

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201705024

引文格式: 蔡琳颖, 张星元, 张璐, 等. 珍稀濒危植物紫荆木生态学研究进展 [J]. 广西植物, 2018, 38(7): 866-875

CAI LY, ZHANG XY, ZHANG L, et al. Research advances on ecological characteristics of a rare and endangered plant *Madhuca pasquieri* [J]. Guihaia, 2018, 38(7): 866-875

## 珍稀濒危植物紫荆木生态学研究进展

蔡琳颖, 张星元, 张璐\*, 马丁

(华南农业大学 林学与风景园林学院, 广州 510642)

**摘要:** 珍稀濒危植物作为生物多样性的重要组成部分,是保护生物学的核心内容之一。紫荆木 (*Madhuca pasquieri*) 为现状稀有种, IUCN 名录中濒危等级为 VU 易危, 在中国被列为国家重点保护野生植物 (II 级) 和极小种群野生植物, 是稀有的油料树种和珍贵的用材树种, 具有极高的药用价值。在全球气候变化和生境破碎化的大背景下, 紫荆木的现状研究和保护策略的制定显得尤为重要。该文介绍了紫荆木自然地理分布、群落生态学特征, 归纳总结了国内外的保护应用及研究现状。目前针对紫荆木就地保护、迁地保护、化学成分、人工培育技术等方面已开展了一些研究工作, 但研究仍处于初级阶段。下一步可完善紫荆木分布信息, 并结合野外调查和长期实验, 系统研究其生物及生态学特性。同时, 将就地保护、迁地保护和回归有机结合, 应用分子生物学技术加强紫荆木育种、繁殖和栽培技术的研究, 建立繁殖培育基地, 并积极开发其经济价值, 在园林绿化中推广应用。

**关键词:** 地理分布, 群落特征, 生境, 物种保护, 紫荆木

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2018)07-0866-10

## Research advances on ecological characteristics of a rare and endangered plant *Madhuca pasquieri*

CAI Linying, ZHANG Xingyuan, ZHANG Lu\*, MA Ding

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** As an important component of biodiversity, rare and endangered plants are one of the core contents of conservation biology. *Madhuca pasquieri*, a rare species currently, is regarded as VU (vulnerable) species in the IUCN Red List and listed as a kind of national key protected wild plants (II) and wild plants of extremely small population. It is also a kind of rare oil tree species and precious timber species with high medicinal value. Due to the global climate change and the habitat fragmentation, it is rather important to study the current situation of *M. pasquieri* and formulate relevant conservation strategies. Based on the data of specimen records of herbariums, this paper mainly introduced the

收稿日期: 2017-08-14

基金项目: 国家林业局资助项目(2130211); 广东省省级林业发展及保护专项项目(林业科技创新项目 2017KJCX037); 广东省自然科学基金自由申请项目(2015A030313403) [Supported by the State Forestry Administration(2130211); Guangdong Provincial Special Fund for Forestry Development and Protection (Forestry Science and Technology Innovation Program, 2017KJCX037); Guangdong Natural Science Foundation (2015A030313403)]。

作者简介: 蔡琳颖(1993-), 女, 广东汕头人, 硕士研究生, 主要从事森林生态学的研究, (E-mail) 296575369@qq.com。

\*通信作者: 张璐, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向为森林生态学和保护生物学, (E-mail) zhanglu@scau.edu.cn。

natural geographical distribution of *M. pasquieri*, compared population and community characteristics of the main distribution sites of *M. pasquieri* and systematically analyzed the current research and protection at domestic and overseas. The results are as follows: (1) With a wide range of vertical distribution from 200 to 1 400 m above, wild populations of *M. pasquieri* are mainly distributed in North Vietnam, South Guangxi, Southwest Guangdong and Southeast Yunnan. (2) The community of *M. pasquieri* forest has abundant species in tree layer, shrub layer, herb layer and vine layer. *M. pasquieri* is the dominant species in the main forest layer or important companion species in acid rain forest in Guangxi. (3) Mainly scattered in the warm and humid habitat, *M. pasquieri* is tolerant of drought and barren environments with krasnozem and laterite soil. It is concluded that the research of *in situ* and *ex situ* conservations, chemical composition and artificial cultivation of *M. pasquieri* have been carried out. However, these researches are still in primary stages. The following are hoped to be strengthened in the future: The supplement of the distribution information, field investigations with long-term experiment and the reintroduce of *M. pasquieri* based on *in situ* and *ex situ* conservations. Furthermore, molecular biology techniques are needed to strengthen the breeding, propagation and cultivation techniques of *M. pasquieri*, and can be actively developed for economic value and can be applied in landscaping.

**Key words:** geographical distribution, community characteristics, habitat, species conservation, *Madhuca pasquieri*

近年来,随着全球气候变化和人类对自然资源的滥用及对植物生境的破坏,生物多样性丧失已成为全球最严重的环境问题之一(Cardinale et al, 2012; Chapin et al, 2000)。珍稀濒危野生植物作为生物多样性的重要组成部分,如何对它们进行有效的保护是生态学家和保护生物学家亟待解决的问题之一(张殷波和马克平,2008)。目前,对珍稀濒危植物的保护研究主要集中在其地理分布和繁殖培育技术方面。在地理分布上,应用地理信息技术(Geo-Information)获得濒危植物分布热点(hotspots)(Huang et al, 2012)及生境特点(Varghese & Murthy, 2006),明确重点植物保护区域(priority protected areas)(Wang et al, 2015)。物种分布模型(species distribution modeling)(Rovzar et al, 2016),生态位模型(ecological niche modeling)也被广泛应用到濒危植物研究中(Araujo & Peterson, 2012)。在繁殖培育技术上,国内外研究集中于生物技术(biotechnology)(Engelmann, 2011; Khan et al, 2012; Slazak et al, 2015; Gashi et al, 2015)、回归(reintroduction)(Griffith et al, 1989; Godefroid et al, 2011; Bullock & Hodder, 1997; Ren et al, 2012)、生态恢复(restoration)(Liu et al, 2014)等方面。

