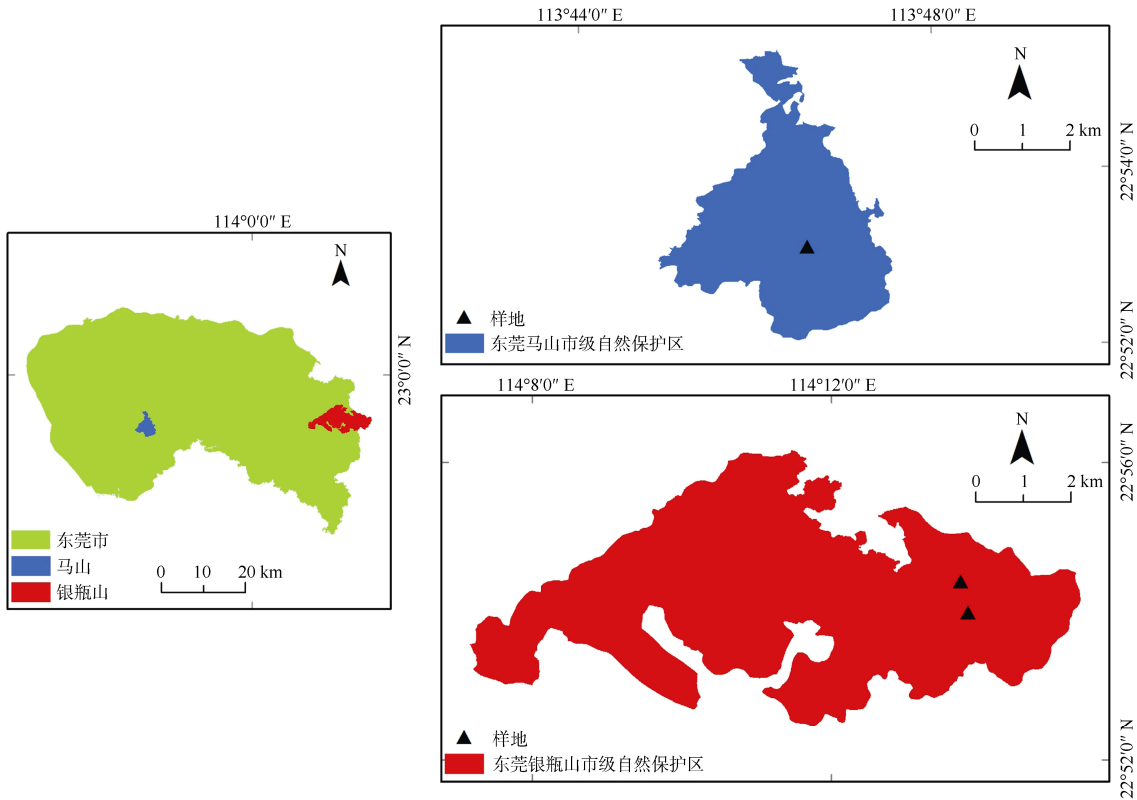


图 1 样地分布示意图

Fig. 1 Distribution of sample plots

表 1 样地基本信息

Table 1 Basic information of sample plots

样地 Plot	经度 (E) Longitude	纬度 (N) Latitude	海拔 (m) Altitude	坡向 Slope aspect	坡度 (°) Slope	株数 Number	平均胸径 (cm) Mean DBH	平均树高 (m) Average height
马山 Mashan	113°46'36"	22°53'5"	456	东南 Southeast	11	2 176	6.9±0.09	5.0±0.04
银瓶山 1 Yinpingshan 1	114°13'44"	22°54'24"	280	东南 Southeast	22	1 401	9.5±0.15	8.1±0.10
银瓶山 2 Yinpingshan 2	114°13'50"	22°53'59"	260	东南 Southeast	26	2 058	8.9±0.11	7.3±0.06

### 1.3 数据统计和分析

#### 1.3.1 重要值计算

采用重要值(importance value, IV)表示树种在样地中的优势度<sup>[30-32]</sup>。物种重要值(IV)=(相对多度+相对频度+相对优势度)/3; 科的重要值(FIV)=(相对多样性+相对密度+相对优势度)/3。

#### 1.3.2 生态位宽度计算

以样方作为资源位, 以重要值代表树种的资源利用状态, 采用 Levins 指数( $B_L$ )计算各树种生态位

宽度<sup>[5,33]</sup>:  $B_L = 1 / \sum_{j=1}^r P_{ij}^2$ ,  $P_{ij} = n_{ij} / \sum n_{ij}$ , 式中,  $P_{ij}$

为树种  $i$  在  $j$  样方中重要值与树种  $i$  在所有样方中重要值总和之比,  $n_{ij}$  为树种  $i$  在第  $j$  样方上的重要值,  $r$  为样方数。

#### 1.3.3 生态位重叠计算

生态位重叠反映树种之间利用资源或对环境适应能力的相似程度, 能反映生态位相似的树种对资源与空间的分享或竞争。采用 Pianka 指数

反映树种间生态位重叠程度<sup>[34]</sup>:

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj} / \sqrt{\left( \sum_{j=1}^r P_{ij} \right)^2 \left( \sum_{j=1}^r P_{kj} \right)^2}$$

