



•研究报告•

广东省植物园植物多样性迁地保护现状及发展建议

李仕裕^{1,2#}, 张奕奇^{1#}, 邹璞^{1*}, 宁祖林^{1*}, 廖景平¹

1. 中国科学院华南植物园广东省数字植物园重点实验室, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 植物多样性迁地保护评价对于植物园制定更加科学的迁地保护策略和未来发展计划至关重要。本文基于数据调查和文献资料整理, 研究了广东省植物园的地理空间分布及其植物多样性迁地保护现状和存在问题, 旨在为制定华南国家植物园保护策略、广东省植物园体系布局乃至我国国家植物园建设提供参考依据。结果表明: (1)广东省植物园仅分布于南亚热带常绿阔叶林地带和北热带半常绿季雨林地带, 与自然植被分布存在偏差; (2)广东省植物园至少迁地保育了15,026种高等植物, 隶属329科3,030属, 其中我国本土野生维管植物9,068种, 占我国已知本土野生维管植物物种的23%; (3)系统发育分析表明, 广东省植物园活植物收集对广东本土野生维管植物多样性具较高的覆盖率, 分别占广东本土野生维管植物科的95%、属的80%、物种的58%; (4)受威胁和重点保护物种分析表明, 广东省植物园保育了64%的广东本土受威胁维管植物、83%的广东省分布的国家重点保护野生维管植物; (5)资源植物分析表明, 广东省植物园保育了72%的广东本土野生资源维管植物, 涵盖目前通用的所有用途类别, 各类资源保育率均超过69%。上述结果表明, 广东省植物园为植物多样性迁地保护发挥了重要作用。建议广东省植物园体系未来建设中, (1)完善区域迁地保护网络体系建设; (2)构建国家活植物收集综合保藏体系; (3)建立关键物种“苗圃栽培–人工群落–异地种植”实验体系, 实施整合保护研究计划, 促进植物多样性保护、科学研究和可持续利用。

关键词: 植物园; 活植物收集; 迁地保护评价; 植物多样性; 整合保护策略

李仕裕, 张奕奇, 邹璞, 宁祖林, 廖景平 (2023) 广东省植物园植物多样性迁地保护现状及发展建议. 生物多样性, 31, 22647. doi: 10.17520/biods.2022647.

Li SY, Zhang YQ, Zou P, Ning ZL, Liao JP (2023) *Ex situ* conservation of plant diversity status and suggestions for the development of botanical gardens in Guangdong Province. Biodiversity Science, 31, 22647. doi: 10.17520/biods.2022647.

Ex situ conservation of plant diversity status and suggestions for the development of botanical gardens in Guangdong Province

Shiyu Li^{1,2#}, Yiqi Zhang^{1#}, Pu Zou^{1*}, Zulin Ning^{1*}, Jingping Liao¹

1 Guangdong Provincial Key Laboratory of Digital Botanical Garden, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

ABSTRACT

Aims: The evaluation of living plant collections is critical for botanical garden to formulate conservation strategy and future development plans. This paper studies the current geospatial distribution of Guangdong botanical gardens and their status quo and problems of *ex situ* collections of plant diversity, aims to provide references for an updated conservation strategy of South China National Botanical Garden, a conservation network of Guangdong botanical gardens and the development of China's national botanical gardens system.

Methods: On the basis of investigation, we identify the geographic locations and vegetation zones of the all 15 botanical gardens in Guangdong Province with reference to the literature analysis of Chinese vegetation and Guangdong vegetation. According to the plant lists provided by the 12 botanical gardens, we quantify the living plant diversity in *ex*

收稿日期: 2022-11-17; 接受日期: 2023-06-20

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2022B1111040003)和2022年度广东省自然资源事务专项资金——生态林业建设项目

共同第一作者 Co-first authors

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: zlning@scbg.ac.cn; zoupu@scbg.ac.cn

situ collections, analyze phylogenetic bias, threatened species representation and useful plant composition by synthesis of updated taxonomy, conservation categories and economic uses.

Results: (1) There is an obvious bias in the distribution of Guangdong botanical gardens from the natural vegetation areas. The gardens are only located in the south subtropical monsoon evergreen broad-leaved forest zone and the north tropical semi-evergreen monsoon forest zone, but no one in the middle subtropical zone. (2) We reveal that the Guangdong botanical gardens manage at least 15,026 species, belonging to 3,030 genera in 329 families. Of which, there are 9,068 vascular plant species native to China, belonging to 2,131 genera in 275 families, equating to 23% of the known vascular plant diversity in China. (3) Phylogenetic analysis indicates that the Guangdong botanical gardens hold a remarkable degree of taxonomic coverage within *ex situ* living collections for Guangdong native vascular plants, accounting for 95% of the family, 80% of the genera, and 58% of the species, respectively. (4) The analysis of threatened status and key conserved species shows that the Guangdong botanical gardens preserved 64% of the provincial threatened vascular plants native to Guangdong, and 83% of the wild vascular plants distributed in Guangdong Province and listed in the List of National Key Protected Wild Plants (version 2021). (5) The analysis of useful plant collections shows that the Guangdong botanical gardens held 72% of the vascular plants in Guangdong Province in *ex situ* living collections, covering all the useful categories that are currently common, and the resource preservation rate of each category exceeds 69%.

Conclusion: The results indicate that Guangdong botanical gardens play an important role in plant diversity conservation, but they should be integrated with *in situ* conservation institutions and adopted an updated conservation strategy to enhance future biodiversity conservation. We put forward some suggestions: (1) improving the regional *ex situ* conservation network system, with the South China National Botanical Garden as the core, geographical distribution of *ex situ* institutions and their integration with the natural reserve system. (2) building a comprehensive preservation capacity system for national collections, focus on increasing research collections of key taxa, undertake conservation collections of priority threatened species and coordinate core collections of germplasm, to expand both conservation efficiency and the utilization of wild plants resources. (3) establishing an experiment research system of “nursery cultivation–artificial community–*inter situ* planting” for key endangered species, implement an integrated conservation research plan, and promote plant diversity conservation, scientific research and sustainable use.

Key words: botanical garden; living collections; *ex situ* conservation evaluation; plant diversity; integrated conservation strategies

自1992年《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity, CBD)通过以来, 保护生物多样性已成为全球关注的问题(Corlett, 2020; Huang et al, 2020)。就地保护和迁地保护是生物多样性保护的两种主要方法(Frankel & Soulé, 1981; 黄宏文, 2018a)。尽管过去几十年人类为保护世界植物多样性付出了巨大努力, 但此前的保护战略并未能充分有效地防止生物多样性持续下降, 而且这一趋势越来越明显(Heywood, 2017)。CBD第十五次缔约方大会通过的“昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架”(Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework)指出, 除了传统的保护和修复外, 人类必须依靠全社会共同参与和努力, 在全球、区域和国家层面采取紧急政策行动, 进行可持续生产和消费等变革性转型才能实现制止和反转生物多样性丧失曲线的宏伟目标(Obura et al, 2023)。面对人类世气候变化和生物多样性丧失双重危机(Steffen et al, 2011; Corlett, 2020; Tortell, 2020), 我国希望通过制定和

实施该领域强有力的国家计划来解决生物多样性丧失问题(Huang et al, 2017; Crane et al, 2019; 周桔等, 2021), 目前正加快构建以国家公园为主体的自然保护地体系(李博炎等, 2021; 王伟和李俊生, 2021; 闫颜等, 2021; 赵智聪和杨锐, 2021)和以国家植物园为主体的迁地保护体系(陈进, 2022; 黄宏文和廖景平, 2022; 马金双, 2022; 任海等, 2022)。国家植物园、华南国家植物园先后揭牌标志着我国国家植物园体系建设在新征程上迈出了坚实的步伐。无疑, 广东省植物园体系也迎来了发展新机遇。

植物园和植物种质资源库是迁地保护机构, 在植物迁地保护中发挥着重要作用(Heywood, 2017; Breman et al, 2021)。作为迁地保护科学研究和资源可持续利用的重要基础, 植物园活植物收集基础数据研究在国际上已有探索案例(Mounce et al, 2017)。世界植物园植物多样性迁地保护存在两大偏差: 一是生物地理偏差, 即全球植物园分布及其物种丰富度呈纬度正相关性, 植物园的地理分布直接影响其

活植物收集的生物地理代表性;二是系统发育偏差,尽管总体而言世界植物园迁地保护的植物在科属种水平上均具有较高的分类学多样性覆盖率,但显然,不同主要谱系的受威胁物种的迁地保存百分比重要性不同,启示在新一代的全球植物保护战略目标中应细化和调整不同谱系的迁地收集目标(Pautasso & Parmentier, 2007; Mounce et al, 2017)。由于此前植物园迁地保护规划或实施实践存在缺乏针对性等问题,植物园对受威胁物种的迁地保育覆盖率普遍较低(Sharrock & Jones, 2011; Mounce et al, 2017; Zhao et al, 2022)。此外,人口和气候的加速变化将对园艺、农业和林业造成严重后果,人类对能适应新生态、新气候条件的各种新植物种质资源的需求日益增长,植物引种的重要性日益凸显(Heywood, 2011)。我国植物园活植物收集统计结果显示,11个植物园迁地保育了396科3,633属约23,340种植物(黄宏文和张征, 2012),52个植物园迁地保育了344科3,927属24,534种植物(Zhao et al, 2022)。目前,也有学者就一类植物或特定植物园的迁地保护现状进行评价(张玲玲等, 2020; 席辉辉等, 2022; 王利松等, 2023; Ye et al, 2023)。由于长期以来不重视引种信息记录和管理,缺乏规范化、体系化和科学化的活植物信息管理平台,我国上述基于活植物数据的研究存在研究对象代表性不足、内容单一、分散并缺乏系统性、数据来源繁杂且质量参差不齐等问题,且尚无省级尺度植物多样性迁地保护论述。

地区尺度迁地保护量化评价有利于拓展到国家尺度保护目标的落实,最终促进全球保护目标的实现(Obura et al, 2021)。本文通过研究广东省内植物园和树木园等迁地保护机构(简称广东省植物园)地理空间分布和迁地保育活植物多样性现状,旨在探讨:(1)广东省植物园植物多样性迁地保护的生物地理空白,迁地保育活植物的科、属、种数量及特征;(2)保育优势科、属类群和空缺科、属类群,针对不同类群的特点探讨未来的保护策略;(3)珍稀濒危植物和经济植物迁地保育的成果、存在问题和发展对策,以期广东省植物园、华南国家植物园迁地保护及其网络体系建设乃至其他的国家植物园或全国植物多样性整合保护策略提供参考。

1 材料与方法

1.1 区域概况

广东省(109°45′–117°20′ E, 20°09′–25°31′ N)地处中国大陆最南端,也是欧亚大陆东南部,毗邻太平洋,陆地面积 $1.797 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中岛屿面积1,448 km^2 ,属于东亚季风区,自北向南依次跨越中亚热带、南亚热带、北热带3个气候带(广东年鉴编纂委员会, 2021),光、热和水资源丰富,雨热同季,拥有丰富多样的生态系统,孕育了极为丰富的生物多样性,是我国生物多样性保护优先区。主要的植被类型有北热带半常绿季雨林、南亚热带典型季风常绿阔叶林、中亚热带常绿阔叶林,以及海岸红树林(广东省植物研究所, 1976)。广东省拥有本土维管植物5,967种,其中受威胁植物645种(王瑞江, 2022)。

1.2 数据处理和方法

1.2.1 数据来源和依据

通过实地考察、问卷调查、组织开展广东省植物整合保护策略暨粤港澳大湾区植物园联盟筹备研讨会等多种形式,收集广东省植物园相关信息。参考《中国植物园》(黄宏文, 2018b)并根据是否有植物园或树木园名称、是否实施活植物迁地保育及整理活植物收集名录等情况进一步梳理广东省植物园资料;参考《中国植被》(吴征镒, 1980)和《中国植物区系与植被地理》(陈灵芝, 2014)的植被区划原则和系统,根据《广东植被》(广东省植物研究所, 1976)的植被类型和植被分区,分析广东省植物园所在植被地带类别(图1, 附录1)。

1.2.2 迁地保育现状分析

使用在线植物学名检查工具TNRS (Taxonomic Name Resolution Service v5.0, <https://tnrs.biendata.org/>)对物种学名进行检查和标准化;剔除未正式发表物种、未鉴定分类单元、园艺分类群;依据世界维管植物名录(The World Checklist of Vascular Plants, WCVP; <http://wcvp.science.kew.org/>)对物种进行科、属、种(含种下分类单元)等分类处理,被子植物采用APG IV系统(APG, 2016),石松类和蕨类及裸子植物采用Plants of the World所用的系统(Christenhusz et al, 2017),木兰科植物采用《中国木兰》(刘玉壶, 2014)的分类系统;合并重复项后得到总名录。运用

