

DOI: 10.13324/j.cnki.jfcf.2019.03.005

中亚热带3种次生林生态系统服务权衡与协同

吴炜^{1,2}, 项文化^{1,2}, 勾蒙蒙³, 徐传洪^{1,2}, 欧阳帅^{1,2}, 方晰^{1,2}

(1.中南林业科技大学生命科学与技术学院, 湖南长沙 410004;

2.湖南会同杉木林生态系统国家野外科学观测研究站, 湖南会同 438107;

3.中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 以中亚热带地区不同演替阶段次生林为对象, 研究了马尾松+石栎针阔混交林(PM)、南酸枣落叶阔叶林(CA)及青冈+石栎常绿阔叶林(CG) 2种调节服务[土壤有机碳(SOC)调节、全氮(TN)调节]及1种支持服务(物种多样性)之间的权衡与协同关系及其影响因素。结果表明: CA的物种多样性显著高于PM、CG, CA与CG的土壤SOC、TN含量显著高于PM。3种次生林土壤SOC调节与TN调节为协同关系, 物种多样性与土壤SOC、TN调节为权衡关系, PM、CA权衡表现为物种多样性具有相对较高的收益, CG权衡无固定的相对受益方。在演替前期, 常绿阔叶树种比例、土壤pH分别与土壤TN调节-物种多样性、土壤SOC调节-土壤TN调节的权衡呈负相关, 随着演替进行, 地形因子、土壤因子及树种组成因子对生态系统服务权衡产生的影响较小。

关键词: 中亚热带次生林; 土壤有机碳; 土壤全氮; 物种多样性; 权衡与协同; 影响因素

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-0018(2019)03-0256-09

Trade-off and synergy between ecosystem services in three secondary forests in the mid-subtropical area of Southern China

WU Wei^{1,2}, XIANG Wenhua^{1,2}, GOU Mengmeng³, XU Chuanhong^{1,2}, OUYANG Shuai^{1,2}, FANG Xi^{1,2}

(1. Faculty of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China;

2. Huitong National Field Station for Scientific Observation and Research of Chinese Fir Plantation Ecosystem in Hunan Province,

Huitong, Hunan 438107, China; 3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Three ecosystem services (S_E), including soil organic carbon (SOC) concentration, total N (TN) concentration, and plant species diversity, were analyzed in the following three subtropical secondary forests: *Pinus massoniana*+*Lithocarpus glaber* mixed forest (PM), *Choerospondias axillaris* deciduous broadleaved forest (CA), and *Cyclobalanopsis glauca*+*L. glaber* evergreen broadleaved forest (CG). The trade-off and synergy between the S_E and the contributing factors of trade-offs were also analyzed. The results showed the following. (1) Plant species diversity in CA was significantly higher than that in PM and CG; the SOC and TN concentrations in CA were significantly higher than those in PM. (2) The SOC and TN concentrations exhibited a 1:1 synergy in the three secondary forests. The highest trade-offs were observed between SOC concentration-plant species diversity and TN concentration-plant species diversity; plant species diversity had relatively higher benefits in PM and CA. (3) During the early stages of succession, the proportion of evergreen broadleaved species and TN-plant species diversity trade-off were significantly negatively correlated, as were pH and SOC-TN trade-off. With succession, the terrain, soil, and species composition factors had negligible effects on the trade-off between the S_E .

Key words: mid-subtropical secondary forest; soil organic carbon; soil total nitrogen; plant species diversity; trade-off and synergy; contributing factor

生态系统服务(ecosystem services, S_E)指人类通过生态系统功能从生态系统获得的所有的惠益^[1]。自1997年DAILY^[2]和COSTANZA *et al*^[3]提出生态系统服务的概念、原理、分类和评估方法之后,国内外针对生态系统服务的研究工作迅速开展。进入21世纪以来,联合国开展的千年生态系统评估首次对全球生态系统的过去、现在和未来状况进行了评估,极大地推动了世界范围内对生态系统服务的研究。学者们已在国际、国家及区域尺度上对生态系统服务之间的关系及生态系统服务的“供需”等方面开

收稿日期: 2018-10-09 修回日期: 2018-11-21

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201304317); 国家自然科学基金项目(31570447、31700636)。

第一作者简介: 吴炜(1967-),男,博士研究生,从事土壤养分循环及生态系统服务研究。Email: wuwcishuangyi@163.com。通信作者:

