

◆濒危植物与生物多样性保护◆

濒危植物红豆属的保育生物学研究进展^{*}韦 霄^{1,2,*}, 何国华^{1,2}, 唐健民², 丰 硕^{2,3}, 李 茜^{2,3}, 卢 励^{2,3}, 蔡欣茹^{2,4}

(1. 桂林理工大学旅游与风景园林学院, 广西桂林 541006; 2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006; 3. 广西师范大学, 珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室, 广西桂林 541006; 4. 桂林医学院药学院, 广西桂林 541004)

摘要: 红豆属(*Ormosia*)植物是珍贵用材和观赏树种, 部分树种具有药用价值。除小叶红豆(*Ormosia microphylla*)为国家一级重点保护野生植物外, 其余均为国家二级重点保护野生植物。由于自身因素、自然因素及人为因素影响, 红豆属植物的分布空间正在逐步缩小, 资源逐渐减少, 对其开展保护工作已迫在眉睫。因此, 本文对红豆属植物分布现状、繁殖技术、遗传多样性、生理生态学、适应性等保育生物学研究进行归纳总结, 并在此基础上提出加强原生栖息地保护、优化就地与迁地保护策略, 深入探索红豆属植物的适应机制与进化潜力, 系统开展种群动态和恢复策略研究等建议, 以期实现其资源的有效保护与合理利用。

关键词: 红豆属; 研究现状; 保育生物学; 遗传多样性; 生理生态学

中图分类号: Q949.751.9 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2025)02-0226-10
DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20250624.003

红豆属(*Ormosia*)隶属于豆科(Fabaceae)蝶形花亚科(Papilionoideae), 全属约 130 种, 我国分布有 37 种, 其中 34 种为特有种, 主要分布在五岭以南的亚热带地区, 国外主要分布在东南亚、澳大利亚西北部 and 热带美洲等地区^[1]。红豆属植物为木本植物, 材质优良, 使用范围广泛, 可用作家具、建筑、农具及造纸原料等; 部分树种具有良好的景观效果, 可用于园林绿化; 其种子形态优美, 可加工成各类工艺品^[2]。红豆属植物枝干富含生物碱、黄酮类、三萜类及其他多种化合物, 在抗氧化、抗癌、杀虫和抑菌等方面表现出优

良的药理活性, 因此部分红豆属植物的根、茎、叶和种子可药用^[3-4]。随着科技的发展, 人类对环境的破坏日益严重, 适宜植物生存的生境不断减少, 严重影响了植物生态多样性。由于人为破坏、环境变化、结实率低等因素, 红豆属植物普遍存在分布区狭窄、种群自然更新缓慢等问题。在生态演替过程中, 部分种类甚至可能会因竞争力下降而逐渐被其他物种取代。除小叶红豆(*Ormosia microphylla*)被列为《国家重点保护野生植物名录》一级重点保护野生植物外, 中

收稿日期: 2024-10-04

修回日期: 2024-11-12

* 国家重点研发计划项目(2022YFF1300703), 广西自然科学基金项目(2024GXNSFAA010452, 2023GXNSFAA026253), 广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室自主项目(ZRJJ2024-3, ZRJJ2024-11), 广西林业科技推广示范项目(2024GLKX10, 2023LYKJ03, [2022]GT23), 河池科技基础与人才项目(河科 AC231113), 广西植物研究所基本科研业务费(桂植业 25009)资助。

【第一作者简介】

韦 霄(1967—), 男, 研究员, 主要从事经济植物引种驯化和珍稀濒危植物保护生物学研究, E-mail: 690814668@qq.com。

【*通信作者】

【引用本文】

韦霄, 何国华, 唐健民, 等. 濒危植物红豆属的保育生物学研究进展[J]. 广西科学, 2025, 32(2): 226-235.

WEI X, HE G H, TANG J M, et al. Advances in Conservation Biology of Endangered *Ormosia* Species [J]. Guangxi Sciences, 2025, 32(2): 226-235.

国分布的红豆属植物被列为二级重点保护野生植物^[5]。当前红豆属植物研究已涉及化学成分、药理作用等方面^[6-8],但系统性、综合性的保育生物学研究仍显不足。为推动红豆属植物的资源保护与可持续利用,本文系统归纳其分布现状、繁殖技术、遗传多样性、生理生态适应性等方面的研究进展,并在此基础上对未来的研究如遗传改良、生态适应机制解析、人工繁育技术优化及多功能开发利用等进行展望。

1 红豆属植物种群分布及群落特征

1.1 空间分布特征

由表 1 可知,红豆属植物在我国分布狭窄,主要分布在广西、广东两省区,其中广西分布 26 种(包括

2 个变种、5 个特有种)、广东分布 17 种(包括 3 个特有种)。许多种仅单独分布在某一省区,生长于特定地区,如岩生红豆(*O. saxatilis*)、南宁红豆(*O. nanningensis*)、博罗红豆(*O. boluoensis*)等。以博罗红豆为例,其仅在广东象头山国家级自然保护区分布有 1 个种群。红豆属植物通常呈聚集分布,但随着空间尺度的增大,其分布格局也随之发生变化:幼树主要表现为聚集分布,而随着径级的增加,聚集程度逐渐减弱,成年植株多呈随机或零星分布,种群之间相互孤立^[9-11]。通过实地调研与文献分析,笔者补充完善了红豆属植物多数物种的物候期、生境特征和分布数据(表 1),目前仅剩缘毛红豆(*O. howii*)暂无物候期记录。

表 1 国内红豆属植物的生物学特征与生态分布

Table 1 Biological characteristics and ecological distribution of *Ormosia* species in China

