

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

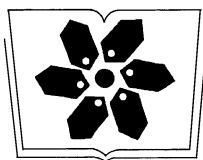
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第8期 Vol.32 No.8 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 8 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目次

东北地区 5 种阔叶树苗木对火烧的生理响应.....	王 荣, 胡海清 (2303)
梭梭木虱发生规律及其影响因子.....	李粉莲, 吴雪海, 王佩玲, 等 (2311)
基于遥感降尺度估算中国森林生物量的空间分布.....	刘双娜, 周 涛, 舒 阳, 等 (2320)
流域景观格局与河流水质的多变量相关分析.....	赵 鹏, 夏北成, 秦建桥, 等 (2331)
内蒙古达赉湖地区赤狐生境选择及生境景观特征分析.....	张洪海, 李成涛, 窦华山, 等 (2342)
雅鲁藏布江流域底栖动物多样性及生态评价.....	徐梦珍, 王兆印, 潘保柱, 等 (2351)
用组合模型综合比较的方法分析气候变化对朱鹮潜在生境的影响.....	翟天庆, 李欣海 (2361)
2010 年牧区 2 代草地螟成虫迁飞的虫源分析	张 丽, 张云慧, 曾 娟, 等 (2371)
基于细胞色素 b 基因的中国岩羊不同地理种群遗传差异分析.....	李楠楠, 刘振生, 王正寰, 等 (2381)
喀斯特峰丛洼地不同退耕还林还草模式的土壤微生物特性.....	鹿士杨, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2390)
永定河沿河沙地杨树人工林生态系统呼吸特征.....	方显瑞, 张志强, 查同刚, 等 (2400)
基于湿地植物光谱的水体总氮估测.....	刘 克, 赵文吉, 郭逍宇, 等 (2410)
背瘤丽蚌 F 型线粒体基因组全序列分析	陈 玲, 汪桂玲, 李家乐 (2420)
流域“源-汇”景观格局变化及其对磷污染负荷的影响——以天津于桥水库流域为例	李崇巍, 胡 婕, 王 飒, 等 (2430)
线虫群落对抚顺煤矸石山周边土壤可溶性盐污染的响应.....	张伟东, 吕 莹, 肖 莹, 等 (2439)
地上竞争对林下红松生物量分配的影响.....	汪金松, 范秀华, 范 娟, 等 (2447)
湿地松和马尾松人工林土壤甲烷代谢微生物群落的结构特征.....	王 芸, 郑 华, 陈法霖, 等 (2458)
马尾松和杉木树干韧皮部水溶性糖 $\delta^{13}\text{C}$ 值对气象因子的响应	卢钰茜, 王振兴, 郑怀舟, 等 (2466)
沙坡头人工植被演替过程的土壤呼吸特征.....	高艳红, 刘立超, 贾荣亮, 等 (2474)
豫西刺槐能源林的热值动态.....	谭晓红, 刘诗琦, 马履一, 等 (2483)
铁皮石斛种子的室内共生萌发	吴慧凤, 宋希强, 刘红霞 (2491)
红光与远红光比值对温室切花菊形态指标、叶面积及干物质分配的影响	杨再强, 张继波, 李永秀, 等 (2498)
扑草净对远志幼苗根系活力及氧化胁迫的影响.....	温银元, 郭平毅, 尹美强, 等 (2506)
地表臭氧浓度增加和 UV-B 辐射增强及其复合处理对大豆光合特性的影响	郑有飞, 徐卫民, 吴荣军, 等 (2515)
AMF 对喀斯特土壤枯落物分解和对宿主植物的养分传递	何跃军, 钟章成, 董 鸣 (2525)
传统豆酱发酵过程中细菌多样性动态.....	葛菁萍, 柴洋洋, 陈 丽, 等 (2532)
定位施肥对紫色菜园土磷素状况的影响.....	孙倩倩, 王正银, 赵 欢, 等 (2539)
基于生态需水保障的农业生态补偿标准.....	庞爱萍, 孙 涛 (2550)
保障粮食安全造成的生态价值损失评估模型及应用.....	芦蔚叶, 姜志德, 张应龙, 等 (2561)
专论与综述	
疏浚泥用于滨海湿地生态工程现状及在我国应用潜力.....	黄华梅, 高 杨, 王银霞, 等 (2571)
问题讨论	
厌氧氨氧化菌群体感应系统研究.....	丁 爽, 郑 平, 张 萌, 等 (2581)
基于形态结构特征的洞庭湖湖泊健康评价.....	帅 红, 李景保, 夏北成, 等 (2588)
研究简报	
黄土高原不同树种枯落叶混合分解效应.....	刘增文, 杜良贞, 张晓曦, 等 (2596)
不同经营类型毛竹林土壤活性有机碳的差异.....	马少杰, 李正才, 王 斌, 等 (2603)
干旱对辣椒光合作用及相关生理特性的影响	欧立军, 陈 波, 邹学校 (2612)
硅和干旱胁迫对水稻叶片光合特性和矿质养分吸收的影响	陈 伟, 蔡昆争, 陈基宁 (2620)



封面图说: 红树林粗大的气生根——红树林是热带、亚热带海湾及河口泥滩上特有的常绿灌木或乔木群落。由于海水环境条件特殊,红树林植物具有一系列特殊的生态和生理特征。其中之一就是气根,红树从根部长出许多指状的气生根露出海滩地面,以便在退潮时甚至潮水淹没时用以通气,故称呼吸根。在中国,红树林主要分布在海南、广西、广东和福建省沿海,它一般分布于高潮线与低潮线之间的潮间带,往往潮差越大,红树的呼吸根就长得越高越粗大。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201101170090

马少杰,李正才,王斌,刘荣杰,格日乐图,王刚. 不同经营类型毛竹林土壤活性有机碳的差异. 生态学报, 2012, 32(8): 2603-2611.

Ma S J, Li Z C, Wang B, Liu R J, Geri L T, Wang G. Changes in soil active organic carbon under different management types of bamboo stands. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(8): 2603-2611.

不同经营类型毛竹林土壤活性有机碳的差异

马少杰,李正才*,王斌,刘荣杰,格日乐图,王刚

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳 311400)

摘要:以起始于 1984 年的长期不同经营类型毛竹林为研究对象,探讨了秋季毛竹林集约经营后土壤有机碳库的变化。结果表明:(1)集约经营后 0—10 cm 土层毛竹林土壤总有机碳、易氧化碳、水溶性有机碳和轻组有机质含量分别下降了 8.64%, 14.11%, 8.29%, 29.70% (0—20 cm), 差异均达到显著水平。(2)两种毛竹林土壤各种碳的剖面特征均随土层深度的增加而呈下降趋势,但下降幅度不同。集约经营在一定程度上影响了毛竹土壤易氧化碳、水溶性有机碳的剖面特征。(3)土壤各活性有机碳之间,土壤总有机碳、易氧化碳、水溶性有机碳与土壤全氮、水解氮、速效 K、Ca、Mg 之间相关性均达到显著或极显著水平(水溶性有机碳与速效磷相关性不显著),轻组有机质含量除与速效钙极显著相关外,与其它土壤养分之间相关性均不显著。(4)集约经营降低了土壤易氧化碳碳素有效率、水溶性有机碳碳素有效率及土壤碳库活性,并在土壤剖面部分土层达到显著水平。因此,集约经营的毛竹林,通过配施恰当比例的有机无机肥,结合土壤垦复、除草、合理的竹株留养和采伐等综合竹林经营技术,以达到改善土壤质量和实现毛竹林可持续经营的目的。

关键词:毛竹林;集约经营;轻组有机质;土壤活性有机碳

Changes in soil active organic carbon under different management types of bamboo stands

MA Shaojie, LI Zhengcai*, WANG Bin, LIU Rongjie, GERI Letu, WANG Gang

Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400 Zhejiang, China

Abstract: Under the situation of increasing problems concerning with the environmental quality in forest land and the long-term productivity of forest, it was significant to develop and improve management strategies that maintain the function and protect the resources of soils. Changes of forest management strategies may lead to change in SOC quantity and quality. It was necessary to maintain a high SOC status for long-term land use due to the multiple beneficial effects of SOC on the soil nutrient states, structure and water holding capacity etc. The effects of different silvicultural practices on soil organic carbon were still poorly approached. Thus we performed the study on changes of soil organic carbon (SOC) in the Moso (*Phyllostachys pubescens*) stands among the long-term conversion of extensively managed and intensively managed in Fuyang County, Zhejiang province, where Moso were widely distributed. Bamboo stands of different management types, which were established in 1984, were designed to investigate the effects of intensive management on SOC. The results showed: total organic carbon (TOC), readily oxidation carbon (ROC), water soluble organic carbon (WSOC) and light fraction organic matter (LFOM) in 0—10cm soil layer were significantly decreased by 8.64%, 14.11%, 8.29% and 29.70% (0—20cm) respectively after intensive management. The vertical features of different soil organic carbon under two management types of bamboo stands were observed in decline trends with increasing of soil depths, while both of the decline scopes were

基金项目:中国林科院亚热带林业研究所基本科研业务费重点资助项目(RISF6152);浙江省重点科技创新团队资助项目(2010R50030);浙江省科技厅重点农业资助项目(2008C12067-1)

收稿日期:2011-01-17; 修订日期:2011-12-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lizccaf@126.com

different. The profile distribution of soil ROC and WSOC varied to some extent since intensive practice. These different fractions of labile organic carbon mentioned above were all interrelated, significantly or extremely significantly, and they also were well correlated with total N, hydrolysis N, available K, Ca, Mg (WSOC wasn't significantly correlated with available P), while LFOM wasn't significantly related to other soil nutrients except available Ca. Moreover after intensive management, availability of ROC, availability of WSOC and activity of carbon pool were decreased with significant level in part of soil layers. Therefore, to improve soil quality and achieve the goal of sustainable management of bamboo stands, a mixture of organic and inorganic manures with the proper ratio in bamboo stands should be applied under the conditions of intensive management, combined with ploughing, weeding, reasonable bamboo leaving and bamboo cutting, which could fulfill a high yield of bamboo shoot and bamboo culm, and maintain the ecological function of bamboo stands.

The variation of results observed in soil C pool responded to different silvicultural methods in different studies may be due to variation in site types, original soil condition, timing and realization of forest managements, climatic factors, and/or interaction of some or all of these. However, this study along with the meta-analysis suggested that a categorical assumption of soil C loss under different forest management was unwarranted. Certainly, it was still needed to identify management methods that were most likely to cause or prevent SOC loss by further study. On the other hand, hydric soils may be much more sensitive to changes in temperature and moisture regimes as a result of silvicultural practices. Because the amount of the organic matter pool in mineral soils represents the potential to supply nitrogen, it is desirable to maintain organic matter in bamboo stands.

Key Words: bamboo stands; intensive management; light fraction organic matter; labile organic carbon

毛竹(*Phyllostachys pubescens*)隶属禾本科竹亚科刚竹属,为我国特有竹种。我国毛竹林有近 40% 实行集约化经营^[1]。去除林下灌木、杂草,每年施肥、深翻等集约经营措施虽大幅度提高了毛竹林产量^[2],但由此也导致了一系列生态环境问题。人为耕作加剧了土壤水土流失,长期施用化肥则使土壤潜在肥力质量下降^[3-6]。

由于土壤碳库在全球碳循环和土壤生产力上的重要作用,因此有关土壤碳库的变化,特别是人为干扰下的土壤碳的变化,越来越引起广大学者的关注^[7-8]。土壤活性有机碳虽只占土壤全碳的很小部分,但由于活性有机碳可在土壤全碳变化之前反映土壤质量的微小变化,又直接参与土壤生物化学转化过程,而成为实现森林可持续经营的研究重点^[9-10]。易氧化碳可指示土壤有机质的早期变化^[11],轻组有机质代表易变土壤有机质的主要部分,对种植管理方式较为敏感^[12],而以往有关毛竹林的文献中使用易氧化碳、轻组有机质来表征土壤活性有机碳的研究还很欠缺^[13]。本文旨在研究毛竹林集约经营后土壤活性有机碳的变化规律,以期更全面的反映土壤肥力质量的真实情况,科学指导毛竹林的可持续经营。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验地概况

试验区位于浙江省富阳市庙山坞森林生态系统定位研究站,地理位置 119°56'—120°02'E, 30°03'—30°06'N,属北亚热带季风气候,雨量充沛,气候温和,年均气温 16.2 °C,年均降水量 1464 mm,无霜期 237 d。土壤为石英、长石砂岩上发育的微酸性红壤。

该地区历史上为森林地带,顶极群落是北亚热带常绿-落叶阔叶林,由于过去对木材、薪炭需求量的增加以及农业活动的发展,本地区天然原始林大多已遭到破坏,森林被砍伐转化为次生林、农业用地和人工林等,现存主要是次生林(以壳斗科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)和木兰科(Magnoliaceae)植物为主)和人工林,人工主要栽培杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、毛竹、马尾松(*Pinus Massoniana* Lamb.)等。

1.2 研究方法

1.2.1 取样和测定方法

试验区内集约经营毛竹林始于 1984 年,竹林立竹密度为 3000—3500 株/hm²,平均胸径 9.23 cm(样地调查时立竹均值),林下无灌木、杂草,每 2a 翻耕 1 次,翻耕深度 30 cm,每年 8—9 月劈山 1 次,毛竹大年的 2 月、6 月各施肥 1 次,其中复合肥施肥量为 100 kg/hm²(总养分(N+P₂O₅+K₂O)≥30%);有机肥以猪粪为主,施肥量为 50 kg/hm²(烘干重,其中干清粪含有机质 15%、氮 0.5%、磷 0.5%、钾 0.45%),采用开沟施肥方式,深度 30 cm;本研究集约经营模式以竹笋、竹材为培育目标,该模式施肥数量远低于以竹笋为培育目标的毛竹笋用林经营模式(每公顷施肥数量可以达到数吨甚至十几吨),且施肥数量在毛竹经营产区具有一定的代表性。研究区内仍保留大量天然粗放经营毛竹林,竹林立竹密度为 2500—3000 株/hm²,平均胸径 9.90 cm(粗放经营竹林挖笋强度较低,且留笋养竹时间较早,因此,尽管立竹数量低于集约经营竹林,但平均胸径稍高于集约经营竹林),保留林下灌木、杂草,每 2 年劈山 1 次,不施肥、不翻耕,只有挖春笋习惯。

2010 年秋季(10 月),在毛竹长期丰产试验研究固定样地内选择具有代表性的样地(竹林生境大体一致,以使样地具有可比性)6 个,每块样地面积为 20 m×20 m。同时选择粗放经营毛竹林固定样地 6 个,每块样地面积 20 m×20 m。集约和粗放经营毛竹林所有样地设置范围严格控制在半径为 300 m 的范围内,土层厚 80 cm,以保证 2 种经营类型毛竹林林地海拔、坡向、坡度、成土母质和环境因子基本一致(粗放经营毛竹林土壤全氮、水解氮、速效磷、速效钾含量分别为 1.12 mg/g,81.31 mg/kg,1.37 mg/kg,27.71 mg/kg)。与粗放经营毛竹林相比,集约经营毛竹林均匀度和整齐度相对较高,毛竹竹株年龄结构也较合理,坡度也稍缓,石粒含量也稍低,立地条件也相对好一些。

在每个样地上,采用“S”形布设方法,在各个样地内布设 5 个点,除去枯枝落叶层后,用 5 cm 内径的土钻分 0—10、10—20、20—30、30—40、40—50、50—60、60—70 cm 和 70—80 cm 土层采集土样,总共采集 480 份土壤样品;将各个样地的土样按照层次进行分层混合,然后用四分法取出足够样品,去杂、过 2 mm 孔径土壤筛后分成两份,一份鲜样用于土壤水溶性有机碳(WSOC)测定^[14](水土比调为 5:1);另一份自然风干再处理后用于土壤总有机碳(TOC)^[15]、易氧化态碳(ROC)^[16]和轻组有机质(LFOM)含量^[17]测定。

土壤总有机碳用重铬酸钾法测定 易氧化碳(ROC):采用高锰酸钾氧化法,称过 0.25 mm 筛的土壤(含 15—30 mg 有机碳),加 333 mmol/L 的高锰酸钾溶液 25 mL,密封振荡 1 h,离心 5 min(4000 r/min),取上清液用去离子水按 1:250 稀释;用分光光度计 565 nm 下测定稀释样品的吸光值 A。空白与土壤样品的吸光值之差,在 KMnO₄ 浓度(mmol/L)对吸光值 A 的标准曲线上计算出 KMnO₄ 浓度的变化,进而得出被氧化的碳量。土壤水溶性碳(WSOC):称鲜土 10.00 g,水土比为 5:1,25 °C 蒸馏水浸提 30 min(250 次/min),离心 10 min(6000 r/min),上清液用 0.45 μm 滤膜抽滤后,滤液在岛津 TOC-VcpH 有机碳分析仪上直接测定(重复 3 次)。轻组有机质(LFOM):将过 2 mm 筛的风干土样 10.00 g 放在 250 mL 的离心管中,加 50 mL 1.70 g/mL NaI 重液,振荡 1 h,离心(1000 r/min)10 min,上清液倾倒入装有 0.45 μm 滤膜的漏斗中抽气过滤,滤纸上的轻组用 0.01 mol/L CaCl₂ 和蒸馏水清洗,轻组部分用去离子水转入已称量的小玻璃杯中,离心管中的残余物重复上述过程 3 次。数次得到的轻组部分合在一起,60 °C 烘干,称量,得轻组有机质的质量,然后计算出轻组有机质的含量(轻组有机质质量占土壤质量的比例)。

土壤养分的测定 土壤全氮用凯氏定氮法测定;土壤水解氮用碱解扩散法测定;土壤速效磷用 HCl-NH₄F 浸提,酸溶-钼锑抗比色法测定;土壤速效 K、Ca、Mg 用乙酸铵浸提,原子吸收光谱法测定。

1.2.2 统计分析方法

试验数据用 SPSS16.0 统计软件处理,采用 T 检验方法进行两样本均数的比较,相关分析采用双尾检验。

$$\text{碳素有效率}(\%) = \text{活性有机碳}(\text{g/kg}) / \text{总有机碳}(\text{g/kg})^{[4]}$$

$$\text{碳库活度}(A) = LC/RC = LC / (\text{TOC} - LC)$$

式中,LC 为土壤活性碳(g/kg);RC 为非活性有机碳(g/kg);TOC 为总有机碳(g/kg)^[18]。

2 结果与分析

2.1 不同经营类型毛竹林土壤有机碳库的比较

从表 1 可以看出,毛竹林集约经营后,土壤总有机碳含量 0—10 cm 减少了 2.8 g/kg,其他各土层都有所增加,并在部分土层差异达到显著水平。这一方面由于竹林集约经营清除了林下灌木、杂草,减少了有机物质输入土壤的量,另一方面,集约经营林地地表裸露,翻耕使得土壤粗糙,抗风蚀能力差,风蚀带走大量的细小颗粒,0—10 cm 土壤粘粒和粉粒较少,同时研究区降雨量大且集中,水土流失严重,这些因素都加速了土壤表层的养分流失^[19]。其它土层总有机碳含量增加主要是配施有机肥的缘故。与总有机碳不尽相同,毛竹林集约经营后,0—10 cm 和 70—80 cm 土层易氧化碳含量比粗放经营分别下降了 14.11% 和 1.25%,且差异显著。这可能是因为,一方面,总有机碳与易氧化碳极显著正相关;另一方面,长期施用化肥促进了土壤难氧化有机质的积累^[27]。

集约经营后,毛竹林水溶性有机碳含量 0—10 cm 土层下降了 8.29%,差异显著。这是因为毛竹林集约经营,施肥和翻耕使得土壤水溶性有机碳含量减少^[20],加之地表灌草较少,有机质矿化作用加强,特别是南方多雨季节,在降雨径流的作用下,土壤水溶性有机碳流失量增加。

集约经营后,0—20 cm、20—40 cm 和 40—60 cm 土层土壤轻组有机质含量分别下降了 29.70%、22.89% 和 11.97%,且差异达到显著水平。这是因为植物碎片、植物根系和木炭是轻组的重要组成部分^[21],一方面集约经营林下灌草归还量减少,另一方面翻耕又使得植物残体被粉碎后与土壤混合,破坏了大团聚体,使原来受保护的有机物质释放出来而被微生物利用,因而集约经营后毛竹林土壤轻组有机质含量下降。

表 1 不同经营类型毛竹林土壤有机碳的剖面变异

Table 1 Vertical distribution of soil organic carbon under various management types

土层 Soil layers /cm	总有机碳 TOC/(g/kg)		易氧化碳 ROC/(g/kg)		水溶性有机碳 WSOC/(mg/kg)		轻组有机质 LFOM/(g/kg)	
	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management
0—10	29.64(1.48)a	32.44(1.09)b	15.77(0.85)a	18.36(0.53)b	563.86(24.23)a	614.81(21.33)b	14.25(0.28)a	20.27(1.51)b
10—20	22.76(2.18)a	21.93(2.36)a	8.23(0.66)a	8.38(0.005)a	532.22(49.13)a	584.39(36.38)a		
20—30	16.09(0.38)a	14.54(0.36)b	6.51(0.41)a	5.55(0.32)a	551.98(22.02)a	558.20(32.99)a	0.81(0.03)a	1.05(0.08)b
30—40	13.32(0.52)a	13.01(1.47)a	4.61(0.29)a	4.51(0.21)a	499.52(14.31)a	563.19(43.32)a		
40—50	10.34(0.56)a	10.03(1.13)a	2.66(0.18)a	2.99(0.16)a	536.89(38.40)a	530.99(23.12)a	0.32(0.07)a	0.36(0.01)b
50—60	10.27(1.10)a	8.57(0.51)a	2.65(0.08)a	2.31(0.11)a	487.36(36.46)a	527.38(26.46)a		
60—70	9.49(0.84)a	7.32(0.84)b	2.37(0.14)a	2.57(0.03)a	521.76(53.07)a	504.55(56.12)a	0.07(0.01)a	0.08(0.01)a
70—80	8.66(0.44)a	6.36(0.50)b	1.58(0.06)a	1.60(0.14)b	493.27(20.86)a	490.19(21.34)a		

表中数据为调查样地的平均值,括号内数值为标准差,同行中不同字母表示差异达到显著水平($P<0.05$),下同

与春天的研究数据相比较^[13],毛竹林集约经营后,0—10 cm 土层 TOC 下降幅度稍有增加(春天则下降了 7.01%);而 10—70 cm 土层,与春天的研究数据差异比较大,春天的研究表明,毛竹林集约经营后,10—70 cm 土壤有机碳含量表现下降的趋势,且 10—20 cm 和 20—30 cm 分别下降了 18.90% 和 22.45%(差异显著),而秋季的研究则表现增加的趋势;70—80 cm 土层变化趋势和秋天研究数据相一致,表现增加的趋势,但是差异都不显著。原因主要在于,集约经营毛竹林配施有机肥料对土壤发生作用的滞后性,2 月、6 月集约经营毛竹林施有机肥以后,对土壤的改良作用在秋季表现出来,因此促进了土壤有机碳含量在秋季的提高。

与春天的研究数据相比较,毛竹林集约经营后,0—10 cm 土层 ROC 下降幅度减少(本次研究下降了 14.11%,春天则下降了 31.22%),10—20 cm 土层减少幅度加大(本研究下降了 1.79%,春天则下降了 46.03%),20—30 cm 土层则呈现相反的变化趋势(本研究上升了 17.3%,春天则下降了 46.03%),其他土层变化趋势基本和春天的研究基本相一致,但是变化的幅度不尽相同。

毛竹林集约经营后,土壤轻组有机质含量与春天的数据相比较,变化趋势表现一致,但是变化的幅度存在

着一定的差异;其中,0—20 cm 土层减少幅度增加(春天则下降了 19.87%),20—40 cm 变化趋势基本一致,40—60 cm 下降幅度减少(春天则下降了 15.09%)。

微生物量碳作为土壤活性有机碳的表征指标,也可以反映出土壤能量循环、养分的转移和运输状况,但就微生物本身来说,微生物量碳比微生物量氮、磷、硫等受环境影响更灵敏,因而它也很不稳定,目前还未发现一种简单、快速、准确、适应性广的方法,因此本研究中并未将其作为一个分析因子进行研究。

2.2 不同经营类型毛竹林土壤有机碳剖面特征

从表 1 可以看出,两种毛竹林土壤总有机碳、易氧化碳的剖面特征差异不大,均随土层深度的增加而呈下降趋势,且两指标在剖面上下降幅度均变小。集约经营毛竹林,表层总有机碳的下降幅度比粗放经营低,深层高。这可能是由于配施有机肥增加了表层土壤有机质的含量,深翻又使得表层土壤混合较均匀。集约经营,在 30—40 cm、40—50 cm、60—70 cm、70—80 cm 高于上一层下降幅度,40—50 cm 与 50—60 cm 两土层间易氧化碳含量变化甚小;粗放经营毛竹林,40—50 cm、70—80 cm 易氧化碳下降幅度高于上一层,60—70 cm 出现负值。可见,集约经营在一定程度上影响了毛竹林土壤易氧化碳剖面特征。

两种毛竹林水溶性有机碳剖面整体呈下降趋势,下降幅度不一致。Kalbitz 等^[22]认为地被物、养分质量、pH 值、地表径流、粘土矿物、微生物及真菌活动、微环境等都将影响土壤水溶性有机碳的含量。本研究中两种毛竹林水溶性有机碳剖面上下降幅度波动大,水溶性有机碳含量表层与下层相差并不大,这是多种因素共同作用的结果。

集约、粗放经营毛竹林轻组有机质含量 20—40 cm 较 0—20 cm 的下降幅度分别达到 94.33%、94.83%,集约、粗放经营毛竹林表土(0—20 cm)土壤轻组有机质含量分别占 0—80 cm 的 92.26% 和 93.17%,可见轻组有机质含量具有表聚性,主要分布在表层。

与春天的数据相比较,集约经营和粗放经营毛竹林土壤总有机碳、易氧化碳和轻组有机质含量剖面特征基本一致,均呈现下降的趋势,但是变化的幅度不尽相同。

2.3 土壤有机碳与土壤养分间的相关分析

从图 1 可以看出,土壤总有机碳与易氧化碳、水溶性碳及轻组有机质两两之间均呈现极显著相关(轻组有机质与总有机碳和水溶性碳显著相关)。这一方面说明土壤活性碳很大程度上依赖于总有机碳含量,另一方面也说明各活性碳之间相互作用密切,它们虽然表述和测定方法不同,但各自从不同角度表征了土壤中活性较高部分的碳的含量。

土壤有机碳与土壤养分间的相关分析发现(表 2),土壤总有机碳、易氧化碳、水溶性有机碳与土壤养分之间相关性均达到显著或极显著水平(水溶有机碳与速效磷差异不显著)。轻组有机质除与速效钙极显著相关外,与其他土壤养分之间相关性不显著。在各种土壤有机碳与土壤养分相关系数当中,与速效磷的相关系数最小,这与速效磷含量在土壤中变化较为复杂有关;与全氮的相关系数最大,可见土壤活性有机碳丰缺与土壤中氮素含量高低密切相关。

表 2 土壤有机碳与土壤养分间的相关性

Table 2 Correlation between SOC and soil nutrients

土壤养分 Soil nutrients	TOC	ROC	WSOC	LFOM
全氮 Total N	0.9571 **	0.9260 **	0.6473 **	0.5692
水解氮 Hydrolysis N	0.9405 **	0.8939 **	0.6594 **	0.5621
速效磷 Available P	0.5746 **	0.5859 **	0.309	0.1212
速效钾 Available K	0.7646 **	0.8430 **	0.4419 *	0.4837
速效钙 Available Ca	0.8612 **	0.9254 **	0.5734 **	0.7644 **
速效镁 Available Mg	0.8269 **	0.8632 **	0.4622 *	0.4356

** 表示 0.01 极显著水平的双尾检验, * 表示 0.05 显著水平的双尾检验

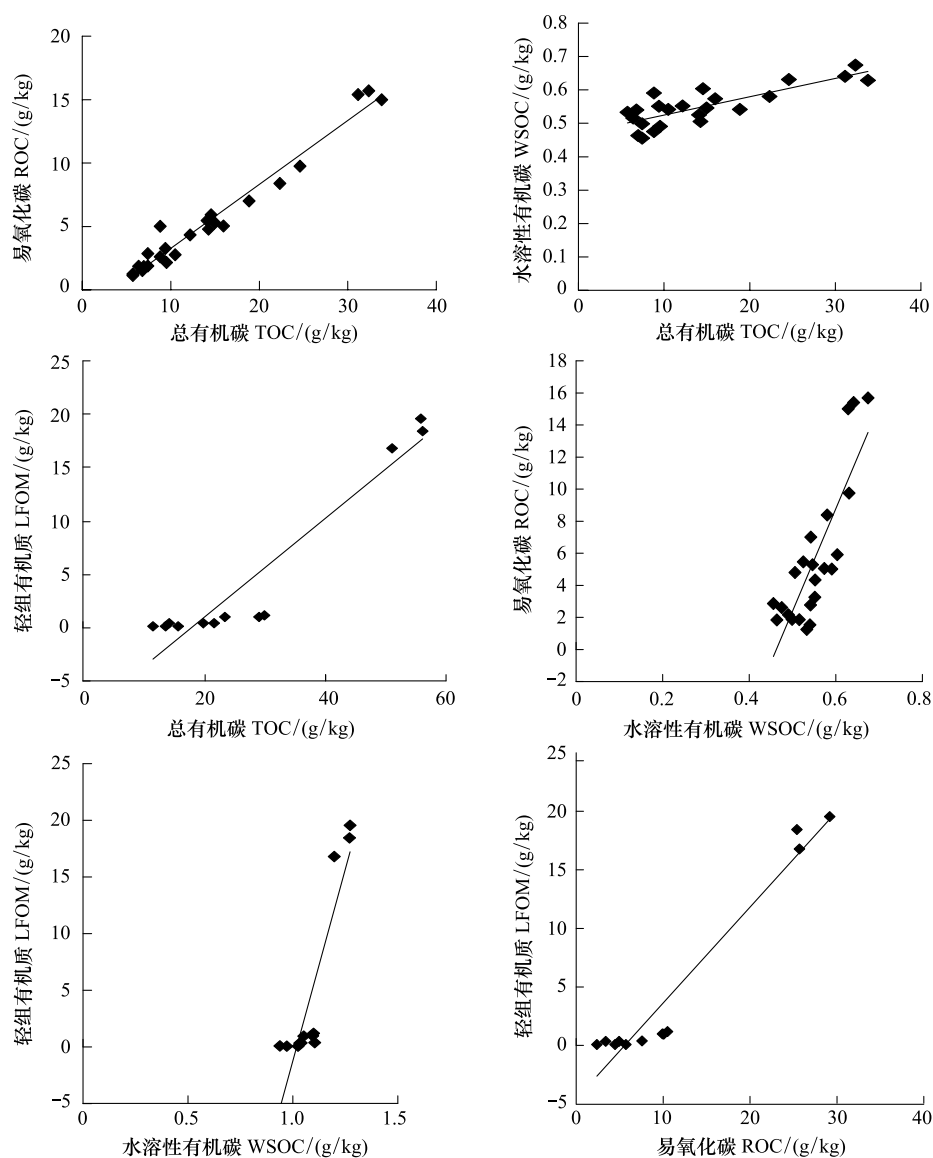


图1 土壤不同形态碳之间的相关性

Fig. 1 Correlation between different fractions of soil carbon

2.4 不同经营类型毛竹林土壤碳素有效率及碳库活度的差异

土壤活性有机碳占总有机碳的百分比更能反映森林植被对土壤碳行为的影响结果。土壤易氧化碳与总有机碳比率能反映土壤碳的稳定性^[23]。从表3可看出,集约经营降低了土壤易氧化碳碳素有效率,30—40 cm,70—80 cm 差异达到显著水平。粗放经营毛竹林0—10 cm 土壤易氧化碳碳素有效率高出集约经营毛竹林5.66%。随着土层加深,两种毛竹林该比例均不规律地下降。

碳库活度是用来量化土壤碳的不稳定性^[24]。集约经营后毛竹林碳库活度整体下降,差异未达到显著水平(70—80 cm 差异显著)。两种毛竹林,碳库活度均随土层加深有规律的下降。这一方面表明,集约经营使得毛竹林土壤化学活性下降,土壤肥力降低;另一方面,当外界环境(温度、湿度)发生变化时,表层土壤有机碳更不稳定,易转化。

粗放经营毛竹林水溶性有机碳碳素有效率高出集约经营毛竹林2.60%,可见粗放经营毛竹林土壤生物活性高,有机质易被微生物分解。该比例随剖面变深而呈现有规律的上升,这和水溶性有机碳随渗滤水迁移有关^[25],20—30、70—80 cm 达到显著差异。

与春天的数据相比较,毛竹林集约经营后,土壤易氧化碳碳素有效率、碳库活度变化趋势一致,均呈现下降的趋势,但是变化的幅度不尽相同。

表 3 不同经营类型毛竹林土壤活性碳素有效率

Table 3 Availability of different soil organic carbon under various management types

土层 Soil layers /cm	易氧化碳碳素有效率 Availability of ROC/%		碳库活度 Activity of C pool		水溶性有机碳碳素有效率 Availability of WSOC/%	
	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management	集约经营 Intensive management	粗放经营 Extensive management
0—10	53.55(3.73) a	56.76(4.96) a	1.21(0.17) a	1.34(0.26) a	1.87(0.04) a	1.92(0.13) a
10—20	36.56(3.54) a	38.15(1.09) a	0.59(0.09) a	0.62(0.03) a	2.38(0.46) a	2.68(0.14) a
20—30	35.34(3.08) a	38.21(2.20) a	0.59(0.07) a	0.62(0.06) b	3.44(0.22) a	3.84(0.22) b
30—40	34.80(2.17) a	36.93(2.69) a	0.54(0.05) a	0.60(0.07) a	3.76(0.23) a	4.69(0.65) a
40—50	25.36(0.36) a	29.08(4.61) a	0.36(0.02) a	0.42(0.04) a	5.20(0.42) a	5.47(0.92) a
50—60	25.70(1.28) a	26.61(2.32) a	0.36(0.03) a	0.37(0.05) a	4.82(0.77) a	6.33(0.59) a
60—70	24.54(2.69) a	34.46(3.37) a	0.33(0.05) a	0.59(0.12) a	5.55(0.84) a	7.24(0.93) a
70—80	18.32(2.01) a	25.05(2.07) b	0.23(0.03) a	0.34(0.04) b	5.70(0.26) a	7.77(0.81) b

3 结论与讨论

(1)毛竹林集约经营后 0—10 cm 土层土壤总有机碳下降了 8.64%,这与周国模等^[26]研究结果类似;相应的,易氧化碳下降了 14.11%。张付申^[27]研究认为长期施肥促进土壤难氧化有机质的积累;同时,有研究认为耕作土壤损失的碳主要是水溶性有机碳^[28],并非易氧化碳。可见长期施肥是集约经营毛竹林土壤易氧化碳减少的重要原因。集约经营减少生物归还土壤的量,凋落物分解速度比粗放经营低^[29]也是原因之一。

本实验采用 10 g 鲜土,水土比 5:1 可能使得实验数据高于以往研究结果^[6,23,25,30](其他研究多为 2:1),当然这也与采样季节,植被类型,养分质量等因素有关。

轻组含量与土壤容重极显著负相关^[31],翻耕虽在短期内疏松了土壤,但从长期来看,增加了林地土壤容重,这是因为长期人为活动破坏了土壤的自然结构^[32],由此可推出翻耕使得毛竹林轻组有机质含量下降。本研究中,集约经营毛竹林 0—10 cm 土壤轻组有机质含量显著下降了 29.70%,有效地证明了此推论。

(2)两种毛竹林土壤总有机碳、易氧化碳、水溶性有机碳和轻组有机质含量的剖面特征均随土层深度的增加而呈现下降趋势,但下降幅度不同。集约经营在一定程度上影响毛竹易氧化碳、水溶性有机碳剖面特征。

(3)土壤总有机碳与各活性碳及各活性碳之间极显著或显著相关。土壤总有机碳、易氧化碳、水溶性碳与土壤养分之间显著或极显著相关(水溶有机碳与速效磷差异不显著),与以往研究结果相似^[33-34]。轻组有机质除与速效钙极显著相关外,与其他土壤养分之间不显著相关。

(4)集约经营降低了土壤易氧化碳的碳素有效率、土壤碳库活度、水溶性有机碳的碳素有效率,并在土壤剖面部分土层差异达到显著水平。姜培坤^[14]关于雷竹的研究认为,有机无机肥混施,水溶性有机碳含量是单施化肥的 1.65 倍。王晶等^[18]对黑土活性有机碳的研究认为,高量有机肥与无机肥配施处理的土壤易氧化碳含量增加量是单施化肥(或有机肥)和低有机肥用量处理的 1.5—16 倍,土壤碳库活度相应的为 1.92—3.55 倍。魏朝富等^[35]对紫色水稻土的研究认为,单施化肥会导致土壤轻组有机质含量下降 9.67%,而施用不同配比有机无机复合肥会使土壤轻组有机质含量增加 3.47%—29.36%。因而,毛竹林可配施恰当比例的有机无机肥,结合土壤垦复、除草、合理的竹株留养和合理的竹株采伐等综合竹林经营措施,以达到改善土壤质量和毛竹林可持续经营的目的。

References:

[1] Zhang G F, Miao B H. A research development of the management on *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*. Journal of Fujian College of

- Forestry, 2000, 20(4): 375-379.
- [2] Lin J D. Cultivation model for high-yield Bamboo Forest. Journal of Fujian College of Forestry, 1996, 16(2): 174-176.
- [3] Zhang L, Zhang W J, Xu M G, Cai Z J, Peng C, Wang B R, Liu H. Effects of long-term fertilization on change of labile organic carbon in three typical upland soils of China. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(5): 1646-1655.
- [4] Shen H, Cao Z H, Xu Z H. Effects of fertilization on different carbon fractions and carbon pool management index in soils. Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(2): 166-173.
- [5] Lefroy R D B, Blair G J, Strong W M. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ^{13}C natural isotope abundance. Plant and Soil, 1993, 155-156(1): 399-402.
- [6] Xu Q F, Xu J M, Jiang P K. Study on organic carbon pool of soil under intensive management bamboo forest. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 17(4): 15-17.
- [7] Huang Z Q, Xu Z H, Chen C R, Boyd S. Changes in soil carbon during the establishment of a hardwood plantation in subtropical Australia. Forest Ecology and Management, 2008, 254(1): 46-55.
- [8] Jandl R, Lindner M, Vesterdal L, Bauwens B, Baritz R, Hagedorn F, Johnson D W, Minkinen K, Byrne K A. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration. Geoderma, 2007, 137(3/4): 253-268.
- [9] Coleman D C, Reid C P P, Cole C V. Biological strategies of nutrient cycling in soil systems. Advances in Ecological Research, 1983, 13: 1-55.
- [10] Wander M M, Traina S J, Stinner B R, Peters S E. Organic and conventional management effects on biologically-active soil organic matter pools. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(4): 1130-1139.
- [11] Biederbeck V O, Janzen H H, Campbell C A, Zentner R P. Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. Soil Biology and Biochemistry, 1994, 26(12): 1647-1656.
- [12] Janzen H H. Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. Canadian Journal of Soil Science, 1987, 67(4): 845-856.
- [13] Ma S J, Li Z C, Wang G, Liu R J, Fu M Y, Zhou B Z. Effects of intensive and extensive management on soil active organic carbon in bamboo forests of China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2011, 35(5): 551-557.
- [14] Jiang P K, Xu Q F. Effects of fertilization on soil active organic carbon under *Phyllostachys praecox* stand. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(2): 253-256.
- [15] LY/T 1237—1999. Determination of organic matter in forest soil and calculation carbon-nitrogen ratio. 1999.
- [16] Shen H, Cao Z H, Hu Z Y. Characteristics and ecological effects of the active organic carbon in soil. Chinese Journal of Ecology, 1999, 18(3): 32-38.
- [17] Xie J S, Yang Y S, Yang Z J, Huang S D, Chen G S. Seasonal variation of light fraction organic matter in degraded red soil after vegetation restoration. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(3): 557-563.
- [18] Wang J, Zhu P, Zhang N, Xie H T, Zhang X D. Effect of fertilization on soil active C and C pool management index of black soil. Chinese Journal of Soil Science, 2003, 34(5): 394-397.
- [19] Qin H L, Gao W S, Ma Y C, Yang S Q, Zhao P Y. Effects of no-tillage on soil properties affecting wind erosion during fallow in Ectone of north China. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(9): 3778-3784.
- [20] Ni J Z, Xu J M, Xie Z M, Wang D J. Contents of WSOC and characteristics of its composition under different fertilization systems. Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(5): 724-730.
- [21] Spycher G, Sollins P, Rose S. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. Soil Science, 1983, 135(2): 79-87.
- [22] Kalbitz K, Solinger S, Park J H, Michalzik B, Matzner E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. Soil Science, 2000, 165(4): 277-304.
- [23] Zhu Z J, Jiang P K, Xu Q F. Study on the active organic carbon in soil under different types of vegetation. Forest Research, 2006, 19(4): 523-526.
- [24] Sun G F, Chen F, Li L, Wu F L, Xiao X P, Zhang H L. Effects of tillage on the carbon pool of paddy soil with long-term no-tillage. Journal of China Agricultural University, 2007, 12(6): 45-49.
- [25] Jiang P K. Soil active carbon pool under different types of vegetation. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(1): 10-13.
- [26] Zhou G M, Xu J M, Wu J S, Jiang P K. Changes in soil active organic carbon with history of intensive management of *Phyllostachy pubescens* forest. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(6): 124-128.
- [27] Zhang F S. Study of long-term fertilizations on lou soil and yellow loamy soil on the oxidation stability of soil organic matter. Soils and Fertilizers, 1996, (6): 32-34.

- [28] Zhao X, Yu W T, Li J D, Jiang Z S. Research advances in soil organic carbon and its fractions under different management patterns. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11): 2203-2209.
- [29] Zhou G M, Wu J S, Jiang P K. Effects of different management models on carbon storage in *Phyllostachys pubescens* forests. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(6): 51-55.
- [30] Jiang P K, Xu Q F, Xu Z H, Cao Z H. Seasonal changes in soil labile organic carbon pools within a *Phyllostachys praecox* stand under high rate fertilization and winter mulch in subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 2006, 236(1): 30-36.
- [31] Xie J S, Yang Y S, Xie M S, Chen G S, Yang Z J, Huang S D. Effects of vegetation restoration on soil organic matter of light fraction in eroded degraded red soil in subtropics of China. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(1): 170-175.
- [32] Zhang H L, Qin Y D, Zhu W S. Effects of tillage on soil physical properties. *Soils*, 2003, 35(2): 140-144.
- [33] Wang Q K, Wang S L, Feng Z W. A study on dissolved organic carbon and nitrogen nutrients under Chinese fir plantation; relationships with soil nutrients. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1299-1305.
- [34] Jiang P K, Xu Q F, Yang F. Relationship between water soluble organic carbon and heavy metal elements in the soil under *Phyllostachys praecox* stands. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2003, 20(1): 8-11.
- [35] Wei C F, Chen S Z, Xie D T. Effect of long-term application of organic manures on characters of organo-mineral complex in purple paddy soil. *Acta Pedologica Sinica*, 1995, 32(2): 159-166.

参考文献:

- [1] 张国防, 缪碧华. 毛竹经营管理的研究进展. *福建林学院学报*, 2000, 20(4): 375-379.
- [2] 林敬德. 材用毛竹丰产林培育模式试验研究. *福建林学院学报*, 1996, 16(2): 174-176.
- [3] 张璐, 张文菊, 徐明岗, 蔡泽江, 彭畅, 王伯仁, 刘骅. 长期施肥对中国 3 种典型农田土壤活性有机碳库变化的影响. *中国农业科学*, 2009, 42(5): 1646-1655.
- [4] 沈宏, 曹志洪, 徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响. *土壤学报*, 2000, 37(2): 166-173.
- [6] 徐秋芳, 徐建明, 姜培坤. 集约经营毛竹林土壤活性有机碳库研究. *水土保持学报*, 2003, 17(4): 15-17.
- [13] 马少杰, 李正才, 王刚, 刘荣杰, 傅懋毅, 周本智. 集约和粗放经营下毛竹林土壤活性有机碳的变化. *植物生态学报*, 2011, 35(5): 551-557.
- [14] 姜培坤, 徐秋芳. 施肥对雷竹林土壤活性有机碳的影响. *应用生态学报*, 2005, 16(2): 253-256.
- [15] LY/T 1237-1999. 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算. 1999.
- [16] 沈宏, 曹志洪, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应. *生态学杂志*, 1999, 18(3): 32-38.
- [17] 谢锦升, 杨玉盛, 杨智杰, 黄石德, 陈光水. 退化红壤植被恢复后土壤轻组有机质的季节动态. *应用生态学报*, 2008, 19(3): 557-563.
- [18] 王晶, 朱平, 张男, 解宏图, 张旭东. 施肥对黑土活性有机碳和碳库管理指数的影响. *土壤通报*, 2003, 34(5): 394-397.
- [19] 秦红灵, 高旺盛, 马月存, 杨世琦, 赵沛义. 免耕对农牧交错带农田休闲期土壤风蚀及其相关土壤理化性状的影响. *生态学报*, 2007, 27(9): 3778-3784.
- [20] 倪进治, 徐建民, 谢正苗, 王德建. 不同施肥处理下土壤水溶性有机碳含量及其组成特征的研究. *土壤学报*, 2003, 40(5): 724-730.
- [23] 朱志建, 姜培坤, 徐秋芳. 不同森林植被下土壤微生物量碳和易氧化态碳的比较. *林业科学研究*, 2006, 19(4): 523-526.
- [24] 孙国峰, 陈阜, 李琳, 伍芬琳, 肖小平, 张海林. 耕作措施对长期免耕双季稻田土壤碳库的影响. *中国农业大学学报*, 2007, 12(6): 45-49.
- [25] 姜培坤. 不同林分下土壤活性有机碳库研究. *林业科学*, 2005, 41(1): 10-13.
- [26] 周国模, 徐建明, 吴家森, 姜培坤. 毛竹林集约经营过程中土壤活性有机碳库的演变. *林业科学*, 2006, 42(6): 124-128.
- [27] 张付申. 长期施肥条件下蛭土和黄绵土有机质氧化稳定性研究. *土壤肥料*, 1996, (6): 32-34.
- [28] 赵鑫, 宇万太, 李建东, 姜子绍. 不同经营管理条件下土壤有机碳及其组分研究进展. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2203-2209.
- [29] 周国模, 吴家森, 姜培坤. 不同管理模式对毛竹林碳贮量的影响. *北京林业大学学报*, 2006, 28(6): 51-55.
- [31] 谢锦升, 杨玉盛, 解明曙, 陈光水, 杨智杰, 黄石德. 植被恢复对退化红壤轻组有机质的影响. *土壤学报*, 2008, 45(1): 170-175.
- [32] 张海林, 秦耀东, 朱文珊. 耕作措施对土壤物理性状的影响. *土壤*, 2003, 35(2): 140-144.
- [33] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜. 杉木人工林土壤可溶性有机质及其与土壤养分的关系. *生态学报*, 2005, 25(6): 1299-1305.
- [34] 姜培坤, 徐秋芳, 杨芳. 雷竹土壤水溶性有机碳及其与重金属关系的研究. *浙江林学院学报*, 2003, 20(1): 8-11.
- [35] 魏朝富, 陈世正, 谢德体. 长期施用有机肥料对紫色水稻土有机无机复合性状的影响. *土壤学报*, 1995, 32(2): 159-166.

CONTENTS

Physiological responses of five deciduous broad-leaved tree seedlings in the Northeast Area of China to burning	WANG Rong, HU Haiqing (2303)
The occurrence regularity of psyllid in <i>Haloxylon</i> spp and its influencing factors	LI Fenlian, WU Xuehai, WANG Peiling, et al (2311)
The estimating of the spatial distribution of forest biomass in China based on remote sensing and downscaling techniques	LIU Shuangna, ZHOU Tao, SHU Yang, et al (2320)
Multivariate correlation analysis between landscape pattern and water quality	ZHAO Peng, XIA Beicheng, QIN Jianqiao, et al (2331)
Red fox habitat selection and landscape feature analysis in the Dalai Lake Natural Reserve in Inner Mongolia	ZHANG Honghai, LI Chengtao, DOU Huashan, et al (2342)
Research on assemblage characteristics of macroinvertebrates in the Yalu Tsangpo River Basin	XU Mengzhen, WANG Zhaoyin, PAN Baozhu, et al (2351)
Climate change induced potential range shift of the crested ibis based on ensemble models	ZHAI Tianqing, LI Xinhai (2361)
Analysis of the sources of second generation meadow moth populations that immigrated into Chinese pastoral areas in 2010	ZHANG Li, ZHANG Yunhui, ZENG Juan, et al (2371)
Genetic diversity based on cytochrome <i>b</i> gene analysis of different geographic populations of blue sheep in China	LI Nannan, LIU Zhensheng, WANG Zhenghuan, et al (2381)
Soil microbial properties under different grain-for-green patterns in depressions between karst hills	LU Shiyang, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2390)
Ecosystem and soil respiration of a poplar plantation on a sandy floodplain in Northern China	FANG Xianrui, ZHANG Zhiqiang, ZHA Tonggang, et al (2400)
Estimating total nitrogen content in water body based on reflectance from wetland vegetation	LIU Ke, ZHAO Wenji, GUO Xiaoyu, et al (2410)
Analysis on complete F type of mitochondrial genome in <i>Lamprotula lei</i>	CHEN Ling, WANG Guiling, LI Jiale (2420)
The source-sink landscape pattern change and its effect on phosphorus pollution in Yuqiao watershed	LI Chongwei, HU Jie, WANG Sa, et al (2430)
Responses of soil nematode communities to soluble salt contamination around Gangue hill in Fushun	ZHANG Weidong, LV Ying, XIAO Ying, et al (2439)
Effect of aboveground competition on biomass partitioning of understory Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>)	WANG Jinsong, FAN Xiuhua, FAN Juan, et al (2447)
Research of methane metabolic microbial community in soils of slash pine plantation and Masson pine plantation	WANG Yun, ZHENG Hua, CHEN Falin, et al (2458)
$\delta^{13}\text{C}$ values of stem phloem water soluble sugars of <i>Pinus massoniana</i> and <i>Cunninghamia lanceolata</i> response to meteorological factors	LU Yuxi, WANG Zhenxing, ZHENG Huaizhou, et al (2466)
Soil respiration patterns during restoration of vegetation in the Shapotou area, Northern China	GAO Yanhong, LIU Lichao, JIA Rongliang, et al (2474)
Dynamics of caloric value of <i>Robinia pseudoacacia</i> L. energy forest in the west of Henan Province	TAN Xiaohong, LIU Shiqi, MA Luyi, et al (2483)
<i>Ex-situ</i> symbiotic seed germination of <i>Dendrobium catenatum</i>	WU Huifeng, SONG Xiqiang, LIU Hongxia (2491)
Effects of red/far red ratio on morphological index, leaf area and dry matter partitioning of cut chrysanthemum flower	YANG Zaiqiang, ZHANG Jibo, LI Yongxiu, et al (2498)
Effect of prometryne on root activity and oxidative stress of <i>Polygala tenuifolia</i> Willd. seedling roots	WEN Yinyuan, GUO Pingyi, YIN Meiqiang, et al (2506)
Combined effects of elevated O_3 concentration and UV-B radiation on photosynthetic characteristics of soybean	ZHENG Youfei, XU Weimin, WU Rongjun, et al (2515)
Nutrients transfer for host plant and litter decomposition by AMF in Karst soil	HE Yuejun, ZHONG Zhangcheng, DONG Ming (2525)
The dynamics of bacteria community diversity during the fermentation process of traditional soybean paste	GE Jingping, CHAI Yangyang, CHEN Li, et al (2532)
Effect of site-specific fertilization on soil phosphorus in purple garden soil	SUN Qianqian, WANG Zhengyin, ZHAO Huan, et al (2539)
A method of determining standards for ecological compensation in agricultural areas, giving priority to environmental flows in water allocation	PANG Aiping, SUN Tao (2550)
The loss of ecosystem services value caused by food security assessment model and its application	LU Weiye, JIANG Zhide, ZHANG Yinglong, et al (2561)
Review and Monograph	
Review of the current situation of coastal ecological engineering using dredged marine sediments and prospects for potential application in China	HUANG Huamei, GAO Yang, WANG Yinxia, et al (2571)
Discussion	
Quorum sensing in anaerobic ammonium oxidation bacteria	DING Shuang, ZHENG Ping, ZHANG Meng, et al (2581)
Health evaluation of Dongting Lake based on morphological characters	SHUAI Hong, LI Jingbao, XIA Beicheng, et al (2588)
Scientific Note	
Effects of mix-leaf litter decomposition of different trees in the Loess Plateau	LIU Zengwen, DU Liangzhen, ZHANG Xiaoxi, et al (2596)
Changes in soil active organic carbon under different management types of bamboo stands	MA Shaojie, LI Zhengcai, WANG Bin, et al (2603)
Effects of drought stress on photosynthesis and associated physiological characters of pepper	OU Lijun, CHEN Bo, ZOU Xuexiao (2612)
Effects of silicon application and drought stress on photosynthetic traits and mineral nutrient absorption of rice leaves	CHEN Wei, CAI Kunzheng, CHEN Jining (2620)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 8 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 8 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元