

古树名木基因库在天然林遗传多样性保护中的作用

杨海东

贵阳市天然林和公益林保护修复中心 贵州贵阳

【摘要】古树名木基因库通过系统性收集、保存古树名木的遗传物质，为天然林遗传多样性保护提供核心支撑。这些存活百年以上的个体携带经长期自然选择形成的抗逆基因、适应性基因等独特遗传信息，是天然林演化历史的基因记录。基因库借助种子库、离体培养、基因组测序等技术，避免珍稀基因随古树衰老死亡而流失，同时为天然林种群更新提供优质基因来源，促进基因流良性循环，维持种群遗传结构完整性，增强天然林应对气候变化、病虫害等环境扰动的能力，是生态系统可持续发展的遗传保障。

【关键词】古树名木基因库；天然林；遗传多样性；基因保护；种群更新

【收稿日期】2025 年 8 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250186

The role of ancient and famous tree gene banks in protecting genetic diversity of natural forests

Haidong Yang

Guiyang Natural Forest and Public Welfare Forest Protection and Restoration Center, Guiyang, Guizhou

【Abstract】The ancient and famous tree gene bank provides core support for the protection of genetic diversity in natural forests through the systematic collection and preservation of genetic materials from ancient and famous trees. These individuals, which have survived for over a hundred years, carry unique genetic information such as stress-resistant genes and adaptive genes formed through long-term natural selection, serving as genetic records of the evolutionary history of natural forests. By means of technologies such as seed banks, in vitro culture, and genome sequencing, the gene bank prevents the loss of rare genes due to the aging and death of ancient trees. Meanwhile, it provides high-quality genetic sources for the regeneration of natural forest populations, promotes the circulation of gene flow, maintains the integrity of population genetic structures, and enhances the ability of natural forests to cope with environmental disturbances such as climate change and pests and diseases, thus acting as a genetic guarantee for the sustainable development of ecosystems.

【Keywords】Ancient and famous tree gene bank; Natural forest; Genetic diversity; Gene protection; Population regeneration

引言

天然林作为地球生态系统的“基因宝库”，其遗传多样性的丰富程度直接决定生态韧性。而古树名木作为天然林中的“活化石”，承载着数百年环境适应的基因密码。然而，城市化扩张、极端气候等因素正导致部分古树名木消亡，其独特基因面临永久流失风险。古树名木基因库的建立，为抢救这些不可再生的遗传资源提供了新路径。深入理解其在天然林遗传多样性保护中的功能，对维系生态系统进化潜力具有不可替代的意义。

1 天然林遗传多样性丧失的驱动因素及古树名

木基因的稀缺性

天然林遗传多样性丧失的驱动因素呈现多维度叠加特征，人类活动的干扰构成最直接威胁。城市化进程中，道路建设与土地开发导致天然林片段化，形成相互隔离的“生境岛屿”，阻碍种群间基因流交换，使小种群面临近交衰退风险^[1]。例如，山区公路的延伸将连片天然林分割为孤立斑块，珍稀树种的传粉范围缩减，种子传播距离缩短，种群遗传结构逐渐单一化。商业采伐的选择性砍伐进一步加剧遗传多样性流失，过度获取优质木材导致具有特定优良基因的个体被优先移除，剩余种群的遗传变异水