物种 Species	物候期 Phenophase	海拔/m Altitude/m	生境 Habitat	分布范围 Distribution range
<i>O. balansae</i>	Flowering period: June to July Fruiting period: October to December	300—1 000	Valleys and streams in a broad-leaved mixed forest ^[1-2]	Guangxi (Shiwandashan mountain), Guangdong, Hainan, Jiangxi, Yunnan (Hekou)
<i>O. pachycarpa</i>	Flowering period: June to July	220—430	Mixed forests on hillsides, valleys or streams, roadsides ^[1-2]	Guangdong (Boluo, Doumen), Guangxi (Jinxu)
<i>O. merrilliana</i>	Flowering period: June Fruiting period: October	100—1 200	Sparse forest and forest edge in hillsides and valleys ^[1-2]	Guangdong, Guangxi, Yunnan (Funing)
<i>O. inflata</i>	Flowering period: May Fruiting period: October to November	300—1 100	Riverside sparse forest or dense forest ^[1]	Hainan
<i>O. sericeolucida</i>	Flowering period: August	300—2 400	Gully or stream in mixed forest ^[1-2]	Guangdong (Yangchun), Guangxi (Shangsi)
<i>O. longipes</i>	Flowering period: July Fruiting period: October	1 000—1 600	Valleys and streams in dense or sparse forests ^[1]	Southeast Yunnan
<i>O. fordiana</i>	Flowering period: June to July Fruiting period: November	100—1 400	Valleys, hillsides, roadsides, streamside mixed forests ^[1-2]	Guangdong, Guangxi, Hainan, Yunnan
<i>O. apiculata</i>	Flowering period: April Fruiting period: September to October	1 400	Hillside forest ^[1-2]	Guangxi (Lingyun)
<i>O. semicastrata</i>	Flowering period: April to May	100—1 700	Mixed forests, mountains, valleys, streams, roadsides ^[1-2]	Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hunan, Jiangxi
<i>O. howii</i>		100—900	Open forests on slopes, mostly on granite hills ^[1]	Hainan
<i>O. pingbianensis</i>	Flowering period: March to June Fruiting period: September to October	900—1 000	Open forests of valleys ^[1-2]	Guangxi (Ningming), Yunnan (Jinping, Pingbian, Wenshan)
<i>O. yunnanensis</i>	Flowering period: March Fruiting period: October	500—1 700	Mixed forests of plains, valley floors, valley slopes ^[1]	Southern Yunnan
<i>O. nanningensis</i>	Flowering period: May to June Fruiting period: October	100—700	Mountain slopes and valley forests, rare ^[1-2]	Guangxi (Shiwandashan mountain)
<i>O. hosiei</i>	Flowering period: April to May Fruiting period: October to November	200—900	Riverside, hillside, valley forest ^[1-2]	Guangxi, Anhui, Fujian, Gansu, Guizhou, Hubei, southern Jiangsu, Jiangxi, southern Shaanxi, Sichuan, Zhejiang

续表

Continued table

物种 Species	物候期 Phenophase	海拔/m Altitude/m	生境 Habitat	分布范围 Distribution range
<i>O. elliptica</i>	Flowering period: April to May Fruiting period: October to November		Roadside, riverside ^[1-2]	Fujian, Guangxi, Guangdong
<i>O. napoensis</i>	Flowering period: May to June Fruiting period: October to November		Hillside forest ^[1-2]	Guangxi (Napo)
<i>O. simplicifolia</i>	Flowering period: July Fruiting period: September to October	400—1 300	Gully forest ^[1-2]	Guangxi, Hainan
<i>O. boluoensis</i>	Flowering period: April Fruiting period: June to October	640—900	Sparse riparian forest ^[1,10]	Guangdong
<i>O. hekouensis</i>	Flowering period: April to June Fruiting period: July to September	280—1 050	Moist open forest and riverside ^[1]	Yunnan (Hekou, Mengla Jinping, Jinghong)
<i>O. emarginata</i>	Flowering period: June Fruiting period: October	150—490	Mountain slope, valley mixed forest ^[1-2]	Guangdong (Dangan Island, Doumen), southern Guangxi (Dongxing), Hainan
<i>O. glaberrima</i>	Flowering period: July to August Fruiting period: October to November	200—800	Mountain slope land, open valley forest ^[1-2]	Guangdong, southern Guangxi, Hainan, Hunan (Jianghua), Jiangxi
<i>O. henryi</i>	Flowering period: July to August Fruiting period: October to November	100—1 300	Hillside, stream in mixed forest ^[1-2]	Anhui, Guangdong, Guizhou, Guangxi, Hubei, Hunan, Jiangxi, Sichuan, Yunnan, Zhejiang
<i>O. pachyptera</i>	Fruiting period: September to October	400—1 600	Sandy acid low slope, scattered in the forest edge ^[1-2]	Southwestern Guangxi, Yunnan (Wenshan)
<i>O. ferruginea</i>	Flowering period: July Fruiting period: October		Hillside, forest edge open land ^[1]	Guangdong (Yangchun)
<i>O. purpureiflora</i>	Flowering period: June	580	Closed forest ^[1]	Guangdong (Longmen, Luoding, Boluo)
<i>O. xylocarpa</i>	Flowering period: June to July Fruiting period: October to November	200—1 600	Hillsides, valleys, roadsides, streams, open or dense forests ^[1-2]	Fujian, Guangdong, Guangxi, eastern Guizhou, Hainan, southern Hunan, southern Jiangxi
<i>O. striata</i>	Flowering period: July to August Fruiting period: October to November	1 000—1 500	Riverside, hillside forest ^[1]	Southern Yunnan
<i>O. pinnata</i>	Flowering period: July to August Fruiting period: November to December	Middle-low altitude	Gully, hillside, roadside forest ^[1-2]	Guangdong, Guangxi, Hainan
<i>O. indurata</i>	Flowering period: May Fruiting period: October		Mixed forest ^[1-2]	Fujian (Hua'an), Guangdong (Luofu Mountain), Guangxi
<i>O. eugeniiifolia</i>	Flowering period: May to June Fruiting period: November	200—800	Valley, riverside, sparse forest ^[1-2]	Guangxi (Shangsi)
<i>O. pubescens</i>	Flowering period: May to July Fruiting period: October to November		Hillslope and valley ^[1-2]	Guangxi (Dongxing, Shangsi)
<i>O. olivacea</i>	Flowering period: April Fruiting period: November to December	700—2 100	Forest edge, hillside secondary forest ^[1-2]	Northern Guangxi, Southern Yunnan
<i>O. microphylla</i>	Flowering period: May to June Fruiting period: October to November	500—700	Thick forests, mixed forests, valleys, slopes, roadsides ^[1-2]	Fujian, Guangxi, Guangdong, Guizhou