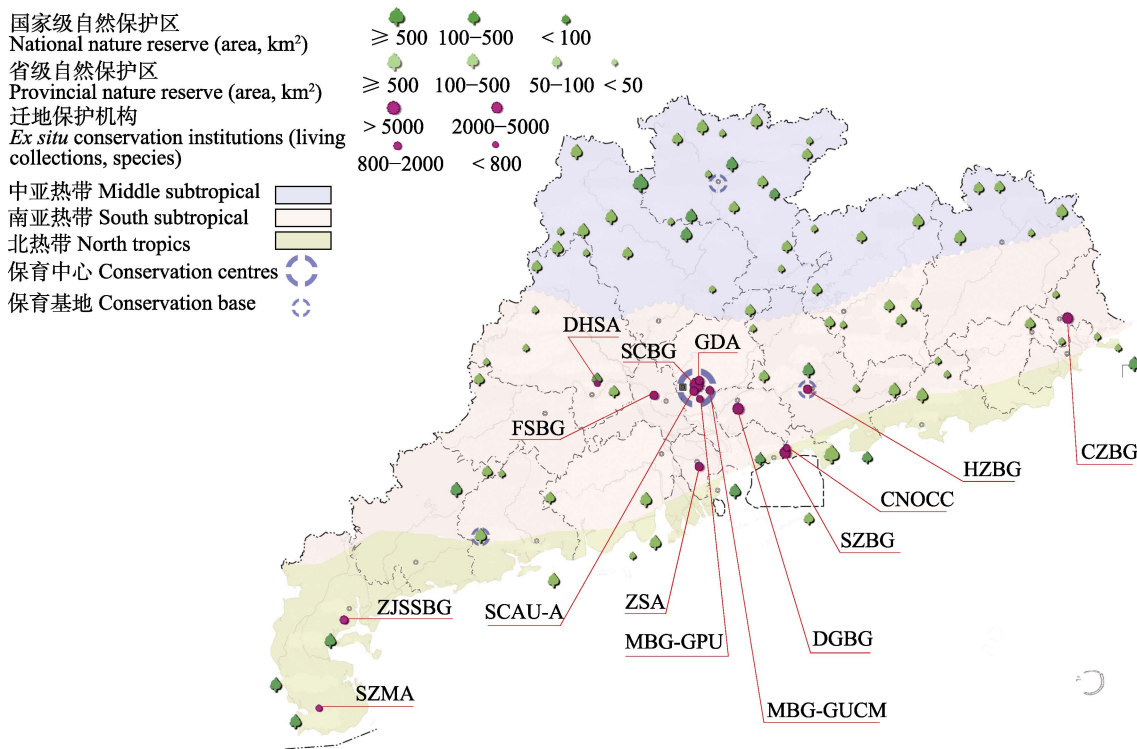


图1 广东省植物园和自然保护区分布图。植物园缩写对应的植物园名称及相关数据见附录1和附录2。基于广东省标准地图服务子系统(<http://nr.gd.gov.cn/map/bzdt/Index.aspx>)下载的标准地图制作, 审图号为粤S(2020)132号, 底图边界无修改。
Fig. 1 Distribution of the botanical gardens and nature reserves in Guangdong Province. The full name and related data that corresponding to each garden's abbreviation see Appendix 1 and Appendix 2. It is based on the standard map (Guangdong S(2020)132) downloaded from Guangdong Province Standard Map Service Subsystem (<http://nr.gd.gov.cn/map/bzdt/Index.aspx>). The boundaries of the bottom map have not been modified.

Excel 2010完成科、属、种统计分析(附录2)。中国已知本土野生维管植物总数以《中国生物物种名录2022版》(<http://www.sp2000.org.cn/>)为基数, 剔除中国外来植物数据集(林秦文等, 2022)中的非本土野生植物后统计。

依据活植物的科、属、种组成, 特别是它们所包含的属、种总数应占区系的50%以上(李锡文, 1996), 同时依据科内属、种数占世界属、种数的比例以及该科在区域植被组成中的重要性(陈涛和张宏达, 1994), 确定广东省植物园保育优势科和优势属。世界属种数量参考全球植物在线(Plants of the World Online, <https://powo.science.kew.org/>)。参照吴征镒等(2006)和李德铎等(2018)种子植物分布区类型系统, 统计保育优势科、属分布区类型组成。科属范畴发生变动时, 参考全球植物在线(<https://powo.science.kew.org/>)中该科属在世界的分布范围, 依据吴征镒等(2006)分布区类型划分原则做出相应调整。

参照《广东高等植物红色名录》(王瑞江, 2022), 统计广东本土维管植物空缺物种, 并在属级水平使用R软件包V.PhyloMaker2 (Jin & Qian, 2022)可视化, 开展广东省本土维管植物属级水平活植物收集系统发育空缺分析。

1.2.3 受威胁和重点保护植物迁地保育现状分析

参照世界自然保护联盟(IUCN)濒危物种红色名录(The IUCN Red List of Threatened Species) 2022-2版(<https://www.iucnredlist.org/about/citationinfo>, 访问日期2023-03-20)、《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录(CITES Checklist, <https://checklist.cites.org>, 访问日期2023-03-20), 根据物种野生分布区域, 将IUCN红色名录(2022)和CITES附录物种整理成中国本土物种(在中国有野生分布)和外国物种(在中国无野生分布)两类, 统计数量及其占比, 从全球尺度上分析受威胁植物迁地保育状况。

参照生态环境部和中国科学院联合更新的《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷(2020)》

(https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html)及《中国种子植物多样性名录与保护利用》(覃海宁, 2020)、2013版的《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷》(https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm)、《广东高等植物红色名录》(王瑞江, 2022)和《国家重点保护野生植物名录》(2021版)(http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm), 统计迁地保育的相应物种数量、占比及空缺, 分别从国家尺度和省级尺度上分析受威胁植物的迁地保育状况。同时列出广东分布的国家重点保护植物迁地保育空缺物种清单。使用TBtools (Chen et al, 2020)统计分析并可视化广东植物园对国家重点保护野生植物的迁地保育贡献。

1.2.4 资源植物迁地保育现状分析

参照中国本土资源维管植物名录(Zhuang et al, 2021)的用途类别划分系统, 统计迁地收集数量及占比; 参照《广东高等植物红色名录》(王瑞江, 2022), 分别统计广东省植物园对广东本土各类资源植物的迁地收集数量及占比。参照《广东中药志》第一、二卷(广东中药志编辑委员会, 1994, 1996), 统计广东本土中药资源活植物收集空缺物种清单。

2 结果

2.1 广东省植物园的建立、发展、隶属与区域分布

目前广东省有植物园、树木园等迁地保护机构15个(附录1), 涵盖区域综合性植物园、城市植物园、教学植物园、树木园和特色植物专类园, 隶属于不同主管单位, 主要有科技(含中国科学院)、住房与城乡建设、自然资源、教育、林业园林、农业等。

广东省植物园的建立与社会经济发展息息相关。1978年及以前是探索建立阶段, 不同行业、不同系统建立的植物园有5个(附录1), 其建设以中国科学院建设现代植物园为契机, 以华南植物园为范例, 以开展植物资源调查和植物收集、引种驯化、科学研究和资源应用为主要任务, 同时对广东省各行业的发展起到支撑作用, 为现代植物科学的学科建设、人才培养等发挥了积极作用。

1978年以后, 随着改革开放的快速发展和全球植物保护意识的兴起与发展, 广东省的植物园建设进入高峰期, 特别是2000年以后新建了9个植物

园(附录1)。目前已步入多种模式植物园并存格局。

从四大地理区域看(图1, 附录1), 广东省植物园分布于珠三角(12个)、粤西(2个)、粤东(1个), 而粤北缺乏植物园等迁地保护机构。按气候带统计, 广东省植物园仅分布于南亚热带和北热带, 中亚热带缺乏植物园布局。按植被带统计, 广东省植物园仅分布于南亚热带常绿阔叶林地带和北热带季节性雨林地带, 中亚热带山地常绿阔叶林地带缺乏植物园布局。在南亚热带常绿阔叶林地带, 有11个植物园均位于珠江三角洲平原植被区, 1个位于潮汕平原植被区, 而其他3个植被区(云开大山丘陵山地植被区、绥江河谷丘陵山地植被区和东江小游丘陵山地植被区)缺乏植物园布局; 在北热带季节性雨林地带, 2个植物园位于雷州半岛台地植被区, 而其他2个植被区(粤中沿海丘陵植被区和粤东沿海丘陵台地植被区)均缺乏植物园布局。从海陆位置来看, 缺乏海岸带和岛屿植物园布局。从自然环境地形看, 植物园仅分布于珠江三角洲平原、潮汕平原和粤西山台地, 而粤东山地丘陵、粤北山地以及独特地貌如喀斯特地貌和海蚀地貌等缺乏植物园。显然, 以植物园为主体的迁地保护机构数量和区域代表性均不足, 尚未实现全省主要气候带、植被带和典型植被类型植物迁地保护机构全覆盖布局。

2.2 迁地保育现状

2.2.1 迁地保育活植物的科、属、种数量及特征

广东省植物园共迁地保育高等植物15,026种, 隶属329科3,030属(附录2), 其中苔藓植物41种, 石松类和蕨类植物1,086种, 裸子植物361种, 被子植物13,538种; 分别占迁地保育总数的0.27%、7.23%、2.4%和90.1%。广东省植物园迁地保育中国本土野生维管植物9,068种, 隶属于275科2,131属, 约占中国已知本土野生维管植物物种的23% (9,068/38,903), 科的89% (275/309), 属的64% (2,131/3,325); 迁地保育广东省本土野生维管植物218科1,095属3,061种, 分别占广东本土野生维管植物(王瑞江, 2022)科的95% (235/248)、属的80% (1,229/1,532)、物种的58% (3,450/5,967), 表明广东省植物园机构对广东本土野生维管植物的收集具有较高的物种多样性, 但苔藓植物的迁地收集尚未受到足够重视。

广东省植物园迁地保护物种多样性不均衡(附

录2), 华南植物园和仙湖植物园保存活植物物种数最多, 占广东省植物园迁地保育活植物物种总数的92% (13,800/15,026)。深圳兰科中心迁地保育了53% (130/246)的广东野生兰科植物(王瑞江, 2022)。神州木兰园迁地保育了100%广东省野生木兰科植物(王瑞江, 2022)、64% (92/144)的我国野生木兰科植物。广东药科大学药用植物园迁地保育了478种药用植物, 其中53% (254/478)为《广东中药志》(第一、二卷)收录的广东本土药用植物, 占该书收录的广东本土药用植物资源的35% (254/732)。

2.2.2 优势科级及属级类群

优势科级类群分析(表1)表明, 迁地保育100种以上的科有37科, 涵盖1,824属10,870种, 分别占活植物收集总属数的60% (1,824/3,030)、物种总数的72% (10,870/15,026), 表明广东省植物园对科级类群活植物的收集优势现象十分明显。优势属级类群分析(表2)表明, 50种及以上的属有37属(3,394种), 占活植物收集物种总数的23%。

世界广布科有兰科、禾本科、菊科等16科, 热带性质的科有棕榈科、天南星科、夹竹桃科等共17科, 温带性质的科仅杜鹃花科、石蒜科、壳斗科和木兰科共4科(表1)。世界广布属5属, 热带性属25属, 温带性属7属(表2)。总体上看热带成分占绝对优势, 广东省植物园植物迁地保育物种表现出热带性质, 并与广东省自然植被植物区系地理成分吻合, 具有明显的亚热带特色。上述结果体现出生物地理学收集是广东省植物园活植物引种收集的重点策略, 并在一定程度上反映了对典型森林植被代表性类群、系统发育关键类群的收集及其科学研究的关注。

占世界属、种的比例均在50%以上的科仅有泽米铁科, 占世界属的50%以上且占世界物种比例10%–50%的科有仙人掌科、景天科、凤梨科、秋海棠科、木兰科及山茶科共6科, 其他占世界物种比例10%以上的科有阿福花科、苦苣苔科及姜科共3科。保育物种数占世界物种数50%以上的属(表2)有报春苣苔属(*Primulina*)、乳突球属(*Mammillaria*)、拟石莲属(*Echeveria*)、簕竹属(*Bambusa*)、马铃苣苔属(*Oreocharis*)、鹿角柱属(*Echinocereus*)、裸萼球属(*Gymnocalycium*)、苏铁属(*Cycas*)、非洲铁属(*Encephalartos*)。未来世界级或国家级、省级等重点收集类群应从上述具有数量和占比双重优势的

科属类群中锚定。

值得注意的是, 保育优势属(表2)不一定隶属于保育优势科(表1), 如苏铁属、非洲铁属、冬青属(*Ilex*)、马蓝属(*Strobilanthes*)、紫金牛属(*Ardisia*)等(表2); 相反, 保育物种数占世界物种数较少的科(表1)却在相对应的属中保育物种数占比较大(表2), 如表1的禾本科(3.6%)在表2对应的簕竹属(50%)、表1的夹竹桃科(6.83%)在表2对应的球兰属(*Hoya*, 43.66%), 表明这些类群以属为重点收集单元具有更大优势; 而棕榈科、石蒜科、蔷薇科、爵床科、锦葵科、唇形科、豆科、茜草科、菊科(表1)等作为科级重点收集或者集中收集科内相应的地理成分类群、系统发育关键类群、重要种质资源等具有更大优势。

2.2.3 广东省本土维管植物迁地保育科级及属级空缺类群

广东省迁地保育科级类群空缺分析结果(附录3)表明, 广东省本土维管植物有13科(含19种)未引入植物园栽培, 它们是水蕹科、川蔓藻科、丝粉藻科、白玉簪科、霉草科、川苔草科、亚麻科、牻牛儿苗科、刺茉莉科、帽蕊草科、楔瓣花科、透骨草科及花柱草科。其中10科是广东本土单属单种科, 多数是水生、湿生或寄生植物。例如, 水蕹(*Aponogeton lakhonensis*)为多年生淡水草本, 川蔓藻(*Ruppia maritima*)为沉水草本, 针叶藻(*Syringodium isoetifolium*)为多年生海生沉水草本, 川苔草科生于急流石头或木桩上, 楔瓣花(*Sphenoclea zeylanica*)、狭叶花柱草(*Stylidium tenellum*)及花柱草(*S. uliginosum*)多生于田野湿润处、池沼边、稻田内或水沟边疏林下, 是亚热带山地沼泽植被、亚热带高山湖泊植被的重要组成部分。此外, 蛇菰科、帽蕊草科寄生于寄主植物根部, 霉草科是以菌根营养的腐生草本, 拥有特殊生活史。由此可见, 未来华南植物多样性保护体系建设应综合考虑上述亚热带山地沼泽植被、亚热带高山湖泊植被等特殊类型植被和寄生、腐生植物。

广东省迁地保育属级类群系统发育空缺分析结果(图2)显示, 广东本土野生维管植物共26科的活植物收集缺失3属及以上, 按照缺失属的数量由多到少依次为: 禾本科缺56属, 如燕麦属(*Avena*)、假稻属(*Leersia*)、高粱属(*Sorghum*)等; 菊科缺27属, 如

