

红椿种质资源研究进展

张永佳, 李培, 骈瑞琪

华南农业大学林学与风景园林学院, 广东 广州

收稿日期: 2026年3月18日; 录用日期: 2026年4月28日; 发布日期: 2026年5月8日

摘要

红椿(*Toona ciliata*)为楝科(Meliaceae)香椿属(*Toona*)落叶或半落叶乔木, 是我国南方重要的珍贵用材树种, 兼具较高的经济、生态及药用价值, 已被列为国家Ⅱ级重点保护野生植物。本文系统综述了红椿的生物学特性、地理分布、利用价值, 重点综述了红椿在种实性状、生长性状、材性性状及分子标记方面研究进展, 深入分析了当前红椿种质资源研究中存在的问题, 对未来的研究方向进行了展望, 以期红椿种质资源保护与遗传改良提供理论依据和科学参考。

关键词

红椿, 遗传变异, 表型性状

Research Progress on *Toona ciliata* Germplasm Resources

Yongjia Zhang, Pei Li, Ruiqi Pian

College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong

Received: March 18, 2026; accepted: April 28, 2026; published: May 8, 2026

Abstract

Toona ciliata (family Meliaceae, genus *Toona*) is a deciduous or semi-deciduous tree species and an important precious timber tree in southern China. It possesses significant ecological, medicinal, and timber utilization values and has been listed as a national Grade II key protected wild plant. This paper systematically reviews the biological characteristics, geographical distribution, and utilization value of *T. ciliata*, with a focus on research progress in seed and fruit traits, growth traits, wood properties, and molecular markers. It provides an in-depth analysis of the existing problems in current research on *T. ciliata* germplasm resources and discusses future research directions, aiming to provide a theoretical basis and scientific reference for the conservation and genetic improvement

of *T. ciliata* germplasm resources.

Keywords

Toona ciliata, Genetic Variation, Phenotypic Traits

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

红椿(*Toona ciliata*)隶属楝科(Meliaceae)香椿属(*Toona*), 是热带亚热带地区重要的珍贵用材树种。其木材心材呈深红褐色, 纹理通直美观, 质地坚韧, 力学性能优良, 且具有天然防虫耐腐特性和持久微香, 被誉为“中国桃花心木”, 在高端家具、乐器、装饰品等领域具有广阔的应用前景[1][2]。同时, 红椿树干通直、枝叶繁茂, 根系发达, 具有良好的水土保持功能, 是我国南方退化山地植被恢复的优良树种[3]。此外, 红椿叶片、树皮、根等组织富含萜类、酚类、生物碱等多种次生代谢产物, 在抗菌、抗氧化、抗肿瘤、抗糖尿病等方面展现出显著的药用潜力[4][5]。

然而, 由于过度采伐和生境破坏, 红椿天然林资源逐渐减少, 已被列为国家II级重点保护野生植物。开展红椿种质资源收集、保存与遗传改良研究, 对于保护其遗传多样性与促进人工林培育具有重要意义。种源试验作为林木遗传改良的基础工作, 通过评价不同地理种源在生长、材性、适应性等方面的表现, 可为优良种质筛选和良种选育提供科学依据。

近年来, 国内外学者围绕红椿种源试验、遗传变异等方面开展了大量研究, 在表型多样性、分子标记应用等领域取得了一定进展, 但现有研究多聚焦于苗期或幼林阶段的单一性状评价, 对近中龄林红椿生长与材性的联合研究仍十分薄弱, 基于此, 本文系统综述红椿种质资源研究进展, 分析现有研究的主要成就与不足, 并对未来研究方向进行展望, 以期红椿资源保护和遗传改良提供参考。

2. 红椿种质资源概述

2.1. 形态特征

红椿(*Toona ciliata*)为楝科(Meliaceae)香椿属(*Toona*)树种, 落叶或半落叶乔木, 其小枝幼时有被毛, 随生长逐渐脱落, 叶为羽状复叶, 长 25~40 cm, 小叶对生或近对生, 叶片具显著皮孔。圆锥花序与叶近等长或略短, 花药椭圆形, 花期 3~4 月, 果期 10~11 月。该种蒴果个体偏小, 果皮革质, 表皮皮孔细小且分布稀疏, 蒴果风干后表皮呈淡红色[6]。

