

混交林栽培模式对森林生物多样性与碳汇功能的协同效应

郑伯岩

永清县国营林场, 河北 廊坊 065600

DOI: 10.61369/MAT.2026010013

摘要 : 探究混交林栽培模式怎样协同增强森林生物多样性与碳汇功能, 对于应对气候变化及生物多样性丧失的双重困境具有重大意义, 混交林借助树种间的生态位互济, 极大增进了光、水、养分等资源的利用程度, 进而明显提升系统生产力和植被碳储量。多类型的凋落物添加与根系功能催生了繁多的土壤生物群落, 不仅带动了高效的养分循环, 又推动了土壤有机碳的稳定与存储, 繁杂的林分结构营造出高度多样的生境, 切实维系了多营养级生物多样性, 而系统的稳固性与抗干扰性能则保障了碳汇功能的长久安全与可持续发展, 研究成效为达成森林多目标经营与生态效益极致化提供了关键理论凭据。

关键词 : 混交林; 生物多样性; 碳汇功能; 协同效应

The Synergistic Effect of Mixed Forest Cultivation Models on Forest Biodiversity And Carbon Sink Function

Zheng Boyan

Yongqing County State-owned Forest Farm, Langfang, Hebei 065600

Abstract : Exploring how mixed forest cultivation models can synergistically enhance forest biodiversity and carbon sink functions is of great significance for addressing the dual predicaments of climate change and biodiversity loss. Mixed forests, through the ecological niche mutual assistance among tree species, greatly increase the utilization of resources such as light, water, and nutrients, thereby significantly enhancing system productivity and vegetation carbon storage. The addition of various types of litter and root functions have given rise to a wide variety of soil biomes, which not only drive efficient nutrient cycling but also promote the stability and storage of soil organic carbon. The complex stand structure has created highly diverse habitats, effectively maintaining multi-trophic level biodiversity. The stability and anti-interference performance of the system ensure the long-term safety and sustainable development of the carbon sink function. The research results provide key theoretical evidence for achieving multi-objective forest management and maximizing ecological benefits.

Keywords : mixed forest; biodiversity; carbon sink function; synergy effect

引言

全球气候的变化与生物多样性的急剧减少是当下人类社会所面临的重大生态危机, 传统单一树种人工林在谋求快速木材产出或碳汇的进程中, 常常会引发地力减退、病虫害高发以及生物多样性降低等生态难题, 其生态服务效能存在局限性, 怎样凭借科学的森林经营方式, 共同增强多种生态功能, 已成为林业可持续发展与生态建设的重要课题。

一、碳汇功能内涵

森林碳汇功能指的是森林生态系统借助植被的光合作用摄取大气里的二氧化碳, 进而把它以生物量的形态固定起来, 以此降低大气中温室气体浓度的关键生态过程, 这一过程的达成依托植

被、土壤和凋落物三大碳库的共同效能, 植被碳库作为其中最为活跃的构成部分, 乔木、灌木及草本植物借助光合作用把二氧化碳转变为有机碳, 存放于自身的树干、枝条、叶片和根系里面, 构成森林的初始碳贮存。凋落物碳库作为衔接环节, 其分解速度

作者简介: 郑伯岩 (1992.05-), 男, 汉族, 河北省廊坊市永清县人, 本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 林业栽培种植方法技术与病虫害综合治理。

直接关乎碳向土壤的迁移效率和循环时长，森林碳汇中最稳定且容量最大的储库当属土壤碳库，由植物残落物、根系分泌物以及因土壤微生物和动物活动所生成的有机质组成，其固碳潜力和土壤理化特性及微生物群落的活动存在密切关联。碳汇功能并非简单的单向积聚，而是一种动态均衡的成效，涵盖光合固碳、植物自身呼吸损耗、土壤微生物分解排放以及可能出现的自然或人为扰动（如火灾、砍伐）引发的碳释放等多个过程的综合考量，评估森林碳汇功能不但要考量其碳储量的规模，更要留意其碳汇的强度、持续性和稳定性。一个健全的森林生态体系，往往具备较高的净生态系统生产力，即总光合产物减去各种呼吸消耗后的差值，这让它能够长久、平稳地发挥缓解气候变化的服务作用，提升森林碳汇功能的关键在于借助科学的运营管理，像调整林分布局、维护生物多样性、降低干扰，以此增强生态系统的固碳本领和碳储存的稳固性，进而在全球碳循环当中承担更积极的职责^[1]。

