

中国红豆属植物的地理分布与区系特征研究

汤丹丹^{1*}, 王孜², 田丰³, 汪伟¹, 张佳佳¹, 韦小安¹

(1. 黔西南布依族苗族自治州南盘江国有林场, 贵州 兴义 562400; 2. 福建农林大学菌草与生态学院, 福州 350002; 3. 黔西南布依族苗族自治州林业局, 贵州 兴义 562400)

摘要: 中国红豆属(*Ormosia* Jacks.)所有物种均为国家重点保护野生植物, 具有重要的生态、经济与文化价值。该文基于文献资料、标本记录及部分野外调查, 对中国红豆属植物的地理分布格局与区系特征进行系统分析, 主要结果如下: (1) 中国红豆属植物现记录 36 种, 2 变种。水平分布上, 物种多样性明显由南向北减少, 分布中心位于广西 (23 种)、广东 (19 种, 2 变种) 和云南 (17 种), 贵州则存疑分布物种数最多 (8 种); 垂直分布上, 物种多样性总体随海拔升高而降低, 峰值 (72.22%) 出现在 [0, 500 m] 区间。跨境分布种 (9 种) 主要见于越南 (7 种) 与泰国 (6 种), 境内则集中于云南、广西与广东 (各 7 种)、海南 (5 种) 等华南、西南地区的边境与沿海省份。(2) 区系成分可划为 2 型, 中国特有分布型占绝对优势 (75.00%)。(3) 生境类型主要为河谷 (75.00%) 与山坡 (58.33%)。(4) 地理邻近省份间物种组成相似性普遍较高, 湖南和贵州 (87.50%)、贵州和福建 (80.00%)、广西和广东 (71.43%)、湖南和福建 (70.59%) 以及湖南和江西 (70.59%) 均达 70% 以上。综上所述, 中国红豆属植物区系特有成分突出, 其物种多样性从桂、粤、滇向周边国家 (越南、泰国) 及北部内陆省份明显降低, 中国南部 (尤其是桂、粤、滇, 并可能包括黔) 可能是红豆属在亚洲的一个潜在次级分化与多样化中心。建议通过优先保护物种多样性热点地区的中低海拔河谷生境, 加强极危物种保育与评估不足物种野外调查, 并结合气候变化情景预测未来适生区等措施, 维系其种群延续与演化潜力。

关键词: 红豆属, 地理分布, 区系特征, 特有性, 相似性系数

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号:

Geographical distribution and floristic characteristics of *Ormosia* in China

TANG Dandan^{1*}, WANG Zi², TIAN Feng³, WANG Wei¹, ZHANG Jiajia¹, WEI Xiaolan¹

(1. Nanpanjiang State Forest Farm of Qianxinan Buyi and Miao Autonomous Prefecture, Xingyi, Guizhou 562400, China; 2. College of Juncao Science and Ecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Forestry Bureau of Qianxinan Buyi and Miao Autonomous Prefecture, Xingyi, Guizhou 562400, China)

Abstract: All species of *Ormosia* Jacks. in China are classified as national key protected wild plants, possessing significant ecological, economic, and cultural value. This study systematically analyzed the geographical distribution patterns and floristic characteristics of *Ormosia* in China through literature review, specimen examination, and field investigations. The main results are as follows: (1) A total of 36 species and 2 varieties of *Ormosia* have been recorded in China. Horizontally, species diversity decreases distinctly from south to north. The distribution centers are located in Guangxi (23 species), Guangdong (19 species, including 2 varieties), and Yunnan (17 species), with Guizhou having the most species of unconfirmed distributions (8). Vertically, *Ormosia*

基金项目: 2024 年中央林业草原生态保护恢复资金资助项目 (黔财资环 (2023) 82 号)。

第一作者: 汤丹丹 (1993—), 硕士, 工程师, 主要从事珍稀濒危野生植物保护与繁育工作 (E-mail) lctangdandan@163.com。

*通信作者

species are mainly concentrated in mid-low elevation regions. Most species (72.22%) are distributed at low elevations (0–500 m), with overall diversity declining as altitude increases. Transnational species (9) are primarily found in Vietnam (7 species) and Thailand (6 species). Within China, these species are particularly rich in border and coastal provinces of southern and southwestern China, such as Yunnan (7 species), Guangxi (7 species), Guangdong (7 species), and Hainan (5 species). (2) Floristic composition can be classified into two types, with Chinese endemics comprising the overwhelming majority(75.00%). (3) The primary habitats are river valleys (75.00%) and slopes (58.33%). (4) Species composition is highly similar among most adjacent provinces, with coefficients between Hunan and Guizhou (87.50%), Guizhou and Fujian (80.00%), Guangxi and Guangdong (71.43%), Hunan and Fujian (70.59%), and Hunan and Jiangxi (70.59%) all exceeding 70%. The floristic composition of *Ormosia* in China is characterized by a high proportion of endemic components, shows a clear decreasing trend from Guangxi, Guangdong, and Yunnan to the neighboring countries (Vietnam, Thailand) and inland provinces in the north. These findings indicate southern China (particularly Guangxi, Guangdong, Yunnan, and potentially Guizhou) may serve as an important secondary differentiation and diversification center for *Ormosia* in Asia. It is recommended to adopt a multi-pronged approach for maintaining population viability and evolutionary potential, focusing on protecting key mid-low elevation valley habitats in hotspots and endemic centers, enhancing conservation and survey efforts for critically endangered and data-deficient species, and forecasting future habitat shifts under climate change scenarios.

