



•论坛• 中国国家植物园专题

植物园与野生植物迁地保护

文香英^{1,2,3*}, 陈红锋^{1,4}

1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 国际植物园保护联盟(BGCI)中国办公室, 广州 510650; 3. 广东省数字植物园与科学传播重点实验室, 广州 510650; 4. 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 广州 510650

文香英, 陈红锋 (2022) 植物园与野生植物迁地保护. 生物多样性, 30, 22017. doi: 10.17520/biods.2022017.

Wen XY, Chen HF (2022) Botanical gardens and *ex situ* conservation of the wild plant species. Biodiversity Science, 30, 22017. doi: 10.17520/biods.2022017.

Botanical gardens and *ex situ* conservation of the wild plant species

Xiangying Wen^{1,2,3*}, Hongfeng Chen^{1,4}

1 South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

2 Botanic Gardens Conservation International China Office, Guangzhou 510650

3 Key Laboratory of Digital Botanical Garden and Science Communication of Guangdong, Guangzhou 510650

4 Key Laboratory of Plant Resource Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

植物资源是全球生物多样性和生态系统的核心组成部分, 是人类赖以生存和发展的基础, 是维系人类社会和经济可持续发展的根本保障。保护植物资源及其多样性已经成为人类发展的重大使命和国家发展的战略选择。

植物园作为专门从事野生植物收集、栽培驯化、科学研究和保护利用的研究机构, 始终肩负着重要使命, 是国家植物多样性保护和可持续利用、相关产业发展的植物源头保存库, 是国家植物资源本底和生物战略储备的重要组成部分, 也是国家宏观决策及公众教育的重要试验、示范和开放场所(黄宏文, 2018)。

野生植物资源保护主要包括就地保护和迁地保护, 构建以国家公园为主体的自然保护地体系是就地保护的主要形式, 建设以国家植物园为引领的植物园体系是迁地保护的主要形式, 二者缺一不可、有机互补, 形成我国较为完整的生物多样性保护体系。此外, 新发展阶段的高质量发展将走以生态优先绿色发展为导向的新路子, 而迁地保护的生物多样性可以为绿色发展提供源头植物资源。因此,

建设国家植物园体系对深入推进生态文明建设和高质量发展具有重要现实意义。

1 什么是迁地保护?

迁地保护指的是以整株、种子、花粉、营养繁殖体、组织或细胞培养物的形式, 在其自然栖息地之外保存和维护活体样本(Oldfield & Newton, 2012)。迁地保护一般是从保护的目出发对特别的类群的引种收集并进行相关研究, 植物园优先引种收集的植物包括珍稀濒危植物、特有植物、具有经济价值的植物以及旗舰种和那些因气候变化需要人工辅助迁移的植物物种, 因为人力、物力和空间的限制, 并不针对所有植物物种。

2 为什么要进行迁地保护?

相对于就地保护, 虽然迁地保护不是首选的保护方法, 但是日益增加的生境丧失、非法采伐和火灾等自然灾害、保护区的不完全覆盖以及气候变化的影响, 意味着并非所有物种都能在其自然栖息地得到保护, 这导致对迁地保护方法的需求不断增长

收稿日期: 2022-01-11; 接受日期: 2022-01-11

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wx-ying@scbg.ac.cn

<https://www.biodiversity-science.net>

(Sharrock, 2020)。植物种质资源的迁地保护为野外物种灭绝事件提供了至关重要的备份(Gratzfeld, 2016)。迁地保护为种质资源的评价、研究、科普教育、开发利用、开展种群回归、重建和恢复等工作提供材料。迁地保护的主要形式包括植物园(含苗圃或种质资源圃)活植物收集保存、种质(种子、花粉、DNA材料、营养器官等)的种质资源库保存、组织培养物或苗的实验室离体保存等。植物园不但是活植物的博物馆和植物迁地保护的重要基地,也是开展植物迁地保护生物学研究的重要平台(Chen & Sun, 2018)。

迁地收集保存的保护价值取决于3个主要因素:(1)植物材料的收集类型(包括种子、外植体和活植物)随每个物种的繁殖生物学、种子特性和(或)对异地环境的适应性而变化。(2)收集方法:一般来说,只有具有良好档案记录的、野外采集时捕捉了尽可能多的遗传变异的物种的迁地收集才具有最大的保护价值和研究价值;同样重要的是,迁地收集工作必须仔细,确保不要对野外居群带来额外的风险(低强度、频繁的采集繁殖材料比高强度偶尔的采集繁殖材料对取样居群有更低的影响。所以尽可能扩展采集至两年或多年,特别是对于小的居群)。(3)对有活力的种质资源的后续维护在决定一个迁地收集的最终保护价值方面起着至关重要的作用。如果没有适当的监测管理,收集的保护价值或收集本身可能完全失去意义。具有最直接保护作用的是收集具有遗传多样性代表的物种,必须设法确保材料在遗传上是合理的并可长期用于保护活动。此外,迁地收集的管理,还应该通过多地保存来使因随机事件或自然灾害(如:工作人员的转换、盗窃、火灾、病虫害等灾难性损失)造成丧失的风险达到最低(Oldfield & Newton, 2012)。

