

景宁木兰保护生物学研究进展

徐建恩¹, 石从广², 申亚梅³, 仇建习⁴, 李因刚², 诸葛菲², 周伟琴¹, 杨伟丽⁴

(1. 丽水市莲都区峰源林业工作中心站, 浙江 丽水 323000; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 3. 浙江农林大学风景园林与建筑学院, 浙江 杭州 311300; 4. 丽水市莲都区生态林业发展中心, 浙江 丽水 323000)

摘要: 景宁木兰 *Magnolia sinostellata* 是浙江特有种, 为浙江省重点保护濒危植物。本文从分布特征、繁育系统、遗传多样性、逆境胁迫等方面综述了过去 30 余年 (1984 年首次被发现至 2021 年) 国内外学者对于景宁木兰的保护生物学研究的成果, 梳理了景宁木兰濒危的主要原因: (1) 花粉进入柱头后存在受精障碍导致自交和杂交不育或少育; (2) 群落结构简单且不稳定; (3) 群落形成的遮阴削弱了景宁木兰幼苗的生长势。探讨了目前的研究存在的问题, 认为对于景宁木兰雌雄配子体和胚胎发育的研究仍存在空白, 无性繁殖技术体系还不成熟, 缺少景宁木兰与其他物种的种间关联研究。提出今后应综合各学科的技术手段对景宁木兰开展长期且系统的监测研究, 以期更深入地了解景宁木兰的濒危机制, 为景宁木兰的保护和繁育提供理论依据。

关键词: 景宁木兰; 群落; 逆境生理; 遗传多样性; 濒危; 无性繁殖

中图分类号: Q949.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3776(2022)03-0097-05

Advances in Conservation Biology of *Magnolia sinostellata*

XU Jian-en³, SHI Cong-guang¹, SHEN Ya-mei², QIU Jian-xi⁴, LI Yin-gang¹, ZHUGE Fei¹, ZHOU Wei-qin³, YANG Wei-li⁴

(1. Lishui Liandu Fengyuan Forestry Station of Zhejiang, Lishui 323000, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China; 3. College of Landscape, A & F University, Hangzhou 311300, China; 4. Lishui Liandu Ecological Forestry Development Center of Zhejiang, Lishui 323000, China)

Abstract: Reviews were made on research achievements on conservation biology of *Magnolia sinostellata* in the past 30 years (from 1984 when it was first reported to 2021) in terms of distribution characteristics, breeding system, genetic diversity and adversity stress. There were three reasons for it to be endangered. Fertilization barriers after pollen entered the stigma lead to self-pollination and hybrid sterility or hypo fertility. The community structure was single and unstable. The shading caused by community formation weakened the growth potential of *M. sinostellata* seedlings. Challenges needed to be faced, such as no researches on male and female gametophyte and embryo of *M. sinostellata*, interspecific relationship between *M. sinostellata* and other species, not mature asexual reproduction technology system. Recommendations were put forwarded on further long and systematic monitoring on dynamics of *M. sinostellata* population for better understanding its endangered mechanism.

Key words: *Magnolia sinostellata*; community; stress physiology; genetic diversity; endangered; asexual reproduction

景宁木兰 *Magnolia sinostellata* 为木兰科 Magnoliaceae 木兰属 *Magnolia* 落叶灌木或小乔木^[1], 其花期早、花型独特、花色多变、枝叶扶疏, 是优良的花灌木, 具有较高的科学研究和园林观赏价值^[2-3]。景宁木兰于 1984 年首次在浙江景宁草鱼塘分场被发现, 并在 1989 年被植物分类学家裘宝林和陈征海定名为木兰属新种^[4], 是浙江特有种^[5], 也是浙江省重点保护的濒危物种^[6]。因为种群数量稀少、分布区域狭窄和结实率低的原因, 2012

收稿日期: 2021-12-06; 修回日期: 2022-02-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31800539); 浙江省景宁木兰珍稀濒危野生植物保护繁育研究

作者简介: 徐建恩, 工程师, 从事森林资源监测研究; E-mail:2783236079@qq.com。通信作者: 石从广, 博士, 副研究员, 从事林木遗传育种研究; E-mail:419782450@qq.com。

