

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201908039



肖云学, 刘光裕. 版纳植物园龙脑香科植物迁地保护成效与应用探讨 [J]. 广西植物, 2021, 41(5): 843–852.

XIAO YX, LIU GY. Dipterocarpaceae plants *ex-situ* conservation and resources exploitation in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG) [J]. *Guihaia*, 2021, 41(5): 843–852.

版纳植物园龙脑香科植物迁地保护成效与应用探讨

肖云学¹, 刘光裕²

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园 园林园艺部, 云南 勐仑 666303;

2. 中国科学院西双版纳热带植物园 环境教育中心, 云南 勐仑 666303)

摘要: 龙脑香科植物广泛分布于热带亚洲,被认为是亚洲热带雨林的标志性物种。中国科学院西双版纳热带植物园从建园开始就注重龙脑香科植物的研究、收集与保护,并建立了龙脑香科植物专类园。经过几十年收集,现已成为我国龙脑香科植物重要的保育基地。该文结合历年的引种保育、物候及生长量观测等资料,系统整理了版纳植物园在龙脑香科植物引种保育和研究利用的工作。结果表明:自建园以来,版纳植物园共收集了7属34种龙脑香科植物,国内的有11种,国外的有28种。国内引种种类长势良好,除广西青梅外均能开花结果。国外种类开花结果的有13种。此外,版纳植物园部分龙脑香科植物种子生物学特性、植株抗寒及抗病虫能力的分析,也说明版纳植物园的龙脑香科植物的迁地保护是成功的。该文还结合新的研究成果,对龙脑香科植物在造林、生态恢复等方面的应用进行了探讨,以期为进一步加强该科植物的引种、保育及研发等工作提供参考。

关键词: 龙脑香科, 迁地保护, 专类园, 物候, 生态恢复

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2021)05-0843-10

Dipterocarpaceae plants *ex-situ* conservation and resources exploitation in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG)

XIAO Yunxue¹, LIU Guangyu²

(1. Horticulture and Gardening Department, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun 666303, Yunnan, China;

2. Environmental Education Centre, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun 666303, Yunnan, China)

Abstract: Dipterocarpaceae plants are typical lowland tropical trees, and are usually regarded as the flagship species of Asia tropical rainforest. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG) is one most important botanical garden focus on tropical plant collection, conservation and research since 1959. This paper reviews Dipterocarpaceae collection history, research and utilization of at XTBG based on the phenological observation, mass growth, and adaptability. The results showed that 34 species of Dipterocarpaceae from 7 genera had been collected in the garden, among which 11

收稿日期: 2019-12-17

基金项目: 中国科学院核心植物园园林园艺功能领域建设项目(2019Y9ZK011B11) [Supported by Core Program of Botanical Garden of Chinese Academy of Sciences (2019Y9ZK011B11)]。

作者简介: 肖云学(1985-), 硕士, 工程师, 主要从事植物迁地保护及民族植物学研究, (E-mail) xiaoyunxue@xtbg.org.cn。

species from China and 28 species abroad. All the species have flowers and fruit collected from China, except for *Vatica guangxiensis*. There are 13 species that have flowers and fruits collected from overseas. Integrated with seed germination traits, cold and disease resistance data, we concluded that XTBG Dipterocarpaceae plants *ex-situ* conservation is successful, which may afford a better guide for Dipterocarpaceae plants conservation in the future.

Key words: Dipterocarpaceae, *ex-situ* conservation, living collection, phenology, ecological restoration

龙脑香科(Dipterocarpaceae)植物是典型的泛热带分布科,为东南亚低地湿性雨林的优势科(李锡文等,2002)。东南亚拥有地球上第三大热带雨林,拥有丰富的物种,是全球生物多样性的热点区域之一(Mittermeier et al., 2005)。据调查,全世界约有13个属470种分布在东南亚(Appanah & Turnbull, 1998),且大都树型高大,是群落中的上层树种,因此大部分的东南亚热带雨林被认为是龙脑香林(Primack & Corlett, 2005)。龙脑香科的木材具有很高的利用价值,在南亚、东南亚许多国家的国际热带木材市场中扮演着重要的角色,出口的各类木材中龙脑香科植物约占80%(FAO, 2007)。自20世纪70年代以来,随着人口的增长,对农业用地的需求也增加,许多热带雨林被开垦为农业用地,如在东南亚,油棕的快速扩张,人类活动的破坏,导致雨林大量消失,龙脑香科植物也遭到严重的破坏(Koh et al., 2011)。如今,亚洲的龙脑香科植物的分布、生态及持久性均面临人为干扰和气候变化等诸多挑战(Saatchi et al., 2011)。

中国南部的少部分地区有龙脑香科植物的分布,国产龙脑香科有5属12种(Li et al., 2007)。中国龙脑香科植物分布的区域,同样面临着被砍伐用于木材、森林破碎化等很多问题,导致龙脑香科植物的生存空间缩小,如坡垒(*Hopea hainanensis*)及青梅(*Vatica mangachapoi*)等都已经面临母株减少的困境(钟义,1983),加之龙脑香科植物自身繁育的缺陷,使得中国的龙脑香科植物大部分种类处于濒危状态(孟令增和许再富,2005)。中国龙脑香科植物亟需系统地保护规划和实践。此外,龙脑香科植物作为热带雨林的关键物种,对生态系统的健康及可持续发展发挥着重要作用,这些物种的消失又可以引起其他物种的兴衰(McNeely et al., 1990; 张知彬, 1994)。因此,保护好龙脑香科植物对热带雨林的生态保

