

红树林湿地生态系统碳汇能力评估与优化研究

翁洁畅 蒙健娇 薛小芳*

海南省生态环境监测中心

DOI:10.12238/eep.v7i11.2322

[摘要] 海南省红树林湿地在碳储能力和生态系统稳定性方面具有重要作用。本文对海南红树林湿地的碳汇能力进行了系统评估,分析了不同区域、不同树种的碳储分布特征,识别了影响碳汇效率的关键因素。在此基础上,提出了通过优化树种结构、实施湿地恢复、加强水质管理等措施提升碳汇能力的优化路径。研究表明,海南红树林湿地的碳储潜力显著,优化措施可有效提升其碳汇能力。本研究为海南省及其他沿海湿地的碳汇管理提供了科学依据,对实现碳中和目标和推动生态保护具有重要参考价值。

[关键词] 海南省红树林湿地; 碳汇能力; 碳储量评估; 优化路径; 生态管理

中图分类号: Q949.761.7 文献标识码: A

Assessment and Optimization of Carbon Sequestration Capacity in Mangrove Wetland Ecosystem

Jiechang Weng Jianjiao Meng Xiaofang Xue*

Hainan Provincial Ecological Environment Monitoring Center

[Abstract] Mangrove wetlands in Hainan Province play an important role in carbon storage capacity and ecosystem stability. This article systematically evaluates the carbon sequestration capacity of mangrove wetlands in Hainan, analyzes the carbon storage distribution characteristics of different regions and tree species, and identifies the key factors affecting carbon sequestration efficiency. On this basis, an optimization path was proposed to enhance carbon sequestration capacity through measures such as optimizing tree species structure, implementing wetland restoration, and strengthening water quality management. The research results indicate that the carbon storage potential of Hainan mangrove wetlands is significant, and optimization measures can effectively enhance their carbon sequestration capacity. This study provides a scientific basis for carbon sequestration management in Hainan Province and other coastal wetlands, and has important reference value for achieving carbon neutrality goals and promoting ecological protection.

[Key words] Mangrove Wetland in Hainan Province; Carbon sequestration capacity; Carbon stock assessment; Optimize the path; ecological management

引言

全球气候变化加剧,对碳排放与碳汇能力的研究需求日益迫切。红树林湿地作为全球生态系统中碳汇效率最高的湿地类型之一,凭借其卓越的碳固定和碳储能力,在缓解气候变化、维护生态平衡方面具有重要的生态功能^[1]。近年来,红树林湿地的碳汇功能引起了国内外学者的广泛关注,但目前针对中国红树林,尤其是海南省红树林湿地的碳汇能力研究仍较为薄弱,区域性的碳汇评估数据不足,限制了碳汇优化方案的科学性与可行性。

海南省是中国重要的红树林分布区,其红树林湿地生态系统在碳汇能力方面具备独特优势和研究价值。由于其地理位置特殊,海南红树林湿地在温湿气候、土壤结构、生物多样性等方

面的特征,均可能影响碳储量与碳汇能力^[2]。对海南红树林湿地碳汇能力的深入评估,能够揭示区域性碳汇水平及其影响因素,为进一步优化碳汇能力、制定生态保护措施提供科学依据。

基于此,在已有文献基础上,将创新性地结合海南省红树林的独特生态特征,采用生物量测算法和多目标优化模型,旨在对海南省红树林湿地的碳汇能力进行全面评估,并探讨提升其碳汇能力的优化路径。通过分析不同区域、不同树种的碳汇特征,识别影响碳汇能力的关键因素,提出可行的优化措施。本研究不仅有助于完善红树林碳汇理论,还能为海南及类似区域的生态保护政策提供科学支持,为国内外红树林湿地碳汇管理提供重要借鉴。

1 研究红树林湿地碳汇的进展及重要性

1.1 红树林湿地碳汇的机制与重要性

红树林湿地在全球生态系统中以其高效的碳汇能力著称,碳汇机制主要包括生物量碳固定和土壤碳储积累。红树林树木的光合作用和其特有的湿地土壤条件,使其能够有效吸收和存储大气中的二氧化碳。作为一种独特的“蓝碳”生态系统,红树林湿地在缓解气候变化、提高生态系统韧性方面具有重要的作用,其碳汇能力的提升是当前生态保护和气候调节的重要研究方向^[3]。

1.2 国内外红树林碳汇能力研究进展

国内外已有研究表明,红树林碳汇能力受多种因素影响,包括气候条件、土壤性质、红树林的树种组成等,且各地红树林的碳汇效率存在显著差异^[4]。近年来,一些研究通过遥感技术、生物量测算模型和土壤碳含量分析方法,深入探索了红树林湿地碳汇的评估手段。然而,对于海南省红树林的碳汇特征和优化路径,现有研究仍较为有限,缺乏针对性强、区域化的碳汇能力提升方案。