年,景宁木兰被列入浙江省重点保护野生植物名录(第一批);2016年,被国际植物园保护联盟(BGCI)、动植物保护国际(FFI)和全球树木专家组织(IUCN/SSC)等联合出版的《木兰科植物红色名录》修订版(2016年3月)列为濒危植物(En)^[7]。因此,为进一步揭示景宁木兰的濒危机制,本文从分布特征、繁育系统、遗传多样性、逆境胁迫等方面综述了景宁木兰的保护生物学研究现状,综合分析当前研究存在的不足和问题,并对今后的研究方向进行了展望,为进一步深入研究和保护景宁木兰提供理论依据。

1 景宁木兰研究进展

1.1 自然分布及生境特征分析

景宁木兰自然分布区极其狭窄,主要分布于浙江省景宁草鱼塘森林公园、松阳牛头山地区、丽水莲都峰源乡及温州雁荡山风景区这4个地区^[3,8-10]。其中,松阳牛头山区域内的种群的株数最多,有250株,在海拔1000m以上成群分布;景宁草鱼塘森林公园(景宁县林业总场草鱼塘分场)有130株;丽水莲都区峰源乡约有70株,分布较为分散;温州雁荡山风景区分布最少,仅发现5株,并且各株之间距离较远。在丽水莲都区峰源乡葑垟村海拔968m处,发现较多数量的居群,主要分布于小溪边;在峰源乡尤源村海拔972m左右发现2个居群,每居群约20丛,长势良好。2021年,梅中海等^[10]采用实地调查发现,浙江景宁草鱼塘国家森林公园内景宁木兰分布于海拔950~1250m的中高山区域,共发现有野生景宁木兰群落7个,计211丛1787株。从4个区域的具体分布看,景宁木兰主要分布在浙南山区的北坡(阴坡),喜欢阴凉湿润、水分充足的环境,多呈分散性分布,少有成群分布,垂直分布在海拔750~1300m的区域。

对景宁木兰生境群落特征的研究显示,景宁木兰多生长于光照充足的针叶林群落,在针阔混交林群落和阔叶林群落分布较少。周秀兰等^[8]的调查显示,景宁木兰群落主要分布于浙南中山的阴坡山沟或小溪边,伴生植物主要为箬竹 *Indocalamus tessellatus*, 杜鹃属 *Rhododendron*、吊钟花属 *Enkianthus*、栎属 *Quercus* 植物和黄山松 *Pinus taiwanensis* 等。余泽智等^[3]对景宁木兰群落的空间结构和物种多样性的分析结果表明,景宁木兰群落中乔木层、灌木层和草本层3个层次间物种多样性的差别不大,物种分布较为均匀,灌木层物种相对丰富,其主要分布区群落中,植物种类不多,物种丰富度和多样性处于较低水平,结构较为单一,容易受到外界干扰与破坏。由此推断,群落结构单一且不稳定是导致景宁木兰濒危的重要因素之一。

1.2 繁育特性研究

景宁木兰主要以虫媒传粉和自花授粉为主,但是由于景宁木兰存在雌蕊后熟现象,因此多为异花授粉,景宁木兰的传粉媒介主要以蜜蜂等为主,然而,在自然条件下,景宁木兰的自花授粉结实率仅为1.0%;自然条件下去掉花被片的结实率为4.0%;人工授粉处理的结实率为12.0%^[11]。陈翔翔等^[12]通过人工杂交实验发现,花粉管可以生长至花柱,但是进入花柱后,花粉管会出现扭曲,导致不能受精,影响胚发生,是导致景宁木兰结实率低的直接原因。

植物受精成败受花粉活力、柱头生活力和环境温度、湿度等影响。在自然条件下,花粉是遗传信息的载体和交流工具,其生活力直接影响植物授粉受精乃至座果^[13]。研究表明,培养基中添加5%蔗糖和0.01% H_3BO_3 有利于景宁木兰花粉萌发,花粉的萌发率最高可达93.96%^[14],在30 $g \cdot L^{-1}$ 蔗糖、200 $mg \cdot L^{-1}$ H_3BO_3 + 200 $mg \cdot L^{-1}$ $CaCl_2$ 的液体培养基上花粉的萌发率可达74.56%^[15],且研究进一步显示,新鲜花粉活力显著高于干燥及冷藏处理的,但在室温下花粉生活力丧失较快,4℃低温相对于常温可使花粉具有较高生活力,但延长花粉活力时间有限(延长10d左右),而更低温(-20℃和-80℃)有利于花粉生活力的保持。

1.3 遗传多样性分析

一个物种的长期生存,依赖于其居群内和居群间足够的遗传变异以适应不断变化的生境条件。WANG等^[16]发现景宁木兰在原地不同居群间具有较为丰富的遗传多样性,其中景宁居群、松阳居群与莲都居群间的遗传多样性差异不明显,而雁荡山居群的遗传多样性水平较低,4个分布区均出现一定程度的遗传漂变,居群间遗传分化现象严峻,对其授粉、结实和种群更新造成一定影响,从而进一步解释了景宁木兰濒危的主要原因。

在与其他木兰属物种亲缘关系比较结果显示,运用ISSR分析比较时,景宁木兰与天目木兰 *M. amoena* 的遗

传距离最近, 亲缘关系也最近^[17]; 运用 AFLP 分析结合形态分析结果支持将景宁木兰、天目玉兰与望春玉兰 *M. biondii* 同归为望春玉兰组 Sect. *Buergeria*^[18]; 运用 EST-SSR 标记分析结果表明, 可以将玉兰亚属 Subgen. *Yulania* 材料分为白玉兰 *Y. denudata* 类群和望春玉兰类群等 4 个类群, 进一步证实了景宁木兰和天目木兰亲缘关系较近, 被归入望春玉兰类群^[19]。

1.4 非生物环境因子对景宁木兰胁迫的影响

景宁木兰产于浙江, 且多分布于针叶林群落下层或北坡沟谷附近, 零星分布于针阔混交林群落、常绿阔叶林群落与毛竹 *Phyllostachys edulis* 林单优群落^[9]。但俞芹等发现, 景宁木兰属阳性植物, 实验期内幼苗对水分胁迫不敏感, 也适应一定的遮阴环境, 且适当的遮阴能促进其生长^[20-21]。但在景宁木兰生殖发育过程中, 需要一定的光照才能促进其开花结果。而在野生环境下, 上层乔木的遮阴可能是限制其生长发育的重要因子^[22]。因此, 陆丹迎等^[23]采用成年的景宁木兰为研究对象, 通过模拟自然遮阴条件处理, 结果发现 9 个 *MsPIFs* 家族基因表达均发生不同程度的变化, 其中 *MsbHLH23* 基因的表达变化较其他基因更为明显, 在遮阴处理 5 d 和 10 d 时, *MsbHLH23* 基因的表达量上调, 分别为对照的 52.77 与 20.03 倍, 且随着处理时间的延长, 其激素水平呈现了相应的变化。由此说明上层乔木遮阴抑制了景宁木兰的生长发育, 从而限制其种群更新复壮。

以上研究结果显示, 景宁木兰性喜温凉湿润、水分充足的环境, 但随着全球气候变暖, 极端气温频繁发生, 高温环境严重影响着植物的生长。刘璐^[24]以景宁木兰分蘖苗为研究对象, 采取高温胁迫处理, 结果表明, 随着胁迫的增强, 光合特性以及酶活性等发生变化, 如叶片中碳同化酶类如 1,5-二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶 Rubisco、果糖-1,6 二磷酸酶 FBPase、蔗糖磷酸合成酶 SPS 的活性, 并影响了景宁木兰叶片中糖类物质的运输和分配, 使蔗糖、葡萄糖、果糖含量降低, 淀粉积累量增加, 以应对高温胁迫产生的伤害, 但是在高温持续 48 h 时, 景宁木兰出现严重的胁迫现象。

综上所述, 与木兰科其他植物类似, 景宁木兰对逆境有一定的适应性, 遮阴、积水和高温胁迫触发了相关基因上调表达, 增加叶片内抗氧化酶活性, 增加叶绿素合成, 提高净光合速率, 使得景宁木兰在遭遇非极端逆境下也能维持正常生长, 这为景宁木兰的引种栽培和在城市中的推广应用提供了理论依据。

2 景宁木兰研究中存在的问题

2.1 涵盖的生活史阶段不全面

就生活史阶段来说, 以往的研究主要集中在景宁木兰种子和幼苗阶段, 虽然已有研究开展了景宁木兰生物学特征^[1-2]、生长节律和物候期^[2,11]、繁殖器官特征^[11,25]、花粉活力^[13-15]、传粉特征和自交亲和性^[12]等方面的研究, 并以此推断出可能的濒危原因和保护对策, 但有关景宁木兰雌雄配子体发育和胚胎发育过程的研究几乎空白, 需要从生理学、细胞学和解剖学的角度深入研究景宁木兰成年植株开花多但结实率低、种子萌发率低的原因。建议今后研究可通过长期监测景宁木兰, 重点关注小苗至成年灌木阶段生活节律、成活率等参数与环境的关系。