紫荆木(*Madhuca pasquieri*),又名滇紫荆木、滇木花生、出奶木(云南),铁色、木花生(广西),

马胡卡、海胡卡(广东),与海南紫荆木(*Madhuca hainanensis*)同属于紫荆木属(*Madhuca*)山榄科(Sapotaceae)。紫荆木为常绿乔木,高可达30 m,胸径可达60 cm,观花、观果,果可食(Fan et al, 2011),具有药用价值(Hoang et al, 2015, 2016)。紫荆木含丰富的乳汁,可提取硬橡胶。紫荆木还是稀有的油料树种(Franzke et al, 1971)。紫荆木与格木(*Erythrophleum fordii*)、铁力木(*Mesua ferrea*)、铁木(*Ostrya japonica*)并称广西“四大硬木”,是珍贵的用材树种。在越南北部富寿省、河静省等地区,紫荆木被广泛应用于家具制造和单板制造,在家庭使用中做锯材、薪柴(Kien & Harwood, 2016)。紫荆木在越南已被用作治疗细菌感染和糖尿病(Hoang et al, 2015, 2016)。紫荆木为现状稀有种,IUCN名录中濒危等级为VU易危,在中国被列为国家重点保护野生植物(Ⅱ级)(中华人民共和国国务院正式批准公布中国植物学会,1999)、极小种群野生植物、全国重点植物保护对象、广西重点保护植物。然而,自然状态存活的紫荆木种群规模小,种群数量仍在缩减。

本研究广泛调查和收集紫荆木野生种群各分布点的保护管理和监测数据资料,并查阅中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn>)、中国科学院华南植物园标本馆(<http://herbarium.scbg.cas.cn/>)以及中国自然植物标本馆(<http://>

www.cfh.ac.cn/) 标本记录,在对紫荆木的地理分布资料进行了梳理,构建地理分布数据库的基础上,综述了紫荆木的自然地理分布、群落生态学特征、保护应用及研究现状,从生态学角度剖析紫荆木面临的问题,并指出未来可能的发展方向。

## 1 紫荆木的地理分布

### 1.1 紫荆木的水平地理分布

从水平分布的纬向来看,紫荆木大致分布在北回归线上,属热带性植物。紫荆木野生种群自然分布区域主要集中在越南北部以及我国的广西南部、广东西南部和云南东南部,贵州荔波石灰岩山地和山顶偶有分布。在越南北部,紫荆木野生种群广泛分布于富寿省、东京郎昂村细黄毛山、凉山温州、河静省,西北部的奠边、莱州、山萝省,中部顺化西南部均有分布(Dung & Webb, 2008; Tran et al, 2005)。在中国广西,紫荆木野生种群分布区主要为北热带季风区,包括梧州、防城、东兴、玉林、上思、武鸣、宁明、龙州、靖西、钦县等地(吴庆初,1990;王双玲等,2011)。在中国广东,紫荆木野生种群主要分布于封开、广宁、信宜、阳春、乐东等地(陈里娥等,1997;缪绅裕等,2008)。在中国云南,紫荆木野生种群分布于南热带季风区,主要分布点有绿春县黄连山,屏边县玉屏乡新农,麻栗坡县八布乡等地(西部林业科学编辑部,1979;施莹和杨斌,2009)。

### 1.2 紫荆木的垂直地理分布

紫荆木野生种群的垂直分布范围较广,从200 m到1 400 m均有分布(表1)。在广西和广东,紫荆木野生种群多集中在海拔200~600 m的低山或丘陵(吴庆初,1990)。在云南,紫荆木野生种群在海拔1 000 m以上保持较好(李玉媛等,2003)。广西多山地丘陵,广东地形以低山、丘陵为主,云南地处低纬度高原。

紫荆木生境分布范围较广。其野生种群在山顶、山谷、土山、石山,石上、石缝、石边,水旁、河边、路边、沟谷旁,灌木林边缘山地、密林、疏林、疏林灌丛,山谷疏林、林缘、林中均有分布(西部林业科学编辑部,1979)。

## 2 紫荆木的群落生态学特征

### 2.1 紫荆木的群落特征

在广西低山丘陵常绿季雨林中,常见的天然植被类型有毛果石栎(*Lithocarpus psedudovestitus*) + 紫荆木林,紫荆木+南岭山矾(*Symplocos confusa*) + 黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)林,紫荆木+格木林(温远光等,2014)。在广西十万大山、大青山和六万大山一带的酸性土地季雨林中,紫荆木是主林层优势种或重要的伴生种(王献溥和胡舜土,1982;向悟生等,2015)。已确定的群丛包括紫荆木+厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)—臂形果(*Pygeum topengii*)—九节木(*Psychotria rubra*)—华山姜(*Alpinia chinensis*)群丛以及紫荆木—岭南山竹子(*Garcinia oblongifolia*)—罗伞树(*Ardisia quinquegona*) + 九节木—金狗毛(*Cibotium barometz*)群丛。以紫荆木为主的季节性雨林,乔木层、灌木层、草本层、藤本层物种组成丰富(图1)(王献溥等,2001)。