Key words: *Ormosia*, geographical distribution, floristic characteristics, endemism, similarity coefficient

红豆属(*Ormosia* Jacks.)隶属于豆科(Fabaceae Lindl.)蝶形花亚科(Faboideae Rudd), 是该亚科物种最丰富的 30 个属之一 (Torke et al., 2022)。据 Plants of the World Online(<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:331816-2>)统计, 该属全球共记录 130 种及 2 变种, 其中过半数物种仅分布于旧世界热带与亚热带地区, 其余物种则局限于新世界相应气候区(Torke et al., 2022)。中国处于红豆属分布的北缘, 但保存了该属 27.69% 的物种, 远高于中国被子植物占全球被子植物的中位数(约 10%) (董洪进等, 2024), 表明中国是该属重要的多样化中心之一, 具有突出的生物地理学研究价值。

中国红豆属植物具有极高的生态、经济与文化价值。其材质优良, 曾被广泛应用于木工行业; 种子色泽鲜艳, 在传统文化中被赋予“相思”之意(张琳婧等, 2021); 多数物种具有药用价值(王钦等, 2022; 郑丽璠等, 2022); 部分树种树形优美, 适用于园林绿化与生态造林(楚秀丽等, 2021; 王彬, 2020; 吴炜圣, 2023)。然而, 该属植物普遍具有结实周期长且大小年明显, 种子扩散能力弱、种皮坚韧以及萌发困难等特性, 导致野外种群普遍呈衰退趋势甚至个别物种已濒临灭绝(王静静等, 2022; 王小东等, 2018)。

近年来, 中国红豆属植物的研究受到广泛关注, 相关研究成果涵盖分类学(牛苗, 2015; 罗世孝和张奠湘, 2024)、保育生物学等(王小东等, 2018; 郑皓遥和秦新生, 2024; 韦霄等, 2025)、化学成分与药理活性(张琳婧等, 2021)以及潜在适生区(Liu et al., 2024; Xie et al., 2023; 姜垒等, 2024)诸多方面。植物属的地理分布与区系特征是植物学、生态学以及保护生物学等研究领域的基础内容, 厘清该属的地理分布格局与区系特征, 可为制定科学有效的物种保护与种群恢复策略提供基础数据与理论支撑。本研究以中国分布的 36 种红豆属植物为研究对象, 采用文献资料整合、标本信息验证与开展部分地区野外调查相结合的方法, 通过对其地理分布与区系特征进行梳理与分析, 拟探讨以下问题: (1) 中国红豆属植物的地理分布格局及主要驱动因素; (2) 其区系特征及形成机制。

1 数据来源与方法

以《中国生物物种名录(2025 版)》(中国科学院生物多样性委员会, 中国科学院, 2025)提供的初步名录为基础, 系统整合了《中国植物志》、*Flora of China*、各省级地方植

物志、期刊文献及学位论文中的分类与分布信息，并一一检索中国数字植物标本馆（CVH）与中国国家标本资源平台（NSII）的标本记录以补充其潜在的分布区域。同时，综合近年相关研究成果（牛苗, 2015; 林伟通等, 2023; 王波等, 2022）对数据进行更新与完善。此外，在贵州部分地区开展了野外调查与引种试验。所有物种接受名均依据 Plants of the World Online(<http://powo.science.kew.org/>)进行标准化核对，形成最终的中国红豆属植物物种组成及分布数据。

个别无法从文献获取海拔信息的物种，暂以标本记录补充；仅有标本支撑而无文献佐证的分布点，视为存疑，以待进一步核实。依据《中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020)》（生态环境部，中国科学院，2020）确定濒危与特有植物。参照吴征镒的区系成分划分方法（吴征镒, 1991），以种为单位划分中国红豆属植物分布区。相似性系数采用 *Sprento* 公式（张德铨, 1998）进行计算，即

$$S_s = 2C / (A + B) \times 100\%$$

其中 *A* 为甲地区全部种数，*B* 为乙地区全部种数，*C* 为两地区共有种数，*S_s* 为 *Sprento* 相似性系数，用百分比表示。

2 结果与分析

2.1 中国红豆属分布格局

2.1.1 水平分布

共 20 个省级行政区记录了中国红豆属植物的分布（表 1），呈从南到北物种多样性减少趋势：集中分布于华南与西南地区，其中广西（23 种）、广东（19 种 2 变种）和云南（17 种）记录物种数最多，3 省总物种数为 31 种，占属的 86.11%。海南（9 种）、湖南（9 种）、福建（8 种）、江西（8 种）和贵州（7 种）记录的物种数多于 5 种。12 个省份记录物种数在 1~5 种之间，总物种数仅 11 种，占属的 30.56%。其中，香港、湖北和澳门为 3~4 种，四川、江苏、浙江、台湾、安徽、陕西、河南、甘肃和西藏仅记录 1~2 种。

36 种红豆属植物中，广域分布物种少，狭域分布物种多（表 1）。分布在 10 省以上的物种仅红豆树(*O. hosiei* Hemsl. & E.H.Wilson)（14 省）和花榈木(*O. henryi* Prain)（14 省）2 种，占总物种数的 5.56%；6~10 省为 6 种（16.67%）；28 种（77.78%）分布于 1~5 省，且分布于 1~3 省的物种为 23 种，占总物种的 63.89%。在物种特有性方面，中国特有种 27 种，占总物种数的 75.00%；广西、广东及云南三省共 23 种，占总特有种数的 85.19%；跨境分布种共 9 种，在中国境外分布于越南（7 种）、泰国（6 种）、缅甸（3 种）和孟加拉（2 种）等五个国家；中国境内则集中于华南与西南地区的边境、沿海省份，如云南、广西与广东（各 7 种）以及海南（5 种）。