护有重要意义。

在中国,能够野外活体保护龙脑香科植物的地方极少,西双版纳是最为重要的一个区域,也是龙脑香科植物保护和利用矛盾最突出的地方。据统计,云南每年从东南亚进口龙脑香科木材约30种(罗良才,2008),中国市场对龙脑香科植物木材需求旺盛,而且有研究证明龙脑香科植物是最适宜热带地区生长的木材树种(姜笑梅等,2010)。假如龙脑香科植物保护能与木材种植无缝对接,能在中国热带地区的橡胶林推广种植龙脑香科树种,开展替代胶林种植,不仅可以修复西双版纳的荒地、破碎化的森林,而且可以发动群众更好地保护西双版纳的龙脑香科植物。龙脑香科植物属于珍稀濒危植物,且木材材质优良,在植物保护和资源开发上潜力巨大,是中国植物保护事业中值得探索的一种模式。因此,掌握其相关生物学特性和造林技术等基础资料,是保护和推广种植能否成功的关键因素。

中国科学院西双版纳热带植物园(以下简称“版纳植物园”)历来重视龙脑香科植物的引种保育工作,建有约1.7 hm²龙脑香科专类园,收集、保存了国内外的34种龙脑香科植物,并开展了引种栽培、物候观测、生理生态、遗传多样性等研究,成为我国研究龙脑香科植物研究的重要基地。通过一系列研究的开展,掌握了龙脑香科植物迁地栽培的基础资料,但对于龙脑香科植物种子的长期保存尚未攻克,对造林技术也缺乏足够的经验,迁地保护是否成功也缺乏科学的评估报告。本文结合历年的引种保育情况、物候和生长量等资料以及有关研究结果,系统整理了版纳植物园龙脑香科植物收集的种、园分布,以及研究利用概况,分析了引种龙脑香科植物在园内的生长适应性,提出引种保育需要努力的方向,为提升龙脑香科植物的引种保育能力及后续的研发推广种植提供参考。

1 版纳植物园龙脑香科植物引种概况

1.1 版纳植物园历年引种的龙脑香科植物

从 1959 年建园开始,版纳植物园就注重龙脑香科植物的收集、引种与保育工作。目前,园内共收集保存了龙脑香科植物 7 属 34 种,主要分布在龙脑香园专类园区中,形成了以龙脑香园、新科研中心植物迁地保护区、野生花卉区及 68 公里(国道 G219 景洪至勐醒方向的 68 km 处)共 4 个主要分布区(图 1),有些种类零星分散于各专类园区中。龙脑香科植物的引种主要经历 3 个阶段,此期间共引种 7 属 22 种,详见表 1。

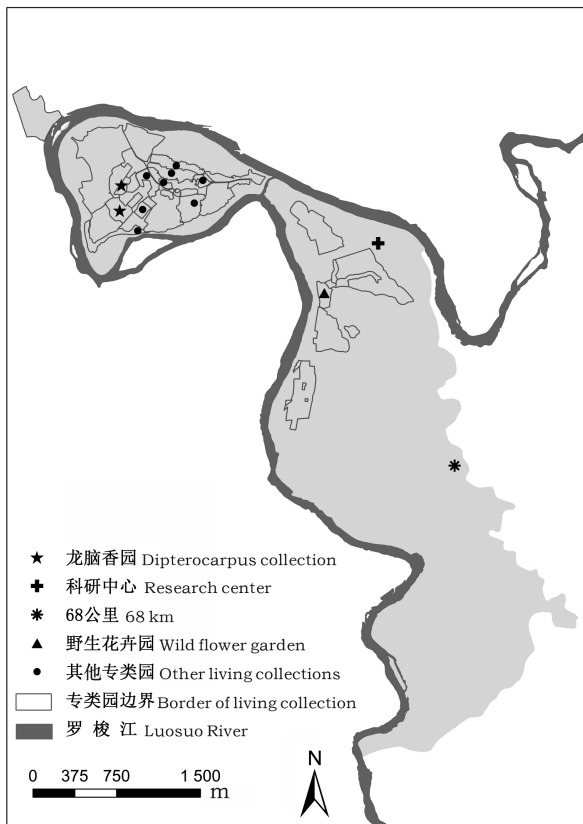


图 1 版纳植物园龙脑香科植物分布图

Fig. 1 The distribution of Dipterocarpaceae at XTBG

前两个阶段的引种是在建园初期为响应国家植物资源开发利用的号召,以热带植物资源开发为目的,有目的地从国内外引进相应的树种,如羯布罗香(*Dipterocarpus turbinatus*)、缠结龙脑香

(*D. intricatus*)、望天树(*Parashorea chinensis*)等,其目的均以木材开发为主;第三阶段是结合版纳植物园实施《热带植物专类园景观优化项目》,对龙脑香科等亚洲热带典型科属植物进行收集保护,以热带龙脑香科植物资源保育为核心目的,基本引种了中国本土的龙脑香科植物,并调整原有密集植物的空间布局,使园区的规划、植物种植更加科学合理,并兼顾了遗传多样性保育。

1.2 版纳植物园龙脑香科引种来源地分析

版纳植物园内保育的龙脑香科包括了我国除西藏青梅(*Vatica lanceifolia*)、西藏坡垒(*Hopea shingkeng*)外的所有国产种,种源地涵盖了除西藏之外的所有产地。国外的龙脑香科植物主要来自东南亚的泰国、老挝等地,以从泰国、老挝引种的种、属数量最多,分别为泰国的 6 属 18 种,老挝的 5 属 7 种,其余国家引种较少。与龙脑香科植物的世界分布种类相比较,引种的种、属偏少,来源地较为单一。分析历年的引种资料,境外引种详见图 2。