我国目前有高等植物约3.6万种,其中受威胁的植物(即珍稀濒危植物)约4,000种,加上没有评估的种类,全国约有11%–15%的植物为受威胁种类。目前在各类自然保护地内保护的珍稀濒危植物物种约占88%,还有12%的在保护区外。对这些植物进行迁地保护是高效的方式之一(覃海宁等, 2017)。

另外,当引种采集迁地保护的植物材料的时候,对合法问题的考虑非常重要。许多国家有法律管理野外植物材料的采集,尤其是对那些濒临灭绝的种

类。所以,在规划采集前很有必要去核查这样的法律或管理条例。受过专业训练的植物科学工作者在野外的采集活动对植物的影响远小于偷盗者。

3 如何科学地进行迁地保护?

植物园的迁地保护不是盲目地将植物材料从野外挖回来随意种在植物园里,而是必须遵循各植物园植物引种政策进行科学引种,同时对迁地收集的植物要进行科学地管理与监测,并对迁地保护效果进行评价。

(1)迁地保护要确定优先收集类群和采样策略。虽然建立迁地收集有很多目的,比如地理区系代表物种的收集、系统发育和生态意义的物种收集/或具有文化价值的物种收集,但迁地保护急需保护的濒危植物物种已经成为植物园近几十年来的一项核心工作(Gratzfeld, 2016)。新英格兰野生花卉协会开发了确定优先收集类群等级的系统。当植物的野外种群小于5个时,需要对每个种群进行采集,每个种群最少采集50个样品,是国际上普遍采用的采样策略。Hoban和Schlarbaum提出采样时要考虑种群大小和结构、种群间遗传联系和传粉方式,指出了大种群和风媒传粉植物采样策略应与小种群和昆虫传粉物种不同(周桔等, 2021)。具体的引种采样策略可参考国际植物园保护联盟(BGCI) 2016年出版的*From Idea to Realisation: BGCI's Manual on Planning, Developing and Managing Botanic Gardens*,以及BGCI和IABG共同出版的*Species Recovery Manual* (Gratzfeld, 2016; Heywood et al, 2018)。

(2)迁地保护要了解被保护植物的遗传信息。实现野外种群遗传多样性代表的收集是植物迁地保护的一项关键工作。植物园要重视濒危植物迁地保护中遗传代表性、遗传混杂、遗传适应等遗传风险管理(周桔等, 2021)。野外种群遗传多样性代表的收集对于保持其适应性、避免近交繁殖、特别是避免那些不能自花授粉植物间异型杂交的风险至关重要。Maxted等提出用空缺分析(gap analysis)方法提高采样遗传多样性涵盖度。由美国植物保护中心(1991)和Guerrant等(2004, 2014)提出的取样指导方针是最全面的综述之一,然而他们同时强调,没有一个放之四海而皆准的正确的取样策略或方案。迁地保护是整个保护过程的一部分,它为就地保护

(如物种回归)提供材料,因此,必须强调的是只有具有遗传多样性代表的迁地收集材料才适合直接用于回归活动;只有少量个体的活植物收集具有的保护价值有限,不过,它们仍具有间接的保护价值,如开展研究、园艺和教育(Oldfield & Newton, 2012)。同时,在进行活植物收集时,还要考虑物种濒危性、遗传代表性和维持遗传代表性的采集成本。

(3)迁地保护时要综合考虑物种、生物环境及其非生物环境。当前,有关物种与其生物环境方面的研究较多,如:物种的遗传结构与风险评价、适应机理、传粉者对繁育系统的影响、有害生物的干扰、模拟群落的构建等。有关非生物环境方面的研究主要集中在气候(即光温、水湿)相似性原则方面,也有少量研究关注植物营养条件与栽培措施。但是,迁地保护不同于引种驯化,前者强调保持物种原有的遗传特性,后者是通过人为措施逐步改变物种的生物学、生态学习性,使物种适应引种地环境以达到利用的目的(周桔等, 2021)。

在过去的几十年中,就地/迁地二分法仍然在很大程度上影响了自然保护运动及其机构的发展,为国际社会普遍采纳。但是,也有专家强调综合性方法和思路,如Braverman (2014)认为保护中就地与迁地的划分已经不能满足科学发展的要求。它们与自然文化和多自然的观念以及非传统的空间观念不相容,未来要运用综合保护方法(周桔等, 2021)。