2.1.2 垂直分布

红豆属植物在中国境内的垂直分布范围为 5~2400 m，尽管[500, 1500 m) 出现平台期，但物种多样性总体呈现出随海拔升高而递减的趋势，中低海拔带是其主要分布区域（图 1）。其中，[0, 500 m) 海拔带物种最为丰富，达 26 种，占属的 72.22%；分布在[500, 1000 m) 和[1000, 1500 m) 海拔带的物种数量次之，分别有 16 种，均占 44.44%；达到 2000 m 海拔带的物种仅 3 种（8.33%）。

亮毛红豆(*O. sericeolucida* H. Y. Chen)垂直分布跨度较大（图 2），表现出对不同环境条件的较强适应能力；厚荚红豆(*O. elliptica* Q. W. Yao & R. H. Chang)、屏边红豆(*O. pingbianensis* W. C. Cheng & R. H. Chang)、博罗红豆(*O. boluoensis* Y. Q. Wang & P. Y. Chen)及恒春红豆(*O. hengchuniana* T. C. Huang, S. F. Huang & K. C. Yang)分布海拔跨度较小，最高

表 1 中国红豆属植物在各省级行政区的分布

Table1 The distribution of *Ormosia* in China

物种 Species	Region																					境外分布 Overseas Branch
	广西 Guangxi	广东 Guangdong	云南 Yunnan	海南 Hainan	湖南 Hunan	福建 Fujian	江西 Jiangxi	贵州 Guizhou	香港 Xianggang	湖北 Hubei	澳门 Aomen	四川 Sichuan	江苏 Jiangsu	浙江 Zhejiang	台湾 Taiwan	安徽 Anhui	陕西 Shanxi	河南 Henan	甘肃 Gansu	西藏 Xizang	总计 Total	
<i>O. balansae</i> Drake	+		+	+			+				+										6	Vietnam
<i>*O. elliptica</i> Q. W. Yao & R. H. Chang	+	+				+															3	
<i>O. Emarginata</i> (Hook. & Arn.) Benth.	+	+		+				+			+										5	Vietnam
<i>*O. eugenifolia</i> Tsiang ex R. H. Chang	+																				1	
<i>*O. ferruginea</i> R. H. Chang		+																			1	
<i>O. fordiana</i> Oliv.	+	+	+	+			+			+											6	Vietnam, Myanmar, Thailand, Bangladesh
<i>*O. formosana</i> Kaneh.															+						1	
<i>*O. glaberrima</i> Y. C. Wu	+	+	+	+	+		+														6	
<i>*O. hekouensis</i> R. H. Chang			+																		1	
<i>O. henryi</i> Prain	+	+	+		+	+	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+		14	Vietnam, Thailand
<i>*O. hosiei</i> Hemsl. & E. H. Wilson	+		+		+	+	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+		14	
<i>*O. indurata</i> H.Y. Chen	+	+				+			+												4	
<i>*O. inflata</i> Merr. & Chun ex H. Y. Chen				+																	1	
<i>*O. longipes</i> H. Y. Chen			+																		1	
<i>O. merrilliana</i> H. Y. Chen	+	+	+																		3	Vietnam
<i>*O. microphylla</i> Merr. & H. Y. Chen	+	+			+	+		+													5	
<i>*O. nanningensis</i> H. Y. Chen	+																				1	
<i>*O. napoensis</i> Z. Wei & R. H. Chang	+		+																		2	
<i>*O. nuda</i> (F. C. How) R. H. Chang & Q. W. Yao		+	+		+	+	+	+		+											7	
<i>*O. olivacea</i> H. Y. Chen	+		+																		2	
<i>*O. pachycarpa</i> Champ. ex Benth.	+	+							+												3	
<i>*O. pachycarpa</i> var. <i>pachycarpa</i> Champ. ex Benth.	+	+							+													
<i>*O. pachycarpa</i> var. <i>tenuis</i> Chun ex R.H.Chang		+																				
<i>*O. pachyptera</i> H. Y. Chen	+		+																		2	
<i>*O. pingbianensis</i> W. C. Cheng & R. H. Chang	+		+																		2	
<i>O. pinnata</i> (Lour.)Merr.	+	+	+	+	+																5	Vietnam, Thailand
<i>*O. pubescens</i> R. H. Chang	+																				1	
<i>*O. purpureiflora</i> H. Y. Chen		+																			1	
<i>*O. saxatilis</i> K. M. Lan					+			+													2	
<i>*O. semicastrata</i> Hance	+	+		+	+	+	+	+	+		+										9	
<i>*O. sericeolucida</i> H. Y. Chen	+	+																			2	
<i>O. simplicifolia</i> Merr. & Chun ex H. Y. Chen	+	+	+	+																	4	Vietnam, Thailand, Myanmar, Bangladesh
<i>O. striata</i> Dunn			+																		1	Myanmar, Thailand
<i>*O. xylocarpa</i> Chun ex H. Y. Chen	+	+		+	+	+	+	+													7	
<i>*O. yunnanensis</i> Prain			+																		1	
<i>*O. boluoensis</i> Y. Q. Wang & P. Y. Chen		+																			1	
<i>*O. hengchuniana</i> T. C. Huang, S. F. Huang & K. C. Yang															+						1	
<i>O. Robusta</i> (Wight) Voigt																				+	1	Thailand
总计 Total	23	19	17	9	9	8	8	7	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1		

注：*为中国特有，+为有分布。Note：* is unique to China, + is distributed.