种  $i$  和树种  $k$  的生态位重叠指数, 取值范围为[0, 1], 其值越大表示生态位重叠程度越高。 $P_{ij}$  与  $P_{kj}$  分别是树种  $i$  和  $k$  在  $j$  样方中的重要值占所有样方重要值总和的比例,  $r$  为样方数。

数据整理及重要值计算在 Excel 2019 中完成; 生态位特征分析在 R 4.2.2 中完成, 其中生态位宽度使用 spaa 包中的 niche.width() 函数计算, 生态位重叠使用 spaa 包中的 niche.overlap() 函数计算。

## 2 结果和分析

### 2.1 物种组成和重要值

马山样地共有植物 42 种, 隶属 22 科 37 属, 共 2 176 株, 银瓶山 1 样地有植物 43 种, 隶属 23 科 36 属, 1 401 株, 银瓶山 2 样地有植物 41 种, 隶属 27 科 39 属, 2 058 株。从表 2 可见, 3 个样地重要值最大的科均为樟科, 重要值约为 20%, 优势度明显, 共有树种为华润楠(*Machilus chinensis*)和豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)。芸香科、山茶科和茜草科重要值也较大, 均超过 5%。山油柑(*Acronychia pedunculata*)、箬欏花椒(*Zanthoxylum avicennae*)、木荷(*Schima superba*)、细齿叶柃(*Eurya*

*nitida*)、狗骨柴(*Diplospora dubia*)、梔子(*Gardenia jasminoides*)、鸭脚木(*Schefflera heptaphylla*)在 3 个样地均有出现。马山样地中, 冬青科在多度和重要值上优势较大, 银瓶山 1 和 2 样地中鼠刺科优势度较大, 其在银瓶山 1 样地中多度排第 2, 重要值排名第 3; 在银瓶山 2 样地中多度占较大优势, 排名第 1, 重要值排名第 2。

### 2.2 优势种生态位宽度

生态位宽度可以度量各物种对资源利用的情况, 物种生态位宽度大, 表明对环境具有较强的适应能力。选取各样地重要值前 15 的树种作为优势种计算生态位宽度。3 个样地中生态位宽度与重要值排名前 3 的树种相同, 其余大部分树种的重要值与生态位宽度排名不一致(表 3)。如马山样地的木荷, 银瓶山 1 样地的黄樟(*Cinnamomum parthenoxylon*)、南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、马尾松(*Pinus massoniana*), 银瓶山 2 样地的红花荷(*Rhodoleia championii*)等, 这些树种重要值较大, 但频数较小, 生态位宽度较小。将优势种生态位宽度分别与重要值和频数进行线性回归分析, 结果表明生态位宽度与重要值和频数呈显著正相关关系(图 2)。表明树种重要值、频数越大, 生态位宽度也越大, 但生态位宽度与频数的关系更加密切。如马山样地的变叶榕(*Ficus variolosa*)、豺皮樟、狗骨柴, 银瓶山 1 样地的九节(*Psychotria asiatica*)、银柴(*Aporosa dioica*), 银瓶山 2 样地的五列木(*Pentaphylax euryoides*)等。

表 2 重要值前 5 的科

Table 2 Top 5 family of importance value

样地 Plot	科 Family	属数 Number of genus	种数 Number of species	多度 Abundance	重要值 / % Importance value
马山 Mashan	樟科 Lauraceae	3	3	537	17.29
	芸香科 Rutaceae	4	4	416	14.59
	山茶科 Theaceae	5	5	316	12.37
	冬青科 Aquifoliaceae	1	3	270	10.46
	茜草科 Rubiaceae	3	3	157	8.03
银瓶山 1 Yinpingshan 1	樟科 Lauraceae	4	4	380	20.43
	鼠刺科 Itaceae	1	1	301	11.71
	山茶科 Theaceae	3	3	197	11.38
	芸香科 Rutaceae	4	4	97	8.64
	茜草科 Rubiaceae	3	3	76	6.39
银瓶山 2 Yinpingshan 2	樟科 Lauraceae	4	4	471	18.82
	鼠刺科 Itaceae	1	1	791	17.59
	芸香科 Rutaceae	3	3	143	8.83
	山茶科 Theaceae	3	3	80	6.19
	壳斗科 Fagaceae	2	2	70	4.73

表 3 各样地优势树种重要值及生态位宽度排名

Table 3 Importance value and niche width ranking of dominant tree species in plot