2 版纳植物园引种龙脑香科植物的生长适应性分析

2.1 引种龙脑香科植物在引种地的生长适应性

版纳植物园内保存 7 属 34 种的龙脑香科植物均引自国内外的不同区域,经过多年的精心照料,所有引种的龙脑香科植物在版纳植物园内长势良好,详见表 2。

由表 2 可知,引种的龙脑香科植物以娑罗双属(*Shorea*)、龙脑香属(*Dipterocarpus*)及青梅属(*Vatica*)的种类最多,分别为 10 种、9 种、7 种,占了种数的 76.47%。引自国内的广西青梅(*V. guangxiensis*)至今尚无花果,望天树有花无果外,其余种类均有花果。引自国外的龙脑香科植物有 6 属 28 种,有 5 种与国产种类相同,其中开花、结果的有 13 种,不及引种总数的一半。引自国内或者国外的种类,无论开花结果与否,长势均很好,说明版纳植物园是适合龙脑香科植物生长的。

2.2 引种的龙脑香科在引种地的抗逆性

植物从一个生境到另一个生境,生境中的温

表 1 版纳园历年龙脑香科引种情况
Table 1 Dipterocarpaceae introduction profile of XTBG

引种年份 Introduced year	属 Genus	种 Species	
第 1 阶段 Phase 1 1959—1974	龙脑香属 <i>Dipterocarpus</i>	东京龙脑香 <i>Dipterocarpus retusus</i> 褐布罗香 <i>D. turbinatus</i>	
	坡垒属 <i>Hopea</i>	河内坡垒 <i>Hopea hongayensis</i> 海南坡垒 <i>H. hainanensis</i>	
	青梅属 <i>Vatica</i>	青梅 <i>Vatica mangachapoi</i>	
第 2 阶段 Phase 2 1974—1980	龙脑香属 <i>Dipterocarpus</i>	具翼龙脑香 <i>Dipterocarpus alatus</i> 缠结龙脑香 <i>D. intricatus</i> 钝叶龙脑香 <i>D. obtusifolius</i> 小瘤龙脑香 <i>D. tuberculatus</i> 锡兰龙脑香 <i>D. zeylanicus</i>	
	异翅香属 <i>Anisoptera</i>	显脉异翅香 <i>Anisoptera costata</i>	
	棒果香属 <i>Balancarpus</i>	棒果香 <i>Balancarpus heimii</i>	
	坡垒属 <i>Hopea</i>	香坡垒 <i>Hopea odorata</i>	
	柳桉属 <i>Parashorea</i>	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	
	娑罗双属 <i>Shorea</i>	钝叶娑罗双 <i>Shorea obtusa</i> 丝花娑罗双 <i>S. sericiflora</i> 云南娑罗双 <i>S. assamica</i> 亨氏娑罗双 <i>S. henryana</i>	
	第 3 阶段 Phase 3 2008—2012	龙脑香属 <i>Dipterocarpus</i>	具翼龙脑香 <i>Dipterocarpus alatus</i> 钝叶龙脑香 <i>D. obtusifolius</i>
		青梅属 <i>Vatica</i>	香花青梅 <i>Vatica odorata</i>
坡垒属 <i>Hopea</i>		香坡垒 <i>Hopea odorata</i>	
娑罗双属 <i>Shorea</i>		娑罗双 <i>Shorea robusta</i> 罗伯氏娑罗双 <i>S. roxburghii</i> 云南娑罗双 <i>S. assamica</i> 暹罗娑罗双 <i>S. siamensis</i>	

湿度、有害生物的改变会对植物的生长会造成一定的影响。龙脑香科植物作为东南亚热带植物区系的一个优势科,具有较强的热带性,种源地的泰国、老挝、越南、斯里兰卡、印度尼西亚等地与中国云南版纳植物园的所在地勐仑镇相比,是从低纬度到高纬度,低海拔到高海拔,降雨量与热量高于勐仑镇。从 1959 年至今,勐仑地区遭遇过三次大的寒流,第一次是 1973 年 12 月下旬至 1974 年 1 月上旬,版纳植物园的最低温度是 3 ℃;第二次是 1999 年年底至 2000 年初,出现百年不遇寒冬,最低温度为 2.2 ℃(许再富和禹平华,1982;张玲等,2001);第三次是 2013 年 12 月底至 2014 年 1 月初,出现夜间最低温度 2 ℃。应对这些低温冷害

天气,园内栽培的龙脑香科植物均未表现出明显的伤害现象,长势良好。说明版纳植物园迁地栽培的龙脑香科植物具有良好的抗寒性。

有害生物是影响植物生长的又一重要因素,植物生境的改变也会影响其对有害生物的抵抗力,植物对有害生物的抗逆性也是植物适应环境的表现。栽植于版纳植物园内的龙脑香科植物均是迁地栽培,据笔者多年的观察以及查阅历年的档案资料,目前在引种地的龙脑香林尚无重大病虫害发生,虽有白蚁、卷叶蛾、大灰象、桑寄生等有害生物危害,但这些有害生物只危害龙脑香科的少部分叶片或枝干,对其生长不构成威胁,说明龙脑香科植物具有良好的抗病虫能力,在引种地能很好地生长。

