

澳门黑沙水库植物群落与主要种类物候特征研究

唐春艳^{1,2}, 王琳³, 邢福武¹, 朱丽君¹, 洪宝莹⁴, 欧远雄⁴, 郭菲力⁴, 易绮斐^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 广东省应用植物学重点实验室, 广州 510650; 2. 棕榈生态城镇发展股份有限公司, 广州 510627; 3. 广东生态工程职业学院, 广州 510520; 4. 澳门民政总署, 澳门 CP3054)

摘要: 为探讨澳门路环黑沙水库植物群落与物候特征, 采用群落生态学的方法, 研究了黑沙水库植物群落种类组成、空间结构、多样性及重点植物物候期。结果表明, 在 1200 m² 样地中有维管植物 88 种, 隶属于 47 科 80 属。乔灌层无明显优势树种, 草本层中淡竹叶(*Lophatherum gracile*) 具有较显著优势, 各层植物分布均匀程度差异小。群落外貌终年常绿, 大部分种类各物候期存在重叠现象, 萌芽展叶期持续时间长, 开花期集中在 5-6 月, 果熟期 10-12 月最盛。根据乡土植物群落和物候特征, 筛选并推荐在澳门及邻近区域可开发的景观植物, 为构建生态价值高的植被景观或植被恢复提供参考。

关键词: 植物群落; 植物物候; 景观植物; 澳门

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.04.002

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

TANG Chun-yan^{1,2}, WANG Lin³, XING Fu-wu¹, ZHU Li-jun¹, HONG Bao-ying⁴, OU Yuan-xiong⁴, Guo Fei-li⁴, YI Qi-fei^{1*}

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, Chinese Academy of Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Palm Ecological Town Development Company Limited, Guangzhou 510627, China; 3. Guangdong Eco-engineering Polytechnic, Guangzhou 510520, China; 4. Civic and Municipal Affairs Bureau, Macau CP3054, China)

Abstract: To understand the characteristics of plant community near to Hac Sa Reservoir in Macau, the species composition, spatial structure, diversity and plant phenology of the community were studied by field investigation. The results showed that there were 88 species vascular plants, belonging to 47 families and 80 genera in 1200 m² plot. There were no dominant species in tree and shrub layers, the dominant species in herb layer was *Lophatherum gracile* and interlayer species were rich. The horizontal distribution of species was even. The physiognomy of the community was evergreen throughout the year. The phenology phases of most species had overlapping phenomenon. The duration of leaf spreading phase was long. The flowering focused from May to June and fruit ripening stage from October to November. Therefore, based on community and phenological characteristics of indigenous plants, some ornamental plants were selected for promoting landscape and ecological values as well as ecological restoration in Macau and neighboring areas.

Key words: Plant community; Plant phenology; Landscape plant; Macau

收稿日期: 2015-09-02

接受日期: 2016-01-13

基金项目: 澳门野生植物物候监测研究项目; 澳门野生植物物种普查研究项目资助

This work was supported by the Projects of Wild Plant Phenology Monitoring in Macau, and Wild Plant Investigation in Macau.

作者简介: 唐春艳(1991~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为植物学。E-mail: TCYtangchunyan@126.com

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

研究群落物种构成和结构是森林生态系统可持续发展、植被恢复的前提^[1]。澳门作为南亚热带典型地域,面积较小,开埠较早,人类活动对植被影响很大,自然植被曾遭到严重破坏^[2],乡土植物的保存与开发利用成为澳门政府密切关注的话题。

近年来,有关学者对澳门植物区系、代表性植物群落特征等进行了调查分析^[2-3]。澳门保存的天然群落主要分布在路环,远离市区,人为干扰少^[2]。王发国等^[4]对路环的灌丛群落进行了调查和分析,但未涉及乔木群落特征。而路环黑沙水库的乔木植被是澳门乡土植物重要的资源库。同时,随着节约型园林营建运动的兴起,利用成本低、适应性强、特色鲜明的乡土植物是建设节约型园林的必然要求^[5]。植物物候是指植物受外界影响,表现出每年在一定时期萌芽展叶、开花、结果、叶变色、落叶等季节性现象^[6]。目前,研究植物物候与景观建设的研究越来越多^[7],选择当地观赏树种,利用叶色、花果等季相变化,可营造多变的地带性植被景观^[8]。在充分了解乡土植物群落和物候特征的基础上,筛选适宜物种,对节约型园林中适配群落构建和植被恢复意义重大。

本研究对澳门黑沙水库乔木植物群落进行调查,分析群落物种组成及空间结构等,并设立固定样地观测优势种及其伴生种物候节律,以期对澳门常绿阔叶林的保护提供基础数据,也为澳门及附近区域地带性植物群落的建设和植被恢复等提供科学依据。