2.2. 地理分布与生态习性

红椿分布范围广泛, 横跨亚洲与大洋洲。在中国分布于西南及华南、华中、华东等地区(如云南、贵州、湖北、江西、广东、福建等地), 亦广泛见于印度、越南、马来西亚、菲律宾及中南半岛等地[7]-[9]。

红椿是典型的喜光树种, 偏好降水充沛、气候温暖湿润的环境, 常见于年均温 15℃~22℃、年降水量 1250 mm 左右的地区。该树种适应性强, 可在土层深厚、肥沃湿润、排水通畅的酸性土或钙质土中茁壮生长, 也可在干旱贫瘠的土壤上存活[10]。其须根发达, 主根不明显, 为浅根性树种[11]。在自然群落中, 红椿多为上层乔木, 其种群常呈散生或小块状分布, 且常与薄叶楠、青岗、酸枣等树种混生, 这种伴生

关系对其生长具有促进作用[12]。

2.3. 利用价值

红椿的利用价值主要体现在木材、生态和药用等方面。在木材利用方面,红椿心材呈深红褐色,边材色泽偏浅,纹理通直且美观、质地坚韧,抗弯强度、抗压强度及弹性模量等主要力学指标表现优良[2],干燥开裂、翘曲变形风险较小,干燥速度快,有天然的防虫防腐特性,且木材自带持久微香[13]。因其优良的综合材性,红椿在高端实木制品领域应用广泛,常用于制作高档家具、室内装饰品、各类乐器及工艺珍品等,在高端木材市场中占有重要地位[1],在工业领域,红椿木材可用于旋切单板、胶合板、船舶与车辆内饰等制品。

在药用价值方面,红椿叶片、树皮、根等组织中的提取物中富含萜类、酚类、生物碱等多种次生代谢产物[14][15]。早期,红椿被用作民间药方,用于治疗发烧、溃疡、麻风病、缓解头痛[16][17]。前人研究表明,红椿叶片中的80%甲醇提取物具有显著的 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶抑制活性,具有显著的抗糖尿病功效[5]。树皮中的乙酸乙酯提取物具有抗肿瘤活性[4]。其提取物还具有显著的抗菌、抗真菌、抗氧化及抗炎活性,同时在抗溃疡、镇痛以及调理血液疾病等方面展现出药用功效[18][19],为其在医药、保健品及天然防腐剂等领域的开发提供了科学依据。

在生态价值方面,红椿树干通直挺拔、枝叶繁茂,具备良好的观赏特性与景观价值,可作为园林绿化、庭院绿化及生态景观林的优良树种。其根系发达,固土保水能力强,在我国水土保持与退化山地植被恢复中亦有重要应用前景[3]。

3. 红椿种质资源评价研究

3.1. 种实性状遗传变异研究

种实性状是林木种源分化的直观表现,也是种源划分和早期选优的重要依据。近年来,部分学者针对红椿种实性状开展研究,发现不同种源红椿种实在形态、大小、千粒重等方面存在丰富的表型多样性,陈叶等[20]对31个地区红椿种子的6个性状进行测定分析,发现各性状在种源间差异极显著,经纬度是主要影响因素且性状呈现特定地理分布规律。蔡京勇等[21]对湖北8个天然居群的12个种实性状分析也表明,居群间差异极显著,表型多样性较高,且呈现明显的地理变异趋势,鄂东南与其他居群差异较大。这些研究结果为红椿基于种子性状的初步选优提供了依据。

3.2. 生长性状遗传变异研究

生长性状是林木遗传改良的核心指标,直接决定林分产量和经济效益,主要包括树高、胸径、冠幅、枝下高、材积等。由于林木生长周期长,易于早期测定的生长性状,便作为表型观测的优先指标。红椿作为楝科香椿属珍贵阔叶用材树种,自20世纪70年代起,云南、福建、江西等地开展了红椿的引种及人工造林工作[22],初步探索红椿的生长适应性特性,为后续开展种源试验及优良种源筛选奠定了坚实的基础。

在种源水平上,多个研究证实了红椿具有显著的遗传分化。对红椿苗期试验发现,红椿不同种源及家系在苗高、地径等生长性状上存在显著差异,基于此,初步筛选出6个优良家系[23]。针对红椿不同种源苗期及幼林的叶片及生长进行试验,研究表明种源间生长差异随林龄增加而增大[24]。在探究1年生红椿的生长及光合特征进一步发现,不同种源间生长与光合指标差异明显,且红椿适应强光能力强,光合潜力大[25]。

在家系水平上,研究同样证实了生长指标的差异。对红椿不同家系苗期及幼林期的生长指标发现,胸径、树高等生长性状在家系间存在丰富的遗传变异,并可基于生长性状的遗传增益,筛选出表现优良

的家系,为后续良种选育提供参考依据[26]。对8年生红椿半同胞家系的研究进一步发现,生长指标的遗传力虽较低,仍存在可观的变异[27]。

此外,环境因子对于红椿生长也具有影响。基于红椿年轮分析发现,云南红椿的径向生长与生长季早期的水分呈显著正相关,表明水分是该地区红椿生长的主要限制因子[28]。上述研究表明,红椿生长性状的表现既受遗传控制,也受环境条件影响,这为开展种源水平上的遗传变异分析及优良种源筛选提供了重要理论基础。

3.3. 材性性状遗传变异研究

木材作为重要的可再生资源之一,其材质直接影响加工利用的效率与林产品的价值[29]。基本密度、纤维形态、木材的化学组成等性状的遗传变异规律是木材品质改良的基础。

在林分和种源水平上,红椿材性性状存在显著差异。11个红椿天然林分的木材材性的研究发现,木材材性在不同林分间存在极显著差异,且心材颜色表现出较高的变异系数,遗传改良潜力较大[30]。种源层面上,针对19个地理来源的红椿木材材性进行研究,发现木材密度与纤维形态在不同种源间存在显著差异,其中西南及华南种源木材密度更大,利用价值更高[31]。同时,不同林龄的材性也有所差异。对5个不同林龄的红椿木材材性进行调查,结果显示纤维长度、壁厚及多个力学强度指标整体随林龄增加而提高,为红椿木材利用与培育奠定基础[32]。红椿不同部位的材性也存在差异。对红椿木材的边、心材部位的物理力学性能研究发现,心材物理力学性能优于边材,且老化处理会导致木材性能降低[33]。

相较于生长性状,目前针对红椿材性性状的研究仍相对薄弱,且多集中于幼龄材,对近中龄林木材品质形成的系统研究尚待深入。

3.4. 基于分子标记的遗传多样性研究

随着分子生物学技术的发展,红椿的分子标记研究逐步开展,学者利用分子标记技术开展了红椿遗传多样性和群体结构研究,这丰富了红椿分子水平研究基础。基于相关序列多态性分子标记(SRAP)对不同红椿种源的分析,揭示了国内外红椿种源在DNA水平上的遗传多样性与群体结构[34]。基于印度北阿坎德邦地区15个红椿自然群体开展的SSR遗传多样性研究发现,群体间遗传分化程度较高,且34%的遗传变异存在于群体之间[9]。

