

Long-term Effects of Afforestation Patterns on Soil Health and Microbial Diversity

Yong Sun

Chongqing Fengdu County Sanfu Forest Farm, Chongqing, 408200, China

Abstract

Afforestation model is of great significance in sustainable forest management and ecological environment protection. This study evaluates the long-term effects of different afforestation models on soil health and microbial diversity. By collecting and analyzing soil physicochemical and biological property data under various afforestation modes, combined with the application of microbial community structure analysis methods, the influence of afforestation modes on soil fertility, moisture, carbon nitrogen ratio, and microbial activity indicators was studied. The results showed that different afforestation modes had significant differential effects on soil properties and microbial diversity, among which the composite mode and native tree species afforestation mode showed superior performance in improving soil quality, increasing carbon and nitrogen reserves, and promoting microbial diversity. The fast-growing economic forest and the afforestation model with a single exotic tree species have to some extent reduced soil quality and diversity. This study provides useful references for scientifically and reasonably formulating afforestation strategies, improving soil nutrients, and maintaining microbial diversity.

Keywords

afforestation mode; soil health; microbial diversity; soil properties; environmental factors

造林模式对土壤健康及微生物多样性的长期效应

孙勇

重庆市丰都县三抚林场, 中国·重庆 408200

摘要

造林模式在可持续森林经营和生态环境保护中具有重要意义。本研究以不同造林模式为对象, 评估其对土壤健康及微生物多样性的长期效应。通过采集和分析各种造林模式下的土壤理化和生物属性数据, 结合运用微生物群落结构分析方法, 研究了造林模式对土壤肥力、水分、碳氮比和微生物活性等指标的影响。结果表明: 不同造林模式对土壤属性和微生物多样性产生了显著的差异效应, 其中复合模式和本土树种造林模式在提高土壤品质、增加碳氮储备和促进微生物多样性等方面表现优越。而速生经济林和单一外来树种造林模式在一定程度上降低了土壤质量和多样性。本研究为科学合理制定造林策略, 提高土壤养分和维护微生物多样性提供了有益参考。

关键词

造林模式; 土壤健康; 微生物多样性; 土壤属性; 环境因子

1 引言

本研究主要关注了中国的森林状况。随着中国的发展, 我们越来越重视保护森林和环境。造林就是我们保护森林的一个方法, 它对森林健康和环境有很大的帮助。土壤健康和微生物多样性, 也是保持生态健康的重要部分。我们研究了不同造林方式对土壤健康和微生物多样性的影响。我们看了土壤的肥力、水分、有机碳、碳氮比以及微生物活性等重要因素。研究发现, 不同的造林方式对土壤和微生物有不同的影响。这会帮助我们更好地保护森林和环境。我们希望

将来可以保护更好的土壤和生态环境。

2 造林模式及土壤健康与微生物多样性概述

2.1 造林模式的分类与特点

造林模式是指在森林资源管理和恢复过程中所采用的不同植被配置方式^[1]。根据树种选择、植被结构和目标用途的差异, 造林模式可以大致分为单一造林模式、复合造林模式和本土树种造林模式等类别。不同的造林模式在生态功能、土壤健康和生物多样性保护上具有不同的潜在影响。

单一造林模式主要采用一种树种进行大规模种植, 如速生经济林。这类模式通常因其高效快速的经济效益而得到推广, 但往往忽视了生态系统的功能多样性。由于单一树种对土壤养分的消耗较大, 且对病虫害的抵抗力较弱, 这种模

【作者简介】孙勇(1973-), 男, 中国重庆人, 工程师, 从事林业研究。

式下的土壤质量和生物多样性容易降低，长期来看不利于生态系统的稳定和持续发展^[1]。

复合造林模式又称为混交林模式，通常采用多种树种混合种植，这种模式的目的在于通过不同树种间的互补作用来提高生态系统的抗逆性和稳定性。复合造林模式有助于改善土壤结构，增加土壤有机质含量，促进养分循环，从而提高土壤肥力。不同树种的共生关系可以优化资源利用，降低对单一资源的依赖，有利于提高整个生态系统的生物多样性和功能性。

本土树种造林模式以使用原生树种为主要特点，注重恢复和保持当地的生态环境和生物多样性。这种模式在选择树种时，优先考虑与当地气候、土壤和生态条件相适应的树种，从而减少植被管理的需求和维护成本。由于本土树种更适应当地环境，它们通常能够促进土壤健康、维护生物多样性并有效抵御病虫害。