1 研究地概况

澳门地处珠江口西南岸,由澳门半岛、氹仔和路环组成,2013年总面积为31.3 km²。属于南亚热带海洋性季风气候,近30年均温21.9℃,年均降雨量2000 mm以上,降雨集中在春夏季,台风季节为5-10月^[9]。澳门地势以东北-西南走向为主,地貌以平地(47.56%)和丘陵(47.32%)为主。岩石主要为花岗岩,土壤以由花岗岩发育而成的赤红壤为主,呈酸性(pH 4.84~5.70)^[2]。

路环面积7.6 km²,约80%为丘陵^[2,9],天然植被丰富,是澳门重要的乡土植物资源,受到政府密切关注和保护。该区有白桂木(*Artocarpus hypargyreus*)、华润楠(*Machilus chinensis*)和石梓(*Gmelina chinensis*)等澳门稀有野生植物,其中有1株华润楠为近200年的古树。黑沙水库位于路环中部的

郊野公园内,水库周边植物群落是澳门保存完好的自然演替群落。

2 方法

2.1 群落调查

2013年10月至2014年1月间,在全面踏查的基础上,在黑沙水库健康径及其附近的阔叶林中设立2个标准样地(113°34'23.56" E, 22°07'40.69" N),海拔88.5 m,面积各为600 m²(共1200 m²),采用相邻格子法^[6,10-12],划分为6个10 m×10 m乔木样方,每个样地中随机设置8个5 m×5 m灌木、草本样方(共16个)。采用每木调查法^[6,10-12],记录乔木层植物的种名、高度(m)、胸径(cm)、冠幅(m²)等;灌木和草本层的种类、株数、高度(m)及盖度(%)等;并记录样方中所有藤本植物。同时记录样地位置、地形特征等。规范调查指标,选择高度≥0.5 m的木本作为系统调查对象,其余作更新层或草本层处理;以胸径≥2 cm、高度≥2 m的立木为乔木。

2.2 物候监测

在2个样地中各选定1个100 m²的固定样方持续观测物候,对样方中所有胸径≥1 cm、高度≥1.5 m的植株挂牌标号,同时观察草本层和层间植物。以植物生长发育的物候节律为指标,采用定点定株定时物候监测方法。每月至少1次赴澳门,生长旺季3-5月每月2次,观察记录植物物候特征,同时拍摄图片。所选植物均为自然状态下生长发育正常、无病虫害的标准植株,每种一般至少定株观测3株。按《中国物候观测方法》^[13]和《植物群落学实验手册》^[6]规定,判断植株物候期。

2.3 数据分析

参照群落取样调查和分析方法^[6,10-12],分析群落中植物的优势程度和多样性。

相对多度=(某种植物的个体数/所有植物的个体总数)×100;相对频度=(某种的频度/所有种的频度总和)×100;相对显著度=(某种所有个体的胸高断面面积之和/所有种个体的胸高断面面积总和)×100;相对盖度=(某种的盖度/所有种的盖度总和)×100。乔木重要值(IV)=相对多度+相对频度+相对显著度;灌木或草本的IV=相对多度+相对频度+相对盖度。

物种丰富度指数(S)为样方内的植物种数;物种

丰富度 Margalef 指数: $E=(S-1)/\ln N$; Simpson 指数: $D=1-\sum P_i^2$; Shannon-Wiener 指数: $H'=-\sum P_i \ln P_i$; 均匀度 Pielou 指数: $J_{SW}=(\sum P_i \ln P_i)/\ln S$ 。式中, P_i 为种 i 的个体数占所有种个体总数之比; N 为样方中所有物种的个体数之和。

2.4 物候图谱绘制

根据 2013 年 10 月至 2015 年 3 月对乡土植物物候节律的观测数据, 以月份为横轴, 每个月份划分为上、中、下旬, 绘制物候图谱。

3 结果和分析

3.1 黑沙水库群落的物种组成

澳门路环黑沙水库 1200 m² 群落样地内共有维管植物 88 种, 隶属于 47 科 80 属, 其中蕨类植物有 5 科 5 属 5 种, 裸子植物有 1 科 1 属 1 种, 被子植物有 18 科 74 属 82 种。含 5 种以上的科有 4 科, 包含 21 属 25 种, 分别占科、属、种总数的 8.51%、26.25%、28.09%; 单种科有 28 科, 占科、属、种总数的 59.57%、35.00%、31.46%。热带性质的大戟科(Euphorbiaceae, 8 种)、茜草科(Rubiaceae, 7 种)、樟科(Lauraceae, 5 种)、芸香科(Rutaceae, 5