海拔与最低海拔差均仅在 100 m 内，对环境要求更为严格。此外，暂未获取到锈枝红豆(*O. ferruginea* R. H. Chang)与 *O. robusta* (Wight) Voigt 海拔分布信息。

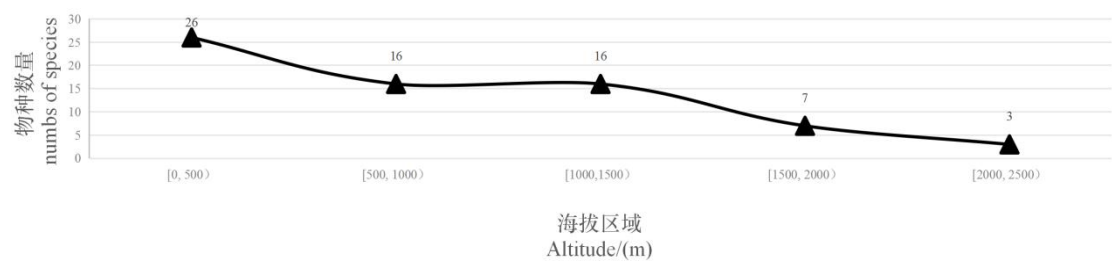


图 1 中国各海拔段红豆属植物分布数量趋势图

Fig. 1 Species number of *Ormosia* in China at different altitudes

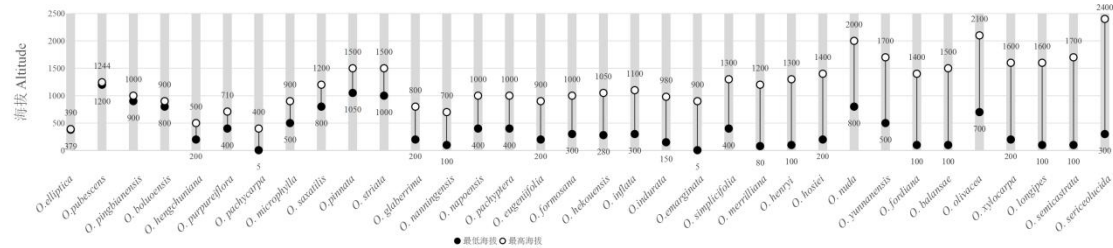


图 2 中国红豆属植物海拔分布图

Fig. 2 Altitude distribution map of *Ormosia* in China

2.2 中国红豆属植物的分布区类型

在种一级，中国红豆属植物分布区类型可分为 2 型（表 2），即热带亚洲（印度—马来西亚）分布（7 型）与中国特有分布（15 型）。其中，中国特有分布型 27 种，占总种数的 75.00%。

表 2 中国红豆属植物分布区类型统计

Table 2 Distribution area types of *Ormosia* in China

编号 No.	分布区类型 Distribution pattern	种数 Species	占总种数的比例 (%) Proportion (%)
7	热带亚洲（印度—马来西亚）分布 Trop. Asia(Indo-Malesia)	9	25.00
15	中国特有分布 Endemic to China	27	75.00

2.3 中国红豆属植物种数与生境的相关性

根据《中国植物志》与各省级地方植物志的描述，将“河旁、河边、河岸”“溪畔、溪旁、溪边、溪谷”“水边”等生境归为“河（溪）边”；“沟谷、沟底、山谷”等生境归为“山（沟）谷”；“路边、路旁、林缘”等生境归为“林缘”；“山坡”“坡地”归为“山坡”；其他如仅描述为“常绿阔叶林、混交林、密林”等则归为“其他”。结果表明（图 3）：36 种红豆属植物中，20 种生境描述中出现“河（溪）边”，23 种出现“山（沟）谷”，这 2 类与水流密切相关的河谷生境物种数共计 27 种，占总物种数的 75.00%；21 种（58.33%）出现“山坡”；13 种（36.11%）“林缘”；3 种（8.33%）“其他”。

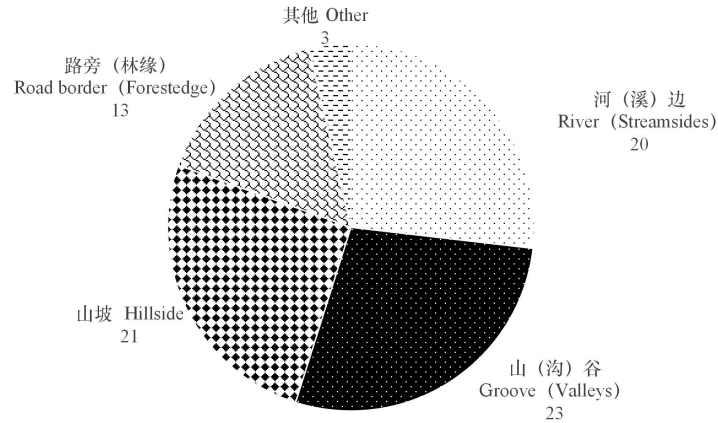


图 3 中国红豆属植物生境分布图

Fig. 3 Habitat distribution map of *Ormosia* in China

2.4 中国各省红豆属植物物种组成相似性

地理邻近省份间的物种组成相似性普遍较高(表 3)。物种数量过少时相似性系数难以正确反映物种组成相似性(郝朝运等, 2012), 故该文仅对物种数多于 5 种的广西、广东、云南、海南、湖南、福建、江西和贵州等 8 个省份进行物种组成相似性分析。湖南与周边多个省份(贵州、江西、福建)的相似性系数都较高(70.59%—87.50%), 福建和贵州(80%)、广西和广东的相似性均达 70%以上。相较之下, 云南与多数东部、南部省份以及海南与内陆省份的相似性则较低。

表 3 中国各省红豆属植物物种组成相似性系数(%)

Table 3 The similar coefficient of *Ormosia* among provinces in China(%)

	广西 Guangxi	广东 Guangdong	云南 Yunnan	海南 Hainan	湖南 Hunan	福建 Fujian	江西 Jiangxi
广东 Guangxi	71.43						
云南 Yunnan	60.00	44.44					
海南 Hainan	50.00	57.14	38.46				
湖南 Hunan	43.75	50.00	38.46	44.44			
福建 Fujian	45.16	51.85	24.00	23.53	70.59		
江西 Jiangxi	45.16	51.85	48.00	58.82	70.59	62.50	
贵州 Guizhou	33.33	38.46	25.00	25.00	87.50	80.00	66.67

注: 表格内容仅展示物种数多于 5 的省份。

Note : The table only shows provinces with more than five species.