而以大果马蹄荷(*Exbucklandia tonkinensis*)、小叶红光树(*Knema guangxiensis*)、风吹楠(*Horsfieldia amydalina*)、红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*)为主的季节性雨林,主林层包括紫荆木在内的种类较多(王献溥等,2001)。从整个乔木层来分析,紫荆木是重要的伴生种。在云南河口、屏边大围山,紫荆木林分布有明显的垂直分带(西部林业科学编辑部,1979)(图2)。

在海拔1 000 m以下时,紫荆木分布在准热带沟谷雨林,而分布在海拔1 000~1 400 m的热带山地雨林群落,紫荆木可在林中成为优势树种,主要伴生树种分为3层。群落外貌浓密,林相整齐,郁闭度在0.7以上,林分蓄积量高,林内空旷,通视良好。地面及树干上都有很丰富的地衣,形成一种比较典型的热带山地雨林。当海拔升高在1 400 m以上时,紫荆木零星分布,逐渐过渡到栎类苔鲜林。

### 2.2 紫荆木的生境及生长特征

紫荆木主要分布区气候温暖潮湿,土壤多为由花岗岩、砂岩和页岩发育而成的红壤和砖红壤

表 1 不同海拔高度紫荆木的生境特征

Table 1 Habitat characteristics of *Madhuca pasquieri* at different altitudes

海拔 Altitude (m)	生境 Habitat		
	广西 Guangxi	广东 Guangdong	云南 Yunnan
200~600	山顶、疏林、石山、山谷、密林、石上、水旁、路边、沟谷旁, 灌木林边缘山地、石缝、山地(土山) Top of mountain, woodland, stone mountain, valley, dense forest, on the stone, top water side, road side, beside valley, shrub edge mountain, alcove, hill (earth piled hill)	疏林、林缘、山地、山顶 Woodland, forest margin, mountain, mountain top	少见 Seldom
600~1 000	山地、灌丛 Mountain, brushwood	少见 Seldom	山地、密林、灌丛 Mountain, dense forest, brushwood
1 000~1 400	山谷、疏林 Valley, sparse forest	林中、石边、疏林、河边 Forest, stone edge, woodland, riverbank	林中、疏林 Forest, woodland



图 1 广西酸性土以紫荆木为主的季节性雨林结构剖面图

Fig. 1 Structure section of seasonal rain forests dominated by *Madhuca pasquieri* in acid soil regions of Guangxi

性红壤, pH 值 4.5~6.2(吴庆初, 1990), 土层深厚, 质地粘重。作为阳性树种, 紫荆木能耐干旱瘠薄的环境, 在石灰岩山地和土山上也能生长。植被类型常为石灰岩季雨林、常绿阔叶林、混交林和山地雨林。

越南清化省自然保护区分布有紫荆木纯林、紫荆木格木混交林、紫荆木印度苦楮(*Castanopsis indica*)混交林(Pham, 2011)。紫荆木在密林中

生长缓慢, 寿命很长。在密林林冠下, 紫荆木天然更新良好, 林下幼苗生长良好, 大部分由种子萌发, 高度小于 1 m。格木林下的紫荆木生长受到限制, 为获取林下有限的光资源, 树冠偏离中心。紫荆木幼苗和种子呈集群分布。紫荆木密度较高, 多由成熟树组成。紫荆木更新速率高, 但苗木的成活率低。在郁闭度 0.65~0.75 的林中, 紫荆木生长速率和成活率最高。

