



澳门路环华润楠古树的物候及所属群落特征

林春惠, 易绮斐, 杜晓洁, 王强, 顾惠怡

引用本文:

林春惠, 易绮斐, 杜晓洁, 王强, 顾惠怡. 澳门路环华润楠古树的物候及所属群落特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(4): 500–508.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4495>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

广州闽楠-樟人工混交林物种组成与多样性研究

Studies on Species Composition and Diversity of *Phoebe bournei*-*Cinnamomum camphora* Plantation in Guangzhou
热带亚热带植物学报. 2022, 30(2): 233–240 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4434>

草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究

热带亚热带植物学报. 2020, 28(1): 44–52 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4063>

人为干扰对川西碧峰峡山矾次生林群落结构和物种多样性的影响

Effects of Human Disturbance on Species Diversity and Community Structure of *Symplocos sumuntia* Secondary Forest in Bifengxia in Western Sichuan

热带亚热带植物学报. 2016, 24(5): 559–567 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2016.05.012>

茂兰喀斯特常绿落叶阔叶混交林群落组成和优势种更新类型

Community Composition and Regeneration Types of Dominant Species in Evergreen and Deciduous Broad-leaved Mixed Karst Forest in Maolan National Nature Reserve, Guizhou Province

热带亚热带植物学报. 2018, 26(6): 651–660 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3893>

澳门黑沙水库植物群落与主要种类物候特征研究

Studies on Plant Community and Phenological Characteristics of Hac Sa Reservoir in Macau

热带亚热带植物学报. 2016, 24(4): 367–374 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2016.04.002>

向下翻页, 浏览PDF全文

澳门路环华润楠古树的物候及所属群落特征

林春惠^{1,2}, 易绮斐^{2*}, 杜晓洁², 王强², 顾惠怡²

(1. 仲恺农业工程学院, 广州 510225; 2. 中国科学院华南植物园, 广州 510650)

摘要: 为加强对澳门华润楠(*Machilus chinensis*)的保育工作, 对最古老的 1 株华润楠和群落优势种绒毛润楠(*M. velutina*)进行物候监测, 并采用样地调查法对群落的物种组成、结构和物种多样性进行了分析。结果表明, 2—3 月为华润楠新叶生长盛期, 3 月中下旬为花期, 果期由 4 月持续到 9 月; 4—5 月为绒毛润楠展叶盛期, 10—12 月为花期, 12 月至翌年 3 月为果期。2 000 m²的样地中共记录到维管植物 104 种, 隶属于 48 科 82 属。种子植物区系以热带分布为主, 占总区系成分的 87.01%。乔木层的华润楠虽然只有 1 株高大古树, 但其以 18.97%的重要值排在所有树种中的第 4 位, 灌木层的华润楠(平均高度 20 cm 以下的幼苗)以 37.06%的重要值排第 2 位, 绒毛润楠为乔木层和灌木层明显的优势树种。群落垂直结构的物种多样性格局表现为: 物种丰富度指数为乔木层 > 灌木层 > 草本层 > 藤本层; 均匀度指数为藤本层 > 草本层 > 乔木层 > 灌木层; 多样性指数 *D* 和 *H'*最高的均为草本层, 最低的均为灌木层。因此, 该群落属于亚热带性质常绿阔叶林, 物种组成相对丰富, 华润楠古树生长正常, 但种群不稳定, 应加强保护。

关键词: 华润楠; 群落; 物候; 澳门

doi: 10.11926/jtsb.4495

Studies on the Phenology and Community Characteristics of an Ancient Tree *Machilus chinensis* in Ilha Coloane, Macao

LIN Chunhui^{1,2}, YI Qifei^{2*}, DU Xiaojie², WANG Qiang², GU Huiyi²

(1. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: In order to strengthen conservation of *Machilus chinensis*, the oldest species in Macao, the phenology of *M. chinensis* and *M. velutina*, the dominant species in the community, was monitored, the species composition, structure and species diversity of the community were studied by using sample plot method. The results showed that February to March was the peak growth period of new leaves of *M. chinensis*, the flowering period was from mid to late March, and the fruit period last from April to June. The peak period of new leaves of *M. velutina* was from April to May, the flowering period was from October to December, and the fruiting period was from December to March of the following year. There were 104 vascular species recorded in the plot of 2 000 m², belonging to 82 genera and 48 families. The flora of seed plants of the community was dominated by Tropical distribution type, accounting for 87.01% of the total flora. Although there was only one tall ancient tree *M. chinensis* in arbor layer, its importance value of 18.97% ranked the fourth among all tree species. And *Machilus chinensis* (seedlings with average height below 20 cm) ranked second with an important value of 37.06% in the shrub layer. *Machilus velutina* was the dominant tree species in arbor and shrub layers. The species abundance

收稿日期: 2021-08-16

接受日期: 2021-09-27

基金项目: 中国科学院华南植物园-澳门合作项目; 广东省科技计划项目(2018B030324003); 国家自然科学基金项目(31870699)资助

This work was supported by the Cooperation Project of South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences and Macao; the Planning Project for Science and Technology in Guangdong (Grant No. 2018B030324003), and the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31870699).