2.2 种间互作研究匮乏

目前, 有关景宁木兰的研究主要针对其个体或种群, 针对景宁木兰群落的研究仍较少^[3,9]。关于景宁木兰与其他植物的竞争、与动物(尤其是昆虫)和微生物的互作如何影响景宁木兰在群落中的生存和繁衍的研究更是少见报道。余泽智^[3]的调查显示, 景宁木兰群落所处的演替阶段不同, 所在群落的空间结构、优势种和物种多样性会有很大差异, 但是对于群落中的优势种如何与景宁木兰互作、群落物种多样性对景宁木兰的生长和繁殖到底有什么影响等关键问题仍然知之甚少。

2.3 无性扩繁技术不够成熟

尽管景宁木兰的扦插和嫁接技术取得了成功^[26-28], 且可以应用到生产实际中, 但景宁木兰作为濒危植物, 可供扦插和嫁接的穗条有限, 导致了其不能通过扦插和嫁接实现大规模无性扩繁。

根孽萌芽方面, 目前仅有相似种星花木兰 *M. tomentosa* 的相关报道, TAMAKI 等^[29]对星花木兰所在的暖温带次生林样地所有植被进行净伐, 发现部分星花木兰植株在采伐后第二年萌发出花蕾, 第三年春季和夏季开花结果, 推测星花木兰具有较强的萌蘖能力。组织培养方面, 王靓颖等^[30]从外植体类型的选择、消毒时间、预处

理方法、离体培养条件和抗褐化剂类型选择等方面进行研究,筛选出景宁木兰组织培养的最佳方案,但不论何种种外植体,在继代培养过程中均存在较严重的污染和褐化现象,阻碍了组织细胞的分化,虽然通过外植体消毒和添加抗褐化剂能减缓污染和褐化,但组培仅局限于初代和继代培养,距离诱导愈伤和生根还有不少问题需要解决。郎校安等^[31]发明了一种景宁木兰腋芽组织培养的繁育方法,此发明所提供繁育方法可加快景宁木兰的繁殖速度,且得到的景宁木兰移栽苗木能保持母种特性,但纵观专利的权利要求书,发现景宁木兰带腋芽茎段经过初代、继代和生根培养,直接从腋芽生长成幼苗,没有涉及到诱导愈伤和增殖培养,不仅外植体的选取范围有限,而且繁殖系数较低,无法满足生产实际中的大规模无性扩繁。因此,还需对景宁木兰的无性繁殖技术特别是组织培养和根孽繁殖做进一步研究,以满足实际生产中大规模无性扩繁的需要。

3 小结和展望

综上所述,国内外专家学者已经从天然分布特征、繁育系统、遗传多样性、逆境胁迫等方面对景宁木兰作了广泛的研究,这些研究很好地展现了景宁木兰的种群生态学、繁育系统、分子生物学和逆境生理学特征,揭示了景宁木兰种群的濒危原因。本文通过梳理,总结出3条导致景宁木兰进入濒危状态的主要原因:首先,花粉进入柱头后存在受精障碍导致景宁木兰自交不育或少育(结实率低);其次,景宁木兰群落结构单一且不稳定,易受外界干扰和破坏;最后,群落所形成的遮阴削弱了景宁木兰幼苗的生长势。在后续的研究中,需采用综合技术手段,长期监测原生境中景宁木兰种群的动态变化,进而通过多学科交叉深入研究景宁木兰的濒危机制,为景宁木兰的保护和繁育提供理论依据。

参考文献:

- [1] 裘宝林,陈征海. 浙江木兰属一新种[J]. 植物分类学报, 1989, 27(1): 79-80.
- [2] 斯金平,徐端妙,钟炳武. 景宁木兰生物生态特性的初步研究[J]. 浙江林业科技, 2001, 24(1): 11-12, 24.
- [3] 余泽智,陈翔翔,卢璐,等. 景宁玉兰种群分布与群落结构研究[J]. 浙江林业科技, 2015, 35(3): 47-52.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] 王昌腾,叶春林. 浙江省特有野生珍贵植物濒危原因及保护对策[J]. 福建林业科技, 2007, 34(2): 202-204.
- [6] 张若蕙. 浙江珍稀濒危植物[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994: 1-23.
- [7] 景宁县人民政府中国景宁木兰保护研讨会暨回归实践成功举行EB/OL. http://www.jingning.gov.cn/art/2017/10/12/art_1401918_18348801.html
- [8] 周秀兰,季必浩,金民忠,等. 景宁木兰原生地植物多样性及其保护现状评价[J]. 福建农业科技, 2015(12): 66-67.
- [9] 杜有新,吴伟建,刘跃钧,等. 不同生境下景宁玉兰灌丛萌生形态及其生殖特征[J]. 生态学报, 2018, 38(23): 154-161.
- [10] 梅中海,徐端妙,林秀君,等. 景宁县畲乡草鱼塘国家森林公园景宁木兰资源调查与保护[J]. 绿色科技, 2021, 23(13): 168-169.
- [11] 刘饶,徐端妙,潘智慧,等. 景宁木兰濒危原因初探[J]. 河北农业科学, 2009, 13(6): 31-32.
- [12] 陈翔翔,卢璐,范李节,等. 景宁木兰远缘杂交授粉过程障碍研究[J]. 植物研究, 2017, 37(6): 816-824.
- [13] 王钦丽,卢龙斗,吴小琴,等. 花粉的保存及其生活力测定[J]. 植物学通报, 2002, 19(3): 365-373.
- [14] 刘饶,蒋燕锋,许元科,等. 景宁木兰花粉生活力测定[J]. 浙江林业科技, 2012, 32(5): 60-62.
- [15] 卢璐,余泽智,刘雪燕,等. 景宁木兰花粉萌发与贮藏特性[J]. 植物研究, 2014, 34(2): 182-18.
- [16] WANG X, CHEN W, LUO J, et al. Development of EST-SSR markers and their application in an analysis of the genetic diversity of the endangered species *Magnolia sinostellata*[J]. Molec Gen Genom, 2019, 294: 135-147.
- [17] 蒋艳峰. 景宁木兰与木兰属其他植物之间亲缘关系与遗传基础研究[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(2): 22-25.
- [18] 刘秀丽,胡陶,张启翔. 16种玉兰亚属植物的 AFLP 分析[J]. 东北林业大学学报, 2013(8): 91-94.
- [19] 王型力,骆甲,姚张秀,等. 基于 EST-SSR 标记的部分玉兰属植物亲缘关系分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(24): 8087-8095.
- [20] YU Q, SHEN Y M, WANG Q Y, et al. Light deficiency and waterlogging affect chlorophyll metabolism and photosynthesis in *Magnolia sinostellata*[J]. Trees, 2019, 33(1): 11-22.
- [21] 俞芹,王倩颖,刘志高,等. 光强与水分处理下景宁木兰光合光响应模型拟合比较[J]. 生态学杂志, 2018, 37(3): 898-905.
- [22] LU DY, LIU B, REN M J, et al. Light deficiency inhibits growth by affecting photosynthesis efficiency as well as JA and ethylene signaling in endangered plant *Magnolia sinostellata*[J]. Plants, 2021, 10(11): 2261.
- [23] 陆丹迎,程少禹,章颖佳,等. 景宁木兰 PIF 转录因子的生物信息学分析及极端遮阴条件下的表达模式[J]. 浙江农林大学学报, 2021, 38(3): 445-454.
- [24] 刘璐. 极端高温对濒危植物景宁木兰光合特性的影响[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2016.
- [25] 斯金平,蔡通爱. 珍稀濒危植物—景宁木兰的保护及发展[J]. 浙江林业科技, 1998, 8(1): 68-70.
- [26] 余泽智,卢璐,刘雪燕,等. 景宁木兰穴盘扦插繁殖技术研究[J]. 种子, 2013, 32(4): 118-119.
- [27] 王靓颖,魏建芬,申亚梅. 3种玉兰全光照扦插繁殖技术[J]. 种子, 2017, 36(3): 128-129.
- [28] 季必浩,范李节,王宁杭,等. 景宁玉兰春季嫁接技术的研究[J]. 浙江林业科技, 2017(4): 45-48.
- [29] TAMAKI I, NOMURA K, NOMURA R, et al. Evaluation of a field experiment for the conservation of a *Magnolia stellata* stand using clear-cutting [J]. Landscape Ecol Eng, 2018, 14(2): 269-276.
- [30] 王倩颖,唐佳妮,刘志高,等. 景宁木兰组织培养外植体选择与抗褐化研究[J]. 广西植物, 2017, 37(9): 1088-1095.
- [31] 郎校安,李凌飞,张苏州,等. 一种景宁木兰腋芽组织培养的繁育方法: 202011410319.3[P]. 2020.