续表

Continued table

物种 Species	物候期 Phenophase	海拔/m Altitude/m	生境 Habitat	分布范围 Distribution range
<i>O. saxatilis</i>	Flowering period: August Fruiting period: October to November	1 100—1 200	Understory limestone neutral or slightly acidic soil, often mixed with <i>Carpinus turczanioides</i> , <i>Quercus</i> and so on ^[1]	Guizhou (Qianling Mountain, Maolan)
<i>O. formosana</i>	Flowering period: May Fruiting period: October	300—1 000	Broad-leaved evergreen forest ^[1]	Taiwan
<i>O. hengchuniana</i>	Flowering period: May Fruiting period: October	200—500	Forest edge, river bank ^[1]	Taiwan (Hengchun Peninsula)
<i>O. nuda</i>	Flowering period: July to August Fruiting period: October	800—2 000	Valley, mixed forest ^[1-2]	Guangdong, Guizhou, Hubei (Liquan), Yunnan (Jingdong, Maguan)

1.2 种群结构特征

红豆属植物自然繁殖更新能力大多数较低,导致其种群数量呈下降趋势。虽然红豆属植物种内竞争较小,但是其与其他树种之间存在较强的种间竞争,致使多数红豆属植物种群结构受到较为严重的干扰,呈现出退化趋势^[12-15]。由于是小乔木,紫花红豆在灌木层中处于优势位置,但其在乔木层争夺光照的优势并不明显,这也限制了紫花红豆幼苗向更高发育阶段生长,最终导致成熟个体数量不足^[16]。王茂师等^[17]发现岩生红豆在局部群落建群层中能成为次优种或共优种,但数量很少,在整个群落乔木层依然处于明显弱势地位,种群整体呈衰退趋势;岩生红豆所处的笔架山群落种群大小级指数为负值(−0.003 7),表明种群连续但种群结构不合理,不利于种群的健康发展;黔灵山的为正值(0.001 6),表明种群已出现严重的更新不连续现象。红豆属植物幼苗大部分生长在成熟植株树冠下,生长容易受到所处群落的自然条件限制,生长空间受限,从而使得不同生长阶段的个体(如幼苗、幼树、壮龄树)死亡率普遍较高^[18-20]。因此,红豆属植物种群中幼苗数量远多于成熟个体。随着径级的增大,个体的生存率逐渐提高,使得红豆属植物种群在多数地区呈现典型的倒“J”型径级结构,但在部分区域则表现为“哑铃型”分布^[21-22]。

2 繁殖技术研究现状

2.1 种子萌发技术

种子萌发是大多数植物的一种繁殖方式,也是植物实现天然更新的一种方式。红豆属植物种子普遍存在休眠现象,其表皮坚硬致密,透水性较差^[23],且种皮存在某种抑制种子发芽的物质,因此通过破坏种

皮的方式能显著提高红豆属植物种子发芽率^[24]。姜顺邦等^[25]发现通过去除种皮与变温 25 ℃/20 ℃组合处理岩生红豆种子,其发芽效果最好,发芽率高达 61.0%,远高于未处理种子的发芽率(25.0%)。但种皮并不是影响红豆属植物种子萌发的直接限制因子,其他限制因子(气候、温度、光照等)对红豆属植物种子的萌发也有较大影响。刘文明等^[26]发现去除种皮的海南红豆发芽率(95.83%)比未去除种皮的海南红豆发芽率(87.50%)只高 9.52%,但种皮对发芽势存在一定的阻碍,去除种皮有助于提高发芽整齐度并加快萌发速度。王思荣^[27]发现 75 ℃热水浸种及破种皮后砂藏处理能极显著提高种子发芽率,显著促进幼苗生长和生物量积累。邓兆等^[28]发现花榈木种子经过 500 mg/L 赤霉素(GA₃)浸泡 12 h 后,再经 4 ℃混沙湿藏 45 d 并用 80 ℃清水浸泡 24 h,发芽率与发芽势分别可达 94%和 88%,相对未处理种子分别提高 36.6%和 32.7%,且可提前萌芽期。何官榕等^[29]发现将 100%成熟的红豆树种子消毒 12 min 后置于 25 ℃清水中浸种 22 h,在种脐处破壳 1/10,且种脐平放、种子露出培养基表面 2/3 的处理最佳,萌发率高达 93.19%。

2.2 扦插繁育技术

植物无性繁殖最主要的方式是扦插繁育,这种方式具有取材方便、繁殖系数大、成本较低及保持母本优良性状等特点。针对结实率低、种子繁殖困难的物种,扦插是首选方法^[30],可根据不同植物选择最适宜的部位,比如植物的根部、枝条及叶作为扦插材料。何必庭等^[31]发现红豆树采用根部扦插时,以根粗 1.0—1.5 cm 的根部作为插穗,在扦插前使用浓度为 100 mg/kg 的生根剂浸泡 2 h、根插深度 6—7 cm、小

拱棚保湿的条件下根插萌芽率与生根率较高, 均可达 70% 以上。周红敏等^[32]针对红豆树枝条扦插提出一种新的扦插方法——插穗环剥法, 最高扦插成活率可达 91.2%, 缩短种苗培育周期 35—100 d。该方法的具体操作过程如下: 选用 1—2 年生、茎粗 ≥ 0.7 cm 的健康枝条, 4—5 月环剥(宽为茎粗的 $1/5-1/3$)后包扎, 待愈伤组织形成后在其下方 2—3 cm 处剪取 12—16 cm 插穗, 去叶留 3—6 芽, 在其顶端涂凡士林后用 800 mg/L 吲哚乙酸(IAA)浸泡 30—40 min, 直插于育苗床(珍珠岩: 草炭: 蛭石质量比为 1:1:0.2)中, 遮阳 60%—75%, 保持基质含水量 60%—70%。

扦插繁育并不适合所有红豆属植物。姜顺邦等^[33]发现岩生红豆采用扦插方式育苗时, 在不使用生长调节剂的情况下穗条愈伤组织的形成比较困难, 成活率几乎为零; 另外, 使用 IAA、吲哚丁酸(IBA)和萘乙酸(NAA)浸泡可促进岩生红豆枝条生根, 但生根率依然不高, 最高仅 37.6%。该结果与红豆树扦插繁殖实验结果^[31-32]截然相反, 证明并不是所有的红豆属植物都适宜使用扦插繁育。