二、森林生物多样性的重要性

（一）维持生态系统稳定与功能的核心支柱

森林生物多样性是生态系统实现健康运转并维持长久稳定的根本，这种重要性远非只是物种数量的充裕，更为关键的是在于物种相互之间、物种与周围环境之间形成的复杂、交互的网络联系，一个具备高度生物多样性的森林，其食物网络结构更为繁复，从起始生产者，构建起多条彼此交错的能量流动与物质循环路径。此般复杂性给予生态系统强大的抗逆力与恢复能力，当环境出现波动或者遭受干扰时，诸如产生特定的病虫害或者碰到极端气候，单一物种的退化不会造成整个系统功能的瓦解，由于其他物种可以填充其生态位，形成功能冗余，保障关键过程（如养分循环、水分涵养）的持续推进。物种单一化的纯林十分脆弱，倘若其优势树种遭受侵害，整个生态系统或许会面临毁灭性危险，不同物种拥有独特的生态效能，比如深根性与浅根性植物协同稳固土壤，遏制水土流失；多样的传粉昆虫以及种子传播动物确保了植物的繁衍与更新；繁杂的微生物分解各异种类的凋落物，推动着土壤肥力的构建与保持，每一个物种恰似精密设备里的一个齿盘，其丰富性与彼此配合保证了整个森林生态系统这一庞大装置能够平稳、高效、可持续地运行，应对内外挑战，进而为人类供给长久且稳定的生态服务。

（二）蕴藏巨大的资源价值与可持续发展潜力

森林生物多样性作为一个庞大的天然基因与资源储备库，为人类的生存、健康以及经济发展供给了必不可少的物质根基和发展潜能，它径直供给多样的产品，涵盖木材、纤维、药材、食物（像野果、菌类）以及各类工业原料，到目前为止，人类仅仅对极少数种类的物种进行了充分的开发运用，绝大部分物种的价值，特别是它们的遗传特质和生化特质，依旧是未被发掘的宝藏。大量现代药物源自森林里的动植物和微生物，比如从红豆杉中提炼

的抗癌药剂紫杉醇，众多热带植物更是未来新药发掘的希望所在，这些宝贵的遗传资源在农作物和林木的品种改良方面同样意义重大，借助导入野生近缘种的抗病、抗逆基因，能够培育出更为高产、稳定的品种，用以应对全球气候变化形势下的粮食安全挑战。森林生物多样性实际上维系着生态旅游、自然教育等绿色产业，为地区经济增长打造了可持续的途径，维护森林生物的多多样性，等同于保障了我们未来在医学、农业、工业等领域取得技术革新的潜在机会，是为后代子孙留存下的最有价值的自然财富，任何一个物种的丧失，都有极大可能让一个独特的基因序列永远消亡，随之丧失的或许是应对未来某种疾病或危机的关键办法，其造成的损失是难以估量且不可挽回的。

（三）提供不可或缺的生态系统服务与人文价值

森林生物多样性的重要意义还鲜明地体现于它为人类社会所供给的丰富且关键的生态系统服务，以及它所承载的精神文化价值，在生态调节服务范畴，丰富的森林格局可更高效地蓄养水源、净化大气、调控区域气候、稳固水土和减轻自然灾害，繁杂的多层构造（乔木层、灌木层、草本层、枯落物层）会像海绵一样截留雨水，促进雨水下渗，补给地下水，与此同时降低地表径流和土壤侵蚀程度。在支持性服务范畴，生物多样性是维系养分循环、土壤生成和光合作用等全部生态进程的根基，森林生物多样性为人类的福祉提供了深远的文化服务，森林身为全部人类文明的起始点，催生了绚烂多姿的文化、艺术、宗教和哲学理念。它为大众供给休闲游赏、审美品鉴和心灵抚慰的空间，对减轻现代生活的重压、增进身心健康起着不可替代的效能，对于众多原住民以及当地社区来讲，特定的森林物种及景观是其文化特性和精神追求的核心构成部分，是其传统知识和生活模式得以传承的基础，维护森林生物的多多样性，不只是守护自然，也是守护人类的文化多元性和心灵归宿，维持着人与自然之间久远而深沉的情感纽带，这对于在现代化发展进程中打造一个人与自然和谐共处的未来意义重大^[2]。