3 讨论

3.1 中国红豆属物种数量与各省级行政区的存疑分布

物种组成是植物区系研究的基础, 其准确性对研究结论的可靠性具有决定性影响。中国红豆属物种数量在不同文献中存在差异, 记录范围从 35 至 44 种(含种下等级)不等, 主要分类争议集中于绒毛小叶红豆(*O. microphylla* var. *tomentosa* R. H. Chang)、薄毛茸荚红豆(*O. pachycarpa* var. *tenuis* Chun ex R. H. Chang)、荔枝叶红豆(*O. semicastrata* f. *litchiifolia* F. C. How)、苍叶红豆(*O. semicastrata* f. *pallida* F. C. How)、喙顶红豆(*O. apiculata* H. Y. Chen)和缘

毛红豆(*O. howii* Merr. & Chun ex Merr. & H. Y. Chen)的分类处理上。如,《中国植物志》和 *Flora of China* (FOC) 均收录喙顶红豆与缘毛红豆,而未包含恒春红豆与博罗红豆,但《中国植物志》收录 4 个种下单元,而 FOC 仅收录薄毛茸荚红豆 1 个;《中国生物物种名录(2025 版)》收录恒春红豆与博罗红豆以及上述 4 个种下类群,但将喙顶红豆和缘毛红豆作异名处理。为厘清上述分类问题,该研究通过系统文献梳理,并依据 POWO 进行接受名校订,将喙顶红豆、缘毛红豆、荔枝叶红豆与苍叶红豆均处理为软荚红豆(*O. semicastrata* Hance)异名,同时,参考《西藏维管植物多样性编目和分布数据集》(陈又生等, 2023),补充收录 *O. robusta* (Wight) Voigt。最终确认中国红豆属共有 36 种,其中茸荚红豆(*O. pachycarpa* Champ. ex Benth.) 下含茸荚红豆原变种(*O. pachycarpa* var. *pachycarpa* Champ. ex Benth.)与薄毛茸荚红豆变种。

标本数字化可有效规避因实体标本损毁所导致的生境、生态学及地理学信息丢失,从而为植物学等方面的研究提供重要数据支撑。然而,数字化植物标本馆所收录的采集信息普遍存在异名使用、命名错误以及信息不完整等问题(姜承勇等, 2018)。该研究在标本核查过程中除上述问题还发现:在缺乏文献佐证的标本记录中,多数采集年代较为久远且数量有限,相当比例的标本缺失花、果等关键形态特征,部分标签为手写且辨识度较低,甚至缺少标本图像。鉴于上述情况,该研究在排除明显信息错误及栽培个体的前提下,将各省级行政区仅有标本记录但缺乏文献佐证的分布数据界定为“存疑分布”,以供后续研究参考。值得注意的是,该部分数据显示,贵州除文献记载的 6 至 7 种外,另有 8 种存疑分布,该地区红豆属植物物种多样性可能高于既往认知。

3.2 中国红豆属植物的地理分布格局与环境适应

中国红豆属植物的地理分布格局受纬度与海拔的显著制约,呈现明显的环境适应性特征。在水平分布上,物种丰富度自南向北急剧下降;垂直梯度上,则总体随海拔上升而降低,其分布核心集中于岭南地区的中低海拔河谷。作为典型的热带—亚热带木本植物类群,红豆属对温度条件极为敏感,水热因子的空间分异是塑造其物种丰富度格局的关键驱动力(谢婷, 2019; 邱浩杰等, 2020)。海拔通过调控温度与湿度等关键气候因子,成为该属分布的主要限制因素。其中,极端低温通过抑制种子萌发、降低繁殖成功率及影响光合与呼吸作用等生理机制,阻碍该属植物向高海拔区域的扩散(Wei et al., 2024; Liu et al., 2024; Xie et al., 2023)。华南与西南地区属热带—亚热带季风气候,水热条件高度契合该属的生态需求,而华北、西北地区则因冬季极端低温与生长季水分胁迫限制了其向北的自然扩张。

地理邻近省份不仅地域相连,且水热条件相似,其物种组成相似性普遍较高,从另一侧面反映了环境过滤作用。此外,种间环境适应能力的差异进一步细化了各物种的具体分布范围。例如,红豆树具有高遗传多样性(Du, 2012; 李峰卿等, 2018; 刘鹏等, 2017a)与较强的繁殖能力(王明彬等, 2024),能够充分利用有利生境并实现快速拓殖;花榈木则依靠其耐寒性及对土壤的广泛适应性(刘鹏等, 2017b),得以突破温度与土壤限制,将其分布范围向更高纬度扩展。亮毛红豆等物种在海拔梯度上表现出较宽的生态幅,对环境变化具有更强的适应性,可作为研究植物响应气候变化的潜在指示类群;海拔分布范围狭窄的厚荚红豆、柔毛红豆等更易受气候变化威胁,亟须加强保护与人工繁育。