2.3 组织培养技术

植物组织培养技术是一种在无菌环境下, 通过人工控制的培养基和条件, 将植物的器官、组织、细胞或原生质体进行离体培养, 从而再生出完整植物的方法。该方法可广泛应用于植物育种、繁殖、遗传改良等研究领域^[34-35]。红豆属植物可用作外植体的组织主要有根、茎、种子, 目前研究主要集中于种子与半木质化嫩枝, 而叶片、叶柄、木质化老枝并不适合用作外植体材料。

在对红豆属植物采用组织培养繁育时, 应选择适宜的培养基。彭绿春等^[36]研究发现, 以肥荚红豆种子作为外植体时, 适宜种子萌发的培养基为 MS (Read) + 0.5 mg/L 6-苄氨基嘌呤(6-BA) + 0.1 mg/L NAA, 萌发率可达 100%。王智华等^[37]以花榈木种子作为外植体时, 在不定芽诱导时 MS 为最佳培养基, 而使用改良 MS(加椰汁) + 2.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA 作为培养基可促进不定芽生长, 诱导率达 74.96%; 随后在不定芽诱导培养基的基础上, 添加 0.1 g/L 肌醇 + 6 g/L 琼脂作为增殖培养基, 可增加不定芽长势; 在生根阶段, 宜使用 $1/2$ 木本植物培养基(WPM) + 0.15 mg/L NAA + 0.2 mg/L IBA + 0.1 g/L 肌醇 + 30 g/L 蔗糖 + 6 g/L 琼脂, 生根率为 61.47%。Wu 等^[38]使用 6 种基础培养基

和不同种类的植物生长调节剂(PGRs), 对花榈木种子的胚性愈伤组织(EC)诱导、增殖, 以及体细胞胚胎(SE)的诱导和萌发进行了研究, 结果表明不同培养基和激素组合对培养各阶段的效果存在显著差异, 悬浮培养的 EC 增殖率和 SE 数量均高于固体培养。Wu 等^[38]还发现使用 0.5 mg/L 激动素和 1.0 mg/L 2,4-二氯苯氧乙酸作为 B5 培养基, SE 的诱导率最高(22.83%); 在附加 0.5 mg/L 6-BA 和 0.2 mg/L NAA 的 B5 培养基上, 54% SE 可发育到子叶期; 随后以 0.5 mg/L 噻苯隆和 0.2 mg/L NAA 作培养基, 子叶萌芽率最高。

当使用植物茎段作为外植体时, 所使用的培养基与以种子为外植体的有所区别。桂平等^[39]以花榈木籽苗茎段为外植体时发现, MS 可作为花榈木籽苗茎段最适宜的基本培养基, MS + 2.0 mg/L 6-BA + 0.5 mg/L NAA + 8 g/L 琼脂 + 30 g/L 蔗糖作为增殖培养基, 在生根阶段宜采用 2 mg/L NAA + 1 mg/L IBA 的生根液浸泡、置于石英砂: 泥炭土(1:1)基质进行瓶外生根更有利于生根, 生根率达 88.89%。以红豆树幼树嫩茎作为外植体时, 启动培养基以 $1/2$ MS + 30 g/L 蔗糖 + 8 g/L 琼脂(培养基 pH 值为 6.0)为宜, 可使丛生芽诱导率达 85.19%^[40]。王华等^[41]发现秃叶红豆最佳的外植体材料为当年生带腋芽半木质化嫩枝, 分别使用 50 mg/L 利福平 + 50 mg/L 氯霉素混合液、75% 乙醇浸泡和 0.1% 氯化汞二段式依次浸泡 30 min、60 s 和 5 min, 并以 B5 培养基 + 2.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA 作为丛生芽启动培养基, 可获得较高的丛生芽诱导率。

通过组织培养技术, 可以将植物细胞组织培育成与天然种子胚类似的细胞体, 将其包埋于胶囊中可形成球状结构, 从而使其具备类似种子发育和萌发的功能。在人工种子胶囊制作过程中, 不同附加物对人工种子胶囊的物理性质有不同的影响。吴高殷等^[42]对花榈木人工种子胶囊制作及萌发效果进行了研究, 结果表明使用双层包埋法并添加 20 g/L 保水剂至人工种子胶囊中, 可使种子胶囊保持较好的物理性质; 同时添加 B5 培养基 + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA + 1.0 mg/L GA₃ + 30 g/L 蔗糖作为种子胶囊添加物, 种子萌发率最高可达 96%。红豆属植物天然种子发芽率低, 通过人工种子胶囊繁殖可以大幅度提升种子成活率, 提高繁育效率。

3 遗传多样性研究

随着科技进步, 遗传标记技术(Genetic markers)

已从传统的形态学和生化标记,发展到以 DNA 为基础的分子标记(Molecular markers)。分子标记技术历经三代发展,涵盖四大类型,可更直接、精确地揭示物种内外的遗传差异^[43],可用于物种遗传图谱构建、亲缘关系分析,并可对种质资源进行准确鉴定和分类^[44-45]。Torke 等^[46]通过分子标记技术,对全球红豆属植物中 82 个物种进行 DNA 序列分析,得到了红豆属植物最新的系统学分类,并对红豆属植物的起源进行了探讨。Liu 等^[47]通过 Illumina 测序技术测定了木荚红豆、花榈木、凹叶红豆、软荚红豆和红豆树 5 个红豆属植物的叶绿体基因组全序列,发现这 5 个物种的叶绿体基因组长度为 170 811—174 128 bp,其中花榈木最长、红豆树最短;叶绿体基因组 GC 含量几乎完全一致;与白羽扇豆(*Lupinus albus*)和无油樟(*Amborella trichopoda*)叶绿体基因组的倒位重复区(IR)边界区域对比得知,红豆属植物有 15 kb 的扩增且其变化较小。Tang 等^[48]对小叶红豆、榄绿红豆、长脐红豆、厚荚红豆和软荚红豆 5 个红豆属植物的叶绿体基因进行测序,结果发现它们的基因组长度为 169 797—173 946 bp,其中小叶红豆最长、厚荚红豆最短。Liu 等^[47]与 Tang 等^[48]所测定的 10 个红豆属植物叶绿体基因组的 GC 含量相近,且叶绿体基因组具有被子植物所特有的典型四分体结构,由一对倒置区域组成。李峰卿等^[49]通过简单重复序列(SSR)分子标记技术对 3 个小流域的 9 个红豆树天然种群的遗传多样性及遗传分化进行对比分析,结果发现红豆树天然种群具有较高的遗传多样性[期望杂合度(H_e)=0.757],且遗传变异主要存在于流域内或种群内,遗传分化系数(F_{st})分别为 0.073 和 0.116。此外,李峰卿等^[50]对 26 个红豆树优树子代间的遗传关系进行研究发现,红豆树优树子代仍然具有较高的遗传多样性[观测杂合度(H_o)=0.469, H_e =0.865],且绝大多数家系 H_o 小于 H_e ;另外,26 个优树子代群体间的 F_{st} 为 0.094—0.329,平均值为 0.234,由此可见红豆树优树子代存在纯合子过剩的情况,红豆树家系间保持着较高的遗传分化水平。Zhou 等^[51]基于 Genotyping by Sequencing (GBS) 技术对华南地区花榈木种群进行全基因组的群体遗传学研究,结果发现花榈木遗传多样性水平较低, H_e 为 0.237 1—0.290 1,群体间 F_{st} 为 0.021 3—0.165 2,花榈木种群间的遗传分化处于中等水平。陈清根^[52]以闽南地区不同种源红豆树为研究对象,对比分析不同种源红豆树的生长情况,结果表明不同