三、混交林栽培模式对森林生物多样性与碳汇功能的协同效应

（一）生态位互补与资源利用增效

混交林栽培模式引发生物多样性与碳汇功能产生协同效应的根本起始点，在于它借助搭建多样化的物种搭配，达成了生态位的高效分异与互补，进而大幅提高了生态系统对环境资源（如光、水、养分）的利用效能和总生产量，这为碳汇功能的强化打下了稳固的物质根基。在仅含单一树种的纯林环境里，各个个体具备相似的资源需求和行动模式，引发对有限资源的强烈种内竞争，资源利用的时间和空间维度都受到约束，混交林借助引入具备不同功能特征的树种，可达成多维度的生态位分化，深根性树种和浅根性树种共同生长，能够分别汲取深层土壤和表层土壤的

水分与养分；喜光树种跟耐阴树种的恰当搭配，可构建出复层林冠结构，促使光能在冠层、林下多层面被捕获运用，大幅提高了单位面积的光合作用效率。

具备不同物候特性的树种（例如常绿与落叶、早萌叶与晚萌叶）组合，可延长群落整体的有效光合时长，这种资源利用在时空维度的“错峰”与“扩容”，促使混交林系统能够合成数量更多的有机物质，即拥有更高的净初级生产力，这表明有更多的二氧化碳被转化成生物量，直接提升了植被碳库的固碳能力。这种高效的生产力为整个食物链供给了更充足、更多元的能量与物质来源，支撑了更繁复的食物网体系，由此推动了从土壤微生物、无脊椎动物到鸟类和哺乳动物等多个营养级的生物多样性，生态位互补机制恰似一个高效的“引擎”，既推动了系统碳收获量的增长，又借助营造多样化的栖息地与资源状况，培育了更高级的生物多样性，二者同本共升，构建了稳固的协同根基。

（二）土壤生物驱动与地力维持

混交林栽培模式的协同作用在土壤生态系统里体现得极为显著和重要，它借助培育丰富的地下生物多样性，反过来提升了土壤碳汇效能并维系了系统的长期肥沃度，构建起一个正向反馈回路，仅含单一树种的纯林，鉴于其凋落物化学成分单一、质量欠佳，往往使得土壤微生物群落结构简易、分解活动受碍，极易引发土壤酸化、地力下降和碳库积累迟缓。尤其是针叶和阔叶组合的混交林，可形成化学特性有别、碳氮比例不同的混合凋落物，这种多样态的“食物”来源能够吸引并维系更为丰富繁杂的土壤生物群落，包含细菌、真菌（从长于分解简单物质的腐生真菌到和植物根系共生的菌根真菌）、蚯蚓及别的小型动物。

关键助力者在于，容易分解的阔叶凋落物（像具备较高的氮含量）能够给土壤微生物提供快速启动的动力，激活其活性，这种“激发效应”有利于协同分解那些原本难以分解的针叶凋落物，进而加快整体的养分矿化速度，把养分更高效地释放回土壤里供植物再度吸收利用，以维持持续的碳固定。更为关键的是，这种充满活力的、以菌根真菌网络为关键特性的土壤生态环境，能够把凋落物分解生成的有机碳更高效地加以稳定，比如借助生成“球囊霉素相关土壤蛋白”等微生物代谢物，抑或是通过与矿物质相融合形成稳定的有机-无机结合体，把碳固存在土壤深层，显著提升了土壤碳库的稳定性和碳储存能力。混交林依靠培育一个作用强大、多元化高的地下“暗物质”世界，不仅保证了地上部分生长的养分给予，间接地推动了碳汇，还更直接、长久地扩充了土壤这个最大的陆地碳库，达成了地上生物多样性与地下碳储存能力的深度协作^[9]。

（三）系统稳定性与抗干扰能力

混交林栽培模式凭借增强森林生态系统的稳定性以及对抗内外干扰的能力，为生物多样性与碳汇功能的协同作用构建了长久可靠的保障体系，保障了碳储存的安全性和生态服务的可持续性，拥有更高生物多样性的系统往往展现出更强的生态系统稳定

性，也就是在外界环境出现波动或遭受干扰之后，系统维持其功能与结构恒定或快速恢复初始状态的能力。这种稳定性对于碳汇功能而言极为关键，由于碳汇不只是一个瞬间的积累量，更着重其持久性和可靠性，单一营造的纯林在架构和效能上都十分脆弱，恰似“把全部鸡蛋置于一个篮子中”，一旦碰到其敏感的压力源，比如特定病原菌的突发、针对性害虫的进犯或某种极端气候现象，整个体系或许会遭受灭顶之灾，致使大量树木死亡，不但碳固定进程中断，原本储存的碳还会因树木腐朽分解而迅速释放回大气，引发碳汇功能的重大反转。

