

林分结构优化对碳汇功能的提升作用研究

孙海龙 王聪 潘彦鑫

吉林长白山森工集团汪清林业分公司

DOI:10.12238/eep.v8i2.2537

[摘要] 林分结构对森林碳汇功能具有重要作用。随着气候变化的影响,森林碳汇作为一种重要的温室气体减排技术备受关注,本研究重点分析了通过优化林分结构提高森林碳汇功能的有效性,并揭示了目前林分结构中存在着林分密度不合理、树种结构单一、林龄结构不平衡以及土壤碳汇功能薄弱等问题。从研究结果可以得知,科学有效配置林分(合理控制林分密度、多样树种结构、平衡林龄结构以及优化林分土壤环境)有益于提高森林碳汇能力。具体而言,适宜的林分密度有利于植被生长,促进固定碳速度;多样树种结构有利于提高森林生态系统稳定性和森林碳储量;科学平衡林龄结构有利于提高碳汇功能;另外,优化林分土壤环境有利于积累有机碳。该研究为今后进一步提升森林碳汇功能提供了理论基础与实践依据。

[关键词] 林分结构; 碳汇功能; 林分密度; 林龄结构; 土壤碳汇

中图分类号: Q938.1+3 **文献标识码:** A

Research on the Enhancing Effect of Forest Structure Optimization on Carbon Sequestration Function

Hailong Sun Cong Wang Yanxin Pan

Jilin Changbai Mountain Forest Industry Group Wangqing Forestry Branch Company

[Abstract] Forest stand structure plays an important role in forest carbon sequestration function. With the impact of climate change, forest carbon sequestration, as an important greenhouse gas emission reduction technology, has attracted much attention. This study focuses on analyzing the effectiveness of improving forest carbon sequestration function by optimizing forest stand structure, and reveals the existing problems in forest stand structure, such as unreasonable stand density, single tree species structure, unbalanced forest age structure, and weak soil carbon sequestration function. From the research results, it can be concluded that scientifically and effectively allocating forest stands (reasonably controlling forest density, diverse tree species structure, balancing forest age structure, and optimizing forest soil environment) is beneficial for improving forest carbon sequestration capacity. Specifically, an appropriate forest density is beneficial for vegetation growth and promotes the rate of fixed carbon; A diverse tree species structure is beneficial for improving the stability of forest ecosystems and forest carbon storage; Scientific balance of forest age structure is beneficial for improving carbon sequestration function; In addition, optimizing the soil environment of forest stands is beneficial for accumulating organic carbon. This study provides a theoretical and practical basis for further enhancing the carbon sequestration function of forests in the future.

[Key words] forest structure; Carbon sink function; Forest density; Linling structure; Soil carbon sink

引言

面对全球气候变暖问题不断加深的现状,森林碳汇作为全球碳循环的一个重要组成部分得到了广泛关注。森林结构是森林生态系统的重要特征属性,决定了林木之间的空间分布及竞争关系,影响林木生长和林分的稳定状态。林分结构特征是对森林碳汇功能起到直接影响作用的重要因素,不同结构特征也会对森林其他组分(如土壤等)的碳汇起到影响作用,而森林经营

管理的提升可以有效地提升森林碳汇能力和潜力。然而,目前许多森林的经营状况并不理想,例如林分存在密度过大或密度过小、林分树种单一、林分年龄结构不合理等问题影响了森林碳汇能力最大功能的发挥。因此,如何通过调整林分结构来提高森林碳汇能力已经成为森林经营的热点问题。

1 林分结构与碳汇功能之间的关系

林分结构就是指森林中不同树种和各个年龄段的植物以及

这些植物的空间组合分布类型。林分结构的变化会改变森林的光合作用、呼吸作用以及土壤中碳的交换过程,从而影响林分结构中碳固存、碳库及碳排放量的变化。林分结构优化对森林的生态性、多样性和稳定性具有重要作用,同时也与碳汇功能有着密不可分的关系。碳汇指的是森林生态系统通过光合作用吸收大气中的二氧化碳,转变为有机体的过程,用于控制气候变化。