表1 广东省植物园迁地保育优势科级类群分布区类型与属种组成及占世界属种的比例
Table 1 The area types and genera and species composition and their proportion of the world of the dominant families *ex situ* conservation in botanical gardens of Guangdong Province

序号 ID	科 Family	种数及占比 No. of species (%)	属数及占比 No. of genus (%)	科的分布区类型 Area type of family
1	兰科 Orchidaceae	1,091 (3.36)	175 (23.8)	世界广布 Cosmopolitan
2	仙人掌科 Cactaceae	952 (36.89)	112 (70.88)	东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropics America disjuncted
3	苦苣苔科 Gesneriaceae	568 (13.33)	58 (38.41)	东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropics America disjuncted
4	豆科 Fabaceae	493 (1.79)	181 (23.2)	世界广布 Cosmopolitan
5	夹竹桃科 Apocynaceae	490 (6.83)	90 (24.19)	泛热带分布 Pantropic
6	景天科 Crassulaceae	469 (20.23)	27 (75)	世界广布 Cosmopolitan
7	禾本科 Poaceae	465 (3.6)	120 (14.96)	世界广布 Cosmopolitan
8	水龙骨科 Polypodiaceae	445 (9.42)	46 (64.78)	世界广布 Cosmopolitan
9	凤梨科 Bromeliaceae	420 (10.63)	40 (53.33)	热带非洲—热带美洲间断分布 Tropics Africa & Tropics America disjuncted
10	天南星科 Araceae	393 (8.77)	56 (40)	泛热带分布 Pantropic
11	棕榈科 Arecaceae	278 (9.79)	96 (53.33)	泛热带分布 Pantropic
12	天门冬科 Asparagaceae	271 (7.15)	37 (30.83)	世界广布 Cosmopolitan
13	菊科 Asteraceae	268 (0.62)	135 (7.99)	世界广布 Cosmopolitan
14	铁角蕨科 Aspleniaceae	247 (6.51)	18 (69.23)	世界广布 Cosmopolitan
15	报春花科 Primulaceae	247 (6.35)	13 (22.8)	世界广布 Cosmopolitan
16	大戟科 Euphorbiaceae	246 (3.32)	45 (19.82)	泛热带分布 Pantropic
17	樟科 Lauraceae	244 (6.9)	21 (37.5)	泛热带分布 Pantropic
18	秋海棠科 Begoniaceae	244 (11.56)	1 (50)	泛热带分布 Pantropic
19	阿福花科 Asphodelaceae	229 (13.74)	17 (41.46)	世界广布 Cosmopolitan
20	蔷薇科 Rosaceae	226 (3.44)	38 (33.33)	世界广布 Cosmopolitan
21	爵床科 Acanthaceae	223 (3.77)	54 (26.08)	泛热带分布 Pantropic
22	茜草科 Rubiaceae	219 (1.37)	83 (13.62)	世界广布 Cosmopolitan
23	唇形科 Lamiaceae	216 (2.23)	68 (29.31)	世界广布 Cosmopolitan
24	姜科 Zingiberaceae	208 (10.1)	28 (49.12)	热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropics Asia to Tropics Australasia Oceania
25	木兰科 Magnoliaceae	165 (40.64)	13 (76.47)	东亚及北美间断分布 East Asia & North America disjuncted
26	杜鹃花科 Ericaceae	162 (2.73)	11 (9.09)	北温带分布 North Temperate
27	锦葵科 Malvaceae	159 (2.59)	61 (24.89)	泛热带分布 Pantropic
28	凤尾蕨科 Pteridaceae	149 (9.97)	14 (43.75)	泛热带分布 Pantropic
29	番杏科 Aizoaceae	148 (7.45)	41 (34.16)	泛热带分布 Pantropic
30	泽米铁科 Zamiaceae	139 (54.5)	9 (100)	热带非洲—热带美洲间断分布 Tropics Africa & Tropics America disjuncted
31	桃金娘科 Myrtaceae	133 (1.9)	23 (18.25)	泛热带分布 Pantropic
32	石蒜科 Amaryllidaceae	132 (4.85)	27 (39.13)	北温带分布 North Temperate
33	壳斗科 Fagaceae	117 (9.23)	5 (62.5)	北温带分布 North Temperate
34	桑科 Moraceae	109 (6.85)	13 (27.65)	世界广布 Cosmopolitan
35	山茶科 Theaceae	103 (22.34)	6 (75)	东亚(热带、亚热带)和热带南美间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropical America disjuncted
36	无患子科 Sapindaceae	102 (4.48)	27 (18.88)	世界广布 Cosmopolitan
37	荨麻科 Urticaceae	100 (4.08)	15 (25)	世界广布 Cosmopolitan

表2 广东省植物园迁地保育优势属级类群物种数量及占世界种数的比例
Table 2 The species number and their proportion of the world of the dominant genus *ex situ* conservation in botanical gardens of Guangdong Province

序号 ID	属 Genus	种数及占比 No. of species (%)	属的分布区类型 Area type of genus
1	秋海棠属 <i>Begonia</i>	244 (12.24)	2-2 热带亚洲–热带非洲–热带美洲(南美洲)分布 Tropics Asia–Tropics Africa–Tropics America (South America)
2	球兰属 <i>Hoya</i>	238 (43.66)	5 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropics Asia to Tropics Australasia Oceania
3	报春苣苔属 <i>Primulina</i>	174 (78.73)	15 中国特有分布 Endemic to China
4	石斛属 <i>Dendrobium</i>	169 (10.57)	5(7e) 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropics Asia to Tropics Australasia Oceania
5	石豆兰属 <i>Bulbophyllum</i>	156 (7.26)	2(6) 泛热带分布 Pantropic
6	大戟属 <i>Euphorbia</i>	142 (6.8)	2 泛热带分布 Pantropic
7	芦荟属 <i>Aloe</i>	138 (23.5)	6 热带亚洲至热带非洲分布 Tropics Asia to Tropics Africa
8	乳突球属 <i>Mammillaria</i>	122 (87.76)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
9	铁兰属 <i>Tillandsia</i>	115 (17.71)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
10	花烛属 <i>Anthurium</i>	106 (9.26)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
11	拟石莲属 <i>Echeveria</i>	105 (52.76)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
12	杜鹃花属 <i>Rhododendron</i>	89 (8.26)	8-4 (14SH,7d) 北温带和南温带间断分布 North Temperate & South Temperate disjuncted
13	山茶属 <i>Camellia</i>	82 (36.6)	7a (14) 西马来(基本上在新华莱士线以西) West Malesia beyond New Wallace Line
14	尖萼凤梨属 <i>Aechmea</i>	79 (31.47)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
15	榕属 <i>Ficus</i>	78 (8.85)	2 泛热带分布 Pantropic
16	箬竹属 <i>Bambusa</i>	77 (50)	2-2 热带亚洲–热带非洲–热带美洲(南美洲)分布 Tropics Asia–Tropics Africa–Tropics America (South America)
17	鳞毛蕨属 <i>Dryopteris</i>	76 (21.9)	1 世界广布 Cosmopolitan
18	喜林芋属 <i>Philodendron</i>	73 (12.92)	(3d) 环加勒比海分布 Circum-Caribbean
19	马铃苣苔属 <i>Oreocharis</i>	73 (51.77)	7-4 越南(或中南半岛)至华南或西南分布 Vietnam or Indochinese Peninsula to South or Southwest China
20	青锁龙属 <i>Crassula</i>	71 (33.8)	1 世界广布 Cosmopolitan
21	报春花属 <i>Primula</i>	71 (13.62)	8 北温带分布 North Temperate
22	耳蕨属 <i>Polystichum</i>	68 (17.43)	1 世界广布 Cosmopolitan
23	鹿角柱属 <i>Echinocereus</i>	65 (89.04)	(3b) 热带、亚热带中美至南美 Tropics & Subtropics Center to South America
24	裸萼球属 <i>Gymnocalycium</i>	62 (93.93)	(3g) 巴西南部、乌拉圭、阿根廷、智利(温带) South Brazil, Uruguay, Argentina, Chile (Temperate)
25	苏铁属 <i>Cycas</i>	61 (52.58)	5 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropics Asia to Tropics Australasia Oceania
26	冬青属 <i>Ilex</i>	61 (10.68)	3 东亚(热带、亚热带)和热带美洲间断分布 Tropics & Subtropics East Asia & Tropical America disjuncted
27	紫金牛属 <i>Ardisia</i>	61 (8.35)	2 泛热带分布 Pantropic
28	润楠属 <i>Machilus</i>	58 (48.33)	7 热带亚洲分布 Tropics Asia
29	景天属 <i>Sedum</i>	57 (12.28)	8 北温带分布 North Temperate
30	悬钩子属 <i>Rubus</i>	56 (3.85)	1 世界广布 Cosmopolitan
31	铁角蕨属 <i>Asplenium</i>	55 (7.08)	1 世界广布 Cosmopolitan
32	非洲铁属 <i>Encephalartos</i>	54 (81.81)	(6b) 热带非洲(Sahara以南至南非) Tropics Africa (South Sahara to South Africa)
33	马蓝属 <i>Strobilanthes</i>	53 (11.72)	7 热带亚洲分布 Tropics Asia
34	沼泽蕨属 <i>Thelypteris</i>	52 (4.71)	8 北温带分布 North Temperate
35	栎属 <i>Quercus</i>	52 (11.2)	8 北温带分布 North Temperate
36	贝母兰属 <i>Coelogyne</i>	51 (8.6)	7 热带亚洲分布 Tropics Asia
37	龙舌兰属 <i>Agave</i>	50 (17.66)	(3b) 热带、亚热带中美至南美 Tropics & Subtropics Center to South America

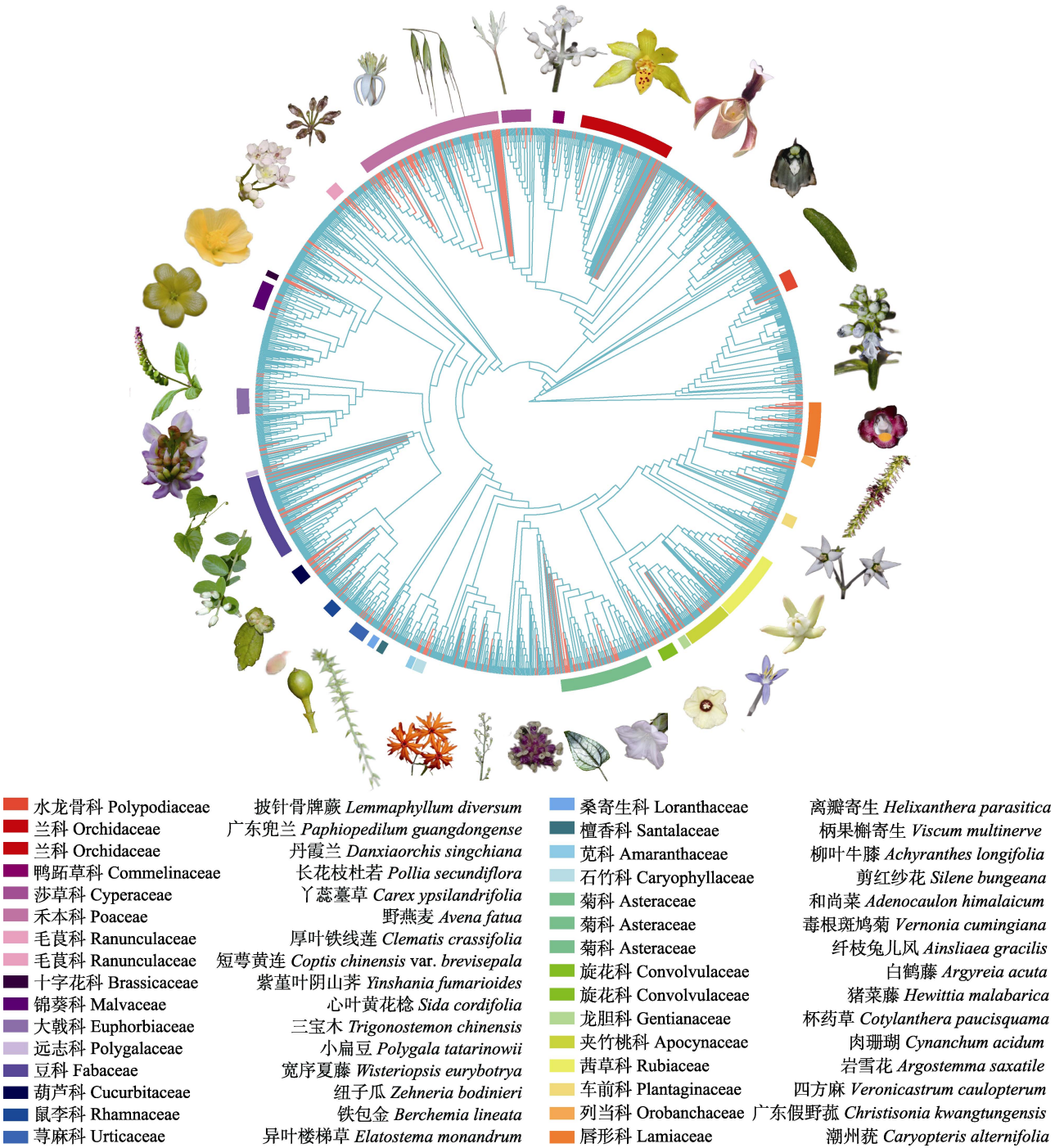


图2 广东省本土维管植物属级水平活植物收集系统发育空缺分析。系统树中, 青色尖端表示该属存在于迁地保护网络中, 红色尖端表示该属不存在于迁地保护网络中。

Fig. 2 Phylogenetic gap analysis in the living collections at genera level of native vascular plants in botanical gardens of Guangdong Province. In the tree, cyan tips indicate that tips are present in the *ex situ* conservation network, and red tips indicate that tips are not present in the *ex situ* conservation network.

小苦荬属(*Ixeridium*)、苦荬菜属(*Ixeris*)、非洲菊属(*Gerbera*); 唇形科缺17属, 如绵穗苏属(*Comanthosphace*)、荆芥属(*Nepeta*)、鸡脚参属

(*Orthosiphon*); 豆科缺13属, 如蝶豆属(*Clitoria*)、睫苞豆属(*Geissaspis*)、大豆属(*Glycine*)等; 兰科缺12属, 如无叶兰属(*Aphyllorchis*)、异型兰属

(*Chiloschista*)、丹霞兰属(*Danxiaorchis*)等; 茜草科缺11属, 如雪花属(*Argostemma*)、岩上珠属(*Clarkella*)、红芽大戟属(*Knoxia*)等; 列当科缺9属, 如假野菰属(*Christisonia*)、山罗花属(*Melampyrum*)、马先蒿属(*Pedicularis*)等; 葫芦科缺9属, 如白兼果属(*Baijiania*)、毒瓜属(*Diplocyclos*)、帽儿瓜属(*Mukia*)等; 夹竹桃科缺8属, 如海岛藤属(*Gymnanthera*)、尖槐藤属(*Oxystelma*)、鲫鱼藤属(*Secamone*)等; 莎草科缺7属, 如一本芒属(*Cladium*)、海滨莎属(*Remirea*)等; 旋花科缺7属, 如三翅藤属(*Tridynamia*)、鳞蕊藤属(*Lepistemon*)等; 毛茛科缺6属, 如锡兰莲属(*Naravelia*)、尾囊草属(*Urophyssa*)等; 石竹科缺5属, 如卷耳属(*Cerastium*); 锦葵科缺5属, 如十裂葵属(*Decaschistia*); 荨麻科缺5属, 如舌柱麻属(*Archiboehmeria*); 大戟科缺4属, 如粗毛藤属(*Cnesmone*); 龙胆科缺4属, 如百金花属(*Centaurium*); 桑寄生科缺4属, 如五蕊寄生属(*Dendrophthoe*); 水龙骨科缺3属, 如革舌蕨属(*Scleroglossum*); 苋科缺3属, 如滨藜属(*Atriplex*)、十字花科缺3属, 如阴山芥属(*Yinshania*); 鸭跖草科缺3属, 如竹叶子属(*Streptolirion*); 远志科缺3属, 如鳞叶草属(*Epirixanthes*); 鼠李科缺3属, 如猫乳属(*Rhamnella*); 檀香科缺3属, 如重寄生属(*Phacellaria*)。

收集最缺乏的是温带类群, 如列当科是北温带广布科, 在广东野生自然分布有14属, 但其中11属(79%)未迁地保育。其次是葫芦科, 属热带广布科, 为一年生或多年生草质或木质藤本, 在广东自然分布有14属, 9属(64%)缺乏迁地保育。再次是世界广布的禾本科, 为一年生或多年生草本或竹类植物, 其中广东本土125属有56属(44.8%)尚未保育; 以及菊科, 多为草本、偶有亚灌木或灌木, 稀乔木, 其中广东本土菊科79属中有27属(34%)缺乏迁地保育。

上述结果表明, 绝大多数未保育物种的生活型为草本, 少数为藤本, 几乎没有木本植物, 且禾本科和菊科的许多物种是农田杂草, 并不是植物园迁地保护的目标收集类群。但是, 由于禾本科、豆科、葫芦科有大量粮食、牧草、蔬菜等重要种质或作物野生近缘种, 在区域性或国家层面植物多样性保护中应注重以特殊环境及重要资源为重点的核心种质战略性收集规划(邹璞等, 2022)。

2.3 受威胁和重点保护植物的迁地保育现状

受威胁和重点保护植物分析结果表明, 广东省植物园十分注重以珍稀濒危野生植物保护为核心的保护性收集。在全球尺度上收集保育了IUCN濒危物种红色名录(2022-2版)植物共869种(含极危190种、濒危311种、易危357种、野外灭绝9种、灭绝2种), 其中中国物种320种, 外国物种549种; 保育CITES附录植物2,182种(含附录I物种163种、附录II物种1,980种、附录III物种39种), 其中中国物种759种, 外国物种1,423种, 表明广东省植物园对世界受威胁植物、CITES附录物种的迁地保护关注明显和贡献较大。

在国家尺度上, 保育了《国家重点保护野生植物名录》(2021版) 625种, 占比52% (625/1,205) (图3), 远远超过广东省自然分布的国家重点保护野生植物比例(13%, 161/1,205), 表明在迁地保护国家重点保护野生植物方面, 广东省植物园不仅担当起本省受威胁植物的迁地保护责任, 同时迁地保护了周边省份相同或相近地理区系的国家重点保护野生植物。此外, 保育列入《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷》(2013)受威胁植物954种, 占比25% (954/3,767); 保育列入《中国高等植物受威胁物种名录》(覃海宁等, 2017)受威胁植物1,025种, 占比26% (1,025/3,879); 保育列入《中国种子植物多样性名录与保护利用》(覃海宁, 2020)及《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷(2020)》受威胁植物1,044种, 占比25% (1,044/4,174); 保育中国特有植物2,599种, 占我国特有植物的14% (2,599/18,157), 特有物种主要参考《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷(2020)》、德国的世界植物数据库(World Plants, <https://www.worldplants.de>, 访问日期2023-03-20)、《广东高等植物红色名录》(王瑞江, 2022)等多源数据整理而得。

在省级尺度上, 至少迁地保育了414种广东本土受威胁维管植物, 占广东省受威胁植物的比例为64% (414/643); 保育广东省分布的国家重点保护野生维管植物133种, 占比83% (133/161); 保育广东省野生兰科植物161种(占比69%, 161/234)、广东省特有植物114种(占35%, 114/323) (王瑞江, 2022), 为我国履行《生物多样性公约》承担了重要责任。

进一步分析结果(图3)表明, 广东省植物园均

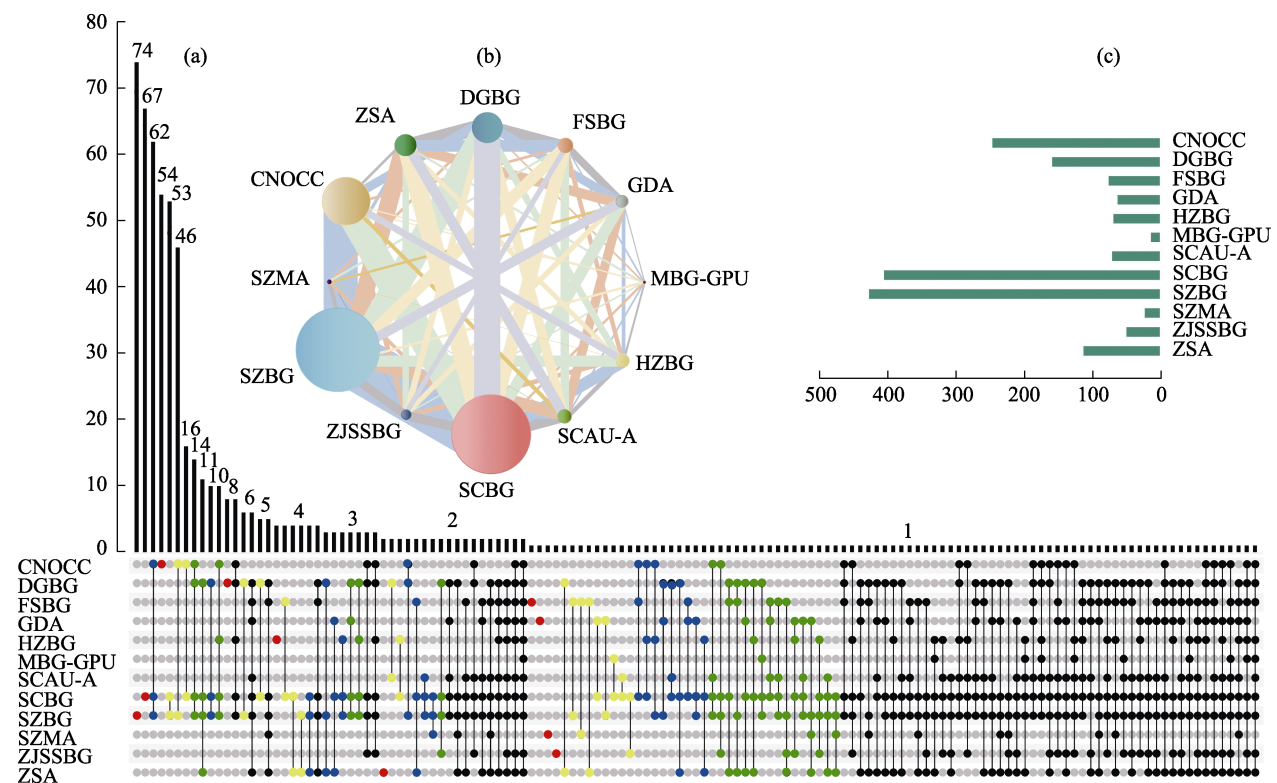


图3 广东省植物园对国家重点保护野生植物活植物收集的分析。植物园的缩写见附录2。(a)维恩点图红点表示1个植物园独有, 黄蓝绿点依次表示2、3、4个植物园共有, 黑点表示5个及以上植物园共有国家重点保护野生植物物种数量; (b)网络图展示12个机构各自拥有(与圆的直径成正比)与两两之间共有(与线的宽度成正比)国家重点保护野生植物物种数量关系; (c)条形图展示12个机构各自总共拥有的国家重点保护野生植物物种数量。

Fig. 3 Analysis of the living collections about the List of National Key Protected Wild Plants (version 2021, LNKWP) among the sampled 12 botanical gardens of Guangdong Province. The abbreviation of garden see Appendix 2. (a) Venn diagram showing the species number of shared and uniquely living collections on LNKWP among the sampled 12 botanical gardens; (b) Network diagram showing the species total number of each of the 12 institutions (proportional to the diameter of the circle) and the species number of shared by each pair (proportional to the width of the line) on LNKWP; (c) Bar chart showing the total number of species of LNKWP owned by each of the 12 institutions.

在不同程度上致力于保护性收集, 促进了国家重点保护野生植物在多个植物园的收集保存。例如, 华南国家植物园与其他植物园对国家重点保护野生植物形成了1个核心收集园区和多个异地收集园区构成的“1+X”收集保藏模式。但从受威胁植物遗传多样性保护角度看, 还有相当数量的国家重点保护野生植物仅迁地保存于1个植物园, 尚未实施“1+X”异地收集保藏策略。将仅保育于1个植物园的物种称为独有贡献(图3a红点对应的物种数)。按照独有贡献的物种数量由多到少依次为仙湖植物园(74)、华南国家植物园(67)、深圳兰科中心(54)、东莞植物园(8)、惠州植物园(4)、中山树木园(1)、广东树木公园(1)、佛山植物园(1)、神州木兰园(1)、湛江亚热带植物园(1)、华南农业大学树木园(0)、广东药科大学药用植物园(0)。迁地保存5个及以上植物园

的国家重点保护野生植物仅有100种(图3a黑点对应的物种), 占16% (100/625)。

2.4 资源植物的迁地保育现状

广东省植物园迁地保育的资源植物具有丰富的用途类别多样性, 包括药用(3,832种)、食用(1,069)、观赏/绿化(695)、工业原料(431)、木材/建筑(502)、纤维(361)、油料(351)、饲料(315)、农药(111)、祭祀/文化(86)和染料/色素(76)及其他(203)。在国家尺度, 目前共迁地保育了4,262种中国资源植物, 占所收集的中国本土野生维管植物总数的47% (4,262/9,109)。

进一步统计表明, 在省级层面广东省植物园迁地保育了广东本土野生资源维管植物2,275种, 占广东省资源维管植物的72% (2,275/3,173)。广东省本土资源维管植物迁地栽培统计显示, 不同类别资

源植物收集完整性不同, 收集比例从高到低依次为木材/建筑(88.97%)、观赏绿化(87.41%)、油料(86.06%)、农药(84.42%)、祭祀/文化(87.93%)、工业原料(82.58%)、染料/色素(80.36%)、食用(80.15%)、纤维(76.45%)、药用(72.07%)、饲料(69.48%)。总体上看, 广东本土资源植物收集的比例不低, 但目前并未在植物园建设中形成典型的专类植物收集园区, 这可能与此前植物园战略规划和引种保育实践缺乏规范性和系统性等问题有关。

参考《广东中药志》进行统计分析, 发现广东省植物园收集本土中药资源662种, 占本土中药的93% (662/714), 而广东本土中药资源活植物收集空缺物种(附录4)大多为草本植物, 具有短命、难发现、难鉴定、难跟踪等特点。在整理附录4时发现: 有些物种虽然是重要的资源植物但并没有纳入植物园活植物管理, 如可药用或用作饲料的大猪屎豆(*Crotalaria assamica*)、逸生于植物园的野生紫苏(*Perilla frutescens* var. *purpurascens*)及药食同源的粉葛(*Pueraria montana* var. *thomsonii*)等; 也有些物种虽然在野外常见或较常见, 如咸虾花(*Cyanthillium patulum*)、土丁桂(*Evolvulus alsinoides*)、石荠苎(*Mosla scabra*)等(附录4), 但在植物园活植物管理中空缺, 可能与这些植物的生活型、繁殖特性有关, 也可能与专类植物的收集与管理有关, 未来应重视这类重要种质的收集与规范管理。

3 讨论

3.1 完善区域迁地保护网络体系建设

广东省植物园分布不平衡, 与世界植物园(Mounce et al, 2017)和中国植物园(黄宏文, 2018b; Zhao et al, 2022; Ye et al, 2023)分布格局类似。本研究发现, 广东省植物园在粤北海拔较高区域存在分布空白, 整个中亚热带缺乏植物园布局。另一方面, 广东省拥有漫长的海岸线和众多岛屿, 其异质性产生了大量的栖息地, 生存着异常多样的植物类群。然而, 广东省缺乏岛屿、海岸线等位于地理隔离或重要生物区域布局的植物园。尽管社会经济因素, 例如国内生产总值和大城市人口, 是影响植物园的地理分布和植物园物种丰富度的主要因素(Golding et al, 2010), 但活植物收集数据中的生物

地理空白仍然必须填补, 以提供协调的植物迁地保护所需的强大的网络基础设施(Mounce et al, 2017)。构建覆盖不同自然地理、气候、区系和植被区域的以植物园为依托的迁地保护网络体系, 才能更有效地发挥植物园对植物多样性保护的功能(王利松等, 2023)。因此, 在我国开启国家植物园体系以及华南国家植物园规划建设时, 建议在广东省自然保护区和植物园等迁地保护机构(图1)现状基础上, 统筹迁地保护体系的地理区域布局, 建立以华南国家植物园为核心、区域性植物园为骨干、特殊环境/重要资源特色植物迁地收集机构为站点的广东省迁地保护网络体系, 建立中亚热带、北-南亚热带、南-南亚热带迁地保育机构, 辐射粤港澳及周边省区植物园、树木园、国家森林公园和保护地, 健全活立木基因库、栖息地保护站、微型保护地和准就地保护机构组成引种基地体系和迁地收集栽培体系。

3.2 构建国家活植物收集综合保藏体系

广东省植物园至少迁地保育中国已知本土维管植物物种的22%, 略高于广东省本土维管植物占全国本土维管植物的比例(约17%) (王瑞江, 2022)。广东省植物园迁地保育广东本土野生维管植物科的95%、属的80%、物种的58%。目前, 世界植物园收集保育全球已知维管植物科的93%, 有胚植物属的59%、物种的30% (Mounce et al, 2017), 中国植物园保存我国本土植物科的97.5%、属的78.03%、物种的41.63% (任海等, 2022)。可见, 广东省植物园对广东本土野生维管植物多样性的保护高于全国和全球植物迁地保护的整体水平, 对广东省本土甚至全国植物多样性保护发挥了积极作用。

对重要类群的综合评估一方面有助于推进生物多样性整体评估(Cires et al, 2013), 另一方面有助于确定活植物收集的优先次序(Scott et al, 1991; Chua et al, 2022)、制定特定物种的保护策略(Griffith et al, 2021)和指导实际保护项目(Vázquez-García et al, 2021)。基于广东省植物园保育的优势科属研究结果, 建议持续加强重点类群的研究性收集, 扩大具有物种数量及占比优势的科级和属级分类群收集规模, 优先构建木兰科、姜科、竹亚科等迁地收集网络, 建设世界一流活植物收集园区; 重点收集兰科、水龙骨科、铁角蕨科等世界分布类群和棕榈

科、樟科、杪罗科和凤尾蕨科、球兰属、山茶属(*Camellia*)、苏铁属等热带分布类群迁地收集网络,建设国内一流活植物收集园区;着力收集其他迁地保育重点类群的物种代表性和分类系统代表性,开展重点区域植物区系编目、活植物收集专著研究、生殖物候特征观测和谱系地理与进化生物学研究。

据统计,全球约有20%–40% (Brummitt et al, 2015; Nic Lughadha et al, 2020)、中国约有15%–20% (覃海宁和赵莉娜, 2017)、广东约有10%–18% (王瑞江, 2022)的植物物种正遭受灭绝威胁。全世界只有10%的植物园对珍稀濒危植物进行迁地保育 (Mounce et al, 2017; Gross, 2018)。本研究表明,广东省迁地保育了64% (414种)的广东本土受威胁维管植物,明显高于全国(45%, Zhao et al, 2022)、欧洲(42%, Sharrock & Jones, 2011)及全球整体(41%, Mounce et al, 2017)水平,但与全球植物保护战略GSPC (Global Strategy For Plant Conservation)目标8约定的迁地收集本土受威胁植物的至少75%的目标仍然有一定距离。

相关研究表明,地理上广泛、随机和分散的采样(Hoban & Schlarbaum, 2014; Hoban & Strand, 2015),维护多个个体(Griffith et al, 2008)多年(Griffith et al, 2015)多个异地收集园区(Walsh, 2015^①)活植物收集保存,将多个迁地收集资源联网汇集形成元收集并共享数据(Griffith et al, 2020)可以促进迁地保护工作规范化、体系化、科学化,从而更有效地保护野生植物多样性。针对保护性收集多样性代表性不足的问题,未来广东省植物园及其迁地保护体系应全面提升受威胁植物等保护性收集物种的覆盖率,例如对广东省分布的国家重点保护植物迁地保育空缺物种(附录5)进行迁地保育全覆盖。

建议各专类或行业植物园加强针对性目标物种收集。拟高粱(*Sorghum propinquum*)及大豆属(*Glycine*)的野大豆(*G. soja*)、短绒野大豆(*G. tomentella*)、烟豆(*G. tabacina*)属于农业部管理的国家二级重点保护野生植物(附录5),其中短绒野大豆及烟豆生于沿海及附近岛屿干旱坡地、平地或荒坡

草地上,因此建议湛江南亚热带植物园给予关注并迁地保育。石杉亚科植物普遍含有石杉碱甲(HupA),是重要的药用植物;石斛属(*Dendrobium*)植物是珍稀的中国传统中药。因此未来广东药科大学药用植物园或广州中医药大学药用植物园应迁地保育具有药用价值且目前空缺的广东省分布的国家重点保护野生植物,如华南马尾杉(*Phlegmariurus austrosinicus*)、华重楼(*Paris polyphylla* var. *chinensis*)、单蕊草石斛(*D. porphyrochilum*)、短萼黄连(*Coptis chinensis* var. *breviseipala*)等。

佛山植物园对山茶科活植物收集具有优势,建议其优先加强对秃房茶(*Camellia gymnogyna*)、毛叶茶(*C. ptilophylla*)及白毛茶(*C. sinensis* var. *pubilimba*)的迁地保育。红豆属(*Ormosia*)植物木材坚韧、纹理美观、材质优良,具有极高的经济价值和开发利用潜力,建议广东树木园和中山树木园加强对厚荚红豆(*O. elliptica*)、紫花红豆(*O. purpureiflora*)的收集保育。猕猴桃属(*Actinidia*)植物分布于珠江以北,建议惠州植物园以及将来粤北地区新建的植物园或迁地保育基地加强对金花猕猴桃(*A. chrysantha*)和条叶猕猴桃(*A. fortunei*)的保育。作为种质资源收集中心,建议深圳兰科中心加强对兰科空缺物种丹霞兰(*Danxiaorchis singchiana*)、广东兜兰(*Paphiopedilum guangdongense*)的保育。而对生境依赖高的水生植物高雄茨藻(*Najas browniana*)、华南飞瀑草(*Cladopus austrosinensis*)、川苔草(*C. chinensis*)、飞瀑草(*C. nymanii*)则建议联合就地保护机构,开展特殊物种保护专项行动,实施“一种一策”保护策略。

在此基础上,针对遗传代表性不足问题,对仅在少数植物园中有保存的物种,采用关键保护物种(含广东极小种群和特有植物)自上而下确定一个核心收集园区和多个异地收集园区的“1+X”收集保藏模式,增加具有迁地保护优势的珍稀濒危植物和国家重点保护植物野生居群来源和迁地保育异地收集备份,增加受威胁植物保护性收集保存量和居群代表性与遗传代表性,提高国家和广东省重点保护野生植物和珍稀濒危植物保护效率。

相比于受威胁植物而言,资源植物在物种保护优先级的评估中较容易被忽视(Brehm et al, 2010; Engels & Thormann, 2020),在活植物收集中缺乏对

① Walsh S (2015) Floral Biology, Breeding System, Pollination Ecology, and *ex situ* Genetic Diversity of the Endangered Hawaiian Species, *Brighamia insignis* A. Gray (Campanulaceae). MS thesis, University of Hawaii, Mānoa.

这些物种有针对性的覆盖。这意味着也缺少物种繁殖所需的相关研究, 以支持农业和恢复活动(Breman et al, 2021)。植物园将面临前所未有的机会, 重新发挥其作为引种中心的作用, 并成为评估新种质的主要参与者, 包括观赏植物和其他经济上重要的植物(Heywood, 2011)。在农林草药植物种质资源收集方面, 广东省植物园迁地保育的中国本土资源植物占所收集的中国本土维管植物总数的47%, 同时迁地保育了72%的广东本土资源植物, 明显超过中国本土资源植物占中国植物区系的比例(28%)(Zhuang et al, 2021), 为开展农林草药等优良植物品种的选育、扩繁、储备和推广示范提供了基础。结合当前社会发展需求, 本文提供了广东省本土中药活植物收集空缺物种清单(附录5), 以促进未来药用植物针对性收集。未来建议将初具规模的植物资源进行种质遗传价值和育种价值评价, 凝练提升为支持农林草药产业转型升级的核心种质收集。适时适地推出并积极推进药用植物、芳香植物、园林植物以及其他经济作物资源开发利用(Heywood, 2011), 重点支持生态修复(Hardwick et al, 2011)、城市植物多样性保护与可持续性利用(Hu et al, 2017)、高碳汇能力植物选育与栽培技术(Muñoz-Vallés et al, 2013), 提升城市生态建设和产业服务水平。

综上, 由于主要植物园缺乏实施“异地收集政策”、重要保护性物种未在多园备份种质和开展“异园”适应性比较研究及活植物清查与管理不严格不细致不规范等原因, 广东省植物园迁地保育工作仍存在诸多不足, 未来在国家活植物收集综合保藏体系构建时, 应增加重点类群研究性收集, 优先加强受威胁植物保护性收集, 兼顾核心种质收集。





3.3 建立关键物种“苗圃栽培-人工群落-异地种植”实验体系

随着我国生物多样性保护进入了由数量发展到质量发展的新阶段, 在全球气候变化、环境污染、生物入侵、生态系统退化背景下, 单一的保护方式或单一的保护区域都会面临局限性, 就地保护和迁地保护的整合是必然趋势(黄宏文, 2018a; 任海等, 2022)。对保护性收集的关键物种, 要从就地保护和迁地保护的整合保护出发, 努力实现“一种一策”整合保护策略(黄宏文和廖景平, 2022)。对于实施迁地

保护确实有困难的目标物种, 如本研究发现的系统发育空缺的寄生植物、腐生植物、洞穴植物、水(湿)生植物等种类, 应加强其在就地保护系统中的清查、管理和保护, 探索生活史、环境壁垒、稀缺性、特有性及经济价值(Mounce et al, 2017), 为就地保护提供技术、规程和科学指导。对于确实需要迁地保护的目标物种, 包括国家重点保护野生植物、受威胁植物、极小种群和特有植物等, 在本研究建立的数据库基础上结合野生种源数据评估迁地收集的地理和生态覆盖范围, 以开发具有代表性的收集(Linsky et al, 2023)。在引种前应开展生境及其生态生物学特性等方面充分的野外调查(Lebeda et al, 2019)、建立关键物种“苗圃栽培-人工群落-异地种植”实验体系, 开展苗圃栽培和专类园区人工群落营造, 研究栽培技术、繁殖技术和综合管理园艺技术(Griffith et al, 2021; Cannon et al, 2023), 系统实施野外回归和栖息地恢复与持续监测(Godefroid et al, 2011), 增强保护成效。对于全科、全属被列入国家重点保护野生植物的类群, 应实施整合研究, 加深对隐种、自然杂交种、新种等的认知和鉴定, 及时发现、及时评估和排除、精准实施“一种一策”保护策略。实施整合保护研究计划(Harris et al, 2009), 促进植物多样性保护、科学研究和可持续利用。

致谢: 感谢为本研究提供活植物名录的12家迁地保护机构, 分别是东莞植物园、佛山植物园、广东树木公园、广东药科大学药用植物园、华南农业大学树木园、华南植物园、惠州植物园、全国兰科植物种质资源保护中心、深圳市仙湖植物园、神州木兰园、湛江亚热带植物园、中山树木园。感谢中国科学院华南植物园王瑞江研究员在广东省本土植物数据电子化上提供帮助。感谢聂丽云、林灿佳、木楠等在数据可视化上提供帮助。感谢彭彩霞、董书鹏、徐一大、沈佳豪、张代贵、张玲玲和傅筱琳提供植物照片!

ORCID

李仕裕  <https://orcid.org/0000-0001-8239-9809>
邹璞  <https://orcid.org/0000-0001-9060-0891>
宁祖林  <https://orcid.org/0000-0003-3666-9411>
廖景平  <https://orcid.org/0000-0002-5053-9261>

参考文献

- APG (Angiosperm Phylogeny Group) (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20.
- Brehm JM, Maxted N, Martins-Loução MA, Ford-Lloyd BV (2010) New approaches for establishing conservation priorities for socio-economically important plant species. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2715–2740.
- Breman E, Ballesteros D, Castillo-Lorenzo E, Cockel C, Dickie J, Faruk A, O'Donnell K, Offord CA, Pironon S, Sharrock S, Ulian T (2021) Plant diversity conservation challenges and prospects: The perspective of botanic gardens and the millennium seed bank. *Plants*, 10, 2371.
- Brummitt NA, Bachman SP, Griffiths-Lee J, Lutz M, Moat JF, Farjon A, Donaldson JS, Hilton-Taylor C, Meagher TR, Albuquerque S, Aletrari E, Andrews AK, Atchison G, Baloch E, Barlozzini B, Brunazzi A, Carretero J, Celesti M, Chadburn H, Cianfoni E, Cockel C, Coldwell V, Concetti B, Contu S, Crook V, Dyson P, Gardiner L, Ghanim N, Greene H, Groom A, Harker R, Hopkins D, Khela S, Lakeman-Fraser P, Lindon H, Lockwood H, Loftus C, Lombri D, Lopez-Poveda L, Lyon J, Malcolm-Tompkins P, McGregor K, Moreno L, Murray L, Nazar K, Power E, Tuijelaars MQ, Salter R, Segrott R, Thacker H, Thomas LJ, Tingvoll S, Watkinson G, Wojtaszekova K, Nic Lughadha EM (2015) Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN sampled red list index for plants. *PLoS ONE*, 10, e0135152.
- Cannon CH, Dhyani A, Chen J, Rivers M (2023) The Global Tree Assessment provides a multifaceted view on the future of tree diversity conservation. *Plants, People, Planet*, 5, 461–465.
- Chen CJ, Chen H, Zhang Y, Thomas HR, Frank MH, He YH, Xia R (2020) TBtools: An integrative toolkit developed for interactive analyses of big biological data. *Molecular Plant*, 13, 1194–1202.
- Chen J (2022) Some thoughts about China's national botanical garden system construction. *Biodiversity Science*, 30, 22016. (in Chinese) [陈进 (2022) 关于我国国家植物园体系建设的一点思考. *生物多样性*, 30, 22016.]
- Chen LZ (2014) *Floristics and Vegetation Geography of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈灵芝 (2014) *中国植物区系与植被地理*. 科学出版社, 北京.]
- Chen T, Chang HT (1994) The floristic geography of Nanling Mountain Range, China. I. Floristic composition and characteristics. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2, 10–23. (in Chinese with English abstract) [陈涛, 张宏达 (1994) 南岭植物区系地理学研究. I. 植物区系的组成和特点. *热带亚热带植物学报*, 2, 10–23.]
- Christenhusz MJM, Fay MF, Chase MW (2017) *Plants of the World: An Illustrated Encyclopedia of Vascular Plants*. University of Chicago Press, Chicago.
- Chua LSL, Sang J, Pereira JT, Khoo E, Maycock CR (2022) Current state of knowledge on the extinction risk of Malaysian tree species: Proximate needs to mitigate loss. *Plants, People, Planet*, 5, 483–495.
- Cires E, De Smet Y, Cuesta C, Goetghebeur P, Sharrock S, Gibbs D, Oldfield S, Kramer A, Samain MS (2013) Gap analyses to support *ex situ* conservation of genetic diversity in *Magnolia*, a flagship group. *Biodiversity and Conservation*, 22, 567–590.
- Corlett RT (2020) Safeguarding our future by protecting biodiversity. *Plant Diversity*, 42, 221–228.
- Crane PR, Ge S, Hong DY, Huang HW, Jiao GL, Knapp S, Kress WJ, Mooney H, Raven PH, Wen J, Wu WH, Yang HM, Zhu WH, Zhu YX, Shenzhen Declaration Drafting Committee (2019) The Shenzhen Declaration on Plant Sciences—Uniting plant sciences and society to build a green, sustainable Earth. *Plants, People, Planet*, 1, 59–61.
- Editorial Committee of Guangdong Traditional Chinese Medicine (1994) *Guangdong Traditional Chinese Medicine (Vol. I)*. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. (in Chinese) [广东中药志编辑委员会 (1994) *广东中药志(第一卷)*. 广东科技出版社, 广州.]
- Editorial Committee of Guangdong Traditional Chinese Medicine (1996) *Guangdong Traditional Chinese Medicine (Vol. II)*. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. (in Chinese) [广东中药志编辑委员会 (1996) *广东中药志(第二卷)*. 广东科技出版社, 广州.]
- Editorial Committee of Guangdong Yearbook (2021) *Guangdong Yearbook 2021*. Guangdong Yearbook Press, Guangzhou. (in Chinese) [广东年鉴编纂委员会 (2021) *广东年鉴2021*. 广东年鉴社, 广州.]
- Engels JMM, Thormann I (2020) Main challenges and actions needed to improve conservation and sustainable use of our crop wild relatives. *Plants*, 9, 968.
- Frankel OH, Soule ME (1981) *Conservation and Evolution*. Cambridge University Press, London.
- Godefroid S, Piazza C, Rossi G, Buord S, Stevens AD, Agurauja R, Cowell C, Weekley CW, Vogg G, Iriondo JM, Johnson I, Dixon B, Gordon D, Magnanon S, Valentin B, Bjureke K, Koopman R, Vicens M, Virevaire M, Vanderborcht T (2011) How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation*, 144, 672–682.
- Golding J, Güsewell S, Kreft H, Kuzevanov VY, Lehtvirts S, Parmentier I, Pautasso M (2010) Species-richness patterns of the living collections of the world's botanic gardens: A matter of socio-economics. *Annals of Botany*, 105, 689–696.
- Griffith MP, Calonje M, Meerow AW, Tut F, Kramer AT, Hird A, Magellan TM, Husby CE (2015) Can a botanic garden cycad collection capture the genetic diversity in a wild population? *International Journal of Plant Sciences*, 176, 1–10.
- Griffith MP, Clase T, Toribio P, Piñeyro YE, Jimenez F,

- Gratacos X, Sanchez V, Meerow A, Meyer A, Kramer A, Fant J, Havens K, Magellan TM, Dosmann M, Hoban S (2020) Can a botanic garden metacollection better conserve wild plant diversity? A case study comparing pooled collections with an ideal sampling model. *International Journal of Plant Sciences*, 181, 485–496.
- Griffith MP, Meyer A, Grinage A (2021) Global *ex situ* conservation of palms: Living treasures for research and education. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 711414.
- Griffith MP, Noblick LR, Dowe JL, Husby CE, Calonje, MA (2008) Cyclone tolerance in new world Arecaceae: Biogeographic variation and abiotic natural selection. *Annals of Botany*, 102, 591–598.
- Gross M (2018) Can botanic gardens save all plants? *Current Biology*, 28, R1075–R1078.
- Guangdong Institute of Botany (1976) *Vegetation of Guangdong*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [广东省植物研究所 (1976) 广东植被. 科学出版社, 北京.]
- Hardwick KA, Fiedler P, Lee LC, Pavlik B, Hobbs RJ, Aronson J, Bidartondo M, Black E, Coates DJ, Daws MI, Dixon K, Elliott S, Ewing K, Gann GD, Gibbons D, Gratzfeld J, Hamilton MA, Hardman D, Harris JA, Holmes PM, Jones M, Mabblerley D, Mackenzie A, Magdalena C, Marrs R, Milliken W, Mills AJ, Lughadha EMN, Ramsay MM, Smith P, Taylor N, Trivedi C, Way MJ, Whaley OQ, Hopper SD (2011) The role of botanic gardens in the science and practice of ecological restoration. *Conservation Biology*, 25, 265–275.
- Harris S, Shaw J, Crane N (2009) Planning the integration of *ex situ* plant conservation in Tasmania. *Cunninghamia*, 11, 123–130.
- Heywood VH (2011) The role of botanic gardens as resource and introduction centres in the face of global change. *Biodiversity and Conservation*, 20, 221–239.
- Heywood VH (2017) The future of plant conservation and the role of botanic gardens. *Plant Diversity*, 39, 309–313.
- Hoban S, Schlarbaum S (2014) Optimal sampling of plant populations for *ex situ* conservation of genetic biodiversity, considering realistic population structure. *Biological Conservation*, 177, 90–99.
- Hoban S, Strand A (2015) *Ex situ* conservation seed collections should consider spatial design and species' reproductive biology. *Biological Conservation*, 187, 182–191.
- Hu Y, Vincent G, Chen X (2017) How can botanical gardens support sustainable urban development? A case study of Shanghai Chenshan Botanical Garden. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102, 303–308.
- Huang HW (2018a) *The Principle and Practice of ex situ Plant Conservation*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [黄宏文 (2018a) 植物迁地保育原理与实践. 科学出版社, 北京.]
- Huang HW (2018b) *Chinese Botanical Gardens*. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [黄宏文 (2018b) 中国植物园. 中国林业出版社, 北京.]
- Huang HW, Liao JP (2022) On China's National Botanical Gardens: Building a comprehensive system of *ex situ* conservation of national botanical gardens with task oriented disciplines. *Biodiversity Science*, 30, 22220. (in Chinese with English abstract) [黄宏文, 廖景平 (2022) 论我国国家植物园建设: 以任务带学科构建国家植物园迁地保护综合体系. 生物多样性, 30, 22220.]
- Huang HW, Liao JP, Zhang Z, Zhan QQ (2017) *Ex situ* flora of China. *Plant Diversity*, 39, 357–364.
- Huang HW, Sun H, Zhou ZK (2020) Sharing earth with all life. *Plant Diversity*, 42, 209–210.
- Huang HW, Zhang Z (2012) Current status and prospects of *ex situ* cultivation and conservation of plants in China. *Biodiversity Science*, 20, 559–571. (in Chinese with English abstract) [黄宏文, 张征 (2012) 中国植物引种栽培及迁地保护的现状与展望. 生物多样性, 20, 559–571.]
- Jin Y, Qian H (2022) VPhyloMaker2: An updated and enlarged R package that can generate very large phylogenies for vascular plants. *Plant Diversity*, 44, 335–339.
- Lebeda A, Křístková E, Kitner M, Majeský L, Doležalová I, Khoury CK, Widrechner MP, Hu J, Carver D, Achicanoy HA, Sosa CC (2019) Research gaps and challenges in the conservation and use of North American wild lettuce germplasm. *Crop Science*, 59, 2337.
- Li BY, Zhu YP, Liu WW, Li S, Fu MD, Ren YH, Cai X, Li JS (2021) Pilot areas for national park system in China: Progress, problems and recommendations. *Biodiversity Science*, 29, 283–289. (in Chinese with English abstract) [李博炎, 朱彦鹏, 刘伟玮, 李爽, 付梦娣, 任月恒, 蔡譔, 李俊生 (2021) 中国国家公园体制试点进展、问题及对策建议. 生物多样性, 29, 283–289.]
- Li DZ, Chen ZD, Wang H, Lu AM (2018) *A Dictionary of the Families and Genera of Chinese Vascular Plants*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [李德铎, 陈之端, 王红, 路安民 (2018) 中国维管植物科属词典. 科学出版社, 北京.]
- Li XW (1996) Floristic statistics and analyses of seed plants from China. *Acta Botanica Yunnanica*, 18, 363–384. (in Chinese with English abstract) [李锡文 (1996) 中国种子植物区系统计分析. 云南植物研究, 18, 363–384.]
- Lin QW, Xiao C, Ma JS (2022) A dataset on catalogue of alien plants in China. *Biodiversity Science*, 30, 22127. (in Chinese with English abstract) [林秦文, 肖翠, 马金双 (2022) 中国外来植物数据集. 生物多样性, 30, 22127.]
- Linsky J, Coffey EED, Beech E, Beech E, Rivers M, Cicuzza D, Oldfield S, Crowley D (2023) Assessing Magnoliaceae through time: Major global efforts to track extinction risk status and *ex situ* conservation. *Plants, People, Planet*, 5, 496–501.
- Liu YH (2004) *Magnolias of Chinese*. Beijing Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese and in English) [刘玉壶 (2004) 中国木兰. 北京科学技术出版社, 北京.]
- Ma JS (2022) Why should Beijing be the first choice for the