分子水平的研究表明,红椿具有丰富的种群内遗传多样性和明显的种群间遗传分化,为其种源选择和资源保护提供了坚实的遗传学依据。

4. 结论与展望

目前关于红椿种质资源的研究已取得一定进展,明确了其在种实、生长、材性性状上的遗传变异特征及分化规律,为种质资源保护和早期选优提供了基础数据。然而,受红椿遗传背景复杂、生长周期长以及研究技术的局限性影响,当前研究仍存在以下关键问题,有待进一步深入研究:(1)目前种源采集以中国西南及华南地区为主,对华中、华东及澳大利亚不同生态型的覆盖不足。未来应重点收集西南高海拔及澳大利亚不同生态型的野生种质资源,并建立长期固定观测样地,系统测定中龄林至成熟林的生长与材性性状,揭示红椿性状表达的年龄趋势和遗传稳定性,为优良种质的精准筛选提供科学依据;(2)性状评价多聚焦单一指标,生长与材性联合分析薄弱。未来需深入研究红椿生长性状与材性性状的遗传相关关系,明确二者之间的相关关系,构建多性状综合选择指数,实现红椿速生优质的协同定向改良,同时结合分子标记技术,挖掘调控红椿木材形成、心材发育的关键基因,提升遗传改良效率。(3)基因型与环境互作机制研究薄弱。红椿天然分布跨热带至中亚热带,未来需开展跨气候带、多立地条件的联合种源试验,明确环境因子对红椿生长、材性形成的影响机制,推动红椿珍贵用材产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李志辉, 李柏海, 祁承经, 等. 我国南方珍贵用材树种资源的重要性及其发展策略[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(11): 1-8.
- [2] 夏林敏. 红椿木材材性及耐老化性研究[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2019.
- [3] 程冬生, 崔同林. 珍贵树种红椿的利用价值及培育技术[J]. 中国林副特产, 2010(4): 39-40.
- [4] Kavitha, K.S. and Satish, S. (2013) Evaluation of Antimicrobial and Antioxidant Activities from *Toona ciliata* Roemer. *Journal of Analytical Science and Technology*, 4, Article No. 23. <https://doi.org/10.1186/2093-3371-4-23>
- [5] El-Nashar, H.A.S., Al-Qaaneh, A.M., Bhuia, M.S., Chowdhury, R., Abdel-Maksoud, M.A., Ebaid, H., et al. (2024) UPLC-ESI/MSⁿ Metabolic Profiling of *Cedrela odorata* L. and *Toona ciliata* M. Roem and *in Vitro* Investigation of Their Anti-Diabetic Activity Supported with Molecular Docking Studies. *Frontiers in Chemistry*, 12, Article 1462309. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1462309>
- [6] 张春华. 红椿及其近缘种特征与适生区分布研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [7] 章婷. 红椿离体培养再生体系的建立[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- [8] Heinrich, I. and Banks, J.C.G. (2005) Dendroclimatological Potential of the Australian Red Cedar. *Australian Journal of Botany*, 53, 21-32. <https://doi.org/10.1071/bt04033>
- [9] Neha, Kant, R., Bhandari, M.S., Meena, R.K. and Shankhwar, R. (2024) Genetic Diversity and Population Structure in Natural Populations of *Toona ciliata* in the Uttarakhand State of Himalaya. *Trees*, 38, 357-372. <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02487-1>
- [10] 张亚东, 钟艺, 周国清, 等. 湖北恩施种源红椿不同家系育苗试验初报[J]. 湖北林业科技, 2013(3): 17-20.
- [11] 吴莉莉, 王鸣凤, 陈柏林. 红椿树的生物学特性及人工栽培试验研究[J]. 安徽农学通报, 2006(7): 168-169.
- [12] 王鸣凤, 陈柏林, 吴莉莉. 红椿树的生物学特性及人工栽培研究[J]. 林业科技通讯, 1999(1): 14-16.
- [13] 何贵整, 梁刚, 蔡林, 等. 南方濒危树种红椿实生苗容器育苗技术[J]. 林业实用技术, 2012(10): 28-29.
- [14] Malairajan, P., Gopalakrishnan, G., Narasimhan, S., Veni, K.J.K. and Kavimani, S. (2007) Anti-Ulcer Activity of Crude Alcoholic Extract of *Toona ciliata* Roemer (Heart Wood). *Journal of Ethnopharmacology*, 110, 348-351. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.018>
- [15] Shi, Q., Wang, T., Zhang, X., Pu, Y., Ji, X., Li, X., et al. (2021) The Bioactive Limonoids from *Toona ciliate* as NLRP3 Inflammasome Inhibitors. *Industrial Crops and Products*, 167, Article ID: 113533. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113533>
- [16] Chen, H., Yang, S., Wu, Y., Dong, L. and Yue, J. (2009) Terpenoids from *Toona ciliata*. *Journal of Natural Products*, 72, 685-689. <https://doi.org/10.1021/np800811b>
- [17] Hu, J., Song, Y., Mao, X., Wang, Z. and Zhao, Q. (2016) Limonoids Isolated from *Toona sinensis* and Their Radical Scavenging, Anti-Inflammatory and Cytotoxic Activities. *Journal of Functional Foods*, 20, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.10.009>
- [18] Singh, N., Chatterjee, A., Chanu, W.K., Vaishalli, P.M., Singh, C.B. and Nagaraj, V.A. (2023) Antimalarial Activity of *Toona ciliata* MJ Roem Aqueous Methanolic Leaf Extract and Its Antioxidant and Phytochemical Properties. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 13, 550-560. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2023.05.004>
- [19] Zhang, F., Wang, J., Gu, Y. and Kong, L. (2012) Cytotoxic and Anti-Inflammatory Triterpenoids from *Toona ciliata*. *Journal of Natural Products*, 75, 538-546. <https://doi.org/10.1021/np200579b>
- [20] 陈叶, 湛欣, 邓小梅, 等. 红椿不同种源种子性状的地理变异[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(5): 52-57.
- [21] 蔡京勇, 陈文学, 汪洋, 等. 湖北不同种源红椿天然居群的种实表型变异[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 137-142.
- [22] 沈承权, 陈东, 刘度南, 等. 红椿引种栽培试验[J]. 四川林业科技, 1991, 12(1): 71-74.
- [23] 陶丹, 武来成, 张露, 等. 毛红椿不同种源及家系间苗期生长变异性研究[J]. 南昌工程学院学报, 2007, 26(4): 9-13.
- [24] 张亚东, 马林江, 樊孝萍, 等. 不同红椿家系苗期及幼林期在江汉平原的生长表现分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2024, 44(6): 11-18.
- [25] 黄国伟, 彭婵, 陈慧玲, 等. 不同种源红椿苗期生长及光合特性比较[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(2): 123-129.
- [26] 李付伸, 韦秀娟, 彭雪迪, 等. 广西田林种源红椿优树子代苗的早期选择[J]. 亚热带农业研究, 2023, 19(2): 108-113.