作者简介: 林春惠(1997 生), 女, 研究生, 主要从事珍稀植物资源保护与利用研究。E-mail: 15277519149@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yiqifei@scbg.ac.cn

index was arbor layer>shrub layer>herb layer>liana; the evenness index was liana>herb layer>arbor layer>shrub layer. The Shannon-Wiener and Simpson indexes of herb layer were the highest, and those of shrub layer were the lowest. So, the community belongs to the subtropical evergreen broad forest, the species composition is relatively rich, the growth of ancient tree *Machilus chinensis* is normal, but the population is unstable, protection should be strengthened.

Key words: *Machilus chinensis*; Community; Phenology; Macau

华润楠(*Machilus chinensis*)又称荔枝槁、八角机、桢南等,是樟科(Lauraceae)润楠属的常绿乔木,生长于亚洲东部及东南部热带和亚热带地区的山坡阔叶混交疏林或矮林中,广泛分布于越南和我国广东、广西及海南省^[1]。其枝叶茂盛,叶色终年翠绿,树冠开阔,树干挺拔,生长速度较快,抗交通污染和工业污染能力强^[2],常被用做造林、造景、用材林或绿化树种。

华润楠在澳门被称为中华楠,曾因带“中华”2字被选为澳门特首手植树,是澳门的珍稀树种,野外分布稀少,在路环半岛中仅发现零星几株^[3]。目前,少有对澳门华润楠的研究,而黑沙水库健康径处的华润楠是澳门最老的1株,树龄为200多年,对当地的水文、地理与植被的变迁史研究极具意义,深受政府重视。本研究以黑沙水库中的华润楠古树为中心,向四周扩展设置连续样地,对其群落组成、空间结构、物种多样性及主要物种物候等进行研究分析,旨在为华润楠古树的保护以及进一步研究提供理论依据,并希望能为可持续利用,及维持其所在生态系统的稳定提供参考依据。

1 研究区概况

澳门是中国南部的一个海岛城市,地处广东省珠江口西南岸,位于113°31'33"~113°35'43" E, 22°06'39"~22°13'06" N。北与珠海市的拱北接壤,西与珠海市的湾仔、横琴岛隔水相对,东隔珠江口与香港相望,南则毗邻南海。由澳门半岛、氹仔和路环组成,2017年总面积为30.8 km²。澳门属于典型的亚热带海洋性季风气候,近几年平均气温为23.1℃,平均总降雨量为1950 mm,平均日照时间为1770 h,降雨集中在春夏季,台风季节为5—10月,其中7—9月最频繁。黑沙水库位于澳门南边地势最高的路环岛,路环岛面积约为澳门的四分之一,常住人口却不足澳门总人口的5%,区内丘陵起伏,人烟稀少,层林叠翠,素有“澳门之肺”之称^[4]。在环境污

染严重的今天,路环作为澳门区内仅有的绿地空间,政府对路环区内的植物资源愈加重视。

2 方法

2.1 物候监测

采用传统的地面物候观测法^[5],对乔木层的华润楠(*Machilus chinensis*)及其所在样方内生长状况良好的5株绒毛润楠(*M. velutina*)进行挂牌编号,于2016年1月至2018年5月每月定期观测并记录物候时期及特征。在植株生长变化较快的花期和果期,每月增加1~2次观测记录。

2.2 样地调查

经全面勘察后,发现路环黑沙水库处的植物群落大部分为自然的常绿阔叶林,郁闭度高达85%左右,只有少数靠近景区和路边的植物被人工修剪过。以华润楠古树为中心点,设置40 m×50 m (2 000 m²)样地。采用相邻格子法,把2 000 m²的样地划分成20个10 m×10 m的乔木样方,在每个乔木样方中随机选取1个5 m×5 m的灌木样方和1个1 m×1 m的草本样方。参考方精云等^[6]的方法,记录样方内所有乔木(胸径>3 cm)的种名、高度、胸径和冠幅,并记录灌木(高度<3.5 m)、草本和藤本植物的种名、高度、盖度和数量。

2.3 数据分析

重要值计算 重要值(IV)是评价群落中某物种地位的指标,其决定因子有相对多度(RA)、相对频率(RF)、相对显著度(RD)、相对盖度(RC)。乔木IV=RA+RF+RD;灌木IV=RA+RF+RC。

多样性指标计算 群落多样性指数能反映物种与环境间的复杂关系,物种丰富度Margalef指数(E)、Simpson指数(D)、Shannon-Wiener指数(H')和均匀度Pielou指数(J_{sw})是常用的4种 α 多样性指数。 $E=(S-1)/\ln N$; $D=1-\sum P_i^2$; $H'=-\sum(P_i \ln P_i)$; $J_{sw} =$

$-\sum(P_i \ln P_i) / \ln S$, 式中, S 为样方内所有物种数; N 为样方内所有植株数; P_i 为物种 i 的个体数占所有物种个体总数之比。

3 结果和分析

3.1 物候观测

华润楠在 11 月至翌年 3 月顶芽膨大, 2—3 月为展叶盛期, 嫩叶常为褚红色, 满树嫩叶, 为优良的春色叶观赏树种, 3 月中旬至下旬开花, 花期短, 4—5 月为幼果期, 果熟期主要集中在 6 月, 8—9 月仍有部分挂果, 果成熟时深蓝色至黑色, 果期落果较多, 边成熟边落果, 成熟期较短。绒毛润楠在 7 月至翌年 2 月都有叶芽萌发, 3 月初开始展叶, 4—5 月为展叶旺盛期, 10—12 月第 2 次发新叶, 嫩叶常为淡褚红色, 为春色叶观赏树种, 花期为 10—12 月, 果期为 12 月至翌年 3 月, 3 月果实成熟, 果熟时呈紫红色至紫黑色(图 1, 2)。

3.2 群落物种组成

根据调查(表 1), 澳门路环黑沙水库华润楠古树所在的绒毛润楠群落中共记录到 48 科 82 属 104 种维管束植物 2 134 株, 其中被子植物 43 科 76 属 96 种; 裸子植物 1 科 1 属 1 种; 蕨类植物 4 科 5 属 7

种。乔木物种最多, 有 47 种; 藤本植物较丰富, 有 27 种; 灌木和草本植物株数最多, 占群落总株数的 70%。样方中珍稀树种除华润楠外, 还有国家级保护植物白桂木(*Artocarpus hypargyreus*)和广东省级保护植物石梓(*Gmelina chinensis*)等。群落中含属数最多的是茜草科(Rubiaceae), 有 8 属, 其次是豆科(Fabacea, 7 属)。樟科有 2 属 4 种, 为润楠属的华润楠和绒毛润楠及木姜子属(*Litsea*)的豺皮樟(*L. rotundifolia* var. *oblongifolia*)和潺槁木姜子(*L. glutinosa*)。群落中寡种科较多, 其中只含 1 属 1 种的有 29 科, 占总科数的 59%。

3.3 地理区系成分分析

从表 2 可见, 澳门路环水库绒毛润楠群落中种子植物属的分布区类型较丰富, 77 属可分为 12 个分布区类型(包括亚型), 以热带分布(包括热带和泛热带分布)为主, 有 67 属, 占总属数的 87.01%, 其中, 泛热带分布最多, 有 30 属, 占总属数的 38.96%; 其次是热带亚洲和热带亚洲-热带大洋洲分布, 分别有 12 和 10 属, 分别占总属数的 15.58%和 12.99%。植物属的温带性质较弱, 北温带分布仅有 2 属, 为松属(*Pinus*)和胡颓子属(*Elaeagnus*), 占总属数的 2.60%。华润楠及优势树种绒毛润楠均为热带亚洲(印度-马来西亚)分布, 群落中较多的乌柏属



图 1 华润楠(A~D)和绒毛润楠(E~H)的物候期。A, E: 萌芽期; B, F: 展叶期; C, G: 花期; D, H: 果期。

Fig. 1 Phenological phase of *Machilus chinensis* (A-D) and *M. velutina* (E-H). A, E: Sprouting stage; B, F: Leaf unfolding stage; C, G: Flower stage; D, H: Fruit stage.

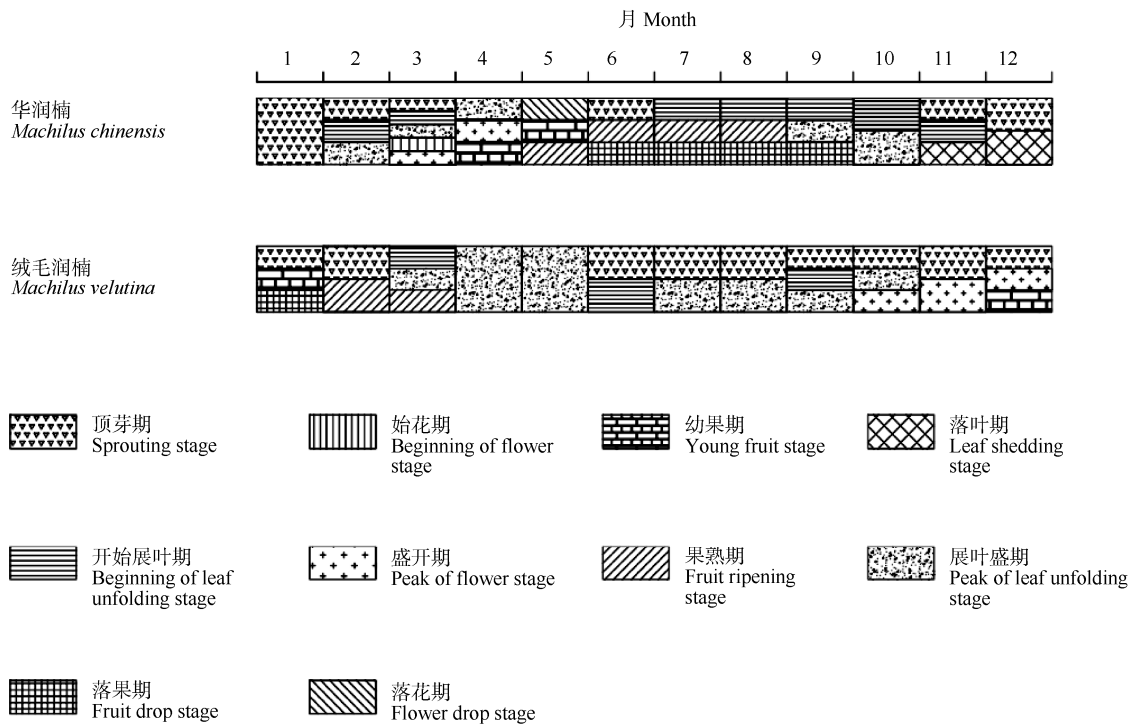


图 2 澳门路环华润楠古树和绒毛润楠物候图谱

Fig. 2 Phenogram of ancient tree *Machilus chinensis* and *M. velutina* in Ilha Coloane, Macao

表 1 群落中维管植物组成

Table 1 Composition of vascular plant family, genus and species of the community

	科数 Number of family	%	属数 Number of genus	%	种数 Number of species	%
蕨类植物 Pteridophyta	4	8.33	5	6.10	7	6.73
裸子植物 Gymnospermae	1	2.08	1	1.22	1	0.96
被子植物 Angiospermae	43	89.58	76	92.68	96	92.31
合计 Total	48	100.00	82	100.00	104	100.00

表 2 群落中种子植物属的分布区类型

Table 2 Areal-types of genera of seed plants in the community

分布区类型 Areal-type	属数 Number of genus	%
1. 世界分布 Cosmopolitan	0	0
2. 泛热带分布 Pantropic	30	38.96
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjunct	3	3.90
4. 旧世界热带分布 Old world tropics	7	9.09
4-1. 热带亚洲、非洲(或东非、马达加斯加)和大洋洲间断分布 Trop. Asia., Africa (or E. Afr., Madagascar) & Australasia disjunct	3	3.90
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical. Asia & Trop. Australasia	10	12.99
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia & Trop. Africa	2	2.60
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	12	15.58
7-1. 爪哇(或苏门答腊)、喜马拉雅间断或星散分布到华南、西南 Java (or Sumatra), Himalaya to S., SW. China disjunct or diffuse	1	1.30
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	1.30
8. 北温带分布 North temperate	2	2.60
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjunct	3	3.90
14. 中国-日本分布 Sino-Japan	3	3.90
总计 Total	77	100.00

(*Triadica*)、野桐属(*Mallotus*)、红豆属(*Ormosia*)、南鹅掌柴属(*Schefflera*)均为热带分布。群落中热带性质的科有 24 科,如茜草科等,与群落所处的热带性地域相适应,群落的植物区系具有较强的热带性质。

3.4 群落中主要树种及优势种分析

从表 3 可见,澳门路环水库绒毛润楠群落中树种的重要值差别较大,绒毛润楠为明显的优势树种和建群树种,表明其在群落中的生存适应能力极强。华润楠作为主要树种,重要值处于第 4 位,其树龄远大于其余乔木,在胸高断面积上占有绝对优势,其相对显著度高达 18.02%,但整个乔木层中仅记录到 1 株华润楠,故其相对多度与相对频度为乔木层最低。表明华润楠在群落中的稳定性较差,在群落的演替过程中,该种很有可能会消失。此外,乔木层的白楸(*Mallotus paniculatus*)和山乌桕(*Triadica cochinchinensis*)分别以重要值 32.01%和 27.27%占据第 2、3 位,其植株数量、大小和分布状况都较有优势,是群落中较为稳定的树种。

群落灌木整体重要值与乔木的相似,优势种明显,仍为绒毛润楠,而华润楠的重要值排在第 2 位,主要是株数占了绝对优势(表 4)。

3.5 物种多样性分析

从表 5 可知,澳门路环水库绒毛润楠群落的物

种丰富度与物种丰富度指数呈正相关,物种丰富度指数表现为乔木层 > 灌木层 > 草本层 > 藤本植物,这是因为群落郁闭度较高,林下植物相对较少,导致草本植物的光利用能力有限。群落的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数最高的都是草本层植物,最低的都是灌木层植物,乔木层的 Simpson 指数比藤本植物低,而 Shannon-Wiener 指数比藤本植物高。灌木层在群落中分布均匀程度最低,可能是灌木层中有很多成片不均匀分布的乔木小苗。