林分结构优化主要涉及多树种、合理的林分密度、多个龄组因子等。多树种有利于提高森林抵抗不利环境条件的能力和适应性,因为不同树种光合效率、耐寒性、生长的快慢等对森林碳储量都有不同程度的影响。合适的林木密度可促进森林的健康生长,增加森林生物总量和森林碳库储量。高密度森林会促进树与树之间的竞争而抑制林木生长,而低密度则降低了同一区域的碳吸收量。另外,不同龄组的林分可保证森林长期可持续发展。幼龄森林生长速度较快,能在较短时间内将大气中的二氧化碳迅速吸收,表现出强劲的碳汇作用,但其在成熟期,森林内树木的生长速率逐渐降低,固碳速率逐渐减缓,而碳储量却逐渐累积增加。成熟林的生物多样性也得到逐步累积,这也是森林生态系统趋于稳定的保证,有利于长期碳贮存。调控合理的各种年龄林木的比重,有利于碳高效捕获的同时实现长期碳贮存。此外选择合适的森林经营模式,如间伐、适宜栽植密度和丰富性,既能增强森林生态系统的稳定性,又能提升森林碳汇能力,为缓解温室效应提供动力。

总体来说,林分结构影响着林分光合作用效率和植物生长和森林土壤有机碳贮量等一系列重要因素,从而影响森林吸碳功能。优化林分结构,尤其是通过树种选择、疏伐强度等树种选择及合理林分成熟度来促进森林吸碳潜力具有重要的作用,特别是在全局环境变化趋势的背景下更具影响力。

2 碳汇功能的现状

2.1 林分密度不合理

林分密度不合理是目前很多森林生态体系需要面临的一项主要问题。林分密度是由单位面积内树木数或是树木占据面积大小决定的。在实际的森林管理中,林分密度不合理表现为过密或过疏。过密的林分会存在竞争加剧的情况,会导致阳光水分营养物质利用不足,从而限制树木的生长。树木虽然繁多但是由于资源分布不均衡导致的限制性生长限制,导致森林碳汇的功能无法有效展现。而稀疏的森林容易引起阳光的捕捉不足、冠层不足的问题,这样会直接导致森林的光合作用下降,生物量的产出速度慢,再则林地稀疏可能存在一些生态上的空白,容易被其他的植被、杂草侵入森林,这对树木生长以及森林的生态环境的稳定是不利的,并且由于树木生长受限也会直接影响地底的有机碳的存储,从而间接影响森林的碳储存能力。

2.2 树种组成单一

树种组成单一是影响其碳贮存能力的重要影响因子。多种树种构成能表明森林环境健康的完整性与稳定性,也能提高森林碳贮存能力。目前,许多地方的森林存在树种过于单一的情况,主要表现为由一种或少数树种占有优势。单一的树种结构使生态系统的脆弱性增加,降低了其碳吸收的潜力。利用树种之间的

互补性,能增强植物光合作用及碳贮存能力,而单个树种的构成往往降低林地产量。每个树种具有不同的生态适应特性以及不同的生理机能,包括光合速率、根系生长、营养需求和抗击不利气候等,由某一树种占优的森林很可能并不能充分发挥生态位的效用,导致林木的生长受到了抑制,降低森林的碳贮存效应。

2.3 林龄结构不均衡

林龄结构不合理的实质即森林中不同龄级树种结构失调,导致森林的生长量、固碳能力、储碳量下降。森林中合理稳定的树林结构应具有不同的龄级,比如幼龄龄级林、中龄龄级林以及成熟龄级林。不同龄级结构森林具有不同的碳吸收能力、固定能力以及生物量积累。过密或者过疏的某一龄级树种将使得森林总体的储碳效果下降。

部分区域主要以同龄林植物群落作为主要生态类型,例如大面积的次生林或者老龄林。次生林正处于快速生长的状态,能够快速有效地吸收和固定碳,但是随着时间的推移,其生长速率会降低,其吸碳能力和固碳的能力也会处于稳定甚至降低的状态。而过量的以老龄树种为主要群体的森林,虽然其固碳能力较强,但因生长速率较慢,其吸碳能力并不高效,无法体现出高效的碳汇作用。同时中龄林的数量相对较少,影响了森林的蓄积量以及固碳能力。