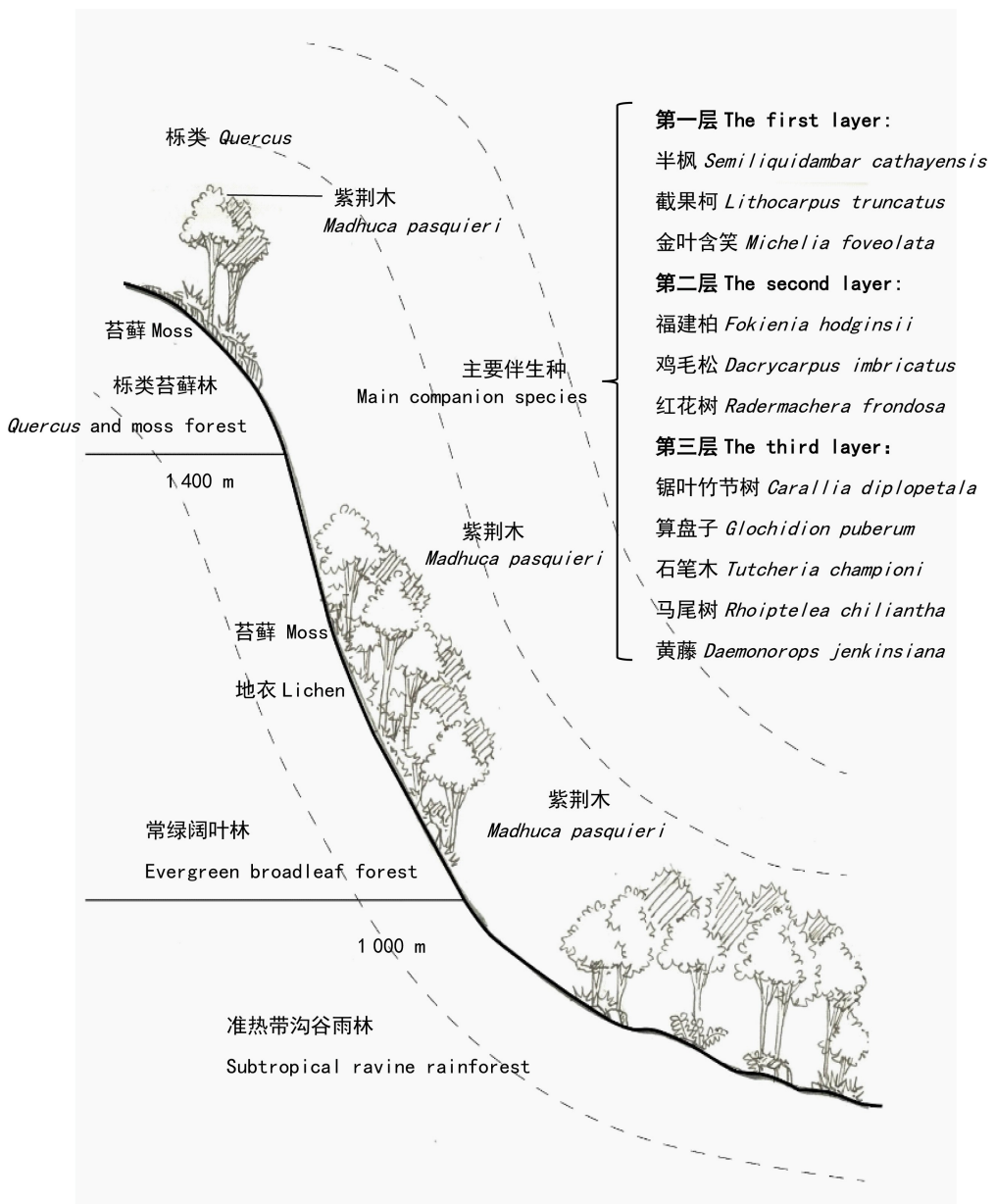


图 2 云南河口、屏边大围山紫荆木群落特征

Fig. 2 Community characteristics of *Madhuca pasquieri* at Hekou and Pingbian Mountain in Yunnan

在广西红鳞蒲桃季雨林中,紫荆木高温胁迫半致死温度为  $53.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,低温胁迫半致死温度为  $-4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (莫竹承等,2013a),能适应广西海岸的极端温度,因此不影响其在广西海岸的分布与生长。紫荆木的物候特征受降水量和日照时数的影响(莫竹承等,2013b)。新梢期、展叶期分别出现在日照时数多和降水量大的5月和6月,在6—9月

的雨季开花,9月到次年4月结果。

### 3 紫荆木保护应用及研究现状

目前,国内外针对紫荆木就地保护、迁地保护、化学成分、人工培育等开展了研究,但仍处于初级阶段,尤其缺乏长期的跟踪观测(表2)。在

表 2 紫荆木研究现状

Table 2 Research overview on *Madhuca pasquieri*

内容 Content	发现 Main result	国家 Country	来源 Reference
就地保护 <i>In situ</i> conservation	在广西弄岗自然保护区、广东罗浮山自然保护区、鼎湖山自然保护区、英德石门台自然保护区、连州田心保护区等开展。 Nonggang Nature Reserve in Guangxi, Guangdong Luofu Mountain Nature Reserve, Dinghu Mountain Nature Reserve, Yingde Shimentai Nature Reserve, Lianzhou Tianxin Reserve.	中国 China	王俊浩, 1994; 邓华格等, 2010; 缪绅裕等, 2013
迁地保护 <i>Ex situ</i> conservation	广东树木公园、华南农业大学树木园、云南西双版纳植物园、华南植物园、越南清化省紫荆木保护区开展。 Guangdong Trees Park, Arboretum of South China Agricultural University, Yunnan Xishuangbanna Botanical Garden, South China Botanical Garden, Tam Qui Natural Madhuca Reserve.	中国 China	温小莹等, 2006; 吴永彬和冯志坚, 2006 ( <a href="http://herbarium.scbg.cas.cn/">http://herbarium.scbg.cas.cn/</a> )
化学成分 Chemical content	从紫荆木树叶中提取出吡咯里西啶生物碱, 进行分离和鉴定, 研究其抗炎和细胞毒性的活动; 提取出的一种新的高单萜苷, 并研究分离化合物对 NO 合成的影响。 Pyrrolizidine alkaloid and madhumidine A were isolated and identified from leaves of <i>Madhuca pasquieri</i> , and their anti-inflammatory and cytotoxic activities were studied. A new high-monoterpenoid glycoside was extracted and the effect of isolated compounds on NO production were studied.	韩国 Korea	Hoang et al, 2015, 2016
培育技术 Cultivating technology	根据紫荆木种子发芽快的特点, 应推广采用容器育苗。 Container seedling can be promoted, according to the characteristics of fast germination of the seeds.	中国 China	吴庆初, 1990
种子育苗 Seed seedling	紫荆木的芽苗切根处理保留胚根长 2~4 cm, 成活率最高, 根系及植株的生长量也最大。 Keep the radicle 2~4 cm with the highest survival rate and the biggest root and plant growth of <i>M. pasquieri</i> .	中国 China	宾耀梅等, 2015
温度胁迫 Temperature stress	紫荆木高温胁迫半致死温度为 53.7 °C, 低温胁迫半致死温度为 -4.0 °C。 Semilethal temperature (LT50) is 53.7 °C, the cold LT50 is -4.0 °C.	中国 China	莫竹承等, 2013a
移栽胁迫 Transplanting stress	移栽胁迫对紫荆木的影响较小。 Transplanting stress has little effect on <i>M. pasquieri</i> .	中国 China	曾聪等, 2014
NaCl 胁迫 Nacl stress	NaCl 浓度越高, 紫荆木开始发芽时间和最大发芽量时间越往后推迟。 Higher NaCl concentration means later germination beginning time, later occurring time of maximum germination amount, shorter interval and lower maximum germination amount.	中国 China	李建凡等, 2014