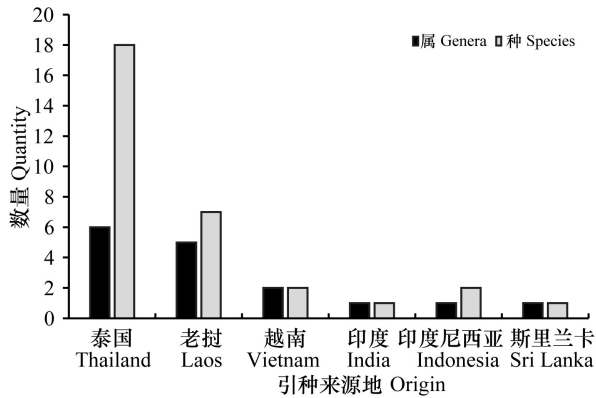


图 2 版纳植物园境外引种龙脑香科植物概况

Fig. 2 Dipterocarpaceae of overseas introduction profile of XTBC

2.3 龙脑香科植物种子的萌发与含水量的关系

“种子到种子”是评价植物迁地保护获得成功的最起码标准(许再富,1998)。龙脑香科植物的种子通常较大,且不具胚乳,油脂含量低,无休眠期,成熟落地后很快就萌发,种子寿命短,是典型的顽拗性种子(Yan et al., 2007; 李磊等,2016)。因种子无休眠期、不耐存储、果大、风媒及雨水远距离传播受限,成为制约龙脑香引种保育或种群扩散的重要限制因子。有学者对龙脑香科种子的萌发与种子含水量进行过较为系统的研究,结果表明,种子的含水量与种子的萌发率密切相关,随着种子含水量的降低,种子的萌发率也随之降低。但不同的种类其萌发率与含水量之间不同(马信祥和程必强,1990;杨清等,1995;肖来云和普正和,1996;肖来云,1996;杨清等,2008),详见表3。

由表3可知,不同种类的龙脑香科植物种子萌发的含水量及最适萌发的种子含水量均不同,在自然条件下大都可保存20 d左右,以缠结龙脑香种子在自然条件下贮存的天数最长,可保存50 d以上,而以望天树保存的天数最短,只有5 d。因此,在野外条件下采集种子时,做好保湿措施在一定程度上可延长种子的寿命,采收后要尽快播种。

3 讨论与结论

版纳植物园龙脑香科植物迁地保护的实践证

明,版纳植物园是适合龙脑香科植物生长的,不仅国产的龙脑香种类能在该园很好地生长,引自泰国、老挝等低纬度、低海拔、高温区的龙脑香科也能在该园茁壮生长,具有良好的抗寒性、抗病虫能力。中国的龙脑香科植物通过早期的植物资源开发利用和20世纪80年代后期的定向引种收集得到了有效的迁地保护。此外,在迁地保护的同时还开展了引种栽培、物候观测、种子萌发特性等方面的基础研究,积累了较为丰富的科学资料,为进一步开展龙脑香科植物的推广种植提供了科学依据。目前,国内从事龙脑香科有关研究的单位均到版纳植物园采样及开展相应的研究,龙脑香园作为科研的支撑平台发挥着越来越重要的作用。

龙脑香科植物在版纳植物园的迁地保护获得成功,除了与当地所处的独特地理、气候环境有关外,还与管理人员的精心养护是分不开的。龙脑香科植物在原产地的群落中大都为上层阳性树种,但其幼苗处于群落下层,光照不足,种间竞争激烈迫使其有较长的蹲苗期。在迁地保护的栽培条件下,对幼苗采取适当遮阴,尤其是在干季对其覆盖减少灼伤,并辅以清除杂草、肥水管理等措施,解除了龙脑香科幼苗的蹲苗期,促进其生长,这也是该科植物迁地保护获得成功的重要因素。版纳植物园在龙脑香科植物种类的收集、保育及研究方面,也还存在着一些问题需要解决,主要体现在以下几个方面。

3.1 种群数量不够,引种潜力大

世界龙脑香科植物有17属约700种,版纳植物园中引种保育了该科植物的7属34种,属占比约1/3,但种类还很少。引种来源地的分析结果表明,引种主要来自东南亚的少数几个国家,对热带亚洲分布中心的马来西亚、印度尼西亚的引种很少甚至没有,而对热带美洲及热带非洲的种类尚未进行引种,引种的空间还很大。因该科植物的木质坚硬、树脂有多种用途,且引种栽植于版纳植物园内的种类长势良好。因此,有必要进行大量引种。这对于提升物种保育能力及生物多样性保护具有重要意义。