-
- [27] 陈艺, 吴际友, 程勇, 等. 红椿半同胞家系生长性状遗传分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(3): 40-43.
- [28] Sharma, B., Fan, Z., Panthi, S., Gaire, N.P., Fu, P. and Zaw, Z. (2022) Warming Induced Tree-Growth Decline of *Toona ciliata* in (Sub-) Tropical Southwestern China. *Dendrochronologia*, **73**, Article ID: 125954. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.125954>
- [29] Stackpole, D.J., Vaillancourt, R.E., Alves, A., Rodrigues, J. and Potts, B.M. (2011) Genetic Variation in the Chemical Components of *Eucalyptus globulus* wood. *G3 Genes|Genomes|Genetics*, **1**, 151-159. <https://doi.org/10.1534/g3.111.000372>
- [30] 乔卫阳, 邱勇斌, 邹军, 等. 红椿天然林分木材材性性状变异规律研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(5): 101-105.
- [31] 李培. 红椿地理变异及遗传多样性研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [32] 郭文仲, 彭辉武, 徐建民, 等. 红椿纤维特性和力学性能年度差异分析[J]. 林业科技通讯, 2019(5): 32-34.
- [33] Xia, L., Qi, J., Huang, X., Xie, J., Xiao, H., Luo, J., *et al.* (2018) Physical-Mechanical Properties of Heartwood and Sapwood in *Toona* sp. Wood (*Toona ciliata* M. Roem.) before and after Accelerated Aging Treatment. *BioResources*, **13**, 8409-8420. <https://doi.org/10.15376/biores.13.4.8409-8420>
- [34] 李培, 阙青敏, 欧阳昆晞, 等. 不同种源红椿 SRAP 标记的遗传多样性分析[J]. 林业科学, 2016, 52(1): 62-70.