

混交比例对阔叶林土壤碳库构建及幼苗更新的影响

陈春燕 杨洋

山东省泰安市徂徕山林场 271000

摘要：混交林作为提升森林生态功能的重要手段，其混交比例直接影响土壤碳库构建与幼苗更新效率。本文聚焦混交比例在调控土壤碳组分结构、理化特性与碳流动路径中的作用机制，揭示其对碳库质量转型的推动作用；同时剖析林下微环境结构在不同混交条件下的演变轨迹，探索幼苗更新过程中的类型响应与群落重构趋势。混交比例在 3:7 至 4:6 区间内更有利于碳稳定性提升与种群更新协同优化，为构建高碳储、强更新、稳演替的阔叶林系统提供了结构性依据。

关键词：混交比例；土壤碳库；幼苗更新

引言：

中国是世界上人工林现存面积最大的国家，但是如何提高森林生态系统可持续性与稳定性是人工林建设中面临的主要问题。混交营林方式可以有效防护地表结构、改善立地条件、提高林分对自然灾害的防御能力、保护生物多样性以及提高退化地区的恢复，它被认为是提供环境服务和产品供给的最合适的种植方式。在此背景下，混交比例作为林分结构调控的核心变量，正逐渐显现其在土壤碳库稳定构建与幼苗更新格局塑造中的关键作用。

一、混交比例调控下阔叶林土壤碳库构建的动态变化

（一）土壤碳库的关键构成与评估标准

阔叶林生态系统的碳储功能在很大程度上依托于土壤碳库的稳定性与活跃度，其内部结构由颗粒有机碳、矿质结合碳与微生物源碳等多组分构成。不同碳组分在周转速率、环境响应性及稳定潜力上存在显著差异，决定了森林系统碳汇功能的持续性与脆弱性。以质量总量单一衡量土壤碳库的做法在当前研究中逐渐被取代，更加注重碳组分的活性比重与碳源结构之间的动态平衡。近年来在华东丘陵、长白山等地的样地观测表明，即便总碳量接近，碳组分分布的微差异亦可显著影响土壤微生物群落结构与凋落物分解效率，进而牵动整个生态系统的碳通量。评估碳库功能的标准亦逐渐由存量导向向过程导向转型，从而为深入分析混交结构对碳库演替的影响奠定了方法基础。

（二）混交比例对土壤理化特性的调控机制

混交比例的变化不仅调整了林层结构，还实质性重塑了土壤的理化背景。不同树种根系分布、凋落物形态与化学组成的差异，使得混交林在土壤通气性、水分保持能力以及酸碱缓冲性能方面表现出更高的异质性。具体而言，适度的混交比例能够提升土壤有机质含量、增强团粒结构的稳定性，并促进土壤酶活性的多样性释放，从而优化碳的输入—转化—稳定链条。但过高的混交比在部分区域反而会削弱主要优势种的根际碳分泌量，降低菌根共生效率。实地研究显示，处于 3:7 至 4:6 之间的比例区间往往能在提升土壤养分供给和维持微生物平衡之间实现相对优化。该机制在南方红壤区与北方灰化土区的表现虽有所差异，但其核心逻辑始终指向混交结构对土壤系统内循环的深层调控作用。

（三）混交比例影响下的碳库构建趋势

碳库构建的有效性已不再仅由碳汇数量界定，更关键的是碳的稳定性与周转路径是否具备生态韧性。在不同混交比例主导下，土壤碳的累积过程呈现出从数

量堆积向质量沉淀的转型趋势。以东北次生阔叶林为例，3:7 的混交比下土壤碳输入量虽略低于纯林，但微生物代谢碳效率与 MaOC 积累速率却显著提升。此现象显示，合理比例可激活土壤微生态系统，促进稳定碳的生成与保护机制启动。反之，当混交比例极端偏向某一树种，易导致凋落物分解速率失衡，土壤碳流动路径单一化，削弱了碳库的缓冲与调节能力。由此可见，碳库构建的关键转折点不是碳量突破，而是碳质升级，而这一转变往往恰恰受制于林分结构的精细调配。

二、混交比例作用下阔叶林幼苗更新的生态响应路径

（一）幼苗更新的生态过程与限制因子分析

幼苗更新是涵盖种子到健壮个体全过程的复杂生态序列。其关键环节包括种子扩散、土壤入驻、萌发启动、资源竞争与微环境适应等，每一步均受到外部扰动与内部调控机制的双重牵引。不同树种之间对更新条件的敏感性不一，表现出显著的生态位差异与策略分化。在自然状态下，光照获取不足、凋落物积压、病虫害胁迫及养分匮乏等因素常构成更新瓶颈，使得即使种源丰富，幼苗亦难以突破生长临界窗。而人工林结构中由于长期单一树种主导，更易形成密闭冠层与贫瘠表层，加剧了更新障碍。

（二）不同混交比例下林下微环境的结构演变

林下空间随上层结构与树种构成发生持续重构。混交比例的调整本质上是一种光照格局与物质循环的再分配行为，尤其对林下微环境的温湿度调节、凋落物覆盖与土壤微生物活性产生深远影响。当混交比例处于协调阈值内（如针阔 3:7 或阔阔 4:6），林冠缝隙的非对称分布能够增强光线斑驳性与时空异质性，为幼苗提供更高适应度的生境背景。同时，不同凋落物类型混合降解促进了养分平衡释放，缓解了以往由单一凋落物积压导致的通气障碍与酸化问题。在实地调查中，广东南岭及辽宁宽甸等地林分数据显示，适度混交能有效提升林下土壤呼吸速率与地温稳定性，形成促发幼苗萌发的更新触点。此类演变不是一蹴而就的，而是需长期维持合理结构比例才能实现持续生态位供给。

（三）幼苗更新的类型响应与种群格局重构

幼苗的空间分布与种群动态并不完全随机，而是对混交比例变化表现出显著响应特征。以竞争—适应策略划分，阔叶树种幼苗多呈斑块状扩散或边缘优势聚集，且更新模式易受林分干扰史与种源密度所左右。在结构比例适中条件下，部分功能型种群获得“结构释放”，即因林层透光增强与资源重构而突破生长瓶颈，形成新生代主导地位。以湖北神农架典型栎类混交林为例，4:6 比例下栓皮栎与枫香共同展现出显著的更新跃升，种群密度与高度层级重构趋势清晰。此类格局改变不仅提升了群落水平的稳定性，也为多物种共存与长期演替提供了结构支持。混交比例由此不仅成为林木分布的分区标尺，更深层介入了种群演替路径与生态位重塑的精密调控之中。

三、结语

合理混交比例可协同增强土壤碳库稳定性与更新群落多样性，具备提升森林生态系统韧性与碳储能力的双重潜力。结构比例不仅是一种林分配置，更是推动系统演替与物种共存的调节因子。未来研究应聚焦于混交比例的动态干预机制与区域适应模型构建，推动混交林经营从经验走向精准。

参考文献：

- [1] 焦秋燕.中国混交林与纯林生物量差异的整合分析[D].中国科学院大学(中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心),2022.
- [2] 杨承栋.发展有群落结构混交林是维护、恢复和提高森林土壤功能实现人工林可持续经营的关键技术[J].林业科学,2022,58(8):26-40.
- [3] 田珍,王亚飞,段文标,等.小兴安岭阔叶红松林次生演替不同阶段空间结构特征研究[J].西南林业大学学报(自然科学),2024,44(3):130-137.