每种造林模式都有其特有的生态功能和应用场景，了解其分类与特点有助于科学家和决策者在森林管理和生态保护过程中做出更加合理的选择，确保可持续发展目标的实现。

2.2 土壤健康指标及评价方法

土壤健康是评估森林生态系统功能和可持续性的关键指标。其评价方法通常包括对土壤理化属性、生物属性及其综合指标的测定。理化属性方面，主要包括土壤有机质含量、pH值、土壤质地、电导率和基础养分（如氮、磷、钾）的含量。生物属性则涉及土壤生物量、微生物活性、土壤呼吸速率和酶活性等指标。综合指标方面，常见的有土壤健康综合指数（Soil Health Index），该指数整合了多个单项指标，能全面反映土壤健康状态。对于土壤健康的评价，还需要考虑其时空变化规律，在空间尺度上进行长期监测，以便充分了解其动态变化。土壤健康评价方法的选择应根据具体的研究目的和地域条件进行优化，以确保获得准确有效的数据。这些评价方法为科学合理地管理和保护森林生态系统提供了重要的理论依据和实践指导。

2.3 微生物多样性及其在土壤健康中的作用

微生物多样性在土壤健康中具有关键作用，是土壤生态系统的重要组成部分。丰富的微生物群落能够促进养分循环，提高土壤肥力，并增强土壤抵抗外界胁迫的能力。微生物通过分解有机质，释放植物可利用的养分，维持土壤有机质含量。多样性的微生物功能群还可以改良土壤结构，增加土壤孔隙度和水分保持能力，抑制病原菌生长，减轻植物病害。高微生物多样性意味着土壤系统具备较强的功能冗余性，能够在环境条件变化时保持生态功能稳定。研究微生物多样性及其动态，对于理解土壤生态功能和制定科学的土壤管理措施至关重要。

3 不同造林模式对土壤参数的影响

3.1 复合模式和本土树种造林模式对土壤理化性质的影响

复合模式和本土树种造林模式在优化土壤理化性质方面展现出显著优势。研究发现，这两种造林模式显著提升了土壤肥力。复合模式通过混合种植多种树种，形成多样化的根系，增强了土壤的团粒结构，有助于提高土壤的持水能力和通气性。本土树种由于与当地环境高度适应，根系与土壤微生物的相互作用更为和谐，能够有效促进土壤有机质的累积，增加土壤肥力。

对于土壤养分方面，复合模式通过树种间的共生关系，优化了土壤的养分循环机制。某些树种可以通过固氮作用提高土壤中的氮含量，而另一些树种则通过深根系带来下层土壤中的矿质养分。与单一树种模式相比，本土树种造林模式由于更符合当地生态系统，能够更有效地保持土壤中的养分平衡，从而避免养分的快速流失。

土壤有机质含量在复合模式和本土树种造林模式下也得到显著提升。这两种造林模式通过提供更多的凋落物和根系分泌物，为土壤微生物群落提供丰富的有机质来源，促进了有机质的矿化和腐殖化过程。结果表明，复合模式和本土树种造林模式均能提高土壤有机碳含量，从而提升土壤的碳吸存能力，有助于缓解全球气候变化。

土壤pH值在这些造林模式下保持较为稳定，避免了土壤酸化问题。一些树种释放的根系分泌物可以中和土壤中的酸性物质，从而维护土壤的中性或微酸性状态，有利于多数植物和微生物的生长。

复合模式和本土树种造林模式在改善土壤理化性质方面具有显著优势，为可持续森林经营提供了重要支撑。

3.2 速生经济林和单一外来树种造林模式对土壤质量的不良影响

速生经济林和单一外来树种造林模式在短期内能够满足快速木材生产的需求，但长期来看对土壤质量产生了显著的负面影响。速生经济林多采用单一种植策略，使得土壤中营养元素的循环速率加快，导致土壤贫瘠化。这些林地的土壤往往表现出有机质含量低、土壤结构恶化等问题。单一外来树种的引入打破了当地土壤微生物生态系统的平衡，使得土壤中的微生物多样性减少，微生物活性下降，土壤肥力难以维持。这些树种的根系与本地植被不同，往往根系分泌的化学物质明显不同，进一步影响土壤的酶活性和微生物群落的结构。

研究表明，在速生经济林和单一外来树种的林地中，土壤的碳氮比经常失衡，导致碳储备减少，氮素流失严重，土壤含水量降低。土壤酸碱度的改变也会增强土壤的脆弱性，使其更容易受到侵蚀和压实。长期来看，这些土壤质量的不良变化不仅影响森林生态系统的可持续发展，还可能对