4 植物园与濒危植物综合保护

近年来综合保护理念日益受到重视,即将就地保护和迁地保护相结合,同时结合物种回归和恢复,最终提高保护工作的成功率。该理念最早是由Falk在1987年提出的,考虑到生物多样性受到威胁的多样化和复杂性,任何单一的保护方法是不可能成功的,使用多种方法是必要的。就地保护和迁地保护不应被视作独立的或不同的,而应该被视作兼容的、相互加强的方法(Falk, 1987)。传统观念认为植物园的作用是在栖息地退化期间对濒危物种进行迁地保护,被称为植物的“诺亚方舟”,但是这已不再被认为是足够的。为了更有效保护珍稀濒危植物,植物园在迁地保护过程中开始关注迁地保护和野外回归相结合,迁地保护为植物回归提供了苗木资

源和技术储备。近年来,回归已越来越多地被用作一种植物保护工具,是野生植物种群恢复重建的重要途径,是迁地保护和就地保护之间的桥梁。在中国,林业系统在珍稀濒危植物的保护中发挥着管理和主导作用,而植物园却是植物回归、种群复壮研究与实践的主要承担单位。因为植物园拥有的活植物资源、知识、技术和设施,为植物回归提供了重要支撑,同时植物园的环境教育和科普活动为回归活动的开展提供公众参与机会或争取社会资金的支持(文香英, 2020)。截至2020年年底,我国植物园开展了约300个植物回归引种项目,涉及206种(Ren, 2020)。全球很多植物园和树木园越来越多地与自然保护区、林业部门、非政府组织(NGOs)以及当地社区合作,开展综合保护活动。比如:国际植物园保护联盟(BGCI)通过全球树木运动(GTC)、与植物园等保护机构合作,在基于社区参与的基础上,利用综合保护方法在全球30多个国家开展了570多种濒危树木的保护,其中在我国开展了70多种,取得了良好的保护效果,也建立了濒危植物综合保护典型模式并在国内外逐步推广。

总之,植物园在世界各地的濒危植物综合保护中发挥重要作用,在支持这些保护工作中具有独特的优势。

5 植物园迁地保护取得的成效

《全球植物保护战略》(GSPC 2011–2020)目标8:“对至少75%的濒危植物物种进行迁地收集,最好在原产地收集,另将至少20%纳入恢复方案”。植物园是对野生植物进行迁地保护的主要机构,全球植物园网络或者单个植物园在实现该目标中作出了重要贡献。

根据BGCI全球植物园数据库(BGCI GardenSearch Database: https://tools.bgci.org/garden_search.php)统计,截至2021年12月31日,全球有植物园和树木园3,736个,其中1,193个植物园共迁地收集(包括活植物收集和种子)了1,573,452份资源,代表639,359个分类单元11万多种,占全球已知高等植物的1/3 (https://tools.bgci.org/plant_search.php)。全球有树木58,497种(Beech et al, 2021; BGCI, 2021a),其中17,510种(29.9%)濒临灭绝,2/3的树木种类至少在一个保护区内得到就地保护,大约1/3的树木种

类在全球植物园或种子库得到迁地保护(BGCI, 2021)。我国有近200个植物园(树木园), 目前共迁地收集保存了约2.3万种植物(包括本土植物和国外引种), 其中濒危植物1,289种, 占中国濒危植物种类的41%。Mounce等(2017b)的研究表明, 全球植物园共收集保存了约41%的已知濒危植物物种, 其中有些物种已经野外灭绝。除了活植物收集, 全球74个国家370个植物园的种子库保存了57,051种野生植物的种子(O'Donnell & Sharrock, 2017)。著名例子包括英国皇家植物园邱园(kew)的千年种子库(Millennium Seed Bank, MSB), 其目标是在2020年前保存25%的可保存植物物种的种子, 目前该种子库收集了2.4亿颗种子, 代表近5,800属和360多个科的40,000多种野生植物 <https://www.kew.org/wakehurst/whats-at-wakehurst/millennium-seed-bank>。中国西南野生生物种质资源库目前共保存种子85,046份10,601种, 占我国有花植物种数的36%; 植物离体培养材料2,093种24,100份; DNA分子材料7,324种65,456份; 2,280种2,280份微生物菌株和2,203种60,262份动物种质资源等, 是亚洲最大的野生生物种质资源库, 它使我国的野生生物种质资源, 尤其是我国的特有种、珍稀濒危种、具重要经济价值、生态价值和科学研究价值物种的安全得到了有力保障(<http://www.genobank.org/Departments>)。国家林木种质资源库和良种基地保存种质资源3,300余份(含引进), 深圳国家基因库保存3,000万份生物样本(周桔等, 2021)。