2.4 土壤碳汇功能薄弱

土壤碳汇是森林碳汇功能的重要组成部分,然而,如今很多森林土壤的碳汇能力并不强。土壤不仅是大面积贮存大量有机碳的地方,还是碳循环的重要场所。土壤碳主要通过植物根系的分泌物以及枯枝落叶和其他有机体分解形成,其中土壤中微生物的活动起着决定性作用。

在一些地区,由于耕作、森林砍伐、土表流失等问题会导致土壤碳含量逐渐下降。森林土壤中有有机碳积累速率取决于不同的土壤类型、气候环境及林业管理等因素,一些特殊类型的土壤能够储存碳的能力较低,如砂性土和酸性土壤,其对有机碳的积累反应较慢,也容易被微生物分解为二氧化碳,再释放至空气,因而形成负向碳排放。另外土壤酸化、污染以及土地使用变化等因素也会影响土壤的碳贮存能力。此外,由于土壤中的有机碳很不稳定,一旦出现土壤生态环境问题,之前储存在土体中的碳很容易被转移到大气中去,从而加重了温室气体的排放。

3 林分结构优化对碳汇功能的提升路径

3.1 科学控制林分密度

控制林分密度是提高森林碳汇能力的重要措施。林分密度的合适与否均能影响森林的生长和固碳速率,进而改变森林生态结构和功能。通过调整林分中不同树种间竞争关系提高森林对碳的保存效率。

例如,在浙江省临海市国有林场对森林密度进行调整提高森林碳汇研究中,通过试验发现当森林密度提高到1600株/公顷的时候,森林中树木的平均胸径及平均树高均比森林密度为2000株/公顷时显著增加,从而提高了单位面积森林的碳贮存量。公式如下:

$$C = \frac{W \times D}{A} \quad (1)$$

其中, C 表示碳储量, W 是树木的平均碳储量, D 是林分密度, A 是森林的面积。本研究结果表明, 合理林分密度 (1600 株/公顷) 可以提高森林土壤碳的固存量, 通过对森林密度的科学控制, 有利于强化森林碳汇作用的同时提升森林物种多样性和环境稳定性, 有助于森林碳汇功能的最佳化, 进而快速实现“零排放”。

3.2 丰富树种配置

丰富的树种搭配对于碳汇功能的提升也非常重要。利用更多耐受性植物、高固碳量树种种类可以进一步提高森林的固碳能力。多层次、多树种的配置可以利用每个种类树种的补充效果提高光合作用能力, 提高森林中土壤的碳储存能力, 增强固碳的能力。丰富的树种配置还可以加强森林中生态环境的稳定性与抗干扰能力, 保持森林的稳定度以适应气候变化。

例如, 以广东阳江市国有花滩林场的樟子松—杨树混交林为研究对象, 经研究发现, 与单一树种人工林碳汇相比较, 混交人工林碳汇提高 20% 以上。具体公式为:

$$C_{mix} = C_{pinus} + C_{populus} \quad (2)$$

其中, C_{mix} 为混交林的碳储量, C_{pinus} 和 $C_{populus}$

分别为樟子松和杨树的碳储量。增加树种配置的多样性, 混交人工林的碳储量大幅度提高。综上, 多样化的树种构成不仅能加强碳储量的能力, 还能提升生态系统的稳定性和韧性, 对森林的长期发展具有极其重要的意义。

3.3 优化林龄结构

碳汇功能提升的另一有效途径是林龄结构的优化。理想的林龄结构能够确保森林在发展过程中始终保持较强碳吸收与碳储存功能。各龄级植物具有各自的碳吸收特点, 年轻植物具有生殖旺盛的特性, 这使其在较短时间内吸收大量 CO_2 的能力较强; 而老龄植物则是通过长期积累有机物质实现稳定的碳储存功能。因此, 合理的林龄结构不仅能够保持碳吸收功能也发挥了碳储存作用, 这样能够提高森林碳汇功能。