- establishment of the National Botanical Garden? Biodiversity Science, 30, 22013. (in Chinese) [马金双 (2022) 国家植物园设立为何首选北京? 生物多样性, 30, 22013.]
- Mounce R, Smith P, Brockington S (2017) *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. Nature Plants, 3, 795–802.
- Muñoz-Vallés S, Cambrollé J, Figueroa-Luque E, Luque T, Niell FX, Figueroa ME (2013) An approach to the evaluation and management of natural carbon sinks: From plant species to urban green systems. Urban Forestry & Urban Greening, 12, 450–453.
- Nic Lughadha E, Bachman SP, Leão TCC, Forest F, Halley JM, Moat J, Acedo C, Bacon KL, Brewer RFA, Gâteblé G, Gonçalves SC, Govaerts R, Hollingsworth PM, Krisai-Greilhuber I, Lirio EJ, Moore PGP, Negrão R, Onana JM, Rajaovelona LR, Razanajatovo H, Reich PB, Richards SL, Rivers MC, Cooper A, Iganci J, Lewis GP, Smidt EC, Antonelli A, Mueller GM, Walker BE (2020) Extinction risk and threats to plants and fungi. Plants, People, Planet, 2, 389–408.
- Obura D, Agrawal A, DeClerck F, Donaldson J, Dziba L, Emery MR, Friedman K, Fromentin JM, Garibaldi LA, Mulongoy J, Carolina NF, Reidl PM, Roe D, Timoshyna A (2023) Prioritizing sustainable use in the Kunming-Montreal global biodiversity framework. PLOS Sustainability and Transformation, 2, e0000041.
- Obura DO, Katerere Y, Mayet M, Kaelo D, Msweli S, Mather K, Harris J, Louis M, Kramer R, Teferi T, Samoilys M, Lewis L, Bennie A, Kumah F, Isaacs M, Nantongo P (2021) Integrate biodiversity targets from local to global levels. Science, 373, 746–748.
- Pautasso M, Parmentier I (2007) Are the living collections of the world's botanical gardens following species-richness patterns observed in natural ecosystems? Botanica Helvetica, 117, 15–28.
- Qin HN (2020) List of Seed Plant Diversity in China and Its Conservation and Utilization. Hebei Science and Technology Press, Shijiazhuang. (in Chinese) [覃海宁 (2020) 中国种子植物多样性名录与保护利用. 河北科学技术出版社, 石家庄.]
- Qin HN, Yang Y, Dong SY, He Q, Jia Y, Zhao LN, Yu SX, Liu HY, Liu B, Yan YH, Xiang JY, Xia NH, Peng H, Li ZY, Zhang ZX, He XJ, Yin LK, Lin YL, Liu QR, Hou YT, Liu Y, Liu QX, Cao W, Li JQ, Chen SL, Jin XH, Gao TG, Chen WL, Ma HY, Geng YY, Jin XF, Chang CY, Jiang H, Cai L, Zang CX, Wu JY, Ye JF, Lai YJ, Liu B, Lin QW, Xue NX (2017) Threatened Species List of China's Higher Plants. Biodiversity Science, 25, 696–744. (in Chinese and in English) [覃海宁, 杨永, 董仕勇, 何强, 贾渝, 赵莉娜, 于胜祥, 刘慧圆, 刘博, 严岳鸿, 向建英, 夏念和, 彭华, 李振宇, 张志翔, 何兴金, 尹林克, 林余霖, 刘全儒, 侯元同, 刘滨, 刘启新, 曹伟, 李建强, 陈世龙, 金效华, 高天刚, 陈文俐, 马海英, 耿玉英, 金孝锋, 常朝阳, 蒋宏, 蔡蕾, 臧春鑫, 武建勇, 叶建飞, 赖阳均, 刘冰, 林秦文, 薛纳新 (2017) 中国高等植物受威胁物种名录. 生物多样性, 25, 696–744.]
- Qin HN, Zhao LN (2017) Evaluating the threat status of higher plants in China. Biodiversity Science, 25, 689–695. (in Chinese with English abstract) [覃海宁, 赵莉娜 (2017) 中国高等植物濒危状况评估. 生物多样性, 25, 689–695.]
- Ren H, Wen XY, Liao JP, Zheng XC, Yang M, Zhou J (2022) The view on functional changes of botanical gardens and the establishment of China's national botanical garden system. Biodiversity Science, 30, 22113. (in Chinese with English abstract) [任海, 文香英, 廖景平, 郑祥慈, 杨明, 周桔 (2022) 试论植物园功能变迁与中国国家植物园体系建设. 生物多样性, 30, 22113.]
- Scott JM, Davis F, Csuti B, Noss R, Butterfield B, Groves C, Anderson H, Caicco S, D'Erchia F, Edwards TC Jr, Ulliman J, Wright RG (1993) Gap analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs, 123, 1–41.
- Sharrock S, Jones M (2011) Saving Europe's threatened flora: Progress towards GSPC Target 8 in Europe. Biodiversity and Conservation, 20, 325–333.
- Steffen W, Grinevald J, Crutzen P, McNeill J (2011) The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369, 842–867.
- Tortell PD (2020) Earth 2020: Science, society, and sustainability in the anthropocene. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 117, 8683–8691.
- Vázquez-García JA, Muñoz-Castro MA, Dahua-Machoa A, Osorio-Muñoz EA, Hernández-Vera G, Ortega-Peña AS, Romo-Campos RL, Jacobo-Pereira C, Álvarez de Román N, Shalisko V (2021) How to save endangered magnolias? From population biology to conservation action: The case of allopatric radiation in western Mexico. In: Endangered Plants (ed. Kumar S), pp. 13–56. IntechOpen, London.
- Wang LS, Zhan QQ, Liao JP, Huang HW (2023) Vascular plant diversity of National Key Protected Wild Plants, threatened species, and endemic species *ex situ* conserved in botanic gardens of China. Biodiversity Science, 31, 22495. (in Chinese with English abstract) [王利松, 湛青青, 廖景平, 黄宏文 (2023) 我国迁地保护的国家重点保护、受威胁和特有维管植物多样性. 生物多样性, 31, 22495.]
- Wang RJ (2022) The Provincial Red List of Higher Plants in Guangdong. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. (in Chinese) [王瑞江 (2022) 广东高等植物红色名录. 河南科学技术出版社, 郑州.]
- Wang W, Li JS (2021) *In-situ* conservation of biodiversity in China: Advances and prospects. Biodiversity Science, 29, 133–149. (in Chinese with English abstract) [王伟, 李俊生 (2021) 中国生物多样性就地保护成效与展望. 生物多样性, 29, 133–149.]

- Wu ZY (1980) Vegetation of China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [吴征镒 (1980) 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Wu ZY, Zhou ZK, Sun H, Li DZ, Peng H (2006) The Areal-Types of Seed Plants and Their Origin and Differentiation. Yunnan Science & Technology Press, Kunming. (in Chinese) [吴征镒, 周浙昆, 孙航, 李德铎, 彭华 (2006) 种子植物分布区类型及其起源和分化. 云南科技出版社, 昆明.]
- Xi HH, Wang YQ, Pan YZ, Xu T, Zhan QQ, Liu J, Feng XY, Gong X (2022) Resources and protection of *Cycas* plants in China. Biodiversity Science, 30, 21495. (in Chinese with English abstract) [席辉辉, 王祎晴, 潘跃芝, 许恬, 湛青青, 刘健, 冯秀彦, 龚洵 (2022) 中国苏铁属植物资源和保护. 生物多样性, 30, 21495.]
- Yan Y, Tang FL, Tian YC, Jin K (2021) On implementation path of the strictest conservation policies in national park management. Biodiversity Science, 29, 123–128. (in Chinese with English abstract) [闫颜, 唐芳林, 田勇臣, 金崑 (2021) 国家公园最严格保护的实现路径. 生物多样性, 29, 123–128.]
- Ye JF, Shan ZJ, Peng DX, Sun M, Niu YT, Liu Y, Zhang Q, Yang Y, Lin QW, Chen J, Zhu RB, Wang YW, Chen ZD (2023) Identifying gaps in the *ex situ* conservation of native plant diversity in China. Biological Conservation, 282, 110044.
- Zhang LL, Liu ZY, Wang RJ (2020) The conservation status of orchids in Guangdong Province. Biodiversity Science, 28, 787–795. (in Chinese with English abstract) [张玲玲, 刘子玥, 王瑞江 (2020) 广东兰科植物多样性保育现状. 生物多样性, 28, 787–795.]
- Zhao X, Chen H, Wu JY, Ren H, Wei JH, Ye PC, Si Q (2022) *Ex situ* conservation of threatened higher plants in Chinese botanical gardens. Global Ecology and Conservation, 38, e02206.
- Zhao ZC, Yang R (2021) The concept of national park authenticity and integrity in China and its evaluation framework. Biodiversity Science, 29, 1271–1278. (in Chinese with English abstract) [赵智聪, 杨锐 (2021) 中国国家公园真实性与完整性概念及其评价框架. 生物多样性, 29, 1271–1278.]
- Zhou J, Yang M, Wen XY, Li N, Ren H (2021) Strengthen *ex situ* conservation of plants and promote protection and utilization of plant resources. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 36, 417–424. (in Chinese with English abstract) [周桔, 杨明, 文香英, 李楠, 任海 (2021) 加强植物迁地保护, 促进植物资源保护和利用. 中国科学院院刊, 36, 417–424.]
- Zhuang HF, Wang C, Wang YN, Jin T, Huang R, Lin ZH, Wang YH (2021) Native useful vascular plants of China: A checklist and use patterns. Plant Diversity, 43, 134–141.
- Zou P, Ning ZL, Tian XY, Liao JP (2022) A brief discussion on national living collections. In: China Botanical Garden (Issue 25) (ed. The Chinese Association of Botanical Gardens), pp. 194–199. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese with English abstract) [邹璞, 宁祖林, 田学义, 廖景平 (2022) 论国家活植物收集. 见: 中国植物园(第二十五期) (中国植物学会植物园分会编辑委员会编), 194–199页. 中国林业出版社, 北京.]

(责任编辑: 严岳鸿 责任编辑: 周玉荣)

附录 Supplementary Material

附录1 广东省植物园概况

Appendix 1 Overview of botanical gardens of Guangdong Province
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022647-1.pdf>

附录2 广东省植物园活植物迁地保育状况

Appendix 2 *Ex situ* conservation of living collections in botanical gardens of Guangdong Province
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022647-2.pdf>

附录3 广东本土植物科级类群活植物收集空缺分析

Appendix 3 The gap analysis in the living collections of the native plant family in Guangdong Province
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022647-3.pdf>

附录4 广东本土中药资源活植物收集空缺物种名录

Appendix 4 List of vacant species in living collections of Chinese medicine resources native to Guangdong Province
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022647-4.pdf>

附录5 广东省分布的国家重点保护植物迁地保育空缺物种名录

Appendix 5 List of vacant species in *ex situ* conservation of national key protected plants distributed in Guangdong Province
<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2022647-5.pdf>

附录 1 广东省植物园概况
Appendix 1 Overview of botanical gardens of Guangdong Province

地市 City	植物园名称 Botanical Garden	时间 Time	隶属 Affiliated	类别 Type	气候带 Climatic zone	植被地带 Vegetation zone	地理 区域 Location	名录 Plant list	面积 Area (ha)
广州	华南植物园 (SCBG)	1929-	中国科学院	区域综合性植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	282.5
	广东树木公园 (GDA)	1958-	广东省林业局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	20
	华南农业大学树木园 (SCAU-A)	1972-	华南农业大学	教学植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	36
	广东药科大学药用植物园 (MBG-GPU)	2007-	广东药科大学	教学植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	0.7
	广州中医药大学药用植物 (MBG-GUCM)	2008-	广州中医药大学	教学植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	无	1.8
深圳	深圳市仙湖植物园 (SZBG)	1982-	深圳市城市管理和综合执法局	区域综合性植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	546
	全国兰科植物种质资源保护中心 (CNOCC)	2006-	深圳市林业局	特色植物专类园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	53.3
佛山	佛山植物园 (FSBG)	2016-	佛山市自然资源局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	55.3
惠州	惠州植物园 (HZBG)	2020-	惠州市林业局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	41.82
东莞	东莞植物园 (DGBG)	2006-	东莞市城市管理和综合执法局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	200.5
中山	中山树木园 (ZSA)	2003-	中山市自然资源局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	有	111.6
湛江	湛江亚热带植物园 (ZJSSBG)	1954-	农业农村部	城市植物园	北热带	北热带季节性雨林	粤西	有	506.7
湛江	神州木兰园 (SZMA)	2011-	广东省林业局	特色植物专类园	北热带	北热带季节性雨林	粤西	有	66.67
潮州	潮州植物园 (CZBG)	2008-	潮州市林业局	城市植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	粤东	无	66.9
肇庆	鼎湖山树木园 (DHSA)	1956-	华南植物园	教学植物园	南亚热带	南亚热带常绿阔叶林	珠三角	无	115.3

附录 2 广东省植物园活植物迁地保育状况。物种数含种下分类单元(亚种、变种及变型)。

Appendix 2 *Ex situ* conservation of living collections in botanical gardens of Guangdong Province. Species including infraspecific taxa (e.g. subspecies, variety and form).

保育单位 Conservation institutions	科数 No. of family	属数 No. of genus	物种数 No. of species	资料来源 Data source
全国兰科植物种质资源保护中心 China National Orchid Conservation Center (CNOCC)	138	547	1,630	[1]
东莞植物园 Dongguan Botanical Garden (DGBG)	201	949	2,063	[2]
佛山植物园 Foshan Botanical Garden (FSBG)	141	488	806	[3]
广东树木公园 Guangdong Arboretum (GDA)	113	459	978	[4]
广东药科大学药用植物园 Medicinal Botanical Garden, Guangdong Pharmaceutical University (MBG-GPU)	116	365	478	[5]
惠州植物园 Huizhou Botanical Garden (HZBG)	157	612	1,056	[6]
湛江亚热带植物园 Zhanjiang South Subtropical Botanical Garden (ZJSSBG)	159	796	1,318	[7]
华南农业大学树木园 South China Agricultural University Arboretum (SCAU-A)	163	588	976	[8]
华南植物园 South China Botanical Garden (SCBG)	279	2,389	9,613	[9]
神州木兰园 Shenzhou Magnolia Arboretum (SZMA)	1	13	120	[10]
深圳市仙湖植物园 Shenzhen Fairy-lake Botanical Garden (SZBG)	288	2,089	8,281	[11]
中山树木园 Zhongshan Arboretum (ZSA)	107	483	1,261	[12]
除去重复数共计 Total unduplicated number	329	3,030	15,026	

参考文献

1. China National Orchid Conservation Center (2022) The plant list of living collections in China National Orchid Conservation Center (internal data). (in Chinese) [全国兰科植物种质资源保护中心 (2022) 兰科中心植物名录(内部资料).]
2. Dongguan Botanical Garden (2020) The plant list of living collections in Dongguan Botanical Garden (internal data). (in Chinese) [东莞植物园 (2020) 东莞植物园植物名录(内部资料).]
3. Foshan Botanical Garden (2020) The plant list of living collections in Foshan Botanical Garden (internal data). (in Chinese) [佛山植物园 (2020) 佛山植物园植物名录(内部资料).]
4. Tree Breeding Section of Guangdong Forest Research Institute (1995) Enumeration of Trees in the Campus of Guangdong Forest Research Institute. (Internal data) (in Chinese) [广东省林业科学研究所林木育种研究室 (1995) 广东省林业科学研究所树木名录(内部资料).]
5. Guangdong Pharmaceutical University (2020) The plant list of living collections in Medicinal Botanical Garden, Guangdong Pharmaceutical University (internal data). (in Chinese) [广东药科大学 (2020) 广东药科大学药用植物园植物名录(内部资料).]
6. Huizhou Botanical Garden (2020) The plant list of living collections in Huizhou Botanical Garden (internal data). (in Chinese) [惠州植物园 (2020) 惠州植物园植物名录(内部资料).]
7. Zhanjiang South Subtropical Botanical Garden (2020) The plant list of living collections in Zhanjiang South Subtropical Botanical Garden (internal data). (in Chinese) [湛江亚热带植物园 (2020) 湛江亚热带植物园植物名录(内部资料).]
8. South China Agricultural University (2020) The plant list of living collections in South China Agricultural University Arboretum (internal data). (in Chinese) [华南农业大学 (2020) 华南农业大学树木园植物名录(内部资料).]
9. South China Botanical Garden (2020) The plant list of living collections in South China Botanical Garden (internal data). (in Chinese) [华南植物园 (2022) 华南植物园植物名录(内部资料).]
10. Shenzhou Magnolia Arboretum (2020) The plant list of living collections in Shenzhou Magnolia Arboretum (Internal data). (in Chinese) [神州木兰园 (2022) 神州木兰园植物名录(内部资料).]
11. Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen and Chinese Academy of Sciences (2021) The plant checklist of Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen and Chinese Academy of Sciences. Science Press, Beijing. (in Chinese) [深圳市中国科学院仙湖植物园 (2021) 深圳市中国科学院仙湖植物园植物名录. 科学出版社, 北京.]
12. Zhongshan Arboretum (2020) The plant list of living collections in Zhongshan Arboretum (internal data). (in Chinese) [中山树木园 (2020) 中山树木园植物名录(内部资料).]