韩国, 学者对紫荆木的化学成分和生物活性进行研究。越南清化省已建立保护区作为紫荆木培育基地, 研究其生长情况, 开展保护和引种栽培 (Pham, 2011)。

当前人工培育的紫荆木既有实生苗 (施莹等, 2009), 也有扦插育苗。紫荆木种子发芽快, 建议推广采用容器育苗 (吴庆初, 1990)。芽苗切根能抑制根系的顶端优势, 促进须根和侧根的生长。紫荆木的芽苗切根处理保留胚根长 2~4 cm, 成活率最高, 根系及植株的生长量也最大 (宾耀梅等, 2015)。

种子的萌发直接影响着种群的生存和发展, 因此研究影响种子的萌发因素, 对提高紫荆木幼

苗的生长有着至关重要的作用。紫荆木种子萌发受 NaCl 胁迫影响极其显著, 无浓度 (0 mmol · L<sup>-1</sup>) 和低浓度 (50 mmol · L<sup>-1</sup>) 条件下最适合种子萌发。在低浓度的 NaCl 胁迫下紫荆木种子各生长指标较高, 高浓度时则具有明显的抑制作用。

移栽是植被恢复和重建的主要组成部分, 研究苗木忍耐移栽胁迫的能力, 对其移栽成活及生长非常重要。在红鳞蒲桃季雨林树种中, 紫荆木的最佳移栽时间为起苗后 16 h 内, 移栽胁迫对紫荆木的影响较小 (曾聪等, 2014)。

紫荆木目前零星分布于各自然保护区内, 数量较少。就地保护是保护紫荆木的主要方式, 主要通过保护紫荆木的种质资源及它们赖以生存的

自然生态系统实施保护(严岳鸿等,2004;邓华格等,2010;缪绅裕等,2013;王俊浩,1994)。迁地保护在云南西双版纳植物园、华南植物园、鼎湖山树木园有一定进展(吴永彬和冯志坚,2006;温小莹等,2006;王俊浩,1994),紫荆木在华南农业大学树木园、鼎湖山自然保护区生长良好。目前国内外开展了大量的珍稀濒危植物回归工作,其中研究比较系统的有报春苣苔(*Primulina tabacum*)、虎颜花(*Tigridiopalma magnifica*)、漾濞槭(*Acer yangbiense*)等(任海等,2014),但目前国内外尚未对紫荆木开展回归研究。

## 4 研究展望

### 4.1 完善物种分布信息

研究表明,紫荆木野生种群自然分布区域主要集中在越南北部以及我国的广西南部、广东西南部和云南东南部。但是,物种分布信息不全面,部分植物标本缺乏海拔记录。因此,在地理分布基础上,开展紫荆木资源与分布区现状调查,分析地理分布规律、区系特征,完善标本记录,建立GIS信息管理系统档案。同时根据全球气候预测模型,将气候对紫荆木地理分布的可能影响进行预测,可为今后紫荆木的科学管理和进一步深入研究提供信息支撑。

### 4.2 开展野外群落学调查

紫荆木群落的物种组成丰富,垂直分布范围较广,在云南河口、屏边大围山的分布有明显的垂直分带。然而,在全球气候变化的条件下,受热量和水分影响的紫荆木分布格局变化还有待进一步研究。并且,目前仅对广西、云南的紫荆木野生种群有进行过群落调查,缺乏对其种群结构特征和动态演替规律的全面研究,譬如水平生态位、垂直生态位。可进一步在紫荆木主要分布点展开调查,对比研究其种群结构、空间分布格局动态、种间关联及环境因子尤其是海拔梯度对其种群分布的影响等,以探讨紫荆木分布格局及其形成机制,不仅对保护、恢复与扩大紫荆木的种群,发展其植物资源具有十分重要的意义,还可为分析亚热带、热带山地雨林多物种共存机制提供参考。

### 4.3 就地保护、迁地保护和回归有机结合

通过就地保护、迁地保护、回归三位一体的方式实现对珍稀濒危植物的保护(任海等,2014)。紫荆木野生种群地理分布研究揭示,紫荆木多分布在海拔较低的低山或丘陵。再加上人们无限制采收,其原有的生态环境受到毁林开荒等一系列人类活动的破坏,造成种群面积缩小和生境破碎化。因此加强就地保护,即在现有自然保护区和国家公园体系原生境保护的基础上,在紫荆木分布相对集中的区域,建立就地保护点位和长期固定监测样地,对低山、丘陵等被破坏的生境进行生态恢复,适时监测各地紫荆木的种群,建立物种就地保护点档案,为开展珍稀濒危植物的生态学与生物学特性研究以及探索其致濒原因提供宝贵的材料和基地(Ren et al, 2010)。

与此同时,通过植物园及其它引种设施对紫荆木进行迁地保护。进行合理的紫荆木种子保存工作和离体保存植物的器官和组织(吴小巧等,2004),深入研究人工培育技术,建立紫荆木的繁殖基地,扩大种群数量,为紫荆木种群恢复提供后备资源,使物种得以保存和繁衍进一步成为普通树种和园林绿化树种,促进城市绿化物种多样化。