项文化(1967-),男,教授,从事森林生态定位、自然资源管理与社区发展等研究。Email: xiangwh2005@163.com。

展了相关研究,并将生态系统服务纳入生态补偿等政策成效评估中^[4]。当前科学家已基本掌握了生态系统的结构,随着研究的深入,人们逐渐意识到生态系统服务并非是孤立存在的,由于生态系统服务种类具有多样性,在空间上呈现不均衡分布,且人类在使用生态系统服务时常常表现出强烈的选择喜好,因此,不同的生态系统服务之间往往会表现为“此消彼长”的权衡关系及“共同增益”的协同关系^[5-6]。明晰生态系统服务间的权衡与协同关系对于深化人与自然耦合机制研究及探索生态系统之间的最优结合点具有重要的意义^[7]。近年来,生态系统服务权衡与协同关系的研究已成为了生态学、地理学等学科研究的前沿和热点^[8-10]。目前多数研究侧重于在宏观尺度上通过不同区域、不同类型的生态系统服务评估和空间制图来探讨生态系统服务之间权衡关系,且多以定性研究为主。如陈登帅等^[11]在区域尺度上估算了2000—2013年渭河流域关中—天水经济区段生物多样性、固碳和产水3种生态系统服务之间的权衡和协同关系。王鹏涛等^[12]基于逐像元偏相关的时空统计制图方法对汉江上游土壤保持服务、产水服务、植被碳固定之间的权衡与协同关系时空变化进行了分析。WANG *et al.*^[13]利用空间制图方法对西南地区生态补偿政策实施前后生态系统服务的时空变化研究时发现水土保持服务与流域产流之间存在权衡关系。尽管先前的研究已经取得了初步的成果,但对小尺度内的生态系统服务权衡的定量研究还存在明显的不足,一方面是“线性化”处理、简单聚类汇总分析等方法忽视了生态系统服务的非线性化的变化特征^[14]。此外,生态系统服务发生作用的时空尺度不同以及不同空间尺度的利益群体对生态系统服务的认知和需求各有侧重,导致生态系统服务权衡与协同关系具有尺度效应,即使同一对生态系统服务在不同尺度上权衡关系可能会存在较大差异^[15]。由于小尺度内数据通常较难获取,常常需要投入较大的人力、物力,目前小尺度生态系统服务权衡研究相对较少,在小尺度上开展生态系统服务权衡关系的定量研究一方面有助于系统了解权衡关系形成的内在机制,另一方面有助于生态系统的精细化管理。

我国中亚热带森林生态系统具备同纬度地区独特的雨热条件,具有丰富的生物多样性及复杂的结构和生态过程^[16],为当地生产和生活提供了固碳增汇、固土保肥及生物多样性保育等多重生态系统服务功能。长期以来,受人口、经济等人为活动的影响,加之人类对木材生产等服务的需求偏好及对森林生态系统权衡与协同关系认识不足,我国中亚热带地带性植被常绿阔叶林多转变为次生林或人工林,土壤肥力下降,生态系统生产力大幅下降,生物多样性锐减。因此,本研究选取中亚热带常见的马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)+石栎 [*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai] 针阔混交林(PM)、南酸枣 [*Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill.] 落叶阔叶林(CA)、青冈 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.] +石栎常绿阔叶林(CG) 3种次生林为研究对象,分析不同次生林土壤有机碳(soil organic carbon, SOC) 调节、全氮(total nitrogen, TN) 调节及物种多样性等3种生态系统服务的差异,厘清生态系统服务间存在的权衡与协同关系,并对权衡关系的影响因素进行初探,以期为中亚热带森林资源的可持续性经营管理提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于湖南省长沙县大山冲国家森林公园,东经113°17'46"~113°19'08",北纬28°23'58"~28°24'58",属低山丘陵地貌,海拔55~260 m。该区为中亚热带东南季风气候,年平均气温16.6~17.6℃,降雨充沛,雨热同期,年平均降水量1416.4 mm,降雨主要集中在夏初,冬季严寒少雨^[17-18],年平均日照时间1300~1800 h,全年无霜期345 d,土壤是由板岩和页岩发育形成的红壤,pH值为酸性。该区域地带性植被为常绿阔叶林,由于受到人为活动的影响,原生植被已遭到不同程度的破坏,经过多年的封山育林,现保存着大面积的次生阔叶林或人工林,主要有天然次生常绿阔叶林、落叶阔叶林、各类针阔混交林、杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 林等。该区域森林植被包括5个植被型组、9个植被型、27个群系。其中马尾松林为区内主要的针叶林,主要分布在山脊向阳处,群落林冠连续,林相较为整齐,伴生有枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、南酸枣等落叶树种及石栎、榿木 [*Loropetalum chinensis* (R. Br.) Oliv.]、山矾(*Symplocos sumuntia* Buch.-Ham. ex D. Don) 等耐阴性常绿树种;南酸枣在研究区内分布较为广泛,主要分布在阳光充足的地带,多与其他树种共同组建群落,形成面积较小的单优群落;以石栎、青冈为建群种的常绿阔叶林是区域内保存完好的地带性植物群落,代表着该区植物群落的演替方向。