植物园迁地收集的活植物或者种子不仅用于支持本单位职工的科学研究, 而且支持国内外的研究者从事生物防控、传粉研究和育种等工作并带来重要经济价值, 比如: 英国千年种子库为国际农业和生物科学中心(CABI)提供21种英国本土植物(包括濒危植物) 48个种子收集以测试这些植物是否受一种甲虫的影响, 使得CABI比预期提前一年释放了其生物制剂, 伦敦经济学院估计这种提供材料支持带来的价值达到2,700万英镑至12,100万英镑之间(Smith & Yvette, 2018)。根据ARCADIS (2016, http://www.rbge.org.uk/assets/files/about_us/Corporate_Info/Economic%20Impact%20Assessment%202016.pdf)估计: 研究人员利用爱丁堡皇家植物园的迁地收集材料对苏格兰的经济带来的利益10年期间

达到1.71亿英镑, 15年期间达到2.48亿英镑, 25年期间达到3.85亿英镑。

总之, 植物园迁地保护的重要战略资源及其保育技术将对我国生态环境保护、社会经济发展和人民生命健康提供重要的支撑作用。

致谢: 在该文章准备的过程中, 得到了中国科学院华南植物园任海研究员、植物研究所马克平研究员和昆明植物研究所昆明植物园孙卫邦研究员的大力支持, 在此表示衷心的感谢!

ORCID

文香英  <https://orcid.org/0000-0003-0485-7768>

参考文献

- Beech E, Rivers MC, Oldfield SF, Smith PP (2021) GlobalTreeSearch download 1.5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33593.90725>.
- BGCI (2021a) GlobalTreeSearch online database. https://tools.bgci.org/global_tree_search.php. (accessed on 2022-01-22)
- BGCI (2021) State of the World's Trees. BGCI, Richmond, UK.
- Braverman I (2014) Conservation without nature: The trouble with *in situ* versus *ex situ* conservation. *Geoforum*, 51, 47–57.
- Center for Plant Conservation (1991) Genetic sampling guidelines for conservation collections of endangered plants. In: Genetics and Conservation of Rare Plants (eds Falk DA, Holsinger KE). Oxford University Press, New York.
- Chen G, Sun WB (2018) The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science. *Plant Diversity*, 40, 181–188.
- Falk DA (1987) Integrated Conservation Strategies for Endangered Plants. *Natural Areas Journal*, 7, 118–123.
- Gratzfeld J (2016) From Idea to Realisation: BGCI's Manual on Planning, Developing and Managing Botanic Gardens. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- Guerrant Jr EO, Havens K, Maunder M (2004) Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild. Island Press, Washington, DC.
- Guerrant Jr EO, Havens K, Vitt P (2014) Sampling for Effective Ex Situ Plant Conservation. *International Journal of Plant Sciences*, 175, 11–20.
- Heywood VS, K, Harvey-Brown Y, Smith P (2018) BGCI and IABG's Species Recovery Manual. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- Huang HW (2018) The Principle and Practice of Ex Situ Plant

- Conservation. Science Press, Beijing. (in Chinese) [黄宏文 (2018) 植物迁地保育原理与实践. 科学出版社, 北京.]
- Maxted N, Dulloo E, Ford-Lloyd BV, Iriondo JM, Jarvis A (2008) Gap analysis: A tool for complementary genetic conservation assessment. *Diversity and Distributions*, 14, 1018–1030.
- Mounce R, Smith P, Brockington S (2017) *Ex Situ* Conservation of Plant Diversity in the World's Botanic Gardens. *Nature Plants*, 3, 795–802.
- O'Donnell K, Sharrock S (2017) The contribution of botanic gardens to *ex situ* conservation through seed banking. *Plant Diversity*, 39, 373–378.
- Oldfield S, Newton AC (2012) Integrated Conservation of Tree Species by Botanic Gardens: A Reference Manual. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- Ren H (2020) Conservation and Reintroduction of Rare and Endangered Plants in China. Springer, Berlin.
- 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, 刘演, 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.]
- Ren H, Jin XH, Wang RJ, Wen XY (2021) Plant Diversity and Conservation in China. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. (in Chinese) [任海, 金效华, 王瑞江, 文香英 (2021) 中国植物多样性与保护. 河南科学技术出版社, 郑州.]
- Sharrock S (2020) Plant Conservation Report 2020: A Review of Progress in Implementation of the Global Strategy for Plant Conservation 2011–2020. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada and Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK. Technical Series, 95, 68.
- Smith P, Brown YH (2018) BGCI Technical Review. The Economic, Social and Environmental Impacts of Botanic Gardens. Botanic Gardens Conservation International. Richmond, Surrey.
- Wen XY (2020) Integrated Conservation of Rare and Threatened Woody Plants: Practice of and Perspectives from BGCI Programs in China (2010–2020). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [文香英 (2020) 珍稀濒危木本植物综合保护: 国际植物园保护联盟(BGCI) 中国实践(2010–2020)及展望. 中国林业出版社, 北京.]
- 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.]

(责任编辑: 周玉荣)