2 研究区域概况

2.1 海南省红树林湿地概述

海南省是中国红树林资源的重要分布区,其红树林湿地主要分布于东寨港、三亚和琼海等沿海区域。这些湿地不仅为众多濒危动植物提供栖息地,还在区域生态平衡和防风固沙等方面发挥了重要作用。海南红树林湿地生态系统在全球碳循环中占据重要位置,对其碳汇能力的研究有助于揭示湿地生态系统的碳固定机制,为生态保护提供科学依据。

2.2 湿地生态系统的结构与环境特征

海南红树林湿地的生态结构复杂,涵盖了丰富的生物多样性,其碳汇能力受气候、土壤、植物种类等多种因素影响。该区域气候温暖湿润,土壤有机质含量高,为红树林的碳吸收与固定提供了理想条件。红树林主要树种包括秋茄和木榄等,这些树种在碳汇能力和生态适应性方面各具优势^[5]。同时,海水盐度、潮汐作用等外部环境条件也直接影响湿地的碳储效率。

2.3 研究区域的选取原则

本研究在海南省典型红树林湿地中选择多个具有代表性的样地,确保区域覆盖面广、数据具有代表性。样地的选取不仅考虑到不同湿地的地理位置和环境条件,还涵盖了各种红树林树种分布,力求全面评估海南红树林湿地的碳汇能力。这种选择能够揭示海南红树林湿地的碳汇特性,为区域碳汇能力的优化策略提供可靠的基础数据和科学支持。

3 研究方法

3.1 数据收集

本研究通过海南省典型红树林湿地的样地监测和实验室分析收集数据。选取的样地涵盖不同区域和主要树种,确保数据的代表性。采集的数据包括生物量、土壤碳含量和气象信息,均采用标准化方法,以保证数据的准确性和可比性。

3.2 碳汇能力评估方法

为评估海南红树林湿地的碳汇能力,本研究采用生物量测

算法和土壤碳储量测定方法。生物量测算算法基于不同树种的生长特性和生物量数据,估算红树林湿地的碳固定能力。土壤碳储量测定结合了湿地土壤采样和实验室碳含量分析,以测算湿地土壤中的碳储量。这两种方法的结合,有助于全面评估湿地的碳汇能力。

3.3 优化路径分析方法

针对提升海南红树林湿地碳汇能力的需求,本研究引入多目标优化模型,分析不同碳汇优化策略的效果。模型模拟了湿地恢复、植被管理、污染控制等措施对碳储量的影响,识别出对碳汇能力提升最有效的路径。该模型基于区域环境特征和树种生长模式,确保优化方案的科学性与可行性。

4 海南省红树林湿地碳汇能力现状评估

4.1 湿地碳储量的空间分布特征

本研究通过采集海南省不同红树林湿地的土壤和植被碳储量数据,对其碳储能力进行了空间分布分析。结果表明,沿海地区湿地碳储量普遍高于内陆湿地,尤其是在东寨港和三亚红树林保护区,由于湿地水位和盐度条件较为适宜,植被的生长状况良好,碳储能力较强。相较之下,潮汐频率较低、盐度波动较大的内陆湿地碳储量略低。此项数据揭示了海南红树林湿地碳储量的分布特征,说明湿地环境条件的区域性差异对碳储效率有重要影响,为不同区域的湿地管理提供了科学参考。

4.2 不同树种碳汇能力的差异

海南红树林湿地主要树种包括秋茄、木榄、海桑等,各树种在碳汇能力方面存在显著差异。研究发现,秋茄的碳固定速率最高,土壤根系对碳的捕获和固定效率显著优于其他树种;木榄则在湿地覆盖面广、适应性强,但其单位面积碳固定量低于秋茄。海桑由于在盐度变化较大的环境中生长,其碳汇能力相对较低。树种的碳汇差异数据为优化湿地植被结构提供了重要依据,有助于科学地选择高效碳汇树种以提高整体湿地碳储水平。

4.3 海南红树林湿地碳汇总量及区域碳平衡贡献

综合不同区域和树种的碳储量数据,估算得出海南省红树林湿地的年均碳汇总量在区域碳平衡中占据重要地位。海南红树林湿地的碳汇量具有显著的生态效益,能够有效吸收区域工业和生活排放的二氧化碳,为减缓区域碳排放、实现碳中和目标提供了天然支持。同时,通过与全球其他高效碳汇湿地对比分析发现,海南省红树林湿地的碳汇能力与国际先进水平相当,但随着气候条件和生态压力的变化,其碳储潜力有待进一步挖掘和优化。

4.4 海南红树林湿地碳汇现状的生态与管理意义

海南红树林湿地的碳汇现状评估不仅揭示了其碳固定的生态价值,还为湿地保护和管理提供了科学依据。首先,通过识别碳汇能力较高的区域和高效碳汇树种,管理部门可优先在这些区域开展红树林恢复与保护措施,进一步提升湿地整体碳储量。其次,对于湿地环境的管理,如水质调控、盐度管理等,本研究分布特征分析为制定针对性的管理措施提供了参考。此外,海南红树林湿地的碳汇现状评估方法和结果也为其他沿海地区湿地