样地 Plot	排序 Rank	植物 Species	重要值 /% Importance value	频数 Frequency	生态位宽度 Niche width ( $B_L$ )
马山 Mashan	1	山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	20.33	82	60.48
	2	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	14.62	82	52.81
	3	三花冬青 <i>Ilex triflora</i>	8.64	77	46.02
	4	杨桐 <i>Adinandra millettii</i>	6.08	67	43.59
	5	木荷 <i>Schima superba</i>	5.89	17	12.91
	6	鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	5.42	48	28.34
	7	山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>	3.95	39	25.07
	8	密花树 <i>Myrsine seguinii</i>	3.76	42	27.68
	9	变叶榕 <i>Ficus variolosa</i>	3.66	49	31.84
	10	豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	3.57	50	31.66
	11	狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>	3.55	44	33.96
	12	罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	3.33	18	8.94
	13	九节 <i>Psychotria asiatica</i>	2.22	29	21.38
	14	三桠苦 <i>Melicope pteleifolia</i>	2.11	29	17.73
	15	疏花卫矛 <i>Euonymus laxiflorus</i>	2.05	26	13.88
银瓶山 1 Yinpingshan 1	1	木荷 <i>Schima superba</i>	21.11	86	66.57
	2	鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	12.71	77	49.55
	3	豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	9.41	69	44.27
	4	黄樟 <i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	9.02	46	31.26
	5	鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	8.58	51	31.87
	6	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	7.25	50	36.11
	7	山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	4.80	37	22.96
	8	南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	3.39	20	16.17
	9	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	3.31	22	17.29
	10	九节 <i>Psychotria asiatica</i>	3.26	35	24.92
	11	银柴 <i>Aporosa dioica</i>	3.03	32	24.26
	12	箭欐花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>	1.76	21	11.02
	13	小叶青冈 <i>Quercus myrsinifolia</i>	1.55	10	7.09
	14	黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>	1.22	12	6.53
	15	亮叶猴耳环 <i>Archidendron lucidum</i>	1.08	11	5.94
银瓶山 2 Yinpingshan 2	1	鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	22.14	84	61.87
	2	黄樟 <i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	15.49	87	59.73
	3	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	7.56	61	38.42
	4	山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	6.38	54	35.67
	5	红花荷 <i>Rhodoleia championii</i>	4.86	28	13.39
	6	木荷 <i>Schima superba</i>	4.64	29	24.20
	7	五列木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>	4.61	40	24.43
	8	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	3.63	19	15.96
	9	黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>	3.05	39	16.72
	10	罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	3.01	28	17.28
	11	小叶青冈 <i>Quercus myrsinifolia</i>	2.97	27	17.57
	12	鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	2.48	28	19.13
	13	红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	2.41	17	9.07
	14	杨桐 <i>Adinandra millettii</i>	2.11	24	17.34
	15	箭欐花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>	2.05	27	14.49

2.3 优势种生态位重叠

从表 4 可见, 马山样地优势种生态位重叠值最大的是山油柑与狗骨柴(0.53), 其次是三花冬青

(*Ilex triflora*)与杨桐(*Adinandra millettii*)(0.52)、三花冬青与变叶榕(0.50), 木荷与罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)最小(0.01)。银瓶山 1 样地中木荷与豺皮樟(0.52)

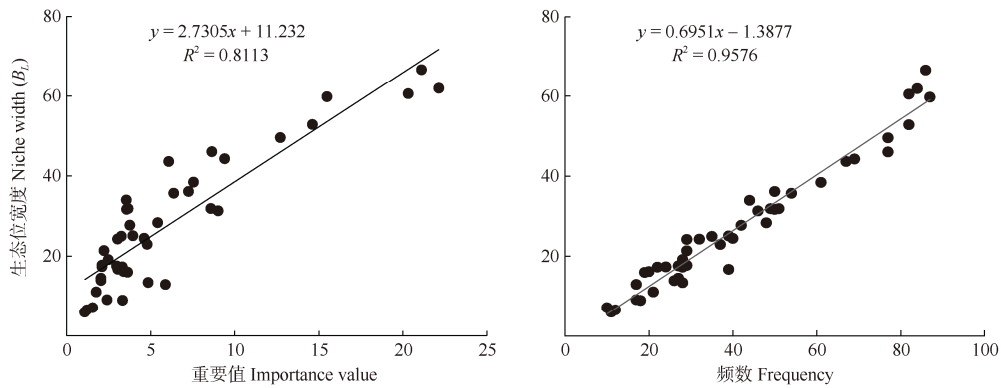


图 2 生态位宽度与重要值、频数的相关性

Fig. 2 Correlation of niche width with importance value and frequency

的生态位重叠值最大, 此外还有鼠刺(*Itea chinensis*)与马尾松(0.50)的生态位重叠值大于 0.5, 有 4 个种对的生态位重叠值为 0, 分别为南酸枣与亮叶猴耳环(*Archidendron lucidum*)、马尾松与小叶青冈(*Quercus myrsinifolia*)、小叶青冈与黄牛木(*Cratogeomys cochinchinense*)、小叶青冈与亮叶猴耳环。银瓶山 2 样地全部种对的生态位重叠值均小于 0.5, 最大的是鼠刺与山油柑(0.45), 最小的是红花荷与红锥(*Castanopsis hystrix*)(0.01)。

3 个样地优势种的生态位重叠值  $O_{ik}$  为 0~0.53, 均值为 0.22。315 个种对中  $O_{ik} \leq 0.5$  的有 311 对, 仅有 4 个种对  $O_{ik} > 0.5$ 。  $O_{ik} \leq 0.2$  的种对有 152 对, 占总对数 48.25%, 其中有 4 个种对  $O_{ik} = 0$ 。3 个样地优势种生态位重叠程度均较低, 对资源的利用差异较大, 较小的生态位重叠值表明各优势种间竞争程度较小。