种)、桑科(Moraceae, 4 种)的种数相对较多, 科水平上有较强的热带性质。

3.2 垂直结构

乔木层 表 1 所示, 样地内胸径 ≥ 2 cm、高度 ≥ 2 m 的乔木共有 24 种 158 株, 平均高度 6.2 m, 其中高于 8 m 的乔木共有 5 种 21 株, 华润楠最高的 1 株达 15 m; 白桂木均高 8.52 m。山乌柏(*Sapium discolor*)、白桂木、榕树(*Ficus microcarpa*)、铁刀木(*Senna siamea*)等的均高约 9 m。白楸(*Mallotus paniculatus*)、华润楠和鸭脚木(*Schefflera heptaphylla*) 在群落中的优势度较高, 重要值分别为 41.85、36.55 和 36.36; 其次是绒毛润楠(*Machilus velutina*)和白桂木, 重要值 28.77 和 26.16, 群落中无显著优势的乔木。但白楸、豺皮樟、山乌柏等阳性树种有较高的重要值, 说明该群落次生性较强, 仍处于演替早期阶段。

灌木层 有 39 种 768 株, 物种丰富(表 2)。灌木层高为 0.50~2.71 m, 多数在 1 m 左右, 覆盖度为 30~80。重要值以白桂木最高(61.67), 九节(*Psychotria rubra*)重要值 41.69, 位居第二, 他们在灌木层中占明显优势。猪肚木(*Canthium horridum*)、鸭脚木、银柴(*Aporosa dioica*)、豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、赤楠(*Syzy-*

表 1 乔木层物种的重要值(IV ≥ 3)

Table 1 Importance value of species in tree layer (IV ≥ 3)

植物 Species	N	H (m)	RA	RF	RP	IV
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	33	5.35	20.89	12.16	8.80	41.85
华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	1	15.00	0.63	1.35	34.57	36.55
鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	22	6.45	13.92	9.46	12.97	36.36
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	21	6.04	13.29	6.76	8.72	28.77
白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	14	8.52	8.86	6.76	10.54	26.16
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	13	4.12	8.23	8.11	1.51	17.84
山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	4	9.73	2.53	5.41	9.46	17.40
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	7	6.23	4.43	6.76	1.40	12.59
革叶铁榄 <i>Sinosideroxylon wightianum</i>	6	4.83	3.80	5.41	1.24	10.45
梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i>	6	3.76	3.80	5.41	0.51	9.71
破布叶 <i>Microcos paniculata</i>	6	6.30	3.80	2.70	2.57	9.07
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	5	6.80	3.16	4.05	1.14	8.36
亮叶猴耳环 <i>Pithecellobium lucidum</i>	4	2.98	2.53	4.05	0.14	6.73
山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	3	2.60	1.90	4.05	0.77	6.72
榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	1	9.50	0.63	1.35	4.10	6.09
羊角拗 <i>Strophanthus divaricatus</i>	3	5.83	1.90	4.05	0.14	6.09
细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i>	2	5.25	1.27	2.70	0.40	4.37
其余 7 种 Other 7 species	7	5.66	4.43	9.46	1.01	14.90

N: 株数; H: 高度; RA: 相对多度; RF: 相对频度; RP: 相对显著度; RC: 相对盖度; IV: 重要值。下表同。

N: Number of individuals; H: Height; RA: Relative abundance; RF: Relative frequency; RP: Relative dominance; IV: Importance value. The same is following Tables.

gium buxifolium)等数量较多,形成了灌木层丰富的物种繁殖库;此外,石梓、毛冬青(*Ilex pubescens*)、凹叶红豆(*Ormosia emarginata*)、日本五月茶(*Antidesma japonicum*)、两广梭罗树(*Reevesia thyrsoidea*)等数量稀少,呈零星分布。

草本层 群落中草本植物种类、数量均很少,只有 9 种,呈斑块状分布(表 3)。淡竹叶具有显著优势,重要值为 97.46,其次为乌毛蕨(*Blechnum orientale*),数量不多但冠幅较大。露籽草(*Ottocloa nodosa*)在白桂木样地的数量相对较多。稀疏分布的还有少许蕨类植物,如扇叶铁线蕨(*Adiantum*

flabellulatum)、团叶鳞始蕨(*Lindsaea orbiculata*)和芒萁(*Dicranopteris pedata*)。

藤本植物 样地中藤本植物种类较多,有 26 种,以锡叶藤(*Tetracera sarmentosa*)、青江藤(*Celastrus hindsii*)、假鹰爪(*Desmos chinensis*)和夜花藤(*Hypserpa nitida*)、龙须藤(*Bauhinia championii*)、寄生藤(*Dendrotrophe varians*)、牛眼马钱(*Strychnos angustiflora*)等木质藤本为主,青江藤、夜花藤在白桂木样地中胸径为 1~5 cm,常攀援直上至树冠顶层。此外还有亮叶崖豆藤(*Callerya nitida*)、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、罗浮买麻藤(*Gnetum lofu-*