4 结论和讨论

植物物候是指植物受气候和其他环境因子的影响而出现的以年为周期的自然现象,如植物的发芽、展叶、开花、叶变色、落叶等,是植物长期适应环境的季节性变化而形成的生长发育节律^[7]。通过一年四季对植物进行物候观测,记录各生长发育期到来的时间和持续时间的天数,用不同的图案代表各种物候期,以一年为周期构建物候图谱,可以直观的了解植物生长发育过程的周期性^[8-9]。物候不仅能够指导园艺管理,还能反映与气候及生态系统的密切联系,对植物的保育研究具有重要的指导意义^[10]。物候图谱能直观的反映植物一年四季的物候格局^[11],华润楠和绒毛润楠的叶片萌芽生长期都在春季,且嫩叶都呈褚红色,是良好的春色叶观赏树种。华润楠的果期为 4—9 月,正好处于澳门的

表 3 群落中乔木树种重要值

Table 3 Importance value of tree species of the community

植物 Species	相对显著度 /% Relative dominance	相对多度 /% Relative abundance	相对频度 /% Relative frequency	重要值 /% Importance value
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	26.13	30.95	12.00	69.07
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	7.77	14.90	9.33	32.01
山乌桕 <i>Triadica cochinchinensis</i>	15.16	5.44	6.67	27.27
华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	18.02	0.29	0.67	18.97
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	1.69	5.44	6.00	13.13
降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>	3.47	4.01	5.33	12.81
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i>	3.93	3.15	4.00	11.08
鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	2.90	2.29	4.00	9.19
革叶铁榄 <i>Sinosideroxylon wightianum</i>	1.70	3.44	3.33	8.48
梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i>	0.41	3.15	4.67	8.23
鼠刺 <i>I. chinensis</i>	0.65	3.44	3.33	7.42
亮叶猴耳环 <i>Archidendron lucidum</i>	0.69	1.72	3.33	5.74
白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	0.29	2.29	2.67	5.25
蒲葵 <i>Livistona chinensis</i>	3.87	0.57	0.67	5.11
凹叶红豆 <i>Ormosia emarginata</i>	1.14	1.43	2.00	4.57
假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	1.27	0.86	2.00	4.13
石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	2.17	0.57	1.33	4.08
其余 30 种 Other 30 species	16.05	8.75	28.67	53.46

表 4 群落中灌木树种重要值

Table 4 Importance value of shrub species of ancient the community

植物 Species	相对显著度 /% Relative dominance	相对多度 /% Relative abundance	相对频度 /% Relative frequency	重要值 /% Importance value
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	25.45	20.52	10.56	56.53
华润楠 <i>M. chinensis</i>	0.16	35.49	1.41	37.06
凹叶红豆 <i>Ormosia emarginata</i>	25.49	3.40	2.82	31.71
鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	4.99	3.86	7.04	15.89
蒲葵 <i>Livistona chinensis</i>	11.15	0.31	0.70	12.16
粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>	2.90	3.24	5.63	11.78
九节 <i>Psychotria asiatica</i>	1.97	2.78	6.34	11.09
鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	5.67	2.16	2.82	10.65
牛眼马钱 <i>Strychnos angustiflora</i>	1.29	4.01	3.52	8.83
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	1.57	2.47	4.23	8.27
露兜树 <i>Pandanus tectorius</i>	4.84	0.62	0.70	6.17
梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i>	2.69	0.93	2.11	5.73
肖菝葜 <i>Heterosmilax japonica</i>	4.40	0.62	0.70	5.73
白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	0.23	1.23	4.23	5.69
越南叶下珠 <i>Phyllanthus cochinchinensis</i>	0.49	2.78	2.11	5.38
降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>	0.70	1.54	2.82	5.06
其余 30 种 Other 30 species	6.00	14.04	42.25	62.29

表 5 群落的物种多样性

Table 5 Species diversity of community

层次 Layer	物种丰富度 Specie richness	物种丰富度指数 Species abundance index	多样性指数 (D) Simpson index	多样性指数 (H') Shannon-Wiener index	均匀度指数 (J _{sw}) Evenness index
乔木层 Arbor layer	47	7.86	0.87	2.78	0.72
灌木层 Shrub layer	46	6.95	0.82	2.51	0.66
草本层 Herb layer	37	5.33	0.91	2.79	0.77
藤本植物 Liana	27	4.61	0.89	2.56	0.78
群落 Community	104	13.44	0.95	3.59	0.77

的台风季, 果期尤其是果熟期极易受台风影响, 所以果期的物候特征每年存在一定的差异。华润楠的落果会萌发大量小苗, 如需要对这些华润楠小苗进行繁育研究, 建议从这一时期开始。

植物群落是互相影响的多种植物按一定规律性排列组合而成的一个复杂整体^[12], 这个整体的表现形式通常受地理位置和气候条件的影响。澳门黑沙水库绒毛润楠群落属于亚热带常绿阔叶林, 具有明显的与地理位置相适应的热带性质群落特征。作为广东的临近地区, 其植物区系情况与广东高度相似, 在地理上靠近热带地区北部, 与中国南部热带植物区系有密切联系^[13-14]。群落中有种子植物 44 科 77 属 97 种, 蕨类植物 4 科 5 属 7 种, 含属数最多的为茜草科和豆科。参照中国种子植物区系分布类型^[15-16], 该群落的植物属可划分为 12 个分布区类型, 较为丰富, 以热带性质的属占主导地位, 占总属数的 87.01%, 而温带性质的属仅有 2 属, 占 2.60%。