### 3 讨论和结论

从物种组成和重要值上看, 马山群落山油柑和华润楠在样地内优势度明显, 是群落主要建群种, 主要阳生树种有华润楠、木荷、豺皮樟、罗浮柿等, 主要中生性树种有山油柑、鸭脚木、变叶榕、九节等, 阳生树种和中生性树种的重要值相当, 并未发现针叶树种, 群落处于以阳生性树为优势种向以中生性树种为优势种的常绿阔叶林演替阶段<sup>[35-37]</sup>; 银瓶山 2 个样地均存在马尾松, 这可能是原始林遭到破坏后, 在恢复早期先锋树种在群落中生长形成的。银瓶山 1 样地中阳生树种如木荷、豺皮樟、华润楠等的重要值与中生性树种如鼠刺、黄樟、鸭脚木等的重要值相当, 但木荷的重要值远大于其他树种, 在群落中优势明显, 表明群落处于以阳生树种

为主的针阔叶混交林阶段<sup>[35-37]</sup>。银瓶山 2 样地鼠刺和黄樟的重要值较大, 鼠刺的株数远多于其他树种, 但高度不高, 多为灌木或小乔木形式, 群落演替处于以灌丛为主的阶段<sup>[35-37]</sup>, 可能是因为样地接近观光步道, 受到人为干扰较多, 导致群落演替进程缓慢。因此可以把 3 个样地分成不同的演替序列, 演替阶段从初级到高级分别为银瓶山 2 样地、银瓶山 1 样地、马山样地。

生态位宽度可反映物种在森林群落中的地位与作用以及物种对资源的利用能力和对环境的适应性等<sup>[10,13-14]</sup>。生态位宽度不仅由重要值决定, 还与物种在资源位中分布的均匀程度有关, 物种在各资源位分布越均匀, 生态位宽度越大, 即频数也是影响生态位宽度的重要因素, 频数越大则生态位宽度越大<sup>[38-39]</sup>。如 3 个样地重要值前 3 的树种的频数较大, 生态位宽度大; 马山样地中的木荷重要值排名第 5, 其频数仅有 14, 生态位宽度则较小, 重要值比木荷小的鸭脚木、山鸡椒(*Litsea cubeba*)、密花树(*Myrsine seguinii*)、变叶榕等树种的频数更大, 生态位宽度也更大。本研究以 10 m×10 m 的样方作为资源位, 树种的频数越大即出现的样方数越多, 在样地内分布更广, 占据更多的资源位, 因此生态位宽度越大<sup>[39-41]</sup>。彭逸生等<sup>[42]</sup>分析了珠海次生林的生态位, 认为山油柑等生态位宽度较大的优势种可用于华南地区次生林的修复或人工改造。本研究中山油柑、华润楠、木荷、鸭脚木等树种在 3 个样地中均表现出较大的生态位宽度, 表明这些树种对环境的适应能力较强。这些树种是华南地区常见的乡土树种, 华润楠、山油柑幼树耐荫, 林下幼苗较多, 更新能力较好<sup>[43]</sup>; 木荷萌芽力强, 生长较快<sup>[43]</sup>; 鸭脚木对土壤要求不高, 可耐瘠薄<sup>[43]</sup>。因此可考虑将这

表 4 优势树种的生态位重叠

Table 4 Niche overlap of dominant tree species

样地 Plot	物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
马山 Mashan	2	0.46													
	3	0.37	0.48												
	4	0.42	0.46	0.52											
	5	0.14	0.06	0.09	0.16										
	6	0.33	0.29	0.35	0.30	0.19									
	7	0.23	0.28	0.30	0.37	0.47	0.17								
	8	0.36	0.32	0.42	0.44	0.06	0.32	0.24							
	9	0.43	0.25	0.50	0.33	0.18	0.33	0.22	0.35						
	10	0.43	0.36	0.40	0.45	0.13	0.29	0.26	0.26	0.21					
	11	0.53	0.38	0.37	0.29	0.12	0.36	0.21	0.23	0.46	0.34				
	12	0.13	0.24	0.07	0.09	0.01	0.05	0.10	0.07	0.07	0.09	0.06			
	13	0.37	0.28	0.30	0.29	0.07	0.28	0.17	0.22	0.19	0.18	0.23	0.37		
	14	0.26	0.25	0.25	0.31	0.15	0.16	0.23	0.26	0.32	0.26	0.14	0.17	0.14	
	15	0.20	0.27	0.23	0.36	0.04	0.24	0.15	0.28	0.21	0.14	0.19	0.10	0.18	0.22
	银瓶山 1 Yinpingshan 1	2	0.45												
3		0.52	0.48												
4		0.38	0.37	0.37											
5		0.37	0.28	0.32	0.28										
6		0.45	0.43	0.30	0.30	0.20									
7		0.25	0.29	0.18	0.09	0.19	0.17								
8		0.27	0.16	0.28	0.14	0.23	0.34	0.12							
9		0.22	0.50	0.38	0.21	0.15	0.13	0.18	0.01						
10		0.28	0.21	0.22	0.16	0.42	0.29	0.34	0.39	0.05					
11		0.40	0.15	0.24	0.22	0.45	0.23	0.27	0.11	0.09	0.42				
12		0.16	0.08	0.15	0.14	0.17	0.14	0.42	0.05	0.16	0.34	0.35			
13		0.17	0.18	0.07	0.29	0.09	0.12	0.14	0.08	0.00	0.01	0.01	0.10		
14		0.12	0.06	0.14	0.08	0.13	0.10	0.26	0.02	0.15	0.10	0.13	0.29	0.00	
15		0.17	0.09	0.09	0.05	0.27	0.09	0.11	0.00	0.03	0.43	0.19	0.12	0.00	0.03
银瓶山 2 Yinpingshan 2		2	0.44												
	3	0.42	0.47												
	4	0.45	0.37	0.41											
	5	0.20	0.18	0.13	0.18										
	6	0.38	0.34	0.30	0.14	0.20									
	7	0.37	0.34	0.34	0.26	0.05	0.18								
	8	0.31	0.20	0.17	0.16	0.23	0.18	0.07							
	9	0.20	0.40	0.10	0.19	0.04	0.11	0.32	0.10						
	10	0.31	0.29	0.13	0.24	0.16	0.08	0.10	0.20	0.20					
	11	0.13	0.44	0.26	0.16	0.08	0.20	0.17	0.24	0.17	0.10				
	12	0.23	0.33	0.33	0.40	0.02	0.09	0.23	0.11	0.20	0.06	0.28			
	13	0.12	0.19	0.19	0.15	0.01	0.14	0.13	0.33	0.07	0.04	0.08	0.15		
	14	0.26	0.30	0.24	0.12	0.27	0.10	0.14	0.27	0.07	0.14	0.30	0.18	0.29	
	15	0.24	0.27	0.12	0.37	0.08	0.16	0.06	0.15	0.24	0.43	0.12	0.27	0.09	0.10