种源的红豆树均保持较高的遗传变异,不同种源的树高、胸径和单株材积均差异显著,其广义遗传力分别达 77.40%、75.23% 和 70.93%。随着人类活动的加剧,植物原始生境不断退化,导致物种的生态适应能力逐渐下降,而高水平的遗传多样性是生物适应环境变化的关键基础,多样化的基因库能增强种群应对气候变化、病虫害及其他环境胁迫的能力。

4 生理生态学研究

4.1 红豆属植物根瘤菌研究

豆科植物根系常见根瘤菌与其共生。根瘤菌将 N_2 转化为氨并供给植物,但该过程同时也会消耗光合作用产物^[53]。红豆属植物根系拥有丰富的根瘤菌,且不同林龄之间的土壤真菌群落结构和多样性指数存在差异^[54]。朱天才等^[55]从花榈木的根际土壤和根系中分离得到 67 株根际促生菌,其中 49 株具有固氮能力、45 株具有 IAA 生产能力、20 株具有解磷效果、4 株能够分泌铁载体。王婷婷等^[56-57]从不同地区的花榈木种子中分离出具备促生功能的种子际真菌,并通过接种种子际真菌的方式对花榈木幼苗生长发育进行了比较研究,结果发现三穗的 SS-1-6[青霉属(*Penicillium*)的一种]和 SS-3[茎霉属(*Chaunopycnis* sp.)的一种]、关岭的 GL-4-1[菌核青霉(*Penicillium sclerotiorum*)]这 3 种真菌对花榈木幼苗的生长有促进作用,花榈木幼苗的根系指数、生物量、可溶性蛋白含量、可溶性总糖含量和淀粉含量均与未接种真菌植株之间存在显著性差异($P < 0.05$)。除上述指标具有显著性差异外,接种根瘤菌还可减少花榈木在中度干旱胁迫情况下幼苗叶片质膜相对透性,对比降幅为 29.4%—73.9%,且不同根瘤菌菌株对花榈木幼苗的抗旱性影响差异显著($P < 0.05$)^[58]。此外,接种根瘤菌还能显著提高花榈木幼苗实际光合量子产量、蒸腾速率和光合速率($P < 0.05$),相较于未接种根瘤菌的花榈木分别提高 4.8%—95.2%、3.2%—512.9% 和 41.6%—197.4%^[59]。除花榈木外,刘燕等^[60]从野生红豆树根系中分离出 5 株疑似隔内生真菌,通过回接至红豆树幼苗时发现,分别接种 *Acrocaly mmavagum* 和 *Leptosphaeria* sp. AS7-1 的红豆树幼苗相较于未接种幼苗的生物量差异显著,这两种真菌对红豆树幼苗成长均有一定的促进作用。

4.2 红豆属植物光合特性研究

植物光合特性研究对探究植物的生长发育规律

和环境适宜能力有着重要的意义。钟象景等^[61]对比博罗红豆及其所在种群优势树种甜槠(*Castanopsis eyrei*)、密花树(*Myrsine seguinii*)、深山含笑(*Michelia maudiae*)和密花山矾(*Symplocos congesta*)的光合特性发现,博罗红豆光合日变化曲线呈现“单峰型”,净光合速率在 10:00 达到峰值,为 $(16.48 \pm 0.30) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而博罗红豆所在种群优势树种的光合速率均低于博罗红豆,这表明光合特性并不是影响博罗红豆生长的限制因素。岩生红豆光合日变化曲线与博罗红豆相似,呈现出“单峰型”,在上午 10:00 达到峰值 $[7.87 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$;通过光响应曲线拟合可知,岩生红豆的光补偿点为 $21.33 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光饱和点为 $1343.90 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,符合喜光树种的光合特性^[62]。另外,温度对红豆属的光合特性影响较大。郭淑红等^[63]对海南红豆在低温影响下的光合特性变化展开了研究,结果发现在低温 $[(3.0 \pm 0.5) ^\circ\text{C}]$ 环境下海南红豆光合速率急剧下降,第 1 天同比下降 89.25%,第 6 天低至 $-0.17 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,表明在低温环境下红豆属植物的适应性相对较差。

5 红豆属植物病虫害研究现状

弓明钦等^[64]对海南省尖峰岭地区作为行道树的海南红豆进行调查发现,500 株幼苗的红锈病发病率达 97.5%,生长严重受阻。贵州花榈木的主要害虫共有 4 目 8 科 8 种,其中豆荚野螟(*Etiella zinckenella*)和小卷蛾(*Adoxophyes orana*)对花榈木危害最为严重^[65]。韩森汇等^[66]从红豆树枝干枯萎病样本中提取病原菌,初步鉴定为砖红镰刀菌(*Fusarium lateritium*),该病严重时引起苗木大量枯死,对当地林业造成了严重的经济损失。吴国华等^[67]于 2002—2019 年连续对浙闽山区 186 个红豆树种群进行跟踪调查,在所调查树木中有 42.36% 的红豆树已出现主干中空、枝条折断等较为严重的损坏情况。肖周宏^[68]通过野外调查发现,小叶红豆蛀干虫害严重,胸径 8 cm 以上的植株受害率在 90% 以上,蛀干害虫主要为天牛科(Cerambycidae)、木蠹蛾科(Cossidae)、卷蛾科(Tortricidae)、白蚁科(Termitidae)为群落次要害虫。

6 展望

笔者通过对红豆属植物野外资源调查研究发现,红豆属植物野外资源受人为破坏严重,当地居民保护

意识淡薄,甚至曾将红豆属植物木材论斤出售。另外,气候变化也改变着红豆属植物的自然生境。姜垒等^[69]以 MaxEnt 模型为基础,对广东省的 17 种红豆属植物的适生区进行预测,结果显示厚荚红豆、紫花红豆、亮毛红豆和韧荚红豆在广东省的适生面积为 5%—20%,适应性较差;凹叶红豆、秃叶红豆、小叶红豆和博罗红豆适生面积小于 5%,适应性极差;不仅如此,在未来气候情景中,13 个物种的适生区将逐渐减少,锈枝红豆、小叶红豆、亮毛红豆、博罗红豆和紫花红豆 5 种狭域分布的物种适生区明显减少。加之红豆属易感染病虫害,其生长发育受到严重威胁,对其进行保护迫在眉睫。因此,本文就红豆属植物的保护提出以下建议。

6.1 加强红豆属植物相关学科研究

目前红豆属植物只有个别物种研究较为丰富,属内仍有许多物种的研究处于空白,这给物种的保护增加了难度。只有在深入了解物种的生活习性、种群动态、生态需求和遗传多样性的情况下,才能有针对性地采取保护措施。应尽可能地利用形态学特征以及现代分子生物学技术对物种进行分类和鉴定,同时研究物种所处的生态系统,分析其对不同环境的依赖和适应能力,评估其在生态系统中的作用和功能。

6.2 加强就地保护和回归引种

可在红豆属植物种群所在区域建立自然保护区,防止植物受到外界过度干扰。在不破坏原始生境的前提下,可人工对红豆属幼树进行“开窗”管理,提高野生幼树的成活率。在不具备建立保护区条件的地区可建立物种观测站或放置监测装置,定期对红豆属植物种群数量、分布情况和健康情况进行监测。通过建立自然保护区或监测站,可以更高效地对植物进行生态监测及数据收集,进而为后续科学研究提供基础数据。另外,根据种群结构特征,红豆属植物在幼苗向幼树发育时死亡率较高,对不适宜就地保护的物种应采取迁地保护,通过组织培养、种子繁育等技术手段进行人工繁育,在适宜条件下进行回归引种。在条件允许的情况下,就地保护和迁地引种可同时进行,这样既能在原栖息地内最大限度地保护红豆属植物的野生种群,又能建立种质资源库,确保在自然栖息地发生重大变化或发生自然灾害时,该物种仍能继续繁育。

6.3 加强红豆属植物苗木科学管理

鉴于红豆属植物在幼苗至幼树阶段的较高死亡率,应实施科学的苗期管理措施。幼苗期应实施遮阴

处理,防止暴晒,以79%光照为宜^[70]。除光照管理外,水分调控也十分关键,不同育苗阶段植物对水分的需求存在差异。姜顺邦等^[71]研究指出,当基质相对含水量在80%左右时,有利于花榈木的根系发育和地上部生长。此外,加强病虫害防治可有效提升红豆属植物的群体健康水平,这也是红豆属植物长期保护利用的基础。通过科学的抚育管理措施,如合理修剪、施肥与水分调控,可改善植物生长环境,增强其生长势与抗性,从而提升其对病虫害的抵抗能力。同时,应定期检查,及时发现并集中销毁病虫枝条,以减少病虫害传播风险。另外,可充分利用害虫的生物特性,通过物理手段或天敌对害虫进行捕杀,例如鳞翅目害虫具有趋光性,因此在其成虫羽化的高峰期可以使用黑光灯对其进行诱杀。对病虫害严重的种群应及时进行化学防治,比如使用纳他霉素对砖红镰刀菌进行防治^[72],但使用化学药剂时应注意药剂的浓度,防止其对植株造成二次伤害。

6.4 提高公众保护意识并完善法律法规

对红豆属植物个体及种群应进行挂牌保护,设置警示标语,禁止人为盗伐行为。当地执法部门应向当地村民宣传野生植物保护条例及相关法律法规,提高村民对野生植物的保护意识。对法律法规未涉及的新问题,应及时修正,做到有法可依。另外,政府可设立专项奖惩措施和专项基金,鼓励村民主动保护,做到人人守法、人人监督。

致谢:

本文得到黔西南州农业林业科学研究院邓朝义研究员、广东珠海斗门锅盖栋自然保护区、广东罗浮山省级自然保护区、广东珠海淇澳一担杆岛省级自然保护区、广西大瑶山国家级自然保护区、广西七冲国家级自然保护区、贵州茂兰国家级自然保护区、云南麻栗坡老山省级自然保护区大力支持,使部分红豆属物种的相关数据得以完善,特此致谢。