表 2 灌木层物种的重要值(IV \geq 3)

Table 2 Importance value of species in shrub layer (IV \geq 3)

植物 Species	N	H (m)	RA	RF	RC	IV
白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	209	1.20	27.21	6.94	27.52	61.67
九节 <i>Psychotria rubra</i>	152	0.65	19.79	6.94	14.96	41.69
猪肚木 <i>Canthium horridum</i>	33	1.28	4.30	2.31	7.69	14.30
鸭脚木 <i>Schefflera heptaphylla</i>	34	0.73	4.43	5.78	3.72	13.92
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	30	1.15	3.91	6.36	3.46	13.73
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	24	1.10	3.13	4.05	4.11	11.28
草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	34	0.54	4.43	4.62	1.21	10.27
梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i>	17	1.20	2.21	3.47	4.19	9.88
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	13	1.55	1.69	3.47	4.40	9.56
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	22	1.21	2.86	3.47	2.74	9.07
羊角拗 <i>Strophanthus divaricatus</i>	20	0.57	2.60	5.20	1.16	8.97
箭欏花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>	18	0.50	2.34	5.20	1.05	8.60
粗叶榕 <i>Ficus hirta</i>	25	0.69	3.26	3.47	1.52	8.25
假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	8	2.71	1.04	2.89	3.56	7.49
朱砂根 <i>Ardisia crenata</i>	20	0.58	2.60	2.89	1.72	7.22
越南叶下珠 <i>Phyllanthus cochinchinensis</i>	15	0.67	1.95	3.47	1.52	6.94
山油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>	12	1.55	1.56	1.73	2.40	5.70
石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	16	0.62	2.08	2.89	0.26	5.23
亮叶猴耳环 <i>Pithecellobium lucidum</i>	9	0.80	1.17	2.31	1.67	5.15
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	12	0.83	1.56	2.89	0.70	5.15
细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i>	10	0.54	1.30	2.89	0.60	4.79
变叶榕 <i>Ficus variolosa</i>	5	1.53	0.65	1.73	2.27	4.66
紫玉盘 <i>Uvaria microcarpa</i>	2	1.85	0.26	1.16	2.00	3.42
白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	3	1.50	0.39	1.73	0.89	3.01
其余 15 种 Other 15 species	25	1.16	3.26	12.14	4.67	20.07

表 3 草本层物种的重要值

Table 3 Importance value of species in herb layer

物种 Species	N	RA	RF	RC	IV
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	100	53.48	26.32	17.67	97.46
乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	4	2.14	7.89	49.35	59.38
芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	11	5.88	10.53	15.60	32.00
露籽草 <i>Ottocloa nodosa</i>	28	14.97	7.89	6.15	29.01
扇叶铁线蕨 <i>Adiantum flabellulatum</i>	11	5.88	18.42	1.94	26.25
团叶鳞始蕨 <i>Lindsaea orbiculata</i>	11	5.88	10.53	3.12	19.53
芒萁 <i>Dicranopteris pedata</i>	15	8.02	5.26	4.47	17.75
山麦冬 <i>Liriope spicata</i>	6	3.21	10.53	1.57	15.31
毛果珍珠茅 <i>Scleria levis</i>	1	0.53	2.63	0.14	3.31

ense)、山橙 (*Melodinus suaveolens*) 和暗色菝葜 (*Smilax lanceifolia* var. *opaca*) 等, 草质藤本有粪箕笃 (*Stephania longa*) 和海金沙 (*Lygodium japonicum*)。

更新层 调查中发现华润楠、白桂木、阴香 (*Cinnamomum burmanni*)、酒饼簕 (*Atalantia buxifolia*)、土蜜树 (*Bridelia tomentosa*)、荔枝 (*Litchi chinensis*)、龙眼 (*Dimocarpus longan*) 和小蜡 (*Ligustrum sinense*) 等 8 种植物的幼苗, 其中 6 种并没有在乔灌木层中出现, 植株低于 0.5 m。

3.3 植物多样性指数

物种多样性反映了群落稳定性和组织结构水平, 常用物种丰富度 Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数 (H')、均匀度 Pielou 指数 (J_{sw}) 等表征^[14]。物种数量越多, 分布越均匀, Shannon-Wiener 指数越大; 群落中优势种越明显, Simpson 指数的值越高^[3]。从表 4 (植物种数 S 不包含更新层的 6 种) 可知, 黑沙水库群落的物种丰富度 Margalef 指数和 Shannon-Wiener 指数均为灌木层 > 乔木层 > 藤本植物层 > 草本层; 而 Pielou 指数为乔木层 > 藤本植物层 > 灌木层 > 草本层, 这说明黑沙水库群落的灌木种类最多, 草本最少。Shannon-Wiener 指数 (H') 和 Simpson 指数 (D) 显示乔木层、灌木层和藤本植物层的数值相近, 草本层最低, 说明乔木层的白楸、华润楠等重要值大的树种优势度并不明显, 灌木和藤本层也无明显优势的树种; 而草本层淡竹叶优势度较大。Pielou 均匀度指数 (J_{sw}) 说明乔木层植物分布最均匀, 草本层最不均匀; 但 4 层植物的 Pielou 指数相