对紫荆木实行野外回归工作应以就地保护和迁地保护为支撑,通过人工繁殖把植物引入到其原来分布的自然或半自然的生境中,以建立具有足够的遗传资源来适应进化改变、可自然维持和更新的新种群(Griffith et al, 1989)。在充分了解紫荆木生态学和生物学特性、繁育性状、遗传多样性水平等基础上(Wang et al, 2013),选择与紫荆木相同或相似的生境。利用生境分布模型预测适宜的回归地点(Adhikari et al, 2012),开展野外回归工作。这三类保护措施相辅相成,有助于实现对紫荆木的有效保护。

## 5 结论

紫荆木为现状稀有种,IUCN名录中濒危等级为VU易危,在中国被列为国家重点保护野生植物(Ⅱ级)和极小种群野生植物,是稀有的油料树种和珍贵的用材树种,具有极高的药用价值。在全

球气候变化和生境破碎化的大背景下,很有必要开展紫荆木的现状研究和制定保护策略。目前国内外在紫荆木的就地保护、迁地保护、人工培育技术等方面已开展了一些研究工作,但仍处于初级阶段。基于前人的研究经验,下一步建议完善野生紫荆木分布信息,开展野外群落学调查,并将就地保护、迁地保护和回归有机结合,并应用分子生物学技术加强紫荆木育种、繁殖和栽培技术的研究,以期实现对紫荆木的有效保护。

## 参考文献:

ADHIKARI D, BARIK SK, UPADHAYA K, 2012. Habitat distribution modelling for reintroduction of *Ilex khasiana* Purk. a critically endangered tree species of northeastern India [J]. *Ecol Eng*, 40(3): 37-43.

ARAUJO MB, PETERSON AT, 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling [J]. *Ecology*, 93(7): 1527-1539.

BIN YM, SUN X, LI L, et al, 2015. The effect of taproot-cutting treatments on seedling growth of *Madhuca pasquieri* [J]. *Guangxi For Sci*, 25(1): 63-66. [宾耀梅, 孙熹, 李璐, 等, 2015. 不同芽苗切根育苗处理对紫荆木苗木生长的影响 [J]. *广西林业科学*, 25(1): 63-66.]

BULLOCK JM, HODDER KH, 1997. Reintroduction: challenges and lessons for basic ecol [J]. *Trends Ecol Evol*, 12(2): 68-69.

CARDINALE BJ, DUFFY JE, GONZALEZ A, et al, 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity [J]. *Nature*, 486(7401): 59-67.

CHAPIN FR, ZAVALITA ES, EVINER VT, et al, 2000. Consequences of changing biodiversity [J]. *Nature*, 405(6783): 234-242.

CHEN LE, YU SX, MIAO RH, 1997. Rare and endangered plants and their distribution in Guangdong [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 5(4): 1-7. [陈里娥, 余世孝, 缪汝槐, 1997. 广东省国家级珍稀濒危保护植物及其分布 [J]. *热带亚热带植物学报*, 5(4): 1-7.]

DENG HG, WEN ZT, MIAO SY, et al, 2010. Species diversity of wild rare and endangered plants and characteristics of *Erythrophleum fordii* community on Luofushan [J]. *For Sci Technol Guangdong*, 26(3): 35-41. [邓华格, 温志滔, 缪绅裕, 等, 2010. 广东罗浮山珍稀濒危植物多样性及格木群落特征 [J]. *广东林业科技*, 26(3): 35-41.]

DUNG NT, WEBB EL, 2008. Combining local ecological knowledge and quantitative forest surveys to select indicator species for forest condition monitoring in central Vietnam

[J]. *Ecol Ind*, 8(5): 767-770.

ENGELMANN F, 2011. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity [J]. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 47(1S1): 5-16.

FAN P, FEI H, SCOTT MB, et al, 2011. Habitat and food choice of the critically endangered cao vit gibbon (*Nomascus nasutus*) in China: Implications for conservation [J]. *Biol Conserv*, 144(9): 2247-2254.

FRANZKE C, DUONGUONG TP, HOLLSTEIN E, 1971. Fatty acid composition of wild seeds of wildy growing oil-bearing plants of Vietnam [J]. *Fette Seifen Anstrichm*, 73(10): 639-642.

GASHI B, ABDULLAI K, SOTA V, et al, 2015. Micropropagation and *in vitro* conservation of the rare and threatened plants *Ramonda serbica* and *Ramonda nathaliae* [J]. *Physiol Mol Biol Plant*, 21(1): 123-136.

GODEFROID S, PIAZZA C, ROSSI G, et al, 2011. How successful are plant species reintroductions? [J]. *Biol Conserv*, 144(2): 672-682.

GRIFFITH B, SCOTT JM, CARPENTER JW, et al, 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy [J]. *Science (New York)*, 245(4917): 477-480.

HOANG LS, TRAN MH, LEE JS, et al, 2015. Anti-inflammatory activity of pyrrolizidine alkaloids from the leaves of *Madhuca pasquieri* (Dubard) [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 63(6): 481-484.

HOANG LS, TRAN MH, NGUYEN VT, et al, 2016. Isolation of a new homomonoterpene from *Madhuca pasquieri* and effect of isolated compounds on NO production [J]. *Nat Prod Comm*, 11(6): 729-732.

HUANG J, CHEN B, LIU C, et al, 2012. Identifying hotspots of endemic woody seed plant diversity in China [J]. *Divers Distrib*, 18(7): 673-688.