参考文献

- [1] WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China: Vol. 10 Fabaceae [M]. Beijing: Science Press, 2010: 73-85.
- [2] 唐健民, 韦霄, 柴胜丰, 等. 广西国家重点保护野生植物 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2023: 340-375.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第40卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 7-11.
- [4] 张琳婧, 周文娟, 倪林, 等. 红豆属植物化学成分及其药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2021, 52(14): 4433-4442.
- [5] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生植物名录 [EB/OL]. (2021-08-07) [2024-09-28]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/gkml/11057.jhtml>.
- [6] 郑丽莹, 傅佳蕊, 王钦. 木荚红豆叶总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性研究 [J]. 海峡药学, 2022, 34(12): 39-43.
- [7] 段如雁. 花榈木根瘤菌多样性及优良菌株筛选 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2019.
- [8] 郑丽莹, 黄顺民, 颜文强, 等. 红豆树化学成分及其抗炎活性研究 [J]. 海峡药学, 2021, 33(11): 25-28.
- [9] 李晓芳, 王加国, 安明态, 等. 贵州极危树种岩生红豆资源现状及濒危原因分析 [J]. 种子, 2015, 34(10): 56-60.
- [10] 郭韵, 康宁, 董辉, 等. 极小种群博罗红豆的群落物种组成和空间分布格局 [J]. 热带亚热带植物学报, 2020, 28(3): 301-309.
- [11] 彭焱松, 周赛霞, 詹选怀, 等. 江西油岭山地花榈木群落特征及空间分布格局 [J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(11): 81-88.
- [12] 杨汉远, 冯邦贤, 袁茂琴, 等. 珍稀濒危植物小叶红豆种群格局及濒危原因分析 [J]. 种子, 2013, 32(6): 52-54.
- [13] 尤根彪, 叶和军, 焦洁洁, 等. 浙江丽水白云山红豆树人工林的径级结构和空间分布格局 [J]. 广西植物, 2017, 37(6): 799-805.
- [14] 杨开兴. 邵武将石自然保护区花榈木种群结构特征研究 [J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(12): 65-69.
- [15] 张群芳, 彭培好, 王娟, 等. 不同干扰条件下红豆树种群数量特征的比较 [J]. 植物研究, 2015, 35(5): 735-740.
- [16] 林伟通, 邓华格, 杨奇青, 等. 广东罗浮山省级自然保护区紫花红豆群落特征分析 [J]. 惠州学院学报, 2023, 43(3): 7-11.
- [17] 王茂师, 袁丛军, 安明态, 等. 贵州濒危树种岩生红豆森林群落特征及种群结构 [J]. 西部林业科学, 2016, 45(1): 81-87.
- [18] 方卫华. 歙县野生花榈木居群分布现状与保护对策 [J]. 安徽林业科技, 2017, 43(4): 46-47, 63.
- [19] 刘彩琴, 朱晋圯, 陶君, 等. 广东象头山博罗红豆种群特征 [J]. 热带林业, 2024, 52(1): 19-22.
- [20] 周洁尘, 朱天才, 肖亚琴, 等. 湖南省湘潭市花榈木野生种群资源调查 [J]. 湖南林业科技, 2023, 50(6): 51-56.
- [21] 覃俏梅, 梅启明, 吴林芳, 等. 广东江门古兜山保护区光叶红豆种群径级结构与空间分布格局 [J]. 广西科学院学报, 2023, 39(4): 426-432.
- [22] 叶冬梅, 余恩萍, 王家彬, 等. 中山五桂山重点保护植物软荚红豆的群落学特征 [J]. 热带林业, 2023, 51(2): 65-69.
- [23] 孔亨, 王建, 熊宇. 红豆树种子萌发试验与育苗技术研究 [J]. 种子科技, 2022, 40(18): 1-3.
- [24] 李春苑, 史富强, 袁莲珍. 云南红豆种子萌发试验 [J]. 山东林业科技, 2018, 48(5): 55-56, 94.
- [25] 姜顺邦, 丁章超, 陈通旋, 等. 贵州濒危树种岩生红豆种

- 子萌发特性研究[J]. 四川林业科技, 2022, 43(1): 109-114.
- [26] 刘文明, 宋学之. 海南红豆种子生理特性及萌发影响因素的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(4): 351-357.
- [27] 王思荣. 不同处理方式对软荚红豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(5): 58-59, 71.
- [28] 邓兆, 韦小丽. 珍稀树种花榈木种子休眠破除方法研究[J]. 种子, 2016, 35(11): 1-4.
- [29] 何官榕, 张文春, 何碧珠, 等. 鄂西红豆树种子的无菌萌发[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2017, 46(6): 623-629.
- [30] 程惠芳, 单璐, 焦晶焱, 等. 红花截叶铁扫帚扦插繁育技术[J]. 林业科技通讯, 2024(5): 101-103.
- [31] 何必庭, 陈焕伟, 陈杏林, 等. 红豆树根插和嫩枝扦插繁殖试验[J]. 南方林业科学, 2019, 47(3): 35-36, 45.
- [32] 周红敏, 彭辉, 瞿虹, 等. 一种新的珍贵树种红豆树扦插快速繁殖技术[J]. 林业科技通讯, 2016(11): 30-32.
- [33] 姜顺邦, 陈通旋, 彭坤华, 等. 贵州珍稀濒危植物岩生红豆扦插繁殖技术[J]. 广西林业科学, 2021, 50(6): 696-700.
- [34] 颜坤元, 史雯茜, 李倩中, 等. 濒危植物五小叶槭组织培养与快速繁殖技术探究[J]. 分子植物育种, 2024: 1-8.
- [35] LAL N, SINGH M. Prospects of plant tissue culture in Orchid propagation: a review [J]. Indian Journal of Biology, 2021, 7(2): 103-110.
- [36] 彭绿春, 王丽花, 马双喜, 等. 肥荚红豆种子无菌诱导植株再生及快速繁殖[J]. 植物生理学报, 2013, 49(9): 917-922.
- [37] 王智华, 李倩, 张素芳, 等. 花榈木组织培养再生体系的建立及优化[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(4): 50-55.
- [38] WU G Y, WEI X L, WANG X, et al. Induction of somatic embryogenesis in different explants from *Ormosia henryi* Prain [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 2020, 142(2): 229-240.
- [39] 桂平, 韦小丽, 乔栋, 等. 花榈木组织培养植株再生体系的建立[J]. 种子, 2018, 37(11): 135-139.
- [40] 桂平, 韦小丽, 田雨风, 等. 珍稀树种红豆树茎段启动培养的影响因素[J]. 西南农业学报, 2018, 31(4): 842-848.
- [41] 王华, 刘容新, 李强, 等. 珍稀树种秃叶红豆外植体启动培养的影响因素[J]. 种子, 2023, 42(11): 144-148, 156.
- [42] 吴高殷, 韦小丽, 王晓, 等. 花榈木人工种子胶囊制作及其萌发效果研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2022, 42(3): 10-17.
- [43] 陈星, 高子厚. DNA 分子标记技术的研究与应用[J]. 分子植物育种, 2019, 17(6): 1970-1977.
- [44] WANG Y H. The complete chloroplast genome of *Ormosia nuda* (Fabaceae), an endemic species in China [J]. Mitochondrial DNA Part B, 2021, 6(7): 2095-2096.
- [45] WANG Z F, ZHANG Y, ZHONG X J, et al. The complete mitochondrial genome of *Ormosia boluoensis* [J]. Mitochondrial DNA Part B, 2021, 6(8): 2109-2111.
- [46] TORKE B M, CARDOSO D, CHANG H, et al. A dated molecular phylogeny and biogeographical analysis reveals the evolutionary history of the *trans*-pacifically disjunct tropical tree genus *Ormosia* (Fabaceae) [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2022, 166: 107329.
- [47] LIU H S, SU Z H, YU S Q, et al. Genome comparison reveals mutation hotspots in the chloroplast genome and phylogenetic relationships of *Ormosia* species [J]. BioMed Research International, 2019, 2019: 7265030.
- [48] TANG J M, ZOU R, WEI X, et al. Complete chloroplast genome sequences of five *Ormosia* species: molecular structure, comparative analysis, and phylogenetic analysis [J]. Horticulturae, 2023, 9(7): 796.
- [49] 李峰卿, 周志春, 谢耀坚. 3 个小流域红豆树天然居群的遗传多样性和遗传分化[J]. 分子植物育种, 2017, 15(10): 4263-4274.
- [50] 李峰卿, 周志春, 楚秀丽, 等. 红豆树优树子代遗传多样性及与生长相关性分析[J]. 林业科学研究, 2018, 31(1): 42-50.
- [51] ZHOU C C, XIA S Q, WEN Q, et al. Genetic structure of an endangered species *Ormosia henryi* in southern China, and implications for conservation [J]. BMC Plant Biology, 2023, 23(1): 220.
- [52] 陈清根. 不同种源红豆树遗传变异分析及选择[J]. 林业勘察设计, 2021(3): 19-21, 25.
- [53] 陆保福, 康文娟, 师尚礼, 等. 豆科植物-根瘤菌固氮系统及其碳氮互作[J]. 中国草地学报, 2023, 45(11): 119-135, 144.
- [54] 彭辉, 周红敏, 张弓乔, 等. 不同林龄红豆树土壤真菌群落组成和多样性[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(11): 129-135.
- [55] 朱天才, 周洁尘, 段翔, 等. 花榈木根际促生菌的筛选鉴定及促生特性[J]. 中南林业科技大学学报, 2023, 43(1): 43-49.
- [56] 王婷婷, 韦小丽. 花榈木种子际促生真菌的分离筛选及鉴定[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(6): 167-172.
- [57] 王婷婷, 韦小丽, 孔德明, 等. 花榈木种子际促生真菌对其幼苗生理生化及生长指标的影响[J]. 西部林业科学, 2021, 50(4): 118-124.
- [58] 段如雁, 韦小丽, 安常蓉, 等. 花榈木幼苗接种不同根瘤菌对中度干旱胁迫的生理响应[J]. 林业科学研究, 2018, 31(4): 61-69.
- [59] 段如雁, 韦小丽, 安常蓉. 接种不同根瘤菌对花榈木幼苗光合生理的影响及促生效应[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(6): 1098-1106.
- [60] 刘燕, 韦小丽. 红豆树根围深色素有隔内生真菌的分离、