近, 分布均匀度差异小。

与澳门地区的松山群落^[15]和大潭山群落^[16] (表 5) 相比, 黑沙水库群落作为路环的典型植被, 物种丰富度与邻近群落相近, 但优势度指数、Shannon 指数和均匀度指数都是最高的, 是澳门植被恢复和景观植物资源开发的重要库存资源之一。

3.4 优势种及其伴生种物候特征

根据 2013 年 10 月-2015 年 3 月间的连续监测数据, 绘制标准监测植株物候图谱, 包括 15 种乔灌木、5 种草本和 1 种藤本植物。被子植物一般有 9 种物候期; 蕨类植物生活史不同, 有 5 个物候期 (图 1)。

萌芽期 萌芽期为叶芽开始膨大、叶芽开放和花芽开始膨大的时期, 包含蕨类植物的拳叶期。50% 以上种类的萌芽期集中在 3 月 (图 1), 较早 (1 月上旬) 的有白楸、华润楠、豺皮樟、九节和玉叶金花等, 山乌柏、朱砂根 (*Ardisia crenata*) 和山麦冬 (*Liriope spicata*) 等萌芽时间较晚 (3 月中旬)。部分常绿种类白楸、九节和玉叶金花萌芽期持续时间经年, 萌芽展叶贯穿其整个生活史。

展叶期 50% 以上种类的展叶期为 3 月上旬至 9 月下旬, 以 4-7 月最盛。多数种类展叶期持续时间长, 白楸、山油柑 (*Acronychia pedunculata*)、九节和玉叶金花是全年展叶的种类。嫩叶红色或红褐色的种类有绒毛润楠、豺皮樟和草珊瑚等, 3 月萌芽后开始展叶, 3-4 月展叶盛期, 形成春色叶叶幕, 蔚为可观。

开花期 开花期包括花蕾和花序出现、开花

表 4 群落的物种多样性指数

Table 4 Species diversity indexes of community

层次 Layer	丰富度指数 (S) Richness index	Margalef 指数 (E) Margalef index	优势度指数 (D) Simpson index	Shannon 指数 (H') Shannon index	均匀度指数 (J_{sw}) Pielou index
乔木层 Tree	24	5.0626	0.8949	2.5904	0.8151
灌木层 Shrub	39	5.8701	0.8727	2.6706	0.7290
草本层 Herb	9	1.5293	0.6733	1.5420	0.7018
藤本植物 Liana	26	3.8481	0.8806	2.5727	0.7896
合计 Total	81	10.8258	0.9519	3.5580	0.8097

表 5 澳门 3 个邻近地区的物种多样性指数比较

Table 5 Species diversity indexes of three communities in Macau

群落 Community	丰富度指数 (E) Margalef index	优势度指数 (D) Simpson index	Shannon 指数 (H') Shannon index	均匀度指数 (J_{sw}) Pielou index
松山群落 Guia Hill	11.6168	0.8886	2.8627	0.6410
大潭山群落 Big Taipa Hill	10.9134	0.8949	3.2100	0.7264
黑沙水库群落 Hac Sa Reservior	10.8258	0.9519	3.5580	0.8097