3.3 中国红豆属植物的区系特征与形成机制

中国红豆属植物区系特征鲜明,其最为突出的表现是高度的物种特有性。该区系特有种比例(75.00%)远高于中国高等植物的平均水平(王利松等, 2015),其中 85.19%的特有种集中于桂、粤、滇三地,反映出强烈的区域分异与长期隔离演化历史。从物种分布格局看,其物种多样性从中国南部(广西、广东和云南)向北部内陆省份以及周边国家(越南、泰国)呈清晰的减少趋势,而贵州存在数量可观的存疑分布记录,可能为核心分布区的一个潜在延伸地带。据此推测,中国南部(尤其是桂、粤、滇,并可能包括黔)是红豆属在亚洲的一个潜在次级分化与多样化中心。

该格局的形成,可从演化历史与扩散过程进行解释。生物地理学分析表明,世界红豆属起源于亚洲大陆,于渐新世或中新世早期通过长距离跨洋扩散方式传播至新大陆,由此形成新大陆与亚洲、澳大拉西亚湿润热带及亚热带地区间显著的地理分布间断格局(Torke et al., 2022)。此后,该属于中新世期间从其可能的热带起源地向北扩展至中国亚热带地区(Li et al., 2021)。其扩散途径根据动力与尺度可划分为不同模式:短距离扩散主要依靠重力作用或由鼠类通过分散贮藏行为辅助完成(刘鑫等, 2011);在区域尺度上,河流是实现种子传播与基因交流的关键载体(李峰卿等, 2017);而在洲际等更宏观尺度上的长距离传播,则主要通过洋流或鸟类迁徙进行(Li et al., 2021)。中国红豆属多分布于河谷与山坡环境,种子成熟后在重力作用下掉落并沿坡面移动,或经动物储藏、取食后排泄至水边,从而进入水体传播。其潜在的扩散路径可能包括:沿云南的澜沧江—湄公河、怒江—萨尔温江、元江—红河等跨境水系扩散至中南半岛;通过广西喀斯特地区的水文网络延伸至越南北部;并借助广东与海南的沿海洋流及候鸟迁徙路线,进一步传播至东南亚沿海地区。此外,贵州境内的珠江水系与广西水网直接贯通,构成物种向北部扩散的廊道,并可能通过属长江水系的乌江,将扩散范围延伸至贵州北部及更北区域。上述多种途径共同塑造了以中国南部(尤其是桂、粤、滇,并可能包括黔)为现代分布与演化中心,依托河谷走廊、沿海流系及鸟类迁徙等自然通道,向中国境内周边省份及东南亚邻国辐射扩散的生物地理格局。其高比例特有种的形成,是植物自身特性与历史地理环境多因素共同作用的结果。中国南方广布的喀斯特地貌拥有高度异质性生境,为物种分化提供了理想条件,而该区域在第四纪冰期所受影响较弱,使大量孑遗类群得以保存(周浙昆等, 2017)。此外,红豆属自然繁育能力低、适应中低海拔河谷生境以及依赖水体传播等生物学特性,共同限制了种群的有效扩散,使其在破碎化的生境中更易形成孤立种群。

3.4 中国红豆属植物的生存威胁与保护策略

根据《中国生物多样性红色名录-高等植物卷(2020)》,中国红豆属约60%物种因生境丧失与破碎化、人为干扰等因素处于受威胁状态,另有部分类群因基础数据缺乏尚未完成有效评估(生态环境部,中国科学院, 2020)。更为严峻的是,在气候变化背景下,多数红豆属物种将面临适生区面积缩减和破碎化的风险,其中狭域分布种所受威胁尤为突出(Liu et al., 2024; Xie et al., 2023; 姜垒等, 2024)。以上证据表明,该属植物正面临多重生存压力,亟需构建科学系统的保护体系以遏制其遗传多样性与种群持续性丧失。作为反映生物多样性保护紧迫性的典型类群,建议从多维度构建综合保护体系,如:在物种多样性热点与特有种集中区设立微型保护区,重点修复其中的低海拔河谷等关键生境;对极危物种开展种质资源保存与人工繁育;加强对基础数据缺乏物种的野外本底调查与种群动态长期监测,以填补保护评估空白;结合物种分布模型预测未来适生区变迁,前瞻性规划生态廊道以保障物种在气候变化背景下的自然迁移与适应。上述措施或可有助于维系其种群延续与演化潜力,亦可为其他濒危植物类群的保护提供参考。

致谢:感谢广西植物研究所李述万博士在该文撰写及修改过程中提供指导,感谢黔西南布依族苗族自治州交通运输局李后君先生在数据处理及图表制作上提供帮助!

参考文献:

- CHEN YS, SONG ZQ, WEI RA, et al., 2023. dataset on inventory and geographical distribution of vascular plants in Xizang, China [J]. Biodiversity Science, 31(9): 70-77. [陈又生, 宋柱秋, 卫然, 等, 2023. 西藏维管植物多样性编目和分布数据集 [J]. 生物多样性, 31(9): 70-77.]
- CHU XL, FU YR, YAN W, 2021. Genetic conservation for rear plant of *Ormosia hosiei* and