这与澳门植物区系相似, 热带性质属数量和种类较多, 占绝对优势, 而温带性质的属通常是广泛存在的单种或寡种属^[14]。

重要值是反映物种在群落中所处地位的数量指标, 与物种在群落中占据的空间位置及其对资源的利用能力成正比^[17]。绒毛润楠为澳门黑沙水库绒毛润楠群落明显的优势树种, 在乔木层和灌木层的重要值都是最高的, 分别为 69.07%和 56.53%。乔灌木的优势种决定着植物群落的框架, 从绒毛润楠的数量来看, 绒毛润楠将是群落中长期稳定存在的建群种和优势种。而华润楠在乔木层和灌木层的重要值虽然不低, 但决定重要值的 3 个指标差别很大。据观察, 乔木华润楠古树的树冠庞大, 冠幅为 15 m × 20 m, 落果期时会掉落大量果实, 冠幅范围内有幼苗, 数量远超其他物种, 幼苗平均高度约为 20 cm, 据多年监测, 大部分幼苗在当年或次年枯死, 样地内没有看到其他龄级的小树, 形成只见大树不见小

树的现状,这也是灌木层的华润楠相对盖度极低的原因。

物种多样性是多种因素和维度的复杂构成,多样性水平与群落的稳定性呈正相关^[18-19]。本研究主要涉及的是群落组织水平上的多样性。采用多样性指数对群落多样性的变化进行描述是群落多样性研究中的常用方法。汪殿蓓等^[20]认为将 Margalef 丰富度指数、物种多样性指数(包括 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数)以及 Pielous 均匀度指数结合起来,更能准确反映和评价群落的多样性水平。物种多样性是群落结构中最为典型的表现,是反映群落复杂性与稳定性的重要指标。与澳门其他植物群落相比^[21-25],黑沙水库绒毛润楠群落的物种多样性指数普遍较高,故其生态功能会表现得更加复杂和强大^[26]。从群落的多样性格局来看,该群落已经过了自然演替的初期,乔木层和灌木层的物种多样性超越了草本层,群落结构呈现复杂化^[27]。群落中灌木层的均匀程度最低,主要是因为极个别样方中成片分布了华润楠和绒毛润楠的小苗。华润楠的小苗平均高度仅约 20 cm,且只分布在华润楠古树冠幅及周围的小区域内,据多年观察,在没有发生严重病虫害的情况下,这些小苗会在当年或次年大部分枯死,可能是因为华润楠小苗生存能力有限,澳门很有可能是华润楠的一个不利异质生境,这种不适宜的生境使得华润楠种群极难在自然条件下实现种群更新^[28]。另外,近年来本研究团队对该样地中的华润楠幼苗进行了迁地移栽试验,移栽苗长势良好,因此也有可能是大树下的荫蔽环境影响了幼苗的生长。也有研究表明,植物生长困难,可能是由于种群内存在密度制约效应和种群间的负联结性^[29-31]。因此,如需打破这一格局,建议进行适当的人工干预,对群落的生物和非生物组成进行人工适当优化,使植物群落得到一个正反馈的效果^[32]。

澳门为海岛,且城市化发生时间较早,进程较快,过于频繁的人类活动导致了景观格局破碎,生境损坏严重等问题^[33]。本研究表明,黑沙水库绒毛润楠群落已是澳门少有且珍贵的自然植物资源,物种组成较澳门其他自然群落更为丰富,属于亚热带常绿阔叶林;群落优势树种为绒毛润楠,华润楠在灌木层的重要值排第 2 位,在乔木层的重要值排第 4 位。华润楠在我国大陆(广东、广西)的分布较多,而在澳门分布稀少,可视为澳门的稀有植物;因其株型美观,具有较高的园林绿化价值。黑沙水库中