通过比较兴安落叶松天然林的龄组, 发现其年轻林分的年均碳吸收率为 15 吨/公顷, 中龄林分年均碳吸收率为 30 吨/公顷, 老龄林分年均碳吸收率为 25 吨/公顷。公式如下:

$$C = \sum_{i=1}^n (A_i \times R_i) \quad (3)$$

其中, A_i 为不同林龄阶段的森林面积, R_i 为每个林龄阶段的年碳吸收量。通过合理分配不同年龄区间的林龄, 使总的碳储量实现最大化。由此可知, 林龄结构的优化可在不同林龄期间实现最高碳吸收和储存作用, 可进一步提高森林碳汇功能。

3.4 改善土壤环境

作为森林生态系统的基本组成部分, 土壤通过各种方式影响着森林碳汇功能。此外, 森林土壤可以作为其最重要的储存库来储存大量的有机碳, 土壤对碳循环的稳定调控对于维持森林碳汇功能也起着至关重要的作用。通过改良土壤的有机质含量、增强土壤微生物的活动, 以及控制土壤酸化和污染等措施, 可以有效促进土壤有机碳的积累, 提升森林碳储量。

在广东省阳江市一项关于土壤碳储量的研究中, 四种人工林土壤碳储量的研究表明, 通过施用有机肥和适当的土壤松动措施能够显著增加土壤的有机碳含量。具体公式如下:

$$C_{soil} = \frac{OC \times D \times H}{100} \quad (4)$$

其中, C_{soil} 为土壤碳储量, OC 为土壤有机碳含量, D 为土壤密度, H 为土壤厚度。研究结果显示, 改良土壤条件可以显著提高碳储量, 对土质较酸性和贫瘠有机质含量较低的区域, 效果表现得更加显著。改良土壤条件不仅可以增强土壤的水土保持能力, 还可以促进森林系统的稳定和可持续发展。

4 结语

本研究通过分析林分结构对于森林碳汇功能的影响, 总结了有效控制林分密度、丰富树种配置、优化林龄结构及改善土壤条件以增强森林碳存储能力的提升路径。科学地调整林分结构既可提高森林的碳汇能力又可以促进长期的碳库贮存。在调控林分密度、增加树种的类别、合理调整不同龄组树木的比例和改良土壤条件等因素上可以提高林地的碳储存量, 从而提高对全球气候的适应能力以达到碳汇目标。未来, 随着二氧化碳排放降低和环境可持续发展需求的增强, 对林业资源的控制必将趋于精细化, 这是森林碳汇研究的重要方向。今后需要探索和分析不同的森林类型及其生长地的森林碳库能力, 以便对世界范围的二氧化碳控制以及生态建设提供完整的理论证据和技术保障。

[参考文献]

- [1] 刘亚明. 面向净零转型的森林景观资源管理方法研究[J]. 林业科技情报, 2024, 56(3): 70-72.
- [2] 郎明翰, 张日升, 凡胜豪. 科尔沁沙地南缘樟子松人工林碳汇及对气候因子的响应[J]. 水土保持学报, 2024, 38(4): 236-245.
- [3] 梅雪松, 陈冠谋, 董灵波. 兴安落叶松天然林不同碳库碳汇变化驱动因素的差异性[J]. 应用生态学报, 2024, 35(10): 2639-2647.
- [4] 黎燕莲, 莫其锋, 刘悦, 等. 广东省阳江市国有花滩林场四种典型人工林土壤碳储量特征[J]. 林业世界, 2023, 12(4): 203-209.
- [5] 秦玖, 潘学飏, 汪秀缘, 等. 临海市林场国家战略储备林建设模型和策略研究[J]. 绿色科技, 2024, 26(3): 138-142.

作者简介:

孙海龙 (1989--), 男, 吉林省汪清县人, 本科, 林业工程师, 林业、气候响应、混交林、碳汇。