- research progress in its fine silviculture [J]. Chinese Wild Plant Resources, 40(10): 61-65. [楚秀丽, 付艳茹, 严巍, 2021. 珍稀植物红豆树资源保育及精细化培育研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 40(10): 61-65.]
- Chinese Academy of Sciences Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences. China Species List 2025 [EB/OL]. (2021-9-7)[2025-5-28]. [中国科学院生物多样性委员会, 中国科学院. 中国生物物种名录 2025 版 [EB/OLJ]. (2021-9-7)[2025-5-28]<http://sp2000.org.cn/CoLChina>.]
- Delecti Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agenda Academiae Sinicae Edita, 1994. Flora Reipublicae Popularis Sinicae: Vol.40 [M]. Beijing: Science Press: 7-51. [中国科学院中国植物志编辑委员会, 1994. 中国植物志(40 卷)[M]. 北京: 科学出版社: 7-51.]
- DONG HJ, LIU ZW, PENG H, 2024. Geographical distribution and floristic significance of *Pyrola* in China [J]. Plant Science Journal, 42(1): 43-47. [董洪进, 刘振稳, 彭华, 2024. 中国鹿蹄草属的地理分布及其区系意义 [J]. 植物科学学报, 42(1): 43-47.]
- DU, ZHOU KEJIU, 2012. Genetic diversity of natural populations of endangered *Ormosia hosiei*, endemic to China [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 39(40):13-18.
- HAO CY, TAN LH, FAN R, et al., 2012. Floristic geography of *Piper* (Piperaceae) in China [J]. Plant Diversity and Resources, 34(05): 421-429. [郝朝运, 谭乐和, 范睿, 等, 2012. 我国胡椒属植物区系地理研究 [J]. 植物分类与资源学报, 34(05): 421-429.]
- JIANG L, HU YH, WU YF, et al., 2024. Potential suitable area of *Ormosia* in Guangdong Province based on the MaxEnt modeling [J]. Guangxi Sciences, 31(1): 149-66. [姜垒, 胡喻华, 吴玉芬, 等, 2024. 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, 31(1): 149-166.]
- JIANG YC, YU WX, YANG T, et al., 2018. Geographical sampling: current status analysis and prediction in china based on chinese herbaria specimen records[J]. Frontiers of Data & Computing, 2018(5): 94-101. [姜承勇, 余卫星, 杨婷, 等, 2018. 基于中国馆藏标本数据分析全国植物标本采集现状及采集趋势预测 [J]. 科研信息化技术与应用, 2018(5): 94-101.]
- LI XC , Manchester S R, Xiao L, et al., 2021. *Ormosia* (Fabaceae: Faboideae) from the Miocene of southeastern China support historical expansion of the tropical genus in East Asia [J]. Historical Biology, 33(12): 3561-3578.
- LIN WT, DENG HG, YANG QQ, et al., 2023. Analysis of the community characteristics of *Ormosia Purpureiflora* in Luofushan Provincial Nature Reserve [J]. Journal of Huizhou University, 43(3): 7-11. [林伟通, 邓华格, 杨奇青, 等, 2023. 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, 43(3): 7-11.]
- LIU B, WENG HY, YE XZ, et al., 2024. Simulation of potential geographical distribution and migration pattern with climate change of *Ormosia microphylla* Merr. & H. Y. Chen [J]. Forests, 15(7): 1-17.
- LIU P, HE WC, HUANG XC, et al., 2017b. Research status and conservation strategy of *Ormosia henryi* [J]. South China Forestry Science, 45(3): 45-48. [刘鹏, 何万存, 黄小春, 等, 2017b. 花榈木研究现状及保护对策 [J]. 南方林业科学, 45(3): 45-48.]
- LIU P, QUE SQ, LIU LT, et al., 2017a. Research status and endangered conservation strategy of *Ormosia hosiei* [J]. Subtropical Plant Science, 46(1): 96-100. [刘鹏, 阙生全, 刘丽婷, 等, 2017a. 红豆树研究现状及濒危保护建议 [J]. 亚热带植物科学, 46(1): 96-100.]
- LIU X, WANG ZK, XIAO ZS, 2011. Patterns of seed predation and dispersal of an endangered