结构繁复的混交林有着突出的功能冗余现象，也就是多个物种或许会执行相近的功能，倘若某种干扰使得一个或几个树种走向衰退，其他拥有类似生态功能的树种能够及时补上其空缺，保障生态系统的基本进程（如光合作用、养分循环）不会中断。具备耐旱特性的树种在干旱年份能够维持基础的碳固定量，而具备抗病虫害能力的树种能够防止灾害的全面扩散，这种“风险分摊”机制让混交林系统的碳汇功能在遭遇干扰时起伏更小，由此保障了其长期的、稳定的固碳服务，这种稳定的生态条件也为更多生物物种提供了稳固的生存空间，防止了因环境急剧变动而引发的物种局部灭绝现象，维系了生物多样性的长久存在。稳定性机制充当协同效应的“保险绳”，保障了因高生产力产生的碳汇成果能够被稳妥地留存下来，达成了生物多样性对碳汇功能韧性的深层次协同。

（四）林分结构与微环境营造

混交林栽培模式借助构建复杂且具异质性的垂直与水平空间架构，直接为生物多样性的增进缔造了多样化的生存环境，与此同时这种改良的物理架构本身也直接推动了碳的捕捉与存储，在空间层面上实现了二者的协同发展，纯林大多林相单一化，林内光照、温湿度这类环境因素均匀，生态环境多样性欠佳。而经过科学配置的混交林能够培育出多层结构，一般涵盖主林层、次林层、灌木层、草本层以及枯落物层，这种垂直架构上的繁杂性具备双重功效，就碳汇而言，多层级的冠层代表着更高的叶面积指数，可截留并利用更多的光能开展光合作用，直接将更多的碳固定到乔木、灌木甚至草本植物的生物量里面，加大了植被碳库的容量和固碳速度。

从生物多样性的角度看，每一层都给不同的生物类别供给了独有的栖息场所：高大的乔木树冠层成为鸟类和树栖哺乳类动物的栖息家园，林下的灌木层为耐阴的昆虫以及小型动物提供遮蔽，多样的草本层和枯枝落叶层则是大量无脊椎动物和微生物的栖息乐园。在水平架构之上，混交林常常展现出斑块式分布，不同树种的团簇状组合造就了光照条件有别的小生态，这种生境的多样性进一步推动了具有不同生态需求的物种共同存在，极大提高了物种的丰富度，这种复杂的构造还可切实改良林内小气候，譬如减慢风速、提高空气湿度、削减土壤水分挥发，为包含土壤生物在内的各类生物营造了更为适宜的生存条件，间接推动了地

下生态过程趋向活跃，有益于土壤碳的累积，混交林结构的多样性作为协同效应的“舞台”与“载体”，它不仅在物理范畴容纳了更高级的生物多样性，其结构本身同样是高效碳捕获的“机器”，在三维空间里把生命的繁盛与碳汇紧密相连^[4]。

四、结语

研究全面论证了混交林种植模式在推动森林生物多样性与碳汇功能协同增强方面的多种途径与内在机理，生态位互补作为协

同效应的动力源头，资源利用效率的增进直接夯实了碳积累与生物多样性共生的物质基础，土壤生物带动的碳氮循环将地上过程与地下过程紧密关联，达成了碳的长久稳定贮存与系统肥力的维系。林分结构所构建的物理空间与系统稳固性分别为协同效应给予了载体与支撑，这些结论有力佐证，营造近自然的混交林是同步达成生物多样性保护与气候变化缓解的可行且高效的途径，未来研究应当着重开展不同区域条件下最优混交模式的甄选以及其长期生态效应的连续监测。

参考文献

-
- [1] 何韵, 费梓萱, 叶新建, 等. 天保工程碳汇价值评估及对“碳中和”的意义研究 [J]. 公共管理学报 (019-002)[2025-11-27].
- [2] 武娟. 纬度和演替梯度上植物功能性状和多样性对森林生物量和生产力的影响 [D]. 北京林业大学, 2018.
- [3] 巩晨. 黄土高原不同造林模式生态功能特征及权衡 / 协同效应 [D]. 中国科学院水利部水土保持研究所 (中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心); 中国科学院水利部水土保持研究所; 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心 [2025-11-27].
- [4] 杜海波, 杨山, 李振亚, 等. 碳中和目标下长三角碳源 / 汇时空特征及其影响因素 [J]. 环境科学, 2024, 45(12): 6848-6857.