3.2 引种栽培研究较多,木材利用研究方面较少

版纳植物园内保存的龙脑香科植物,在引种

表 2 不同种源龙脑香科植物在引种地的生长情况

Table 2 Growth situation of Dipterocarpaceae from different habit plants at XTBG

属 Genus	种 Species	树高 Tree height (m)	胸径 DBH (cm)	花期 Flower phase	果期 Fruit phase	来源地 Origin		
						国内 Domestic	国外 Overseas	
龙脑香属 <i>Dipterocarpus</i>	东京龙脑香 <i>Dipterocarpus retusus</i>	22.00±1.41	29.09±7.59	5—6 月	12 月至次年 1 月	云南 Yunnan	印度尼西亚 Indonesia	
	羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	21.40±2.33	28.27±5.95	3—4 月	6—7 月	云南 Yunnan		
	具翼龙脑香 <i>D. alatus</i>	23.80±2.14	52.01±11.13	4—6 月	5—7 月		泰国 Thailand	
	缠结龙脑香 <i>D. intricatus</i>	20.40±1.02	35.59±5.26	4—5 月	6—7 月		泰国 Thailand	
	钝叶龙脑香 <i>D. obtusifolius</i>	19.50±3.20	21.71±6.45	2—4 月	5—6 月		老挝, 泰国 Laos, Thailand	
	坚翅龙脑香 <i>D. rigidus</i>	14.25±3.11	21.09±10.76	10—11 月	1—3 月		印度尼西亚来 Indonesia	
	小瘤龙脑香 <i>D. tuberculatus</i>	22.40±1.85	38.26±4.08	4—5 月	6—7 月		泰国 Thailand	
	巴拉望龙脑香 <i>D. hasseltii</i>	20.75±3.34	24.03±2.39	—	—		老挝 Laos	
	锡兰龙脑香 <i>D. zeylanicus</i>	12.90±0.66	32.15±5.08	4—5 月	7—8 月		斯里兰卡 Sri Lanka	
	坡垒属 <i>Hopea</i>	铁凌 <i>Hopea exalata</i>	8.30±1.17	8.66±1.88	3—5 月	6—7 月	海南 Hainan	
		坡垒 <i>H. hainanensis</i>	20.50±1.61	24.96±2.11	8—9 月	3—5 月	广东, 海南 Guangdong, Hainan	老挝 Laos
		狭叶坡垒 <i>H. chinensis</i>	11.40±0.49	13.37±0.75	7—9 月	9 月至次年 1 月	广西 Guangxi	越南 Vietnam
	青梅属 <i>Vatica</i>	香坡垒 <i>Vatica odorata</i>	13.80±1.60	16.81±4.78	—	—		泰国 Thailand
		青梅 <i>V. mangachapoi</i>	13.00±1.41	17.16±0.84	5—6 月	9—10 月	云南, 海南 Yunnan, Hainan	
广西青梅 <i>V. guangxiensis</i>		15.40±1.36	17.13±3.83	—	—	广西 Guangxi		
版纳青梅 <i>V. xishuangbannaensis</i>		13.20±1.33	26.61±5.57	5 月	6—7 月	云南 Yunnan		
拉克丝青梅 <i>V. rassak</i>		9.00	7.96	—	—		印度 India	
<i>V. harmandiana</i>		13.60±1.36	18.21±1.36	—	—		泰国 Thailand	
柿果青梅 <i>V. diospyroides</i>		9.20±0.20	10.19±0.64	7—8 月	10—11 月		泰国 Thailand	
娑罗双属 <i>Shorea</i>	香花青梅 <i>V. odorata</i>	12.60±1.36	12.48±2.12	3—4 月	5 月		老挝 Laos	
	云南娑罗双 <i>Shorea assamica</i>	12.20±2.48	31.13±2.71	2—3 月	—	云南 Yunnan	泰国 Thailand	
	娑罗双 <i>S. robusta</i>	17.60±1.36	26.93±3.68	3—4 月	6—7 月	海南 Hainan	泰国 Thailand	
	钝叶娑罗双 <i>S. obtusa</i>	16.00±2.00	19.42±2.55	—	—		泰国 Thailand	
	罗伯氏娑罗双 <i>S. roxburghii</i>	21.80±1.17	23.55±2.66	—	—		泰国 Thailand	
	丝花娑罗双 <i>S. sericeiflora</i>	21.00	26.11	—	—		老挝, 越南 Laos, Vietnam	
	<i>S. gratissima</i>	23.20±0.75	32.34±3.41	—	—		泰国 Thailand	
	亨氏娑罗双 <i>S. henryana</i>	10.10±1.20	13.18±1.47	—	—		泰国 Thailand	
	暹罗娑罗双 <i>S. siamensis</i>	5.50±1.50	4.14±0.64	—	—		泰国, 老挝 Thailand, Laos	

续表 2

属 Genus	种 Species	树高 Height (m)	胸径 DBH (cm)	花期 Flower phase	果期 Fruit phase	来源地 Origin	
						国内 Domestic	国外 Overseas
	<i>S. leprosula</i>	17.00	20.37	—	—		泰国 Thailand
	金毛娑罗双 <i>S. hypochra</i>	14.00±1.00	19.10±6.05	—	—		泰国 Thailand
异翅香属 <i>Anisopter</i>	显脉异翅香 <i>Anisopter costata</i>	23.80±0.82	39.79±3.06	—	—		泰国 Thailand
	<i>A. scaphula</i>	20.00	25.15	—	—		老挝 Laos
柳安属 <i>Parashorea</i>	望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	21.20±1.33	24.00±3.11	4—5 月		云南 Yunnan	
棒果香属 <i>Balanocarpus</i>	棒果香 <i>Balanocarpus heimii</i>	18.67±1.25	20.69±1.04	—	—		泰国 Thailand

注：Flora of China 已将广西青梅及版纳青梅合并为一个种，但两者的物候有明显区别，特单独列出；狭叶坡垒、多毛坡垒、河内坡垒合并为狭叶坡垒；望天树包含了其变种小叶划板树和擎天树；东京龙脑香与纤细龙脑香合并为东京龙脑香。

Note: In Flora of China, *Vatica guangxiensis* and *V. xishuangbanensis* have been merged to one species, but their phenologies are very different and which were listed; *Hopea chianensis*, *H. hongayensis*, *H. mollissima* is merged to *H. chiaensis*; *Parashorea chinensis* include *P. chinensis* var. *guangxiensis* and *P. chinensis* var. *kuangsiensis*; *D. retusus* and *D. gracilly* have been merged to one species.

栽培、种子繁殖机制等有开展基础研究，但在木材应用或者其他方面的研究尚属空白，也没有将单个种类作为经济植物进行推广。建园初期，龙脑香科植物因栽植过密，导致很多种类的茎干增粗受限。作为植物资源战略储存库的版纳植物园，对该类植物的引种，不应停留在保育层面，还应在基础研究、应用研究等方面开展更深入的研究。如研究引种栽培的龙脑香科植物的材质特性、树脂提香技术、药用及对生态影响等方面，提升龙脑香科植物的应用价值，真正发挥植物园服务国家、服务社会的功能。

3.3 境外引种的种类长势良好，但仍有些许种类无花无果

结合历年的物候观测资料结果可知来源于国内的龙脑香种类在引种地除广西青梅外均有开花结果现象，其中的云南娑罗双 (*Shorea assamica*) 隔年有开花现象，且结果率低，有可能是缺少传粉者，原因有待进一步分析。而来源于国外的种类，长势良好，未表现出不适的情况，但仍有部分种类无花无果现象，其中的原因较为复杂，可能是生长年限不够，或许是热量不足，又或许是微环境的改变，有待于进一步研究和证实。

3.4 引种居群较为单一，遗传变异研究较少

版纳植物园已收集了所有国产龙脑香的种类，

但对同一种类不同居群的引种还不充分，如在收集区域方面，尚未引种、保存西藏的种类；在种方面，如东京龙脑香 (*Dipterocarpus retusus*) 分布于云南东南部 (河口、金平、屏边、绿春、江城) 及西部 (盈江那帮坝) 等 (陶国达等, 1990)，目前只有引自盈江及绿春，其他地区的尚未引种，河内坡垒 (*Hopea hongayensis*) 也存在这一问题。保护植物遗传基因的多样性是迁地保护的最终目的 (孟令曾和许再富, 2005)。自然杂交在植物界非常普遍，有研究表明约有 25% 的被子植物在其历史进化历程中与其近缘种发生了杂交 (Mallet, 2007)，杂交的结果使物种的遗传发生了改变，有时还会导致一些稀有居群或物种灭绝 (王铮峰和彭少麟, 2003)。版纳植物园龙脑香园内栽培的龙脑香科植物亲缘关系较近，杂交的可能性较高。目前，李巧明和许再富 (2001) 对版纳青梅 (*Vatica xishuangbannaensis*) 与广西青梅、望天树的遗传多样性及居群开展了相关研究，结果发现版纳青梅具有较高水平的群体分化，居群内存在一定程度的近交，但居群变异水平很低；望天树群体内遗传变异很低，无近交现象。对于其他种类，尤其是同一物种不同来源地及种间一起栽培是否会引起基因交流而导致物种的遗传发生变异，也缺乏相应的研究。

表3 部分龙脑香科植物种子的含水量
与种子萌发率的关系

Table 3 Relationship between water content and germination of some Diptrocarpaceae seeds

植物名称 Species	种子萌发的 含水量 Water content of seed germination (%)	最适萌发的 种子含水量 The best water content of seed germination (%)	自然条件 贮存天数 Natural storage days (d)
多毛坡垒 <i>Hopea mollissima</i>	60.0~20.0	60.0~50.0	16
狭叶坡垒 <i>H. chinensis</i>	55.0~25.0	55.0~45.0	≥30
坡垒 <i>H. hainanensis</i>	36.2~12.9	36.2~19.1	20
青梅 <i>Vatica mangachapoi</i>	40.7~19.8	40.7~27.6	9
版纳青梅 <i>V. xishuangbannaensis</i>	40.8~14.8	40.8~23.6	10
东京龙脑香 <i>Dipterocarpus retusus</i>	43.0~41.0	42.8	10
盈江龙脑香 <i>D. gracilis</i>	45.8~18.6	45.8~33.0	30
锡兰龙脑香 <i>D. zeylanicus</i>	52.8~19.8	52.5~23.2	30
缠结龙脑香 <i>D. intricatus</i>	34.7~12.1	34.7~12.9	≥50
羯布罗香 <i>D. turbinatus</i>	54.7~27.0	54.7~37.3	20
小瘤龙脑香 <i>D. tuberculatus</i>	44.7~20.0	44.7~30.8	30
望天树 <i>Parashorea chinensis</i>	48.2~32.3	48.2	5

注: 最适萌发的种子含水量是指种子萌发量占播种总数50%以上时的含水量。

Note: The best germination of seed water content refers to the seed germination accounted for more than 50% of the total number of sown.

4 展望

龙脑香科植物是具有重要经济价值的类群,在我国大都列入保护植物的范畴,引种栽培的国内外种类在版纳植物园均生长良好,这为该科植物的迁地保护提供了范例。为进一步提升龙脑香科植物的保育能力及推广种植,建议从以下几个方面加强研究。

4.1 合理规划引种方案,丰富园区的物种

2019年,在版纳植物园建园60周年之际召开了国际专家咨询会,与会专家指出在专类园建设

方面,龙脑香园是版纳植物园最具特色的专类园,已有一定的研究基础,后期要加强对龙脑香科植物的引种与研究。因此,结合版纳植物园的发展规划,加大对龙脑香科植物的引种,对国内分布的种类,完善同一种类不同居群的引种,丰富物种的遗传多样性,对境外的引种也要尽可能引进不同居群的种类。同时,要扩大龙脑香园的面积,为植物的生长提供足够的空间。在野外生境考察时,注意对原生境的土壤、伴生物种等资料的采集。对于境外的种类,要了解并掌握其分布区域的环境气候等因子,结合引种地的生境,确定可引种的种类,并积极创造条件,到境外引种。龙脑香科植物种子大都为顽拗性,在野外引种时以收集小苗最佳,采种时要做好保湿措施。

4.2 改善当前的种植模式,探索群落建园

当前,版纳植物园内的龙脑香园以纯林营造为主,林下荫蔽度大,几乎没有伴生物种,物种多样性极低。在野外生境中,该科植物为中上层树种,且还伴生有其他物种,多个物种间既有竞争又有依赖,彼此共同进化,最终达到一个相对稳定的状态(张桂萍等,2006)。有学者对云南娑罗双、版纳青梅、望天树等物种的群落特征进行过系统的研究(朱华,1993;李宏伟,2006),但对群落间物种关联度的研究较少,探明龙脑香科植物群落间物种的关联度对建园有重要的参考价值。在引种地,有些种类开花无果,可能是缺乏相应的传粉者。在迁地栽培时,控制目标物种的数量,树与树之间留有足够的生存空间,适当栽植一些有协同作用的伴生物种,这对于提升龙脑香林内生态系统的稳定性,完善生态系统内的营养循环,减少管理和维护成本具有重要意义。

4.3 夯实龙脑香科的基础研究,逐步开展应用研究

引种的目的是保育,保育的最终目的是应用。对现有的龙脑香科进一步加强对其生长适应性的研究,掌握繁殖技术和栽培技术,对有果实的种类继续探索种子的萌发与繁育机制,为进一步的推广栽培打好基础。同时,要加强迁地栽培种是否会引物种遗传多样性散失或降低的研究,为迁地保护提供科学的理论指导。开展木材材质、树脂成分、药用和香料提取等方面的研究,提升龙脑

香科植物的高附加值,为后期的研发提供动力。

4.4 加强龙脑香科植物种子延长保存及造林技术的研究

龙脑香科植物的种子大多为顽拗性种子,不耐失水,不耐储藏,对于野外采种或种子保存都极为不利。要加强龙脑香种子的延长保存技术的研究,对龙脑香科的种质资源保存有重要意义。另外,在生态植被的恢复过程中对于龙脑香科植物的造林技术,也缺乏足够的经验。作为热带雨林的关键树种,本身具有很高的经济价值,研究其造林技术无论是对生态还是当地居民都具有积极的效应。马来西亚的沙捞月地区,在雨林的恢复过程中就有使用部分龙脑香树种来作为种植的树种(Hattori et al., 2013),并积累了丰富的经验,这为热带雨林使用龙脑香树种作为生态修复及后续的造林、推广种植提供了案例。

参考文献:

APPANAH S, TURNBULL JM, 1998. A review of dipterocarps: Taxonomy, ecology, and silviculture [M]. Bogor: CIFOR; 99-114.

FAO, 2007. State of the world's forests [M]. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome; 157.

GUO F, HUANG RF, YU G, 2015. Effects of heat treatment and modified PU coating on the photo-induced discoloration of wood [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 39(2): 169-173. [郭飞, 黄荣凤, 余钢, 2015. 热处理和改性 PU 漆对木材光变色性能的影响 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 39(2): 169-173].

HATTORI D, KENZO T, KENDAWANG JJ, et al., 2013. Rehabilitation of degraded tropical rainforest using dipterocarp trees in Sarawak, Malaysia [J]. Intl J For Res; 1-13.

JIANG XM, YIN YF, LIU B, 2010. Current status, development, and the prospect of wood identification technology [J]. Chin Wood Ind, 24(4): 36-39. [姜笑梅, 殷亚方, 刘波, 2010. 木材树种识别技术现状、发展与展望 [J]. 木材工业, 24(4): 36-39.]

KOH LP, JUKKA M, SOO CL, et al., 2011. Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 108: 5127-5132.

LI HW, 2006. A phytocoenological study on *Vatica guangxiensis* (Dipterocarpaceae) community in Mt. Maocaoshan, Xishuangbanna [J]. Acta Bot Yunnan, 28(2): 162-168. [李宏伟, 2006. 西双版纳茅草山广西青梅群落学研

究 [J]. 云南植物研究, 28(2): 162-168.]

LI L, MENG ZG, LONG GQ, et al., 2016. Advances on recalcitrant seeds of plants [J]. J Trop Subtrop Bot, 24(1): 106-118. [李磊, 孟珍贵, 龙光强, 等, 2016. 植物顽拗性种子研究进展 [J]. 热带亚热带植物学报, 24(1): 106-118.]

LI QM, XU ZF, 2001. Genetic diversity and population differentiation of *Vatica guangxiensis* [J]. Acta Bot Yunnan, 23(2): 201-208. [李巧明, 许再富, 2001. 版纳青梅居群的遗传多样性和群体分化 [J]. 云南植物研究, 23(2): 201-208.]

LI QM, XU ZF, 2001. Population genetic structure and differentiation of *parashorea chinensis* (Dipterocarpaceae) [J]. Acta Bot Yunnan, 23(3): 313-320. [李巧明, 许再富, 2011. 龙脑香科植物望天树的遗传结构及分化 [J]. 云南植物研究, 23(3): 313-320.]

LI XW, LI J, ASHTON PS, 2002. Notes on the Dipterocarpaceae of China [J]. Acta Bot Yunnan, 24(4): 409-420. [李锡文, 李捷, ASHTON PS, 2002. 中国龙脑香科植物纪要 [J]. 云南植物研究, 24(4): 409-420.]

LI XW, LI J, ASHTON PS, 2007. Flora of China [J]. Beijing: Science Press, 13: 10284.

LUO LC, 2008. Identification and utilization of imported Dipterocarpaceae wood in Yunnan [J]. J W Chin For Sci, 37(3): 99-107. [罗良才, 2008. 云南进口龙脑香科树种的木材识别与利用 [J]. 西部林业科学, 37(3): 99-107.]

MA XX, CHENG BQ, 1999. Study on seeds and its germination of 100 tropical plants [J]. Trop Bot Res, 40: 18-30. [马信祥, 程必强, 1999. 100 种热带植物种子及发芽研究 [J]. 热带植物研究, 40: 18-30.]

MALLET J, 2007. Hybrid speciation [J]. NAT, 446: 279-283.

MCNEELY JA, MILLER KR, REID WV, 1990. Protecting the world's biodiversity [M]. Translated by XUE DY, WANG LQ, ZHOU ZJ, et al. Beijing: China Environmental Science Press. [MCNEELY JA, MILLER KR, REID WV, 1990. 保护世界的生物多样性 [M]. 薛达元, 王礼端, 周泽江, 等, 译. 北京: 中国环境科学出版社.]

MENG LZ, XU ZF, 2005. The threatened status and *ex-situ* community conservation approach on Dipterocarpaceae in China [J]. Guihaia, 25(1): 8-13. [孟令曾, 许再富, 2005. 中国龙脑香科植物受胁状况及迁地群落保护探讨 [J]. 广西植物, 25(1): 8-13.]

MITTERMEIER RA, DA FONSECA GAB, RYLANDS AB, et al., 2005. A brief history of biodiversity conservation in Brazil [J]. Conservation Biol, 19(3): 601-607.

PRIMACK RB, CORLETT RT, 2005. Tropical rain forests: An ecological and biogeographical comparison [M]. Blackwell Science, harback, 21.

SAATCHI SS, HARRIS NL, BROWN S, et al., 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 108: 9899-9904.

- TAO GD, 1990. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 50: 113. [陶国达, 1990. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 50: 113.]
- WANG ZF, PENG SL, 2003. Plant hybridization and its harmful genetic consequences [J]. Biodivers Sci, 11: 333-339. [王峥峰, 彭少麟, 2003. 杂交产生的遗传危害—以植物为例 [J]. 生物多样性, 11: 333-339.]
- XIAO LY, PU ZH, 1996. A study on immigration protection rare and endangered plants [J]. Yunnan For Sci Technol, 1: 45-53. [肖来云, 普正和, 1996. 珍稀濒危植物的迁地保护研究 [J]. 云南林业科技, 1: 45-53.]
- XIAO LY, 1996. Introduction and cultivation of *Dipterocarpus intricatus* Dyer [J]. J Plant Resour Environ, 5(1): 63-64. [肖来云, 1996. 缠结龙脑香的引种栽培 [J]. 植物资源与环境, 5(1): 63-64.]
- XU ZF, YU PH, 1982. The research of the adaptability of the introduced dipterocarps to lower temperature [J]. Acta Bot Yunnan, 4(3): 297-301. [许再富, 禹平华, 1982. 引种的龙脑香科植物对低温适应性的探讨 [J]. 云南植物研究, 4(3): 297-301.]
- XU ZF, 1998. Principle and methodology of *ex situ* conservation for rare and endangered plants [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. [许再富, 1998. 稀有濒危植物迁地保护的原理与方法 [M]. 昆明: 云南科技出版社.]
- YAN XF, CAO M, XU HL, 2007. Effects of desiccation and temperature on the germination of *Shorea chinensis* (Dipterocarpaceae) seeds [J]. Seed Sci Technol, 35(1): 232-236.
- YANG Q, XIAO CF, ZHANG L, et al., 2008. Introduction and cultivation of *Dipterocarpus zeylanicus* in Xishuangbanna [J]. J N China For Univ, 23(5): 99-102. [杨清, 肖春芬, 张玲, 等, 2008. 锡兰龙脑香引种栽培研究 [J]. 西北林学院学报, 23(5): 99-102.]
- YANG Q, XIAO LY, PU ZH, 1995. Introduction and cultivation of *Dipterocarpus tuberoulatus* [J]. Subtrop Plant Res Comm, 24(2): 41-45. [杨清, 肖来云, 普正和, 1995. 小瘤龙脑香的引种栽培 [J]. 亚热带植物通讯, 24(2): 41-45.]
- ZHANG GP, ZHNG F, RU WM, 2006. Interspecific correlations among dominant populations of ligneous species in Mianshan Mountain of Shanxi [J]. J Chin Ecol, 25(3): 295-298. [张桂萍, 张峰, 茹文明, 2006. 山西绵山植被木本植物优势种群间关联 [J]. 生态学杂志, 25(3): 295-298.]
- ZHANG L, XIAO CF, WANG J, 2001. *Ex-situ* conservation of *Hopea chinensis* [J]. Guihaia, 21(3): 277-280. [张玲, 肖春芬, 王坚, 2001. 濒危植物狭叶坡垒的迁地保护 [J]. 广西植物, 21(3): 277-280.]
- ZHANG ZB, 1994. Several theoretical bases for biodiversity conservation [M]//Biodiversity committee of the Chinese academy of sciences. Principles and methods of biodiversity. Beijing: China Science and Technology Press: 36-54. [张知彬, 1994. 生物多样性保护的若干理论基础 [M]// 中国科学院生物多样性委员会编. 生物多样性的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社: 36-54.]
- ZHONG Y, 1983. The succession and protection of plant resources of Hainan Island [J]. Wuhan Bot Res, 1(1): 101-110. [钟义, 1983. 海南岛热带植物资源的演变和保护 [J]. 武汉植物学研究, 1(1): 101-110.]
- ZHU H, 1993. A phytocoenological study on vatica forest in Xishuangbanna [J]. Guihaia, 13(1): 48-60. [朱华, 1993. 西双版纳青梅林的群落学研究 [J]. 广西植物, 13(1): 48-60.]
- ZHU H, WANG H, XIAO WX, 2007. A study on *Parashorea chinensis* community of tropical rain forest in Gulinqing of Maguan County, SE Yunnan, China [J]. Guihaia, 27(1): 62-70. [朱华, 王洪, 肖文祥, 2007. 滇东南马关古林箐热带雨林望天树群落的研究 [J]. 广西植物, 27(1): 62-70.]

(责任编辑 何永艳)