- rare plant *Ormosia hosiei* by Edward's long-tailed rats and Chinese white-bellied rats[J]. Biodiversity Science, 19(01): 93-96. [刘鑫, 王政昆, 肖治术. 小泡巨鼠和社鼠对珍稀濒危植物红豆树种子的捕食和扩散作用 [J]. 生物多样性, 19(01): 93-96.]
- L FQ, ZHOU ZC, XIE YJ, 2017. Genetic diversity and genetic differentiation of different populations of *Ormosia hosiei* in three water sheds [J]. Molecular plant breeding, 15(10): 4263-4274. [李峰卿, 周志春, 谢耀坚, 2017. 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, 15(10): 4263-4274.]
- LUO SX, ZHANG DX, 2004. Leaf epidermal morphology of *Ormosia* Jacks. (Leguminosae) in China [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 12(4): 298-308. [罗世孝, 张奠湘, 2004. 中国红豆属植物的叶表皮形态学 [J]. 热带亚热带植物学报, 12(4): 298-308.]
- Ministry of Ecology and Environment, Chinese Academy of Sciences. Red List of Chinese Biodiversity - Volume of Higher Plants [EB/OL] . (2023-5-19)[2025-5-23]. [生态环境部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录—高等植物卷[EB/OL]. (2023-5-19) [2025-5-23]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.]
- NIU M, 2015. Taxonomic studies of *Ormosia* Jacks. (Leguminosae) from China [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences: 1-121. [牛苗, 2015. 国产红豆属的分类学研究[D]. 北京: 中国科学院大学: 1-121.]
- QIU HJ, SUN JJ, XU Da, et al., 2020. The distribution dynamics of *Ormosia hosiei* under different climate change scenarios since the Last Glacial Maximum [J]. Acta Ecologica Sinica, 40(9): 3016-3026. [邱浩杰, 孙杰杰, 徐达, 等, 2020. 末次盛冰期以来红豆树在不同气候变化情景下的分布动态 [J]. 生态学报, 40(9): 3016-3026.]
- Torke B M, Cardoso D, Chang H, et al., 2022. 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, 166: 107329.
- WANG B, 2020. Research on the optimization strategy of road greening in Zengcheng District of Guangzhou City[D]. Guangdong: South China University of Technology: 1-39. [王彬, 2020. 广州市增城区中心城区道路绿化优化策略研究[D]. 广东省: 华南理工大学: 1-39.]
- WANG B, WANG ZH, SUN QW, et al., 2022. New records of one genus and eight species of angiosperm from Guizhou province [J]. Guizhou Science, 40(4): 1-5. [王波, 王泽欢, 孙庆文, 等, 2022. 贵州被子植物 1 新记录属和 8 新记录种 [J]. 贵州科学, 40(4): 1-5.]
- WANG JJ, ZHAO XM, WEI G, et al., 2022. Study on the growth difference of *Ormosia hosiei* from different seed collection sites in southern Anhui [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 50(3): 116-118. [王静静, 赵秀敏, 魏耿, 等, 2022. 不同采种地红豆树在皖南生长差异研究 [J]. 安徽农业科学, 50(3): 116-118.]
- WANG LS, JIA Y, ZHANG XC, et al., 2015. Overview of higher plant diversity in China [J]. Biodiversity Science, 23 (2): 217-224. [王利松, 贾渝, 张宪春, 等, 2015. 中国高等植物多样性 [J]. 生物多样性, 23(2): 217-224.]
- WANG MB, WEI XL, WEI Y, et al., 2024. Population structure and number dynamic characteristics of endangered plant *Ormosia hosiei* in Sichuan and Guizhou provinces, China [J]. Guihaia, 44(1): 179-192. [王明彬, 韦小丽, 韦忆, 等, 2024. 川黔地区濒危植物红豆树种群结构与数量动态特征 [J]. 广西植物, 44(1): 179-192.]
- WANG Q, CHEN X, RUAN SQ, et al., 2022. A new lignan from leaves of *Ormosia xylocarpa* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 53(3): 653-658. [王钦, 陈啸, 阮诗琪, 等, 2022. 木荚红豆叶中 1 个新的木脂素 [J]. 中草药, 53(3): 653-658.]

- WANG XD, LIU P, LIU MJ, et al., 2018. Biology and ecology research status of *Ormosia* species in China [J]. Plant Science Journal, 36(3): 440-451. [王小东, 刘鹏, 刘美娟, 等, 2018. 中国红豆属植物生物与生态学特征研究现状 [J]. 植物科学学报, 36(3): 440-451.]
- WEI LJ, WANG GH, XIE CP, et al., 2024. Predicting suitable habitat for the endangered tree *Ormosia microphylla* in China [J]. Scientific reports, 14(1): 1-11.
- WEI X, HE GH, TANG JM, et al., 2025. Advances in Conservation Biology of Endangered *Ormosia* Species [J]. Guangxi Sciences, 32(2): 226-235. [韦霄, 何国华, 唐健民, 等, 2025. 濒危植物红豆属的保育生物学研究进展 [J]. 广西科学, 32(2): 226-235.]
- World Flora Online [EB/OL]. [2025-05-28]. <http://www.worldfloraonline.org>.
- WU WS, 2023. Investigation and analysis of wild germplasm resources of the endangered *Ormosia henryi* [J]. Fujian Forestry, 39(6): 23-26. [吴炜圣, 2023. 濒危植物花榈木野生种质资源调查与分析 [J]. 福建林业, 39(6): 23-26.]
- WU ZY, 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. Acta Botanica Yunnanica, 13(Suppl. 4): 1-139. [吴征镒, 1991. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 13(增刊 4): 1-139.]
- WU ZY, RAVEN PH, HONG DY, 2010. Flora of China: Vol. 10[M]. Beijing: Science Press: 73-85.
- XIE CP, CHEN L, LI M, et al., 2023. Spatial-Temporal Sistribution Pattern of *Ormosia hosiei* in Sichuan under Different Climate Scenarios [J]. Forests, 14(6): 1-15.
- XIE T, 2019. Research on statistical mechanism of species richness pattern for woody plants in China [D]. Beijing: North China Electric Power University. [谢婷, 2019. 中国木本植物物种丰富度格局的统计学机制研究 [J]. 北京: 华北电力大学: 1-73.]
- ZHANG LJ, ZHOU WJ, NI L, et al., 2021. A review on chemical constituents and pharmacological activities of *Ormosia* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 52(14): 4433-4442. [张琳婧, 周文娟, 倪林, 等, 2021. 红豆属植物化学成分及其药理活性研究进展 [J]. 中草药, 52(14): 4433-4442.]
- ZHANG YL, 1998. Coefficient of similarity -- An important parameter in floristic geography [J]. Geographical Research, 17(4): 94-99. [张懿锂, 1998. 植物区系地理研究中的重要参数——相似性系数 [J]. 地理研究, 17(4): 94-99.]
- ZHENG HY, QIN XS, 2024. Advances in the study of *Ormosia* based on CiteSpace bibliometric analysis [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 30(15): 59-63. [郑皓遥, 秦新生, 2024. 基于 CiteSpace 文献计量分析的红豆属植物研究进展 [J]. 安徽农学通报, 30(15): 59-63.]
- ZHENG LJ, FU JR, WANG Q, 2022. Optimization of methods to extract total flavonoids from *Ormosia xylocarpa* and evaluation of their antioxidant activities [J]. Strait pharmaceutical journal, 34(12): 39-43. [郑丽鋈, 傅佳蕊, 王钦, 2022. 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, 34(12): 39-43.]