各样地物种同表 3。

The species of each plot see Table 3.

些树种用以该区次生林的植被恢复。

生态位重叠是 2 个或多个物种对 1 个或多个资源共同利用的量化表达, 通常生态位宽度大的物种分布均匀, 资源利用能力强, 与其他物种重叠概率

高、重叠程度大<sup>[44-45]</sup>。生态特性相近的树种, 或是对生境有相近需求的树种, 一般有高的生态位重叠<sup>[10,44]</sup>。3 个样地优势树种的生态位重叠值较小, 总共 315 个种对中, 仅有 5 个种对  $O_{ik} \geq 0.5$ ,  $O_{ik} \leq 0.2$



的种对有 152 对, 约占总对数 48.25%。较小的生态位重叠值表明 3 个样地中优势种在群落中的竞争程度较小<sup>[13,44-46]</sup>。不同演替序列中各树种间生态位重叠值存在差别, 马山样地中生性树种(山油柑、杨桐、变叶榕等)与其他树种的生态位重叠值较大, 而银瓶山样地生态位重叠值较大的树种对则发生在阳生树种(木荷、豺皮樟、华润楠等)与其他树种之间。这与鼎湖山<sup>[47]</sup>、广西大明山<sup>[17]</sup>、贵州茂兰喀斯特森林<sup>[48]</sup>的常绿阔叶林在演替过程中生态位重叠值变化的研究结果一致, 体现出常绿阔叶林群落从阳生树种建群到中生性树种建群的更替过程<sup>[17,35,47]</sup>, 同时也表明生态位宽度大的树种之间更容易发生高的生态位重叠。

综上, 通过分析东莞市马山和银瓶山自然保护区亚热带常绿阔叶次生林群落优势种的生态位特征, 能较好地解释群落演替过程中的种间关系及物种对环境适应的演变规律, 可以利用生态位特征的计测, 加强对植物在群落中地位、作用的认识, 加速植被向稳定性群落的演替与恢复, 更好地保护该区的森林资源。

## 参考文献

- [1] TILMAN D. Causes, consequences and ethics of biodiversity [J]. *Nature*, 2000, 405(6783): 208–211. doi: 10.1038/35012217.
- [2] LEVINE J M, HILLERISLAMBERS J. The importance of niches for the maintenance of species diversity [J]. *Nature*, 2009, 461(7261): 254–257. doi: 10.1038/nature08251.
- [3] CHU C J, WANG Y S, LIU Y, et al. Advances in species coexistence theory [J]. *Biodiv Sci*, 2017, 25(4): 345–354. [储诚进, 王西石, 刘宇, 等. 物种共存理论研究进展 [J]. *生物多样性*, 2017, 25(4): 345–354. doi: 10.17520/biods.2017034.]
- [4] LI T X, XU L, WANG F, et al. Novel evidence from *Taxus fuana* forests for niche-neutral process assembling community [J]. *For Ecosyst*, 2022, 9: 100035. doi: 10.1016/j.fecs.2022.100035.
- [5] COLWELL R K, FUTUYMA D J. On the measurement of niche breadth and overlap [J]. *Ecology*, 1971, 52(4): 567–576. doi: 10.2307/1934144.
- [6] NIU K C, LIU Y N, SHEN Z H, et al. Community assembly: The relative importance of neutral theory and niche theory [J]. *Biodiv Sci*, 2009, 17(6): 579–593. [牛克昌, 刘怿宁, 沈泽昊, 等. 群落构建的中性理论和生态位理论 [J]. *生物多样性*, 2009, 17(6): 579–593. doi: 10.3724/SP.J.1003.2009.09142.]
- [7] LETTEN A D, KE P J, FUKAMI T. Linking modern coexistence theory and contemporary niche theory [J]. *Ecol Monogr*, 2017, 87(2): 161–177. doi: 10.1002/ecm.1242.
- [8] BADALI M, ZILMAN A. Effects of niche overlap on coexistence, fixation and invasion in a population of two interacting species [J]. *R Soc Open Sci*, 2020, 7(2): 192181. doi: 10.1098/rsos.192181.
- [9] CHEN L, MI X C, MA K P. Niche differentiation and its consequence on biodiversity maintenance in forest communities [J]. *Chin Bull Life Sci*, 2014, 26(2): 112–117. [陈磊, 米湘成, 马克平. 生态位分化与森林群落物种多样性维持研究展望 [J]. *生命科学*, 2014, 26(2): 112–117. doi: 10.13376/j.cbls/2014018.]
- [10] ZHAO J H, YE Y Q, CHEN B, et al. Niche characteristics of dominant plants of coniferous (*Tsuga chinensis* var. *tchekiangensis*) and broad-leaved mixed forest in Jiangxi Wuyishan, China [J]. *Sci Silv Sin*, 2021, 57(1): 191–199. [赵家豪, 叶钰倩, 陈斌, 等. 江西武夷山南方铁杉针阔混交林主要植物生态位特征 [J]. *林业科学*, 2021, 57(1): 191–199. doi: 10.11707/j.1001-7488.20210120.]
- [11] WINEMILLER K O, FITZGERALD D B, BOWER L M, et al. Functional traits, convergent evolution, and periodic tables of niches [J]. *Ecol Lett*, 2015, 18(8): 737–751. doi: 10.1111/ele.12462.
- [12] SOTO D P, PUETTMANN K J, FUENTES C, et al. Regeneration niches in *Nothofagus*-dominated old-growth forests after partial disturbance: Insights to overcome arrested succession [J]. *For Ecol Manag*, 2019, 445: 26–36. doi: 10.1016/j.foreco.2019.05.004.
- [13] YANG X D, CHEN L B, ZENG X X, et al. Niche characteristics of dominant species of forest community in Qingyunshan Natural Reserve, Wengyuan, Guangdong Province [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2020, 28(6): 565–573. [杨新东, 陈流保, 曾献兴, 等. 广东翁源青山山自然保护区森林群落优势树种的生态位特征 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(6): 565–573. doi: 10.11926/jtsb.4214.]
- [14] LI Y F, LIU M Y, GAN X H, et al. Niche characteristics of the dominant species of the *Heritiera littoralis* community in Baguang Wetland Park, Shenzhen [J]. *Ecol Environ Sci*, 2020, 29(11): 2171–2178. [李一凡, 刘梦芸, 甘先华, 等. 深圳市坝光湿地园银叶树群落优势种生态位特征 [J]. *生态环境学报*, 2020, 29(11): 2171–2178. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2020.11.004.]
- [15] ZHANG T T, WANG X, REN H B, et al. A comparative study on the community characteristics of secondary and old-growth evergreen broad-leaved forests in Gutianshan, Zhejiang Province [J]. *Biodiv Sci*, 2019, 27(10): 1069–1080. [张田田, 王璇, 任海保, 等. 浙江古田山次生与老龄常绿阔叶林群落特征的比较 [J]. *生物多样性*, 2019, 27(10): 1069–1080. doi: 10.17520/biods.2019059.]
- [16] ZHAN X H, WANG X H, YE N N, et al. Spatial distribution patterns and interspecific relationship of dominant tree species in the tree layer of typical natural secondary forest communities in Jiande, Zhejiang

- Province [J]. J Zhejiang A&F Univ, 2021, 38(4): 659–670. [詹小豪, 王旭航, 叶诺楠, 等. 浙江建德典型天然次生林群落主要乔木树种空间分布格局及种间关系 [J]. 浙江农林大学学报, 2021, 38(4): 659–670. doi: 10.11833/j.issn.2095-0756.20200586.]
- [17] YE D, WEN Y G, DENG R Y, et al. Dynamic changes of plant population niche in succession series of evergreen broad-leaved forest in Daming Mountain of Guanxi [J]. Chin J Ecol, 2009, 28(3): 417–423. [叶铎, 温远光, 邓荣艳, 等. 大明山常绿阔叶林演替序列种群生态位动态特征 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(3): 417–423.]
- [18] ZHOU Y, ZHENG X X, WANG Q, et al. Regeneration niche of *Castanopsis* secondary Forest in Jiangle, Fujian [J]. J NW For Univ, 2015, 30(4): 84–88. [周洋, 郑小贤, 王琦, 等. 福建三明栲类次生林主要树种更新生态位研究 [J]. 西北林学院学报, 2015, 30(4): 84–88. doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2015.04.14.]
- [19] GAO H J, YUAN J, GAO P S. Niche and interspecific association of dominant species in secondary forest of Zhoushan Islands [J]. J Trop Subtrop Bot, 2017, 25(1): 73–80. [高浩杰, 袁佳, 高平仕. 舟山群岛次生林优势种群的生态位与种间联结 [J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(1): 73–80. doi: 10.11926/jtsb.3620.]
- [20] LI T T, RONG L, WANG M J, et al. Dynamic changes in niche and interspecific association of major species of karst secondary forest in central Guizhou [J]. J Trop Subtrop Bot, 2021, 29(1): 9–19. [李婷婷, 容丽, 王梦洁, 等. 黔中喀斯特次生林主要物种的生态位及种间联结性动态变化 [J]. 热带亚热带植物学报, 2021, 29(1): 9–19. doi: 10.11926/jtsb.4252.]
- [21] XU Q H, YANG J L, HUANG L Z, et al. Influence of canopy structure on understory vegetation of secondary evergreen broadleaf forest communities [J]. J Zhejiang A&F Univ, 2019, 36(6): 1151–1157. [徐庆华, 杨进良, 黄练忠, 等. 次生常绿阔叶林群落林冠结构对林下植被的影响 [J]. 浙江农林大学学报, 2019, 36(6): 1151–1157. doi: 10.11833/j.issn.2095-0756.2019.06.012.]
- [22] OU Z Y, SU Z Y, ZHU J Y. Basic soil properties and comprehensive evaluation in forest communities in Dongguan, south China [J]. J CS Univ For Technol, 2013, 33(8): 96–102. [欧芷阳, 苏志尧, 朱剑云. 东莞主要森林群落的土壤基本性质和综合评价 [J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(8): 96–102. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2013.08.007.]
- [23] XING F W, LIU S S, FU L, et al. Flora and Vegetation of Dongguan [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2019: 1–3. [邢福武, 刘颂颂, 付琳, 等. 东莞植物区系与植被 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019: 1–3.]
- [24] LI G H, ZHANG S K, YE Y X, et al. Species diversity and dominate population dynamics of three *Schefflera heptaphylla* communities in Dongguan, Guangdong [J]. For Environ Sci, 2018, 34(3): 65–72. [李果惠, 张尚坤, 叶耀雄, 等. 东莞银瓶山森林公园鹅掌柴群落物种多样性和优势种种群动态 [J]. 林业与环境科学, 2018, 34(3): 65–72. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2018.03.011.]
- [25] LIANG Y F, GU W Q, YAN D M, et al. Study on the community characteristics of the *Machilus* plant in Yinpingshan Forest Park [J]. For Environ Sci, 2022, 38(1): 132–139. [梁燕飞, 古文强, 闫东明, 等. 东莞市银瓶山森林公园润楠属植物群落特征研究 [J]. 林业与环境科学, 2022, 38(1): 132–139. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2022.01.018.]
- [26] HUANG L Z, YANG J L, XU Q H, et al. Relationship between canopy structures and understory light availability in urban forest communities [J]. J CS Univ For Technol, 2019, 39(9): 53–58. [黄练忠, 杨进良, 徐庆华, 等. 城市森林群落林冠结构与林下光环境的关系 [J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(9): 53–58. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2019.09.009.]
- [27] XU D S, XIONG J L, HUANG Z C, et al. Study on soil nutrient changes of different site types in Yinpingshan Forest Park, Dongguan City [J]. For Environ Sci, 2021, 37(6): 169–175. [许冬山, 熊基焜, 黄振超, 等. 东莞市银瓶山森林公园不同立地类型土壤养分变化研究 [J]. 林业与环境科学, 2021, 37(6): 169–175. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2021.06.025.]
- [28] TAN X L, KAN L, ZHANG L, et al. Seasonal dynamics of soil microbial community structure in urban forest [J]. Chin J Ecol, 2019, 38(11): 3306–3312. [谭雪莲, 阚蕾, 张璐, 等. 城市森林土壤微生物群落结构的季节变化 [J]. 生态学杂志, 2019, 38(11): 3306–3312. doi: 10.13292/j.1000-4890.201911.017.]
- [29] CONDIT R. Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots [M]. Berlin, Heidelberg: Springer, 1998: 1–173. doi: 10.1007/978-3-662-03664-8.
- [30] FANG J Y, WANG X P, SHEN Z H, et al. Methods and protocols for plant community inventory [J]. Biodiv Sci, 2009, 17(6): 533–548. [方精云, 王襄平, 沈泽昊, 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. doi: 10.3724/SP.J.1003.2009.09253.]
- [31] CURTIS J T, MCINTOSH R P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin [J]. Ecology, 1951, 32(3): 476–496. doi: 10.2307/1931725.
- [32] ZHANG Z H, HU G, LIU L B, et al. Species composition and community structure of a north subtropical karst secondary forest in central Guizhou Province, China [J]. Acta Ecol Sin, 2022, 42(2): 742–754. [张忠华, 胡刚, 刘立斌, 等. 黔中北亚热带喀斯特次生林动态监测样地: 物种组成与群落结构 [J]. 生态学报, 2022, 42(2): 742–754. doi:

- 10.5846/stxb202012143173.]
- [33] LEVINS R. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations [M]. Princeton: Princeton University Press, 1968.
- [34] PIANKA E R. The structure of lizard communities [J]. *Annu Rev Ecol Syst*, 1973, 4: 53–74. doi: 10.1146/annurev.es.04.110173.000413.
- [35] SONG Y C. Evergreen Broad-Leaved Forest in China [M]. Beijing: Science Press, 2013: 3–6, 581–586. [宋永昌. 中国常绿阔叶林 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 3–6, 581–586.]
- [36] WANG D B, JI S Y, CHEN F P, et al. A study on the species diversity and succession situation of natural forest communities in Nanshan District, Shenzhen City [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, 23(7): 1415–1422. [汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏, 等. 深圳南山区天然森林群落多样性及演替现状 [J]. *生态学报*, 2003, 23(7): 1415–1422. doi: 10.3321/j.issn: 1000-0933.2003.07.021.]
- [37] WANG D P, JI S Y, CHEN F P, et al. Diversity and relationship with succession of naturally regenerated southern subtropical forests in Shenzhen, China and its comparison with the zonal climax of Hong Kong [J]. *For Ecol Manag*, 2006, 222(1/2/3): 384–390. doi: 10.1016/j.foreco.2005.10.053.
- [38] LIN K M, GUO Y S. The research advances on niche theory and its application [J]. *J Fujian Coll For*, 2001, 21(3): 283–287. [林开敏, 郭玉硕. 生态位理论及其应用研究进展 [J]. *福建林学院学报*, 2001, 21(3): 283–287. doi: 10.3969/j.issn.1001-389X.2001.03.023.]
- [39] QIAN Y F, YI L T, HU J F, et al. Niche characteristics of main plant species in Putuo Mountain, Zhejiang Province of east China [J]. *Chin J Ecol*, 2012, 31(3): 561–568. [钱逸凡, 伊力塔, 胡军飞, 等. 普陀山主要植物种生态位特征 [J]. *生态学杂志*, 2012, 31(3): 562–568. doi: 10.13292/j.1000-4890.2012.0122.]
- [40] PAN G, ZHANG H P, PAN D. Niche characteristics of dominant populations within mixed broadleaf-conifer forest in Qingyanghu National Park [J]. *J CS Univ For Technol*, 2017, 37(2): 69–75. [潘高, 张合平, 潘登. 湖南青羊湖国家森林公园针阔混交林主要种群生态位特征 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37(2): 69–75. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.02.012.]
- [41] PANNEK A, MANTHEY M, DIEKMANN M. Comparing resource-based and co-occurrence-based methods for estimating species niche breadth [J]. *J Veg Sci*, 2016, 27(3): 596–605. doi: 10.1111/jvs.12374.
- [42] PENG Y S, ZHENG M X, MO L J, et al. Niches of dominant plant species of natural secondary forests in Zhuhai City, Guangdong Province [J]. *Chin J Ecol*, 2007, 26(4): 483–488. [彭逸生, 郑明轩, 莫罗坚, 等. 珠海市陆生天然次生林优势种的生态位 [J]. *生态学杂志*, 2007, 26(4): 483–488.]
- [43] HUANG Y F, ZHUANG X Y. Seedling-Raising Technology of Native Tree Species in South China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007. [黄永芳, 庄雪影. 华南乡土树种育苗技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.]
- [44] XIAO Y M, XIE J Y, YAO Y P, et al. Niche of dominant species in arbor layer of evergreen deciduous broad-leaved mixed forest in karst hills of Guilin, southwestern China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2021, 41(20): 8159–8170. [肖艳梅, 解婧媛, 姚义鹏, 等. 桂林岩溶石山常绿落叶阔叶混交林乔木层优势物种生态位研究 [J]. *生态学报*, 2021, 41(20): 8159–8170. doi: 10.5846/stxb202010142614.]
- [45] SUN C, QIN F C, LI L, et al. Environmental interpretation of ecological niche characteristics of herbaceous populations under different site types of *Pinus tabulaeformis* forest in feldspathic sandstone region [J]. *Acta Ecol Sin*, 2022, 42(9): 3613–3623. [孙成, 秦富仓, 李龙, 等. 砒砂岩区不同立地类型人工油松林下草本种群生态位特征及其环境解释 [J]. *生态学报*, 2022, 42(9): 3613–3623. doi: 10.5846/stxb 202104120937.]
- [46] TIAN Q L, ZHANG X P, XU X M, et al. Knowledge about plant coexistence during vegetation succession for forest management on the Loess Plateau, China [J]. *Forests*, 2022, 13(9): 1456. doi: 10.3390/f13 091456.
- [47] PENG S L. Dynamics of South Subtropical Forest Community [M]. Beijing: Science Press, 1996: 180–187. [彭少麟. 南亚热带森林群落动态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 180–187.]
- [48] QIN X, LONG C L, LI J. Analysis of ecological niches of dominant arbor populations in different succession stages in the karst forest in Maolan Nature Reserve [J]. *J SW Univ (Nat Sci)*, 2017, 39(6): 42–49. [覃弦, 龙翠玲, 李娟. 茂兰喀斯特森林不同演替阶段优势乔木种群生态位研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2017, 39(6): 42–49. doi: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.06.007.]