附录 3 广东本土植物科级类群活植物收集空缺分析。EX, 灭绝; CR, 极危; EN, 濒危; VU, 易危; NT, 近危; LC, 无危; DD, 数据缺乏。

Appendix 3 The gap analysis in the living collections of the native plant family in Guangdong Province. EX, Extinct; CR, Critically Endangered; EN, Endangered; VU, Vulnerable; NT, Near Threatened; LC, Least Concern; DD, Data Deficient.

科名 Family	物种名 Species	濒危等级 Endangered category
水蕹科 Aponogetonaceae	水蕹 <i>Aponogeton lakhonensis</i>	NT
川蔓藻科 Ruppiaceae	川蔓藻 <i>Ruppia maritima</i>	DD
丝粉藻科 Cymodoceaceae	针叶藻 <i>Syringodium isoetifolium</i>	DD
白玉簪科 Corsiaceae	白玉簪 <i>Corsiopsis chinensis</i>	EX
霉草科 Triuridaceae	大柱霉草 <i>Sciaphila secundiflora</i>	CR
霉草科 Triuridaceae	多枝霉草 <i>Sciaphila ramosa</i>	VU
霉草科 Triuridaceae	小霉草 <i>Sciaphila nana</i>	EN
霉草科 Triuridaceae	尖峰霉草 <i>Sciaphila jianfenglingensis</i>	VU
川苔草科 Podostemaceae	华南飞瀑草 <i>Cladopus austrosinensis</i>	CR
川苔草科 Podostemaceae	川苔草 <i>Cladopus chinensis</i>	EN
川苔草科 Podostemaceae	飞瀑草 <i>Cladopus nymanii</i>	EN
亚麻科 Linaceae	野亚麻 <i>Linum stelleroides</i>	DD
牻牛儿苗科 Geraniaceae	中日老鹳草 <i>Geranium thunbergii</i>	LC
刺茉莉科 Salvadoraceae	刺茉莉 <i>Azima sarmentosa</i>	LC
帽蕊草科 Mitrastemonaceae	帽蕊草 <i>Mitrastemon yamamotoi</i>	VU
楔瓣花科 Sphenocleaceae	楔瓣花 <i>Sphenoclea zeylanica</i>	LC
透骨草科 Phrymaceae	小果草 <i>Microcarpaea minima</i>	LC
花柱草科 Styliaceae	狭叶花柱草 <i>Stylidium tenellum</i>	DD
花柱草科 Styliaceae	花柱草 <i>Stylidium uliginosum</i>	LC

附录 4 广东本土中药资源活植物收集空缺物种名录
Appendix 4 List of vacant species in living collections of Chinese medicine resources native to Guangdong Province

序号 No.	物种 Species	植物生活型 Plant life form
1	轮叶沙参 <i>Adenophora tetraphylla</i>	多年生草本 Perennials herb
2	球花毛麝香 <i>Adenosma indianum</i>	一年生草本 Annual herb
3	白木通 <i>Akebia trifoliata</i> subsp. <i>australis</i>	木质缠绕藤本 Woody climber
4	小紫金牛 <i>Ardisia chinensis</i>	灌木 Shrub
5	青蒿 <i>Artemisia caruifolia</i>	一年生草本 Annual herb
6	土细辛 <i>Asarum sagittarioides</i>	多年生草本 Perennials herb
7	庐山小檗 <i>Berberis virgetorum</i>	灌木 Shrub
8	倒盖菊 <i>Carpesium divaricatum</i>	多年生草本 Perennials herb
9	沙叶铁线莲 <i>Clematis meyeniana</i> var. <i>granulata</i>	木质缠绕藤本 Woody climber
10	甘木通 <i>Clematis smilacifolia</i>	木质缠绕藤本 Woody climber
11	短萼黄连 <i>Coptis chinensis</i> var. <i>brevisepala</i>	多年生草本 Perennials herb
12	咸虾花 <i>Cyanthillium patulum</i>	一年生草本 Annual herb
13	粗茎莎草 <i>Cyperus stoloniferus</i>	多年生草本 Perennials herb
14	大形虎刺 <i>Damnacanthus major</i>	灌木 Shrub
15	细脉斑鸠菊 <i>Decaneuropsis cumingiana</i>	木质缠绕藤本 Woody climber
16	海州香薷 <i>Elsholtzia splendens</i>	一年生草本 Annual herb
17	毛谷精草 <i>Eriocaulon australe</i>	多年生草本 Perennials herb
18	赛谷精草 <i>Eriocaulon cinereum</i>	一年生或多年生草本 Annual or perennial herb
19	雀脬珠 <i>Eriosema chinense</i>	多年生草本 Perennials herb
20	单叶佩兰 <i>Eupatorium japonicum</i>	多年生草本 Perennials herb
21	土丁桂 <i>Evolvulus alsinoides</i>	多年生草本 Perennials herb
22	天仙藤 <i>Fibraurea recisa</i>	木质藤本 Woody vine
23	球穗千斤拔 <i>Flemingia strobilifera</i>	灌木 Shrub
24	条叶龙胆 <i>Gentiana manshurica</i>	多年生草本 Perennials herb
25	毛大丁草 <i>Gerbera piloselloides</i>	多年生草本 Perennials herb
26	小二仙草 <i>Gonocarpus micranthus</i>	多年生草本 Perennials herb
27	纤花香茶菜 <i>Isodon lophanthoides</i> var. <i>graciliflorus</i>	多年生草本 Perennials herb
28	红芽大戟 <i>Knoxia roxburghii</i>	一年生或多年生草本 Annual or perennial herb
29	粤瓦韦 <i>Lepisorus obscurevenulosus</i>	附生蕨类 Epiphytic fern
30	红腺忍冬 <i>Lonicera hypoglauc</i>	藤本 Liana
31	皱叶忍冬 <i>Lonicera reticulata</i>	藤本 Liana
32	毛叶地瓜儿苗 <i>Lycopus lucidus</i> var. <i>hirtus</i>	多年生草本 Perennials herb
33	野葵 <i>Malva verticillata</i>	二年生草本 Biennial herb
34	石芥苎 <i>Mosla scabra</i>	一年生草本 Annual herb
35	锡兰莲 <i>Naravelia pilulifera</i>	木质藤本 Woody vine
36	异叶茴芹 <i>Pimpinella diversifolia</i>	多年生草本 Perennials herb
37	蒴藋 <i>Polygonum aviculare</i>	一年生草本 Annual herb
38	秋鼠麴草 <i>Pseudognaphalium hypoleucum</i>	一年生草本 Annual herb
39	华麻花头 <i>Rhaponticum chinense</i>	多年生草本 Perennials herb
40	凤毛菊 <i>Saussurea japonica</i>	二年生草本 Biennial herb

李仕裕, 张奕奇, 邹璞, 宁祖林, 廖景平 (2023) 广东省植物园植物多样性迁地保护现状及发展建议. 生物多样性, 31, 22647. <https://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2022647>.

41	天葵 <i>Semiaquilegia adoxoides</i>	多年生草本 Perennials herb
42	阴行草 <i>Siphonostegia chinensis</i>	一年生草本 Annual herb
43	茅瓜 <i>Solena heterophylla</i>	多年生攀援草本 Perennial scandent herb
44	小窃衣 <i>Torilis japonica</i>	一年生或多年生草本 Annual or perennial herb
45	窃衣 <i>Torilis scabra</i>	一年生或多年生草本 Annual or perennial herb
46	王瓜 <i>Trichosanthes cucumeroides</i>	藤本 Liana
47	方枝钩藤 <i>Uncaria rhynchophylloides</i>	藤本 Liana
48	枫香槲寄生 <i>Viscum liquidambaricola</i>	灌木 Shrub
49	单叶蔓荆 <i>Vitex rotundifolia</i>	匍匐灌木 Shrub, prostrate
50	蓝花参 <i>Wahlenbergia marginata</i>	多年生草本 Perennials herb
51	青椒 <i>Zanthoxylum schinifolium</i>	灌木或小乔木 Shrubs or small tree
52	野花椒 <i>Zanthoxylum simulans</i>	灌木或小乔木 Shrubs or small tree

附录 5 广东省分布的国家重点保护植物迁地保育空缺物种名录。A, 农业部门; F, 林业部门; I 一级; II 二级; Sp., 单列; Gr., 全组; Gen., 全属; Fam., 全科。

Appendix 5 List of vacant species in *ex situ* conservation of national key protected plants distributed in Guangdong Province. A, Agriculture department; F, Forestry department; I, First-level; II Second-level; Sp., Species; Gr., Group; Gen., Genus; Fam., Family.

物种 Species	属 Genus	科 Family	管理部门 Department	保护级别 Category	形式 Style
华南马尾杉 <i>Phlegmariurus austrosinicus</i>	马尾杉属 <i>Phlegmariurus</i>	石松科 Lycopodiaceae	F	II	Gen.
结脉黑桫欏 <i>Gymnosphaera bonii</i>	黑桫欏属 <i>Gymnosphaera</i>	桫欏科 Cyatheaceae	F	II	Fam.
江南油杉 <i>Keteleeria fortunei</i> var. <i>cyclolepis</i>	油杉属 <i>Keteleeria</i>	松科 Pinaceae	F	II	Gen.
高雄茨藻 <i>Najas browniana</i>	茨藻属 <i>Najas</i>	水鳖科 Hydrocharitaceae	A	II	Sp.
华重楼 <i>Paris polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	重楼属 <i>Paris</i>	藜芦科 Melanthiaceae	A	II	Gen.
丹霞兰 <i>Danxiaorchis singchiana</i>	丹霞兰属 <i>Danxiaorchis</i>	兰科 Orchidaceae	F	II	Gen.
单萼菖石斛 <i>Dendrobium porphyrochilum</i>	石斛属 <i>Dendrobium</i>	兰科 Orchidaceae	A	II	Gen.
广东兜兰 <i>Paphiopedilum guangdongense</i>	兜兰属 <i>Paphiopedilum</i>	兰科 Orchidaceae	F	I	Gen.
拟高粱 <i>Sorghum propinquum</i>	高粱属 <i>Sorghum</i>	禾本科 Poaceae	A	II	Sp.
短萼黄连 <i>Coptis chinensis</i> var. <i>brevispala</i>	黄连属 <i>Coptis</i>	毛茛科 Ranunculaceae	A	II	Gen.
野大豆 <i>Glycine soja</i>	大豆属 <i>Glycine</i>	豆科 Fabaceae	A	II	Sp.
烟豆 <i>Glycine tabacina</i>	大豆属 <i>Glycine</i>	豆科 Fabaceae	A	II	Sp.
短绒野大豆 <i>Glycine tomentella</i>	大豆属 <i>Glycine</i>	豆科 Fabaceae	A	II	Sp.
厚荚红豆 <i>Ormosia elliptica</i>	红豆属 <i>Ormosia</i>	豆科 Fabaceae	F	II	Gen.
紫花红豆 <i>Ormosia purpureiflora</i>	红豆属 <i>Ormosia</i>	豆科 Fabaceae	F	II	Gen.
广东蔷薇 <i>Rosa kwangtungensis</i>	蔷薇属 <i>Rosa</i>	蔷薇科 Rosaceae	F	II	Sp.
亮叶月季 <i>Rosa lucidissima</i>	蔷薇属 <i>Rosa</i>	蔷薇科 Rosaceae	F	II	Sp.
长穗桑 <i>Morus wittiorum</i>	桑属 <i>Morus</i>	桑科 Moraceae	A	II	Sp.
华南飞瀑草 <i>Cladopus austrosinensis</i>	川苔草属 <i>Cladopus</i>	川苔草科 Podostemaceae	A	II	Gen.
川苔草 <i>Cladopus chinensis</i>	川苔草属 <i>Cladopus</i>	川苔草科 Podostemaceae	A	II	Gen.
飞瀑草 <i>Cladopus nymanii</i>	川苔草属 <i>Cladopus</i>	川苔草科 Podostemaceae	A	II	Gen.
秃房茶 <i>Camellia gymnogyna</i>	山茶属 <i>Camellia</i>	山茶科 Theaceae	A	II	Gr.
毛叶茶 <i>Camellia ptilophylla</i>	山茶属 <i>Camellia</i>	山茶科 Theaceae	A	II	Gr.
白毛茶 <i>Camellia sinensis</i> var. <i>pubilimba</i>	山茶属 <i>Camellia</i>	山茶科 Theaceae	A	II	Gr.
棱果秤锤树 <i>Sinojackia henryi</i>	秤锤树属 <i>Sinojackia</i>	安息香科 Styracaceae	F	II	Gen.
金花猕猴桃 <i>Actinidia chrysantha</i>	猕猴桃属 <i>Actinidia</i>	猕猴桃科 Actinidiaceae	A	II	Sp.
条叶猕猴桃 <i>Actinidia fortuneatii</i>	猕猴桃属 <i>Actinidia</i>	猕猴桃科 Actinidiaceae	A	II	Sp.
毛柄木樨 <i>Osmanthus pubipedicellatus</i>	木樨属 <i>Osmanthus</i>	木樨科 Oleaceae	F	II	Sp.