平下降, 适应环境变化的潜力减弱。

气候变化通过改变生境适宜性间接影响遗传多样性。气温升高与降水格局改变使部分树种的分布区发生迁移, 天然林群落的优势种组成更替速率加快, 适应性较弱的基因型被淘汰^[2]。极端气候事件如干旱、暴雨的频发, 导致敏感种群个体大量死亡, 其携带的独特基因随个体消亡而永久消失。病虫害的肆虐在气候变化背景下更为突出, 外来入侵物种凭借更强的环境适应性挤占本土树种生存空间, 而天然林种群因遗传多样性不足, 缺乏针对新病虫害的抗性基因, 易引发区域性种群衰退。环境污染对天然林遗传物质的损伤具有隐蔽性与累积性。工业排放的重金属与大气污染物通过沉降进入土壤与植物体内, 诱发 DNA 链断裂与基因突变, 干扰基因表达调控机制。水体富营养化导致林下植被组成改变, 间接影响树种的传粉媒介与共生微生物, 破坏基因传递的生态链条。这些污染胁迫不仅降低当代种群的遗传质量, 还可能通过表观遗传修饰影响后代适应性, 形成跨世代的遗传损伤。古树名木基因的稀缺性源于其不可再生性与独特进化价值。古树名木历经数百年环境筛选, 携带的抗逆基因、长寿基因等是长期自然选择的结果, 如历经多次极端低温事件存活的古树, 其耐寒基因的等位基因频率显著高于同龄林分, 对气候变化具有特殊适应意义^[3]。许多古树名木属于珍稀濒危物种的残存个体, 其基因库中保存着该物种历史演化的遗传信息, 是种群复壮的关键遗传资源。例如, 某些仅存数株的古老裸子植物, 其基因组中保留着地质时期的演化痕迹, 对研究植物区系演变具有不可替代的价值。古树名木的自然衰老与意外死亡加剧基因稀缺性。多数古树已进入生理衰退期, 自然更新能力减弱, 种子活力下降, 若未及时保存其遗传物质, 独特基因将随个体死亡而流失。火灾、雷击等自然灾害对古树的破坏具有突发性, 历史上多次因极端天气导致千年古树死亡的案例, 均造成不可挽回的遗传资源损失。此外, 人为破坏如盗伐、刻画等行为直接威胁古树生存, 进一步压缩其基因存续的时间窗口, 使得古树名木基因的抢救性保护更具紧迫性。这些因素共同凸显了古树名木基因在天然林遗传多样性保护中的不可替代性。

2 古树名木基因库的资源保存体系与技术实现路径

古树名木基因库的资源保存体系需构建多层次、立体化的保护网络, 覆盖遗传物质的收集、存储、繁殖及信息管理等全链条。资源收集环节强调系统性与代表性, 需根据古树名木的分布区域、树种特性及遗传背景制定采样方案。针对不同生活型植物采用差异化采样策略: 对高大乔木优先采集健康枝条、叶片及成熟种子, 确保涵盖不同冠层的遗传信息; 对珍稀灌木与藤本植物则兼顾地下部分与地上部分, 避免因单一器官采样导致的遗传信息偏差。采样过程需遵循最小干扰原则, 通过非破坏性手段获取样本, 如利用高空作业车采集树冠枝条, 减少对古树本体的损伤^[4]。

保存体系的核心在于多元化存储方式的协同应用。种子库作为传统保存手段, 适用于 orthodox 种子(耐干燥低温的种子), 通过脱水处理使种子含水量降至安全阈值, 再置于低温冷库中延缓代谢活动, 实现遗传物质的长期保存。对于 recalcitrant 种子(不耐干燥低温的种子), 则采用离体培养技术, 将胚状体或分生组织接种于无菌培养基, 在人工调控的光照、温度条件下维持细胞活性, 通过继代培养实现长期保存^[5]。针对难以通过种子或离体组织保存的古树, 可采用基因组 DNA 保存技术, 提取高质量核酸后经纯化处理, 结合超低温冷冻技术实现遗传信息的分子水平保存, 为后续基因挖掘提供物质基础。技术实现路径需依托现代生物技术与工程手段的融合创新。遗传物质的离体繁殖技术是资源再生的关键, 通过组织培养中的脱分化与再分化过程, 将保存的体细胞培育为完整植株, 突破传统繁殖对季节与环境的依赖。针对部分古树名木的生殖障碍, 可采用显微繁殖技术, 在无菌环境下对幼嫩胚珠进行离体培养, 提高繁殖成功率。基因信息的数字化管理是技术体系的重要支撑, 通过建立古树名木遗传资源数据库, 录入样本的采集地点、树龄、基因型特征及保存状态等信息, 结合地理信息系统绘制遗传资源分布图谱, 实现资源的精准查询与动态追踪。基因组学技术为基因库的深度利用提供技术支撑。通过全基因组测序解析古树名木的遗传密码, 识别与抗逆性、长寿性相关的功能基因, 构建基因表达图谱, 为天然林种群改良提供靶点。分子标记技术可用于评估保存样本的遗传多样性, 通过简单序列重复标记或单核苷酸多态性标记分析样本间的遗传距离, 确保基因库内保存的遗传资源具有足够的代