的华润楠古树作为一株有生命的绿色历史文物,于人文而言,是见证澳门历史的文明;于科研而言,是研究自然史的资料,建议对其加强管理和保育。

参考文献

- [1] Deletis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita. Flora Reipublicae Popularis Sinicae, Tomus 31 [M]. Beijing: Science Press, 1982: 59-60.
中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志, 第 31 卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 59-60.
- [2] WU Y, MA H Y, TIAN H J, et al. Photosynthetic responses of *Machilus chinensis* to traffic pollution and industrial pollution [J]. Tianjin Agric Sci, 2018, 24(5): 13-16. doi: 10.3969/j.issn.1006-6500.2018.05.004.
伍勇, 马洪洋, 田海娟, 等. 华润楠对交通污染和工业污染的光合生理响应 [J]. 天津农业科学, 2018, 24(5): 13-16. doi: 10.3969/j.issn.1006-6500.2018.05.004.
- [3] XING F W, PAN Y H, LIU D M, et al. The charm of trees: Ancient and precious trees in Macao [M]. Macao: Instituto para os Assuntos Cívicos e Municipais, 2013: 60-63.
邢福武, 潘永华, 刘东明, 等. 树载豪情——澳门古树名木 [M]. 澳门: 澳门特别行政区民政总署园林绿化部, 2013: 60-63.
- [4] LEONG M L. Spatial development of the village of Coloane in Macau: Case with Hac Sa village [D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2013.
梁美莲. 澳门路环村落空间发展研究——以黑沙村为例 [D]. 泉州: 华侨大学, 2013.
- [5] FITCHETT J M, GRAB S W, THOMPSON D I. Plant phenology and climate change: Progress in methodological approaches and application [J]. Prog Phys Geogr, 2015, 39(4): 460-482. doi: 10.1177/0309133315578940.
- [6] 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.
- [7] DAI W J, JIN H Y, ZHANG Y H, et al. Advances in plant phenology [J]. Acta Ecol Sin, 2020, 40(19): 6705-6719. doi: 10.5846/stxb201909252007.
代武君, 金慧颖, 张玉红, 等. 植物物候学研究进展 [J]. 生态学报, 2020, 40(19): 6705-6719. doi: 10.5846/stxb201909252007.
- [8] WANG L. Study on plant phenology of representative plant communities in Macau [D]. Guangzhou: Zhongkai University of Agriculture and Engineering, 2014.
王琳. 澳门代表性群落植物物候研究 [D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2014.

- [9] LI S J. Ornamental value evaluation and phenological mapping of autumn colorful plants in Xi'an [D]. Yangling: Northwest Agricultural & Forestry University, 2013.
李淑娟. 西安秋季色叶植物物候图谱构建及观赏性评价 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [10] ZHAI J, YUAN F H, WU J B. Research progress on vegetation phenological changes [J]. *Chin J Ecol*, 2015, 34(11): 3237–3243. doi: 10.13292/j.1000-4890.20151023.030.
翟佳, 袁凤辉, 吴家兵. 植物物候变化研究进展 [J]. *生态学杂志*, 2015, 34(11): 3237–3243. doi: 10.13292/j.1000-4890.20151023.030.
- [11] WANG X R, PANG H D, HU W J, et al. Phenology research on the common ligneous species in Wuhan urban forest: An example of Jiufeng National Forest Park [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2020, 36(10): 39–46.
王晓荣, 庞宏东, 胡文杰, 等. 武汉城市森林常见木本植物物候研究——以九峰国家森林公园为例 [J]. *中国农学通报*, 2020, 36(10): 39–46.
- [12] SHU Y, LIU Y J. Research overview on phytocoenology [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2008, 20(6): 51–54. doi: 10.3969/j.issn.1001-8581.2008.06.016.
舒勇, 刘扬晶. 植物群落学研究综述 [J]. *江西农业学报*, 2008, 20(6): 51–54. doi: 10.3969/j.issn.1001-8581.2008.06.016.
- [13] ZHU H. Tropical flora of southern China [J]. *Biodiv Sci*, 2017, 25(2): 204–217. doi: 10.17520/biods.2016055.
朱华. 中国南部热带植物区系 [J]. *生物多样性*, 2017, 25(2): 204–217. doi: 10.17520/biods.2016055.
- [14] XING F W, QIN X S, YAN Y H. The flora of Macau [J]. *Bull Bot Res*, 2003, 23(4): 472–477. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2003.04.022.
邢福武, 秦新生, 严岳鸿. 澳门的植物区系 [J]. *植物研究*, 2003, 23(4): 472–477. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2003.04.022.
- [15] WU Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*, 1991(S1): 1–139.
吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. *云南植物研究*, 1991(S1): 1–139.
- [16] LI X W. Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. *Acta Bot Yunnan*, 1996, 18(4): 363–384.
李锡文. 中国种子植物区系统计分析 [J]. *云南植物研究*, 1996, 18(4): 363–384.
- [17] HAN L. The dynamics of vegetation and ecological characteristics of dominant populations for desert riparian forest in the upper reaches of Tarim River [D]. Beijing: China Agricultural University, 2014.
韩路. 塔里木河上游荒漠河岸林植物群落动态与优势种群生态特征研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [18] WANG F J, DING F B. A review of research on plant community species diversity [J]. *Contemp Hort*, 2015(8): 155. doi: 10.3969/j.issn.1006-4958.2015.08.126.
王凤娟, 丁福波. 植物群落物种多样性研究综述 [J]. *现代园艺*, 2015(8): 155. doi: 10.3969/j.issn.1006-4958.2015.08.126.
- [19] HE B, LI Q, LIU Y. Community characteristics and species diversity of *Pinus armandii* in Caohai National Nature Reserve [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2020, 28(1): 44–52. doi: 10.11926/jtsb.4063.
何斌, 李青, 刘勇. 草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(1): 44–52. doi: 10.11926/jtsb.4063.
- [20] WANG D B, JI S Y, CHEN F P. A review on the species diversity of plant community [J]. *Chin J Ecol*, 2001, 20(4): 55–60.
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.
- [21] TANG C Y, SONG X L, HONG B Y, et al. Characteristics of the coastal plant community and ecological restoration proposal on Ka Ho Hill, Macau [J]. *Plant Sci J*, 2015, 33(1): 44–52. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2015.10044.
唐春艳, 宋贤利, 洪宝莹, 等. 澳门九澳山海滨群落特征分析与生态恢复建议 [J]. *植物科学学报*, 2015, 33(1): 44–52. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2015.10044.
- [22] SONG X L, XING F W, YI Q F, et al. Characteristics and species diversity of *Cinnamomum burmannii* community on Song Mountain, Macao [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2013, 40(3): 1–7. doi: 10.3969/j.issn.1002-7351.2013.03.01.
宋贤利, 邢福武, 易绮斐, 等. 澳门松山阴香群落特征及物种多样性研究 [J]. *福建林业科技*, 2013, 40(3): 1–7. doi: 10.3969/j.issn.1002-7351.2013.03.01.
- [23] ZHAO S S, ZENG Q W, XING F W. Characteristics and species diversity of *Macaranga tanarius* community on Ilha Verde Hill of Macau [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, 38(6): 3243–3248. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2010.06.173.
赵珊珊, 曾庆文, 邢福武. 澳门青洲山血桐群落特征及物种多样性研究 [J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(6): 3243–3248. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2010.06.173.
- [24] HUANG L J, ZHANG R J, WANG F G, et al. Characteristics of *Mallostus paniculatus*+*Sterculia lanceolata*+*Microcos paniculata* community in Ilha Verde Hill, Macau [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2010, 28(1): 81–89. doi: 10.3724/SP.J.1142.2010.10081.
黄柳菁, 张荣京, 王发国, 等. 澳门青洲山白楸+假苹婆+破布叶群落特征研究 [J]. *武汉植物学研究*, 2010, 28(1): 81–89. doi: 10.3724/SP.J.1142.2010.10081.
- [25] ZENG F, ZHANG R J, XING F W, et al. Community characteristics

- and species diversity research of *Pterospermum heterophyllum* community in Ilha Verde Hill, Macau [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2009, 29(8): 1684–1691. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2009.08.029.
- 曾凤, 张荣京, 邢福武, 等. 澳门青州山翻白叶树群落特征及物种多样性研究 [J]. *西北植物学报*, 2009, 29(8): 1684–1691. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2009.08.029.
- [26] LIAO H X, LUO W B, PAL R, et al. Context-dependency and the effects of species diversity on ecosystem function [J]. *Biol Invas*, 2016, 18(10): 3063–3079. doi: 10.1007/s10530-016-1202-6.
- [27] DO NASCIMENTO L M, DE SÁ BARRETTO S E V, RODAL M J N, et al. Secondary succession in a fragmented Atlantic forest landscape: Evidence of structural and diversity convergence along a chronosequence [J]. *J For Res*, 2014, 19(6): 501–513. doi: 10.1007/s10310-014-0441-6.
- [28] PENG S J, HUANG Z L, PENG S L, et al. Factors influencing mortality of seed and seedling in plant nature regeneration process [J]. *Guihaia*, 2004, 24(2): 113–121. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2004.02.004.
- 彭闪江, 黄忠良, 彭少麟, 等. 植物天然更新过程中种子和幼苗死亡的影响因素 [J]. *广西植物*, 2004, 24(2): 113–121. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2004.02.004.
- [29] TAN Y B, ZHAN C A, YANG H D, et al. Inter-specific associations among main tree species in *Machilus chinensis* communities in Nan'ao Island, Guangdong Province [J]. *J CS Univ For Technol*, 2012, 32(11): 92–99. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2012.11.002.
- 谭一波, 詹潮安, 杨海东, 等. 广东南澳岛华润楠群落主要树种种间联结性 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(11): 92–99. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2012.11.002.
- [30] GETZIN S, WIEGAND T, WIEGAND K, et al. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands [J]. *J Ecol*, 2008, 96(4): 807–820. doi: 10.1111/j.1365-2745.2008.01377.x.
- [31] ZHU Y, MI X C, MA K P. A mechanism of plant species coexistence: The negative density-dependent hypothesis [J]. *Biodiv Sci*, 2009, 17(6): 594–604. doi: 10.3724/SP.J.1003.2009.09183.
- 祝燕, 米湘成, 马克平. 植物群落物种共存机制: 负密度制约假说 [J]. *生物多样性*, 2009, 17(6): 594–604. doi: 10.3724/SP.J.1003.2009.09183.
- [32] BROCKERHOFF E G, BARBARO L, CASTAGNEYROL B, et al. Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services [J]. *Biodiv Conserv*, 2017, 26(13): 3005–3035.
- [33] HONG H J. Eco-environmental sensitivity analysis of Macau [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2011.
- 洪鸿加. 澳门特别行政区生态环境敏感性分析研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.