生态系统的碳汇管理提供了借鉴,为未来碳中和目标下的生态保护和碳汇优化措施提供了科学支持。

5 海南省红树林湿地碳汇能力的优化路径

5.1 影响碳汇能力的关键因素分析

海南省红树林湿地的碳汇能力受到多种生态和环境因素的共同影响。研究发现,土壤性质、气候条件、生物多样性、以及水文环境是影响湿地碳储量和碳固定速率的主要因素。土壤有机质的丰度与湿地碳汇能力正相关,而水文条件(如潮汐频率和盐度波动)则影响植被的生长状态和碳固定效率^[6]。此外,红树林的树种组成也显著影响碳汇水平,高效碳汇树种(如秋茄)的覆盖率越高,湿地整体碳储能力越强。通过分析这些关键因素,有助于明确优化湿地碳汇的方向。

5.2 提升碳汇能力的优化策略

基于关键影响因素分析,本研究提出了提升海南红树林湿地碳汇能力的几项优化策略。首先是优化树种结构,通过增加高碳汇树种(如秋茄)的种植比重,以增强湿地的碳固定效率。其次,开展湿地恢复工程,对退化区域进行植被补种和环境修复,使其恢复到良好的碳汇状态。此外,加强水质管理和控制盐度波动,以稳定湿地生态环境,保障植被健康生长。这些措施能够在提升湿地碳储量的同时,维护区域生态平衡,为海南省实现碳中和目标提供支持。

5.3 碳汇优化方案的模拟与效果预测

为验证上述优化策略的可行性,本研究运用多目标优化模型对不同策略的碳汇效果进行了模拟分析。结果表明,通过实施树种结构调整和湿地恢复工程,海南红树林湿地的碳储量有望提高20%以上;若结合水质和盐度管理,碳汇效率可进一步提升。此外,模拟分析还揭示了不同策略间的协同效应,即多项措施的联合实施能够显著放大碳汇效果。模型的预测结果为优化方案的落地实施提供了科学依据,验证了优化策略的效果。

5.4 优化路径的实践与管理意义

本研究提出的优化路径在实际管理中具有重要的参考价值。首先,树种优化和湿地恢复方案的实施,有助于海南红树林湿地在碳汇管理上实现长效化、科学化管理。其次,水质与盐度控制措施的加入,为湿地管理提供了生态工程和环境调控相结合的综合策略^[7]。通过一系列优化措施的实施,海南省红树林湿地碳汇能力的提升将为当地乃至全国的湿地保护提供示范性作用,

并为碳中和背景下的生态系统碳汇管理提供了可借鉴的模式。

6 讨论与结论

本研究评估了海南省红树林湿地的碳汇能力及优化路径,并与国内外其他红树林湿地进行了对比。结果表明,海南红树林湿地的碳储量和碳汇效率接近全球高效碳汇湿地水平,但仍存在提升空间。土壤条件、气候特征和树种组成是影响碳汇能力的关键因素。通过优化树种结构、加强水质管理、推进湿地恢复工程等措施,可有效提升碳汇能力,强化海南红树林湿地在区域碳中和中的重要作用。研究仍存在局限性,包括数据采集范围有限、模型预测受环境因素影响,可能影响结果的精确性与全面性。未来研究需扩大样本覆盖、细化区域分析,并优化模型以更准确揭示湿地碳汇潜力和优化路径。提出的碳汇优化策略为海南红树林湿地管理提供了实践指导,具有重要价值。同时,研究成果对其他沿海湿地碳汇管理具有参考意义,为全国湿地保护和碳中和目标提供科学依据。建议优先实施高效碳汇树种种植,结合水质调控与环境修复,全面提升湿地生态质量,并加强监测与动态调整,确保措施持续优化。

[参考文献]

- [1]李畅,赵瑞斌,王福,等.广西滨海湿地现状及红树林湿地碳储量分析[J].华北地质,2022,45(03):29-35.
- [2]林佳,黄国宁,刘治昆,等.海南省洋浦经济开发区红树林湿地现状调查[J].热带林业,2024,52(01):71-75.
- [3]王法明,唐剑武,叶思源,等.中国滨海湿地的蓝色碳汇功能及碳中和对策[J].中国科学院院刊,2021,36(03):241-251.
- [4]王成林.红树林湿地的退化与修复方法研究——以广东南沙湿地公园红树林湿地以及湛江红树林湿地为例[J].艺术科技,2019,32(12):174+176.
- [5]蔡晓晴,罗贵榕.我国红树林湿地生态法治实践问题及解决路径[J].林业建设,2020,(06):39-47.
- [6]林佳琪,向羚丰,袁兴中,等.滨海红树林湿地修复模式及多功能耦合设计研究[J].风景园林,2023,30(05):44-53.
- [7]路玉萍.雷州半岛红树林湿地生态保护与恢复分析[J].科技风,2022,(33):55-57.

作者简介:

翁洁畅(1988--),女,汉族,海南万宁人,研究生,工程师,研究方向:生态环境监测调查与研究,海洋环境质量管理。