- 鉴定及接种效应[J]. 北方园艺, 2018(22): 83-87.
- [61] 钟象景, 郭韵, 刘彩琴, 等. 极小种群植物博罗红豆的光合生理特征日变化研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(12): 126-128.
- [62] 李晓芳, 杨瑞, 安明态, 等. 岩生红豆苗木光合特性初步研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(27): 158-160.
- [63] 郭淑红, 薛立, 杨振意, 等. 低温胁迫对海南红豆和南五味子幼苗光合特性的影响[J]. 湖南林业科技, 2012, 39(1): 17-20.
- [64] 弓明钦, 陈羽, 王凤珍. 海南红豆红锈病的发生与危害[J]. 中国森林病虫, 2001, 20(6): 5-6.
- [65] 徐芳玲, 韦小丽, 古定豪, 等. 贵州花榈木主要害虫种类、危害及防控方法[J]. 林业科技通讯, 2015(3): 41-43.
- [66] 韩森汇, 丁奕, 陈全助, 等. 鄂西红豆枝干枯萎病病原菌分离与鉴定[J]. 森林与环境学报, 2021, 41(5): 554-560.
- [67] 吴国华, 叶茂平, 吴孝元, 等. 浙闽山区红豆树自然生长情况调查及保护对策[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(7): 113-114, 117.
- [68] 肖周宏. 湖南小叶红豆资源调查与育苗技术初探[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2023.
- [69] 姜垒, 胡喻华, 吴玉芬, 等. 基于 MaxEnt 模型的广东省红豆属植物潜在适生区研究[J]. 广西科学, 2024, 31(1): 149-166.
- [70] 韦秋思, 陈华园, 刘世男, 等. 遮阴对花榈木幼苗生长和生理的影响[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2023, 24(4): 513-521.
- [71] 姜顺邦, 韦小丽. 供水量对花榈木苗期耗水、生长和生理的影响及灌溉制度优化[J]. 林业科学, 2016, 52(10): 22-30.
- [72] 焦明镜. 纳他霉素对甜樱桃砖红镰刀菌的抑制作用及机理研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2022.

Advances in Conservation Biology of Endangered *Ormosia* Species

WEI Xiao^{1,2,*}, HE Guohua^{1,2}, TANG Jianmin², FENG Shuo^{2,3}, LI Xi^{2,3}, LU Li^{2,3}, CAI Xinru^{2,4}

(1. College of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 3. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541006, China; 4. College of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

Abstract: *Ormosia* species are valuable for timber and ornamental uses, and some possess medicinal properties. Except for *Ormosia microphylla*, which is listed as a First-Class National Key Protected Wild Plant in China, other species of this genus are classified as Second-Class National Key Protected Wild Plants. Due to intrinsic biological traits, natural constraints, and human disturbances, the distribution range of *Ormosia* species is steadily shrinking, and their populations are declining, which make conservation efforts increasingly urgent. This paper summarizes current research progress in the conservation biology of *Ormosia*, including its distribution status, propagation techniques, genetic diversity, physiological ecology, and adaptability. On this basis, measures such as strengthening the protection of natural habitats, optimizing both *in situ* and *ex situ* conservation strategies, and delving into the adaptive mechanisms and evolutionary potential of *Ormosia* species are proposed. Systematic studies on population dynamics and restoration strategies should be carried out to ensure the effective conservation and sustainable utilization of these valuable plant resources.

Key words: *Ormosia*; research status; conservation biology; genetic diversity; physiological ecology

责任编辑: 米慧芝