Journal West China Forestry Science, 1979. *Madhuca pasquieri* (Dubard) Lam [J]. *J W Chin For Sci*, 1: 1-5. [西部林业科学编辑部, 1979. 滇木花生 [J]. *西部林业科学*, 1: 1-5.]

KHAN S, AL-QURAINY F, MADEE M, 2012. Biotechnological approaches for conservation and improvement of rare and endangered plants of *Saudi arabia* [J]. *Saud J Biol Sci*, 19(1): 1-11.

KIEN N D, HARWOOD C, 2016. Timber demand and supply in Northwest Vietnam: The roles of natural forests and planted trees [J]. *Small-Scale For*, 16: 65-82.

LI JF, LI RF, YAN RB, et al, 2014. NaCl stress' impact on seed germination of *Madhuca pasquieri* [J]. *J Guangxi Agric*, 29(4): 27-29. [李建凡, 李日飞, 严荣斌, 等, 2014. NaCl 胁迫对紫荆木种子萌发的影响 [J]. *广西农学报*, 29(4): 27-29.]



- LIU N, ZHU W, SUN Z, et al, 2014. Canopy size dependent facilitations from the native shrub *rhodomyrtus tomentosa* to the early establishment of native trees *Castanopsis fissa* and *Syzygium hancei* in Tropical China [J]. *Restor Ecol*, 22 (4): 509–516.
- LI YY, SIMA YK, FANG B, et al, 2003. Current situation and evaluation of the national key protected wild plant resources in Yunnan Province [J]. *Acta Bot Yunnan*, 25(2): 181–191. [李玉媛, 司马永康, 方波, 等, 2003. 云南省国家重点保护野生植物资源的现状与评价 [J]. *云南植物研究*, 25 (2): 181–191.]
- MIAO SY, HUANG JL, TANG ZX, et al, 2013. Studies on the rare, endangered and national key protected plants at Tianxin Natrual Reserves of Lianzhou [J]. *J Guangzhou Univ (Nat Sci Ed)*, 12(5): 29–34. [缪绅裕, 黄金玲, 唐志信, 等, 2013. 广东连州田心保护区珍稀濒危保护植物研究 [J]. *广州大学学报(自然科学版)*, 12(5): 29–34.]
- MIAO SY, WANG HL, HUANG JL, et al, 2008. Population characteristics of some wild rare and endangered plants in North and Northeast of Guangdong Province, China [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 16(05): 397–406. [缪绅裕, 王厚麟, 黄金玲, 等, 2008. 粤北和粤东北若干珍稀濒危野生植物的种群特征 [J]. *热带亚热带植物学报*, 16(05): 397–406.]
- MO ZC, JIANG H, ZHANG XG, 2013a. Extreme temperature stress on dominant trees of *Syzygium hancei* forest along Guangxi coast [J]. *Guangxi Sci*, 20(1): 48–51. [莫竹承, 姜恒, 张秀国, 2013a. 广西海岸红鳞蒲桃林主要树种的温度胁迫 [J]. *广西科学*, 20(1): 48–51.]
- MO ZC, XU JQ, CHEN SY, 2013b. Phenological characters of dominant trees in *Syzygium hancei* monsoon forest [J]. *Guangxi Sci*, 20(3): 193–198. [莫竹承, 徐剑强, 陈树宇, 2013b. 红鳞蒲桃季雨林重要树种的物候特征 [J]. *广西科学*, 20(3): 193–198.]
- The State Forestry / The Ministry of Agriculture Administration, 1999. National key protected wild plants list (first batch) [J]. *Bull State Council People's Repub Chin*, 5: 4–11. [国家林业局/农业部, 1999. 国家重点保护野生植物名录(第一批) [J]. *中华人民共和国国务院公报*, 5: 4–11.]
- PHAM QV, 2011. Research on silvicultural properties of *Madhuca pasquieri* H. J. lam species in Tam Qui Natural Madhuca Reserve, Ha Trung District, Thanh Hoa Province [J]. *Nong Nghiep Phat Trien Nong Thon*, 7: 86.
- REN H, JIAN SG, LIU HX, et al, 2014. Advances in the reintroduction of rare and endangered rild plant species [J]. *Sci Sin (Vit)*, 57(6): 603–609. [任海, 简曙光, 刘红晓, 等, 2014. 珍稀濒危植物的野外回归研究进展 [J]. *中国科学: 生命科学*, 57(6): 603–609.]
- REN H, ZHANG Q, WANG Z, et al, 2010. Conservation and possible reintroduction of an endangered plant based on an analysis of community ecology: A case study of *Primulina tabacum* Hance in China [J]. *Plant Spec Biol*, 25(1): 43–50.
- REN H, ZHANG Q, LU H, et al, 2012. Wild plant species with extremely small populations require conservation and re-introduction in China [J]. *Ambio*, 41(8): 913–917.
- ROVZAR C, GILLESPIE TW, KAWELO K, 2016. Landscape to site variations in species distribution models for endangered plants [J]. *For Ecol Manag*, 369: 20–28.
- SHI Y, YANG B, 2009. Seedling cultivation techniques [J]. *For Sci Technol*, 11: 31 [施莹, 杨斌, 2009. 滇木花生实生苗培育技术 [J]. *林业科技通讯*, 11: 31.]
- SLAZAK B, SLIWINSKA E, SALUGA M, et al, 2015. Micro-propagation of *Viola uliginosa* (Violaceae) for endangered species conservation and for somaclonal variation-enhanced cyclotide biosynthesis [J]. *Plant Cell Tiss Org*, 120(1): 179–19.
- TRAN H, IIDA S, INOUE S, 2005. Species composition, diversity and structure of secondary tropical forests following selective logging in Huong Son, Ha Tinh Province, Vietnam [J]. *J Fac Agric Kyushu Univ*, 50(2): 551–571.
- VARGHESE AO, MURTHY Y, 2006. Application of geoinformatics for conservation and management of rare and threatened plant species [J]. *Curr Sci*, 91(6): 762–769.
- WANG C, WAN J, MU X, et al, 2015. Management planning for endangered plant species in priority protected areas [J]. *Biodivers Conserv*, 24(10): 2383–2397.
- WANG JH, 1994. *Ex and in situ* conservation of the rare and endangered plants in Dinghushan Biospere Reserve [C]. Beijing: The first National Biodiversity Conservation and Sustainable Use Conference: 5. [王俊浩, 1994. 鼎湖山自然保护区珍稀濒危植物的迁地、就地保护 [C]. 北京: 首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会: 5.]
- WANG SL, TAN WF, PENG DR, et al, 2011. Analysis on *in situ* conservation of important species in Guangxi [J]. *J Beijing For Univ*, 33 (S2): 72–78. [王双玲, 谭伟福, 彭定人, 等, 2011. 广西重点物种就地保护现状分析 [J]. *北京林业大学学报*, 33(S2): 72–78.]
- WANG XP, LI JQ, LI XX, 2001. The study of seasonal rain forest classification in acid soil region of Guangxi [J]. *Bull Bot Res*, 4: 456–469. [王献溥, 李俊清, 李信贤, 2001. 广西酸性土地地区季节性雨林的分类研究 [J]. *植物研究*, 4: 456–469.]
- WANG XP, HU SS, 1982. Community characteristics of seasonal rain forests in acid soil region of Guangxi [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2(2): 69–82. [王献溥, 胡舜士, 1982. 广西酸性土地地区季节性雨林的群落学特点 [J]. *西北植物学报*, 2(2): 69–82.]
- WANG ZF, REN H, LI ZC, et al, 2013. Local genetic structure in the critically endangered, cave-associated peren-

- nial herb *Primulina tabacum* (Gesneriaceae) [J]. Biol J Linn Soc, 109(4): 747-756.
- WEN XY, CHEN JX, WANG MH, et al, 2006. Rare and endangered plants and national key protected plants in Guangdong Tree Park [J]. Guangdong For Sci Technol, 22(4): 26-30. [温小莹,陈建新,王明怀,等,2006. 广东树木公园珍稀植物资源现状及保护对策 [J]. 广东林业科技, 22(4):26-30.]
- WEN YG, LI ZJ, LI XX, et al, 2014. Types of vegetation and their classified systems in Guangxi [J]. Guangxi Sci, 21(5): 484-513. [温远光,李治基,李信贤,等,2014. 广西植被类型及其分类系统 [J]. 广西科学,21(5):484-513.]
- WU QC, 1990. Analysis and study on the trunks of *Madhuca pasquieri* [J]. Guangxi For Sci Technol, 3: 29-32. [吴庆初,1990. 紫荆木的树干解析及其研究 [J]. 广西林业科技,3:29-32.]
- WU XQ, HUANG BL, DING YL, 2004. The advance on the study of protection of rare and endangered plants in China [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 28(2): 72-76. [吴小巧,黄宝龙,丁雨龙,2004. 中国珍稀濒危植物保护研究现状与进展 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 28(2):72-76.]
- WU YB, FENG ZJ, 2006. Rare and endangered plants and national key protected plants for *ex situ* conservation in South China Agricultural University Arboretum [J]. J S Chin Agric Univ, 27(3): 118-121. [吴永彬,冯志坚,2006. 华南农业大学树木园稀有濒危植物和国家重点保护植物的迁地保护 [J]. 华南农业大学学报, 27(3):118-121.]
- XIANG WS, LU SH, WEN SJ, et al, 2015. Sample effects on species-area relationships of typical forests in karst and non-karst mixing distribution areas [J]. Guihaia, 35(3): 309-316. [向悟生,陆树华,文淑均,等,2015. 取样方式对喀斯特和非喀斯特混合分布区森林种-面积关系的影响 [J]. 广西植物,35(3):309-316.]
- YAN YH, HE ZX, CHEN HF, et al, 2004. The survey and conservation on the rare and endangered plants in Shimentai Nature Reserve, Guangdong [J]. Guihaia, 24(1): 1-6. [严岳鸿,何祖霞,陈红锋,等,2004. 广东石门台自然保护区珍稀濒危植物及其保护 [J]. 广西植物, 24(1):1-6.]
- ZENG C, SHI XF, QIU GL, et al, 2014. The influence of transplanting stress on seedlings physiological characteristic of five dominant species in *Syzygium hancei* communities [J]. J Guangxi Acad Sci, 4, 263-268. [曾聪,史小芳,邱广龙,等,2014. 移栽胁迫对红鳞蒲桃群落5种优势植物苗木生理特征的影响 [J]. 广西科学院学报, 4:263-268.]
- ZHANG YB, MA KP, 2008. Geographic distribution characteristics of the national key protected wild plants in China [J]. Chin J Appl Ecol, 19(8): 1670-1675. [张殷波,马克平,2008. 中国国家重点保护野生植物的地理分布特征 [J]. 应用生态学报, 19(8):1670-1675.]