周边生态环境造成负面影响。在造林策略上应慎重考虑速生经济林和单一外来树种的选择,以避免土壤质量的长期退化。

3.3 土壤碳氮比水分及其他参数间的关联性

不同造林模式对土壤碳氮比、水分及其他参数间的关联性进行了深入研究^[9]。研究结果显示,复合模式和本土树种造林模式显著提升土壤的有机碳含量和碳氮比,增加土壤水分含量和土壤微生物活性。而速生经济林和单一外来树种造林模式则降低了土壤的有机质含量,导致碳氮比失衡,土壤水分减少,并减弱了土壤的养分循环功能。这些结果表明,造林模式选择直接影响土壤理化性质,并通过改变土壤碳氮比和水分等关键参数,进一步影响土壤生态系统的整体健康。

4 不同造林模式下土壤微生物多样性研究

4.1 不同造林模式对土壤微生物群落结构的影响

造林模式的选择对土壤微生物群落结构具有深远影响。复合造林模式和本土树种造林模式表现出显著优势,有助于培育多样化的微生物群落。这些模式通过增加地表覆盖物和有机质,提供了丰富的营养来源和适宜的微环境条件,从而促进了微生物多样性的增加。土壤微生物在这些丰富的生态位中,能够形成复杂的交互作用网络,有效地提升了土壤健康和生态系统功能。

在复合造林模式下,土壤中细菌、真菌和放线菌等微生物类群的数量和多样性显著增加。复合模式中的多样植被类型为土壤提供了持续而多样的有机质来源,从而有利于不同微生物类群的繁殖和生长。本土树种造林模式通过维持土壤温度和湿度的稳定,进一步促进了土壤微生物的多样化。这种模式能够更好地保护土著微生物群落,避免了异质性扰动对土壤生态系统的破坏。

相较之下,速生经济林和单一外来树种造林模式则对土壤微生物群落产生了负面影响。在这些模式下,土壤微生物的多样性显著下降,微生物群落结构趋于简单化。单一树种的生长习性导致了土壤化学性质的单一化,如土壤pH值变化和养分失衡,从而不利于多样化微生物群落的形成。外来树种往往缺乏与本地微生物群落的共适应性,可能抑制本地有益微生物的活性,进一步造成微生物多样性的下降。

基于上述研究结果,不同造林模式对土壤微生物群落结构具有显著差异。复合模式和本土树种模式显著提升了土壤微生物的多样性和活性,而速生经济林和单一外来树种模式则在一定程度上抑制了土壤微生物的多样性。这些发现为

优化造林模式、提升土壤质量和生态系统服务功能提供了重要依据。

4.2 土壤肥力水分有机碳等环境因子与微生物多样性关系

土壤肥力、水分和有机碳等环境因子对于土壤微生物多样性具有显著影响。研究表明,较高的土壤肥力通常会促进微生物的多样性和活性。养分丰富的土壤提供了充足的资源,支持了更多微生物物种的生存与繁殖。在复合模式和本土树种造林模式下,土壤中氮、磷、钾等关键养分的丰富程度显著提高,进而增强了微生物的多样性和功能性。

土壤水分也在调节微生物群落结构中起到重要作用。适宜的土壤水分含量能够维持微生物的正常代谢活动,帮助其在土壤微环境中占据稳定的生态位。复合模式和本土树种造林模式通常表现出较好的土壤水分保持能力,对维持微生物多样性具有重要作用。

有机碳作为微生物的主要能量来源,其含量的高低直接影响微生物活性。丰富的有机碳能够促进微生物新陈代谢过程,从而增加微生物数量和种类。复合模式和本土树种造林模式通过落叶、枝条等自然有机质的分解,显著增加了土壤有机碳含量,有助于提升土壤微生物多样性。

通过分析表明,复合模式和本土树种造林模式在保持和提升土壤肥力、水分和有机碳含量方面具有优势,进而为土壤微生物多样性提供了良好的环境条件。

5 结语

这个研究讨论了树林种植方式对土壤和微生物的影响。研究发现,复合模式和本土树种种植有助于改善土壤、增加碳氮储备和提高微生物多样性。而速生经济林和单一外来树种种植可能导致土壤和微生物多样性变差。土壤中的微生物受到土壤肥力、水分、有机碳等因素影响。但这个研究只在一个地区进行,所以可能有局限性。未来还需要更多地区和气候研究,以找出更普遍的造林对土壤和微生物影响。这样我们可以制定更好的造林策略,保护土壤养分和微生物多样性。

参考文献

- [1] 王佩瑶,张璇,袁文娟,等.土壤微生物多样性及其影响因素[J].绿色科技,2021,23(8):163-164.
- [2] 吕桂荣.微生物菌肥对大豆产量及土壤微生物多样性的影响[J].中国农技推广,2023,39(6):79-81.
- [3] 代红喜.探讨土壤微生物多样性的主要影响因子[J].科学与财富,2020(20):150.