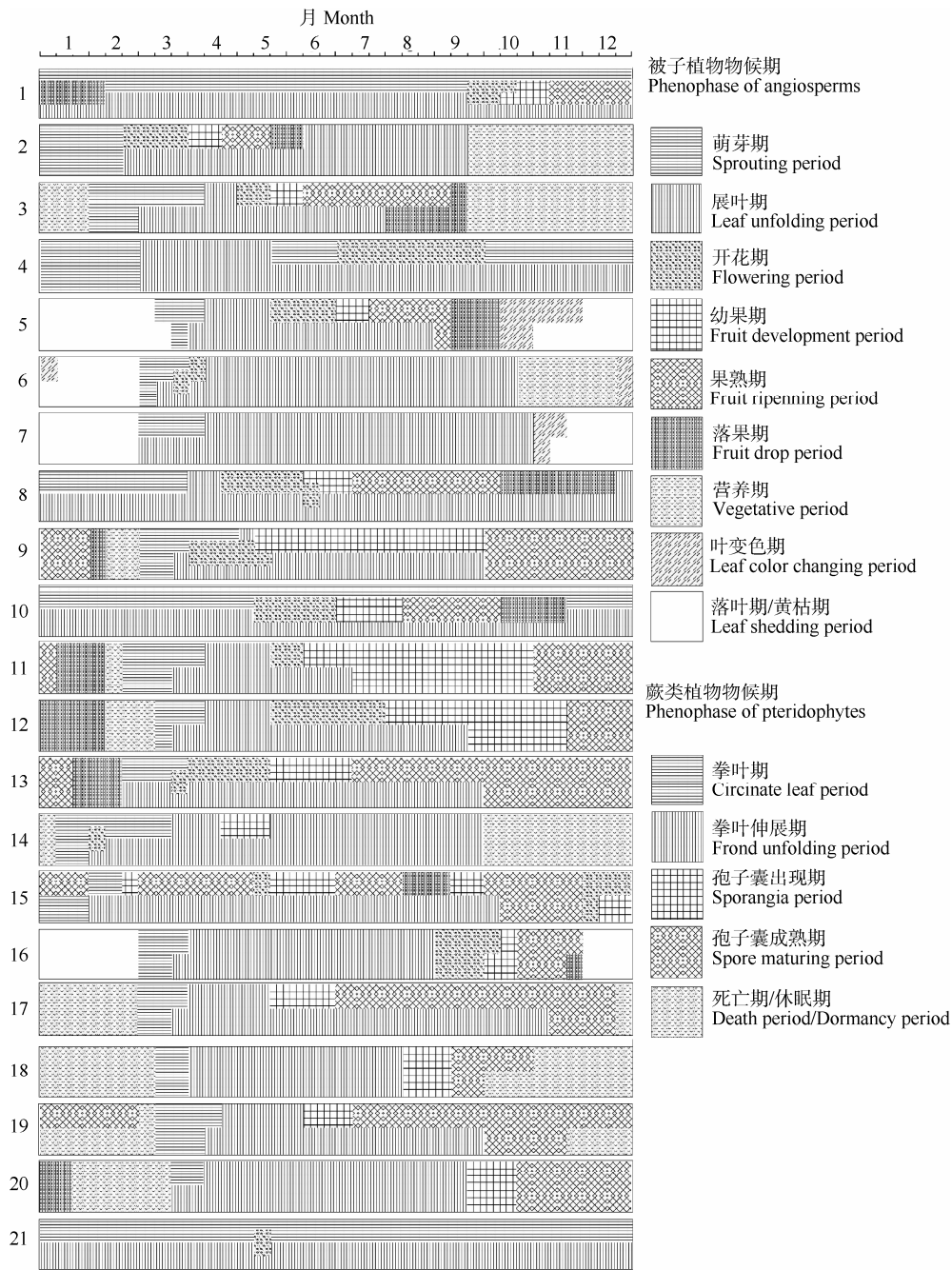


图 1 黑沙水库主要物种物候图谱。1: 白楸; 2: 华润楠; 3: 白桂木; 4: 豹皮樟; 5: 山乌柏; 6: 梅叶冬青; 7: 野漆; 8: 山油柑; 9: 梔子; 10: 九节; 11: 草珊瑚; 12: 朱砂根; 13: 浓子茉莉; 14: 日本五月茶; 15: 毛果算盘子; 16: 淡竹叶; 17: 乌毛蕨; 18: 扇叶铁线蕨; 19: 团叶鳞始蕨; 20: 山麦冬; 21: 玉叶金花。

Fig. 1 Phenogram of main plants in Hac Sa Reservoir. 1: *Mallotus paniculatus*; 2: *Machilus chinensis*; 3: *Artocarpus hypargyreus*; 4: *Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*; 5: *Sapium discolor*; 6: *Ilex asprella*; 7: *Toxicodendron succedaneum*; 8: *Acronychia pedunculata*; 9: *Gardenia jasminoides*; 10: *Psychotria rubra*; 11: *Sarcandra glabra*; 12: *Ardisia crenata*; 13: *Fagerlindia scandens*; 14: *Antidesma japonicum*; 15: *Glochidion eriocarpum*; 16: *Lophatherum gracile*; 17: *Blechnum orientale*; 18: *Adiantum flabellulatum*; 19: *Lindsaea orbiculata*; 20: *Liriope spicata*; 21: *Mussaenda pubescens*.

始期、开花盛期至开花末期，包含蕨类植物的孢子囊群出现期。21种植物在5-6月开花种类最多，以5月中旬最多，有白桂木、山油柑、梔子(*Gardenia jasminoides*)、九节、浓子茉莉(*Fagerlindia scandens*)、

毛果算盘子(*Glochidion eriocarpum*)和玉叶金花7种植物。花色以白色或黄白色为主。最早开花的是日本五月茶(*Antidesma japonicum*)，2月上旬开花；较晚的是白楸、淡竹叶等。大多植物花期持续约30 d，花期观

赏性高的种类有梔子、朱砂根和玉叶金花。

果熟期 果熟期为果实长成至开始脱落, 包含蕨类植物的孢子囊群成熟期。7月下旬至12月下旬, 每旬均有6种以上植物进入果熟期; 以10–12月为果熟期的种类最多, 每月至少8种植物。大多植物的果熟期持续时间长。梔子果熟期从10月上旬至翌年1月, 白桂木则从6月中旬至9月上旬, 两者果实大, 形态美观。草珊瑚果熟期从11月上旬至翌年1月上旬, 朱砂根在11月下旬至12月份果熟, 两者果实鲜红, 色彩艳丽。

叶变色及落叶期 群落中落叶树种仅有山乌柏、梅叶冬青(*Ilex asprella*)、野漆(*Toxicodendron succedaneum*)和淡竹叶4种。他们的叶变色及落叶时间均在11月至翌年2月。山乌柏和野漆树体高大, 冬季可形成林冠层红、黄色斑块。梅叶冬青春色叶嫩绿, 1月上旬左右迅速变黄脱落, 则可作为灌木层季相变化明显的种类。

从叶色季相和花果色相变化来探讨整个群落外貌。群落中春色叶种类多, 以绿色和红色为主, 春色叶为红色的有绒毛润楠、豺皮樟和草珊瑚等。秋色叶主要有山乌柏、野漆等呈现的红色或黄色。繁植物候中, 开花物候明显的种类较少, 且白色为主, 而群落中植物果熟时颜色多样。白桂木、梔子果熟呈黄色, 九节、草珊瑚等为红色, 豺皮樟、梅叶冬青和山乌柏等果熟黑色, 浓子茉莉、玉叶金花等为深绿色。可见叶色变化对群落外貌的影响最大, 繁植物候中, 果期特征较花期明显。

4 结论和讨论

黑沙水库群落是具有热带性质、物种多样性较高、层次分明但优势种不突出的自然群落。物候观测表明, 黑沙水库群落中各植物物候期大部分存在重叠, 部分种类萌芽展叶期贯穿全年。花期夏季较集中, 果期秋冬季明显, 落叶现象主要见于11月至翌年2月。常绿树种如白楸、华润楠、鸭脚木、绒毛润楠和白桂木等, 落叶树种如山乌柏、梅叶冬青和野漆等构成了群落的主要种类, 形成终年常绿冬季有叶色变化的植被景观。

园林植物开发利用中, 模拟自然群落开发乡土植物的理念已深入人心^[17]。植物群落景观形成与植物物候变化关系密切, 群落中不同植物开花结果落叶等物候季相, 能体现不同时序的景观特色^[8]。通

过研究分析某地区自然群落的基本类型、物种多样性与层次结构, 结合物候特征, 为筛选适应力强的乡土观赏种类具有重要的参考价值。

为构建具有澳门山地特色的植被景观, 重要值排名前列, 物候特征明显, 观赏性好, 生长繁殖快等特征的地带性树种可作为推荐开发的植物。据群落学调查和物候观测, 黑沙水库群落乡土景观植物推荐的种类有17种, 包括乔木7种, 灌木4种, 草本2种和藤本植物4种。乔木树种为白楸、华润楠、绒毛润楠、白桂木、豺皮樟、山乌柏和梅叶冬青; 其中, 华润楠、绒毛润楠和豺皮樟春色叶尤为可观, 山乌柏和梅叶冬青均为季相变化明显的种类, 白桂木观果、生长繁殖容易, 白楸适应能力强。推荐的灌木种类为九节、草珊瑚、朱砂根和猪肚木; 前三者果相特征明显, 猪肚木树形美观。草本种类包括露籽草和蕨类植物乌毛蕨; 露籽草可片植观花, 乌毛蕨株型美观亦可观叶。此外, 藤本植物种类为龙须藤、罗浮买麻藤、假鹰爪和玉叶金花; 龙须藤叶形奇特、花序长, 玉叶金花观花价值高, 罗浮买麻藤和假鹰爪果实观赏价值高。

本研究在调查澳门自然群落特征和重点植物物候表现的基础上, 分析优势种和伴生种地位及物候期, 为植被恢复的植物选择或景观植物开发提供参考。推荐的部分种类处于尚未被开发利用的状态, 如草珊瑚、龙须藤等, 还需经过驯化育种、规模化生产等诸多过程。自然群落的乡土树种可作为园林景观的基本骨架, 其空间布局亦可成为景观植物配置模式的参考, 使得人工群落不仅美观, 还兼顾群落稳定性等生态功能。当然, 多功能多效益的园林景观需在尊重自然群落的基础上进一步加工, 群落中多高重要值的树种可入选推荐范围, 乔灌草各层中种类数量的较佳配植比例, 各评价指标均需借鉴园林专业理论和实践经验进一步研究。

参考文献

- [1] XU K Y, LIU S X, YE W H. A study on *Sycopsis sinensis* community in Houhe Nature Reserve, Hubei Province [J]. J Wuhan Bot Res, 2002, 20(5): 359–364. doi: 10.3969/j.issn.2095-0837.2002.05.008.
许凯扬, 刘胜祥, 叶万辉. 湖北后河自然保护区水丝梨群落研究 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(5): 359–364. doi: 10.3969/j.issn.2095-0837.2002.05.008.
- [2] XING F W, QIN X S, YAN Y H. The flora of Macau [J]. Bull Bot Res, 2004, 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, 2004, 23(4): 472–477. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2003.04.022.
- [3] 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. 澳门青洲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.
- [4] WANG F G, XING F W, YE H G, et al. Studies on the characteristics of shrub communities in Coloane, Macau [J]. Bull Bot Res, 2005, 25(2): 236–241, doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2005.02.027.
王发国, 邢福武, 叶华谷, 等. 澳门路环岛灌丛群落的特征 [J]. 植物研究, 2005, 25(2): 236–241. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2005.02.027.
- [5] WU Y F, WANG F G, LIU K L, et al. Resources and application of Lauraceae plants in landscape of Dongguan City [J]. Guangdong For Sci Techn, 2012, 28(6): 34–38. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2012.06.006.
武艳芳, 王发国, 刘坤良, 等. 东莞樟科植物资源及其在园林中的应用 [J]. 广东林业科技, 2012, 28(6): 34–38. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2012.06.006.
- [6] WANG B S, YU S X, PENG S L. Laboratory Manual of Phytocoenology [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1996: 1–46.
王伯荪, 余世孝, 彭少麟. 植物群落学实验手册 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1996: 1–46.
- [7] LI S J, LIU Y L. Ornamental characteristics and phenograms of plant leaf color in the main seasons in Xi'an [J]. J NW For Univ, 2013, 28(2): 42–47. doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2013.02.08.
李淑娟, 刘雅莉. 西安主要季色叶植物观赏特征及物候图谱研究初报 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(2): 42–47. doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2013.02.08.
- [8] WU Y, LIU W Y, SHEN Y X, et al. A preliminary study on phenology of indigenous plants in Karst Mountainous region at the Stone Forest Scenic Spot in Yunnan [J]. J Mountain Sci, 2006, 24(6): 647–653. doi: 10.3969/j.issn.1008-2786.2006.06.002.
吴毅, 刘文耀, 沈有信, 等. 云南石林景区主要乡土植物物候特征的初步研究 [J]. 山地学报, 2006, 24(6): 647–653. doi: 10.3969/j.issn.1008-2786.2006.06.002.
- [9] Government of Macau Special Administrative Region Statistics and Census Service. Macao Yearbook 2012 [M]. Macau: Government of Macau Special Administrative Region Statistics and Census Service, 2012: 35–38.
澳门特别行政区政府统计暨普查局. 澳门年鉴 2012 [M]. 澳门: 澳门特别行政区政府统计暨普查局, 2012: 35–38.
- [10] 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. doi: 10.3724/SP.J.1003.2009.09253.
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.
- [11] LIN P. Phytocoenology [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1986: 45–67.
林鹏. 植物群落学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 45–67.
- [12] WANG B S. Phytogeography [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995: 8–20.
王伯荪. 植物种群学 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 8–20.
- [13] WAN M W, LIU X Z. Observation Methods of Phenology in China [M]. Beijing: Science Press, 1979: 1–136.
宛敏渭, 刘秀珍. 中国物候观测方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1–136.
- [14] PENG S L, WANG B S. Analysis on the forest communities of Dinghushan: I. Species diversity [J]. Ecol Sci, 1983(1): 11–17.
彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析: I. 物种多样性 [J]. 生态科学, 1983(1): 11–17.
- [15] 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 Techn, 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.
- [16] WANG L, YI Q F, SONG X L, et al. Current situation and evaluation of landscape restoration of landfill in Big Taipa Hill, Macau [J]. J Trop Subtrop Bot, 2014, 22(4): 558–566. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2014.06.003.
王琳, 易绮斐, 宋贤利, 等. 澳门大潭山垃圾填埋场植物群落景观恢复的现状与评价 [J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(4): 558–566. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2014.06.003.
- [17] REN B B, LI S H. Research on plant landscape design by simulating natural plant communities of Yan'an [J]. Chin Landscape Architect, 2010, 26(5): 87–90. doi: 10.3969/j.issn.1000-6664.2010.05.021.
任斌斌, 李树华. 模拟延安地区自然群落的植物景观设计研究 [J]. 中国园林, 2010, 26(5): 87–90. doi: 10.3969/j.issn.1000-6664.2010.05.021.