表性与异质性。基因编辑技术的谨慎应用,可在保留古树核心遗传特征的前提下,修复部分有害突变,增强繁殖材料的适应性,为后续回归天然林奠定基础。保存体系的维护需建立严格的质量控制标准。定期监测种子库的温湿度波动,通过传感器实时反馈环境参数,避免因设备故障导致的遗传物质降解。离体培养体系需定期进行污染检测,采用分子标记技术鉴定培养物的遗传稳定性,防止长期继代培养引发的变异。基因库的安全备份机制不可或缺,重要遗传资源需在不同地域的备份库中重复保存,通过异地保存策略降低自然灾害对资源的毁灭性影响。技术人员的专业培训同样关键,需掌握样本采集、保存及复苏的标准化操作流程,确保各环节的技术实施质量,最终实现古树名木遗传资源的安全保存与高效利用。

3 基因库在天然林遗传多样性恢复中的应用模式及生态效益

基因库在天然林遗传多样性恢复中的应用模式需结合生态修复目标与种群特性,形成多层次技术应用体系。针对退化天然林的种群复壮,采用基因资源定向补给模式,从基因库筛选携带抗逆基因的繁殖材料,通过人工辅助授粉或种子点播补充种群基因库,提升群落遗传变异水平。在片段化天然林的连接修复中,运用基因流引导模式,选取基因库中与隔离种群遗传距离适宜的个体作为“基因桥”,通过扦插或嫁接技术构建生态廊道关键节点,促进隔离种群间的遗传交流,打破生境破碎化导致的基因隔离^[6]。对于珍稀濒危树种的抢救性恢复,实施基因型精准匹配模式,依据基因库的分子标记数据,选择遗传背景互补的个体进行杂交育种,培育兼具适应性与遗传多样性的子代,再通过幼苗回归技术补充天然种群。在受病虫害侵扰的天然林修复中,应用抗性基因导入模式,从基因库保存的抗病古树材料中提取功能基因片段,通过基因转化技术增强目标种群的抗性表达,减少化学防治对生态系统的干扰^[7]。这些应用模式产生的生态效益体现在多个维度。种群层面,基因库补给的优质基因提升了天然林种群的适应辐射能力,经监测显示,补充个体的子代在极端气候下的存活率显著提高,群落的年龄结构更趋合理,幼苗更新速率加快。遗传层面,基因流的恢复使种群近交系数下降,杂合度提升,有效缓解了小种群的遗传漂变风险,种群进化潜力得到增强。生态系统层面,基因库驱动的多样性恢复促

进了群落功能完整性,古树名木特有的共生微生物随遗传物质传递得以延续,提升了天然林的物质循环与能量流动效率^[8]。景观层面,基因库支撑的植被恢复增强了生态系统的连通性,为野生动物提供了更稳定的栖息环境,推动了整个生态网络的良性互动。

长期监测表明,经基因库技术干预的天然林,其生态系统服务功能如水源涵养、碳汇能力等均呈现显著提升,验证了基因库在维系生态系统稳定性与可持续性中的核心作用。

4 结语

古树名木基因库是天然林遗传多样性保护的关键支点,既实现了珍稀基因资源的永续保存,又为退化天然林的遗传修复提供了物质基础。通过技术创新与应用实践,其有效弥补了传统就地保护的局限性,强化了天然林的进化潜力。未来需进一步完善基因库的管理体系,推动基因资源的科学利用,使古树名木的遗传价值持续服务于生态系统的稳定与发展,为生物多样性保护提供长效保障。

参考文献

- [1] 汪锐.金寨县古树名木资源现状分析及保护对策研究[D].安徽农业大学,2021.
- [2] 陈晨,孟早霞,张新权,等.安阳市老城区古树名木资源现状调查[J].农业科技创新,2025,(14):72-74.
- [3] 谢和生,许单云,何亚婷,等.我国天然林保护政策系统分析及优化[J].生态学报,2024,44(24):11347-11358.
- [4] 陈咪瑞.古树名木资源保护存在的问题及其对策[J].绿色中国,2025,(03):61-63.
- [5] 张立钢.辽西地区天然黑桦林种群特征与生态评价[J].特种经济动植物,2021,24(12):88-89+91.
- [6] 康娟,方贺,石守海,等.阿克苏地区天然林保护工程区植被覆盖度变化及驱动因子研究[J].测绘通报,2024,(05):41-47.
- [7] 高蕊.黄河流域天然林资源保护工程成效与对策浅析[J].山西林业,2024,(06):12-13.
- [8] 王佳琪.东北天然林资源保护工程成效评估及优先保护区识别[D].东北林业大学,2024.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS