

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

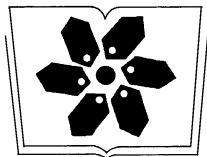
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

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 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说：高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量 and 生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

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

DOI: 10.5846/stxb201304050608

刘纯,刘延坤,金光泽.小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征.生态学报,2014,34(2):451-459.
Liu C, Liu Y K, Jin G Z. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34 (2): 451-459.

小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征

刘 纯¹, 刘延坤^{1,2}, 金光泽^{1,*}

(1. 东北林业大学生态研究中心, 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省森林工程与环境研究所, 哈尔滨 150081)

摘要:土壤微生物是森林生态系统的重要调节者和分解者,其微生物量是陆地生态系统碳氮循环的重要组成部分。采用氯仿熏蒸浸提法测定了小兴安岭 6 种森林类型不同季节的土壤微生物量碳(MBC)和氮(MBN),并分析了其与土壤环境因子的关系,探讨根系去除对土壤微生物量的影响。结果表明:MBC 和 MBN 的季节变化因森林类型的差异而有所不同,但最高值多发生在 8 月中旬;MBC 和 MBN 在根系去除后均有不同程度的减少;MBC 和 MBN 分别与土壤有机碳、全氮及含水量呈显著正相关($P < 0.05$);MBN 与土壤温度呈极显著正相关($P < 0.01$)。显然,研究区的土壤微生物量受土壤温度、湿度及土壤有效养分综合作用的影响。

关键词:小兴安岭;土壤微生物量碳氮;季节变化;根系去除

Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China

LIU Chun¹, LIU Yankun^{1,2}, JIN Guangze^{1,*}

1 Center for Ecological Research, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China
2 Forest Engineering and Environmental Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China

Abstract: Soil microbes are the most important regulator and decomposer in the forest ecosystem. Soil microbial biomass is an important component of the carbon and nitrogen cycles in the terrestrial ecosystem. The Heilongjiang Liangshui Nature Reserve has full gradient interference, which includes virgin forests, secondary forests, and plantation forests. The reserve provides a good platform to explore soil microbial biomass and to determine the factors influencing soil microbial biomass in the Xiaoxing'an Mountains. We used the chloroform fumigation extraction method to measure and compare the microbial biomass carbon (MBC), the microbial biomass nitrogen (MBN), and the influencing factors (i.e., soil organic carbon, soil total nitrogen, soil water content and soil temperature) throughout the growing season. We also explored the effect of root removal on soil microbial biomass. The experiment included six typical forest types, namely, virgin mixed broadleaved-Korean pine (*Pinus koraiensis*) forest, selectively cut mixed broadleaved-Korean pine forest, secondary birch (*Betula platyphylla*) forest, artificial larch (*Larix gmelinii*) plantation, artificial Korean pine forest, and valley spruce-fir (*Picea-Abies*) forest. Each forest type consists of three 20 m × 30 m plots, and four 2 m × 2 m root trenching subplots and four 2 m × 2 m control subplots were randomly chosen in each plot. Soil samples from 0 cm to 10 cm soil layers were randomly selected monthly from the six forest types from June 2010 to October 2010. The samples in each plot were mixed as one sample to determine MBC and MBN. Results show that the seasonal changes in the soil microbial biomass of the six forest types were different during the study period. The maximum soil microbial biomass was mostly obtained in mid-August. The

基金项目:林业公益性行业科研专项资助项目(201204320);长江学者和创新团队发展计划资助项目(IRT1054)

收稿日期:2013-04-05; 修订日期:2013-09-10

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

MBC and MBN generally showed similar seasonal dynamics in the control and root removal plots. The average values of MBC and MBN for the six forest types varied from 383.5 mg/kg to 1633.6 mg/kg and 47.6 mg/kg to 231.0 mg/kg, respectively, accounting for 1% to 2% and 2% to 4% of the soil organic carbon and nitrogen content. The average soil microbial biomass (MBC and MBN, respectively) of each forest type was recorded as follows: secondary birch forest (1318.8 and 215.5 mg/kg) > artificial Korean pine forest (1137.3 and 169.1 mg/kg) > selectively cut mixed broadleaved-Korean pine forest (980.3 and 153.4 mg/kg) > virgin mixed broadleaved-Korean pine forest (948.9 and 143.6 mg/kg) > artificial larch forest (927.2 and 131.0 mg/kg) > valley spruce-fir forest (606.2 and 95.0 mg/kg). Root removal significantly decreased soil microbial biomass ($P < 0.01$). The maximum MBC (44%) and MBN (34%) reductions were found in the valley spruce-fir forest and the artificial larch forest, respectively. The minimum MBC (12%) and MBN (11%) reductions were found in the selectively cut mixed broadleaved-Korean pine forest. MBC and MBN were significantly positively correlated with soil organic carbon, soil total nitrogen, and soil water content ($P < 0.05$), and MBN was significantly positively correlated with soil temperature ($P < 0.01$). We concluded that the combined effects of soil temperature, soil water content, and soil nutrients contributed to the differences in the soil microbial biomass found across the six forest types.

Key Words: Xiaoxing'an Mountains; soil microbial biomass carbon and nitrogen; seasonal variation; root removal

土壤微生物是陆地生态系统的调节者和分解者,参与生态系统的物质循环和能量流动,是维护森林生态系统可持续发展的重要组成部分^[1-2]。土壤微生物量是土壤有机质的活性部分,对土壤环境因子的变化极为敏感^[3],不仅在养分转化中起重要作用,其本身也是土壤养分的供应源和贮存库^[4]。土壤微生物量碳尽管只占土壤总有机碳的1%—5%,但却参与土壤有机质分解、养分循环、污染物的降解和土壤结构形成等诸多土壤生态过程,是控制土壤养分周转的主要因素,对全球碳循环有重要贡献^[5-7]。

森林生态系统中土壤微生物量具有明显的季节性波动,其波动模式复杂,受多种生态因子综合作用的影响^[8]。不同生态系统,即使处于同一气候区域,土壤微生物量对季节变化的响应也不同,在同一季节或升高,或下降^[9-10]。就某一特定森林生态系统而言,土壤温湿度、降雨量、土壤理化性质和树种特性等因素是调控土壤微生物量季节变化的主要因子^[11]。作为环境因子,土壤有效碳也是调节土壤微生物量增长变化的驱动因子^[5]。Hütsch发现植物根系分泌物是土壤有效碳的重要来源,土壤微生物活性随着根系分泌物的增加而增加^[12];土壤微生物量的季节变化与土壤中植物根系分泌物的多少有关^[13-14]。

以往对土壤微生物量的研究多集中在典型生态系统^[15]、土地利用方式^[16]及退化土壤植被恢复^[17]

对土壤微生物量的影响等方面,对同一气候区不同森林类型的土壤生物量研究还很匮乏。小兴安岭是我国主要林区之一,且地处气候变化敏感地区。本文选择黑龙江凉水国家级自然保护区内具有代表性的6种森林类型为研究对象,探讨土壤微生物量季节动态变及其影响因子,分析根系去除对土壤微生物量的影响,为揭示该区森林碳氮循环过程与机制提供基础数据与科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然条件

研究样地设在黑龙江凉水国家级自然保护区(128°53'20" E、47°10'50" N)内。保护区海拔高度在280—707.3 m之间,山地坡度一般在10—15°之间,是典型的低山丘陵地貌。该区属温带大陆性夏雨季节风气候,春季迟缓,降水少;夏季短促,温凉多雨;秋季降温快,多出现早霜;冬季漫长且寒冷干燥。年平均气温-0.3℃,年均最高气温7.5℃,年均最低气温-6.6℃,正值积温在2200—2600℃之间。年平均降水量676 mm,年平均蒸发量805 mm,无霜期100—120 d,积雪期130—150 d,地带性土壤为暗棕壤,非地带性土壤为草甸土、沼泽土和泥炭土。

1.2 实验设计与方法

本研究以小兴安岭6种典型森林类型为研究对象,分别为:原始阔叶红松(*Pinus koraiensis*)林、原始阔叶红松林经过择伐后形成的阔叶红松择伐林(以

下简称择伐林)、阔叶红松林皆伐后天然更新形成的次生白桦(*Betula platyphylla*)林和阔叶红松林皆伐后人工造林的落叶松(*Larix gmelinii*)林和红松林,以及非地带性顶极植被-谷地云冷杉(*Picea-Abies*)林,其植被概况详见史宝库^[18]。

2009 年 10 月,在每个森林类型内随机设置 3 个 20 m×30 m 的固定样地。在每个固定样地内随机选取 4 个 2 m×2 m 的对照样方和 4 个 2 m×2 m 的去除根系样方。采用挖壕法:即在样方四周挖 0.2 m 的壕,深至基岩或无根系位置(≥60 cm),壕内用双层细孔井底布隔离样方周围的根系,既可以阻止周围植物根系的侵入,又保证透气、透水,而后按原土层回填壕内的土壤。贴地面剪除小样方内的地面植被,尽量减少对地表土壤的扰动,在随后的测定中始终保持样方内没有活体植物。

于 2010 年 6—10 月期间,每月(其中 8 月和 9 月每半个月 1 次)在每块样地采用混合取样法进行土壤样品采集。取样前移去土壤表面的凋落物层后用土钻采集表层(0—10 cm)土壤。每块样地 2 份混合土壤样品(对照 1 份,去根处理 1 份),6 种林型共计 36 份土壤样品。样品立即装入保温箱内带回实验室置于 4℃ 下贮存,并于 1 周内完成土壤微生物量碳、氮的测定。同时将一部分土壤样品风干,用于土壤理化性质测定。

土壤含水率(W_s)采用烘干法((105±2)℃, 12 h);土壤温度(T_s)采用 LI-6400 便携式 CO₂/H₂O 分析系统(LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)附带的温度探针测定;土壤总有机碳(SOC)采用 multi N/C 3000 TOC 分析仪(Analytik Jena AG, Germany)测定;土壤全氮(TN)采用 Kjeltec™ 2300 凯氏定氮仪(Foss Teactor AB, Sweden)进行测定;土壤微生物量采用氯仿熏蒸浸提法测定^[19],浸提液中有有机碳及全氮含量由 Multi N/C 3000 分析仪测定。土壤微生物量碳(MBC)和土壤微生物量氮(MBN)分别用下式求得^[20-21]:

$$MBC = E_c / 0.45$$

$$MBN = E_n / 0.45$$

式中, E_c 、 E_n 分别为熏蒸和未熏蒸土样浸提液有机碳、全氮的差值;0.45 为校正系数。

1.3 数据分析

利用 t 检验法检验同一林型对照与处理间的

MBC、MBN 及环境因子的差异;Duncan 多重检验比较林型间 MBC 和 MBN 显著性差异;利用 Pearson 相关系数评价 MBC 和 MBN 与 SOC、TN、 W_s 和 T_s 之间的关系。以上统计分析均使用了 SPSS16.0。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质

在 6 种森林类型中,人工红松林的土壤有机碳显著高于阔叶红松林、人工落叶松林、谷地云冷杉林和择伐林($P < 0.05$);土壤全氮在次生白桦林和人工落叶松林间差异显著($P < 0.05$),在阔叶红松林、人工红松林、谷地云冷杉林和择伐林之间差异不显著($P > 0.05$);次生白桦林的土壤湿度显著高于阔叶红松林、人工红松林、人工落叶松林、谷地云冷杉林和择伐林($P < 0.05$);土壤温度在所有林型差异不显著($P > 0.05$)(表 1)。

与对照样地相比,去根处理后 6 种林型的总有机碳均有不同程度的减少,其中在谷地云冷杉林和择伐林显著减少($P < 0.05$);全氮含量均显著增加($P < 0.05$);湿度在大部分林型表现为增加,其中在人工红松林表现为显著增加($P < 0.05$);温度在大部分林型表现为增加,但均没有显著差异($P > 0.05$)(表 1)。

2.2 土壤微生物量碳和氮含量及其季节变化

6 种林型土壤微生物量碳、氮大小均依次为:次生白桦林>人工红松林>择伐林>阔叶红松林>人工落叶松林>谷地云冷杉林。其中次生白桦林和人工红松林 2 种林型的 MBC 与谷地云冷杉林的差异显著($P < 0.05$),阔叶红松林、人工落叶松林和择伐林 3 种林型间的 MBC 差异不显著($P > 0.05$);MBN 在次生白桦林、谷地云冷杉林和择伐林之间差异显著($P < 0.05$),在阔叶红松林、人工红松林和人工落叶松林之间差异不显著($P > 0.05$)。阔叶林或阔叶树比率较高的森林类型(次生白桦林、阔叶红松林和择伐林)的土壤微生物量(MBC 和 MBN:1082.70 mg/kg 和 170.85 mg/kg)总体上高于针叶林或针叶树比率较高的森林类型(谷地云冷杉林、人工红松林和人工落叶松林)(MBC 和 MBN:890.23 mg/kg 和 131.70 mg/kg)(表 2)。

与对照样地相比,去根处理后所有林型的土壤微生物量均有不同程度的减少,其中谷地云冷杉林

表 1 6 种森林类型的土壤理化性质

森林类型 Forest type	对照 Control				去根 Roots removal			
	总有机碳 Total organic carbon /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	含水率 Soil water content /%	温度 Soil temperature /℃	总有机碳 Total organic carbon /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	含水率 Soil water content /%	温度 Soil temperature /℃
次生白桦林 Secondary birch forest	84.20ABa	6.74Aa	93.29Aa	15.68Aa	73.46Aa	8.36Ab	95.30Aa	15.66Aa
阔叶红松林 Mixed broadleaved-Korean pine forest	61.53Ba	6.35ABa	63.34Ba	14.18Aa	53.89Ba	8.24ABb	69.79Ca	14.32Aa
人工红松林 Artificial Korean pine forest	96.93Aa	5.93ABa	63.86Ba	13.36Aa	77.06Aa	7.96ABCb	89.69ABb	13.51Aa
人工落叶松林 Artificial larch forest	60.04Ba	5.79Ba	56.32Ba	13.86Aa	53.18Ba	6.79Cb	68.84Ca	14.04Aa
谷地云冷杉林 Valley spruce-fir forest	59.45Ba	6.02ABa	68.42Ba	13.01Aa	45.34Bb	7.73ABCb	65.55Ca	13.51Aa
择伐林 Selection cutting forest	63.75Ba	5.85ABa	69.63Ba	15.01Aa	56.08Bb	6.99BCb	78.29BCa	15.26Aa

不同大、小写字母分别表示同一处理不同林型间和同一林型不同处理间差异显著(α=0.05)

表 2 6 种森林类型土壤微生物量碳(MBC)、氮(MBN)的多重比较

森林类型 Forest type	对照 Control		去根 Roots removal	
	土壤微生物量碳 Soil microbial biomass carbon /(mg/kg)	土壤微生物量氮 Soil microbial biomass nitrogen /(mg/kg)	土壤微生物量碳 Soil microbial biomass carbon /(mg/kg)	土壤微生物量氮 Soil microbial biomass nitrogen /(mg/kg)
次生白桦林 Secondary birch forest	1318.85Aa	215.52Aa	1118.58Aa	173.41Aa
阔叶红松林 Mixed broadleaved-Korean pine forest	948.95ABa	143.62BCa	783.58Ba	95.89BCb
人工红松林 Artificial Korean pine forest	1137.34Aa	169.09ABa	933.48ABa	150.06Aa
人工落叶松林 Artificial larch forest	927.16ABa	130.98BCa	652.86Bb	86.43Cb
谷地云冷杉林 Valley spruce-fir forest	606.19Ba	95.03Ca	339.57Cb	68.60Ca
择伐林 Selection cutting forest	980.29ABa	153.42Ba	866.29ABa	135.88ABa

的 MBC(44%)和人工落叶松林 MBN(34%)的减少量最大,择伐林的 MBC(12%)和 MBN(11%)减少量最小,MBC 和 MBN 的波动在 275.77—1252.00 mg/kg 和 43.20—175.89 mg/kg 之间,均占有机碳和全氮含量的 1%—2%(表 2)。

研究期间,6 种森林类型 MBC 的季节变化趋势有所不同(图 1)。次生白桦林、阔叶红松林和择伐林的 MBC 在 6 月末—8 月中旬呈上升趋势,8 月 12

日达到峰值,随后呈下降趋势;而 3 种森林类型的 MBC 没有明显的最低值,其中择伐林的季节波动较小。人工红松林和人工落叶松林的 MBC 呈先降低再升高的趋势,8 月 12 日达到峰值,随后逐渐降低,在 9 月 18 日出现第 2 峰值。因森林类型的差异 MBC 发生最低值的时间不同,人工红松林在 8 月下旬,人工落叶松林在 9 月初;而谷地云冷杉林的 MBC 基本呈“W”型变化趋势,最低值发生在 8 月下旬,最

高值发生在 10 月初,且季节波动较小。

MBN 的季节变化与 MBC 基本一致(图 2),即:在研究期间呈先升高后降低再升高的变化趋势,人工落叶松林最高值发生在 10 月初,其他 5 种森林类型均发生在 8 月 12 日。根系去除并没有改变土壤微生物量的季节变化趋势(除谷地云冷杉林外)(图 1,图 2)。

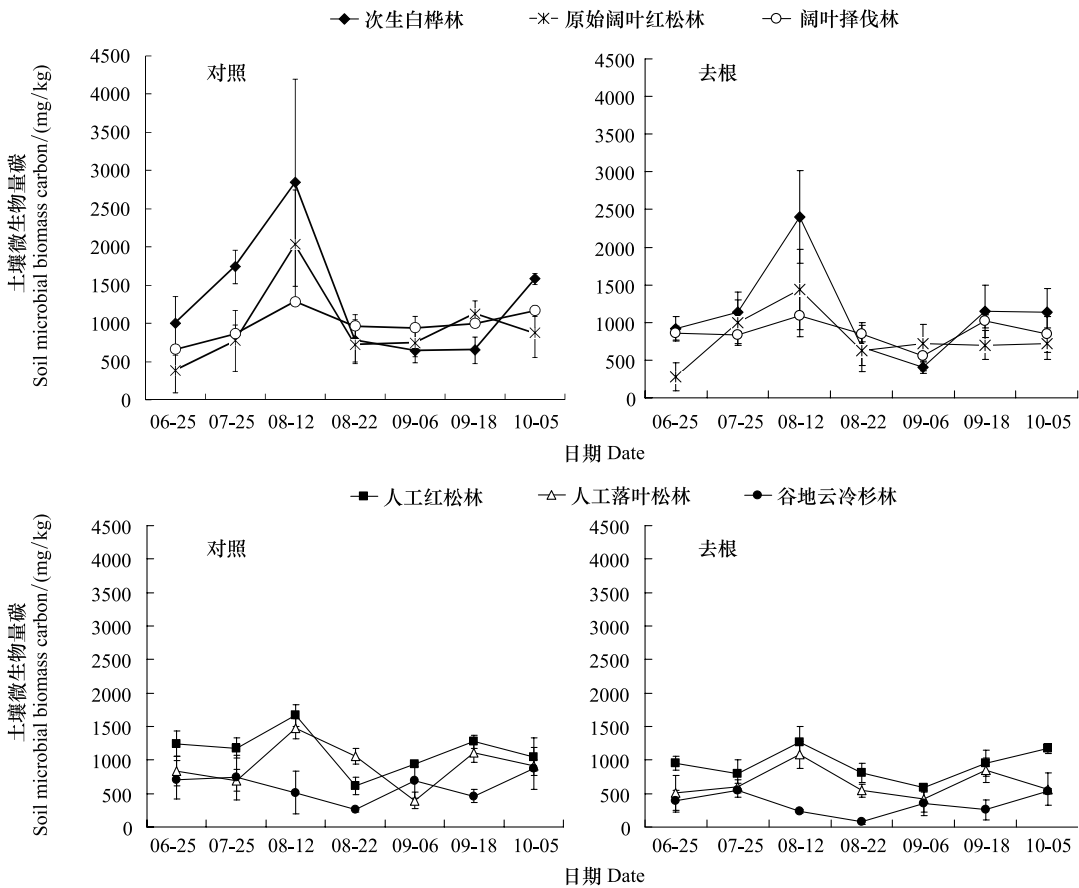


图 1 6 种森林类型土壤微生物量碳(MBC)的季节变化

Fig.1 Seasonal dynamics of soil microbial biomass carbon (MBC) of the six forest types (mean±SE)

2.3 土壤微生物量与土壤理化性质的关系

Pearson 相关分析表明,MBC、MBN 分别与 SOC、TN 及 W_s 呈极显著正相关($P < 0.01$),MBC 与 T_s 相关关系不显著($P > 0.05$),MBN 与 T_s 呈极显著正相关($P < 0.01$);MBC/MBN 与 SOC、TN、 W_s 及 T_s 相关关系均不显著($P > 0.05$)(表 3)。

表 3 土壤微生物量碳、氮和微生物量碳氮比与土壤理化性质的相关分析

Table 3 Correlation between soil microbial biomass carbon (MBC), nitrogen (MBN), soil microbial biomass carbon / nitrogen (MBC/MBN) and soil physical and chemical properties

	总有机碳 Total organic carbon	全氮 Total nitrogen	含水率 Soil water content	温度 Soil temperature
土壤微生物量碳 Soil microbial biomass carbon	0.628 **	0.281 **	0.306 **	0.068
土壤微生物量氮 Soil microbial biomass nitrogen	0.570 **	0.285 **	0.321 **	0.242 **
土壤微生物量碳氮比 Soil microbial biomass carbon/ nitrogen	-0.019	-0.067	-0.066	-0.093

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

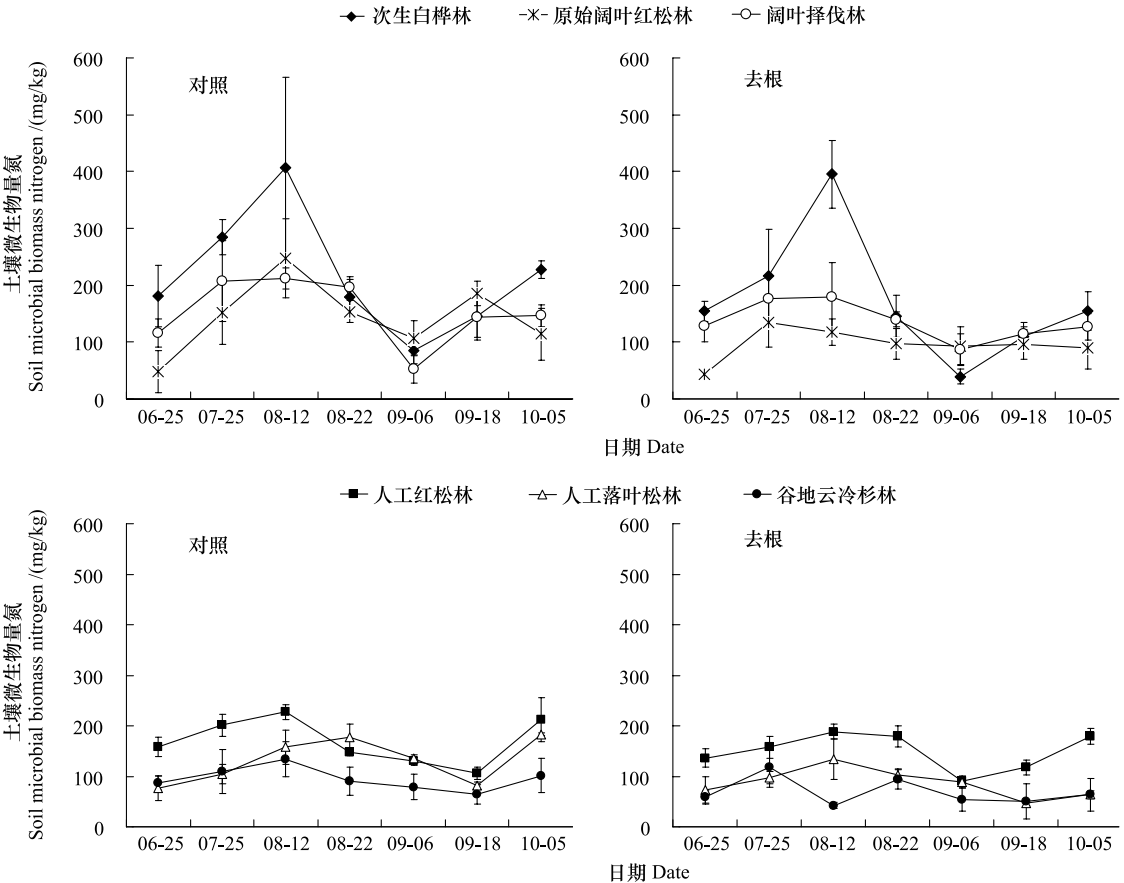


图 2 6 种森林类型土壤微生物量氮 (MBN) 的季节变化
Fig.2 Seasonal dynamics of soil microbial biomass nitrogen (MBN) of the six forest types (mean±SE)

3 讨论

3.1 不同森林类型土壤微生物量的差异

土地利用方式、植被类型以及林分结构的差异影响着凋落物组成、土壤微生物代谢底物和林内小气候,导致即使处于同一气候带,土壤微生物量也有所差异^[16,22-24]。本研究中 MBC 和 MBN 的波动分别在 383.54—1633.65 mg/kg 和 47.56—231.97 mg/kg 之间(图 1,图 2),高于温带其他地区^[25-26],其差异可能是由于森林类型和采样周期不同而造成的。6 种森林类型 MBC 和 MBN 的大小顺序依次为:次生白桦林>人工红松林>择伐林>阔叶红松林>人工落叶松林>谷地云冷杉林。杨刚等^[23]研究发现次生林的土壤微生物量 (MBC 和 MBN: 2931 mg/kg 和 338 mg/kg) 显著高于成熟林 (MBC 和 MBN: 2243 mg/kg 和 236 mg/kg),王国兵等^[8]发现次生栎林的 MBC (278.6—467.8 mg/kg) 高于火炬松 (*Pinus teada*) 人工林 (267.8—459.8 mg/kg),这些研究结果与本研究

一致。本研究中次生白桦林是原始阔叶红松林经过皆伐后自然更新形成的,处于演替的早期阶段,生态系统代谢旺盛,不同植物根系相互作用,刺激了土壤微生物的生长和繁殖。谷地云冷杉林是本地区的非地带性顶极群落,其土壤微生物所转化的养分不能满足植被生长所需^[23],较低的土壤温、湿度又限制了土壤微生物的活动,使其生物量相对较低,这种差异是森林类型和环境因子共同作用的结果。Thoms 等^[22]指出不同植被组成凋落物的质量和数量存在差异,使输入到土壤中的有机养分不同,进而影响土壤微生物的活动。本研究发现阔叶林或阔叶树比率较高的森林类型(次生白桦林、阔叶红松林和择伐林)的土壤微生物量总体上高于针叶林或针叶树比率较高的森林类型(谷地云冷杉林、人工红松林和人工落叶松林)(表 2),与 Chodak 等^[27]和 Bohlen 等^[28]的研究结果一致,进一步表明了森林类型是影响土壤微生物量的重要因素。

3.2 不同森林类型土壤微生物量的季节变化特征

众多研究表明土壤微生物量受季节变化影响显著^[9-10,29],然而其研究结果并没有统一的规律。本研究 中 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化有所差异(图 1,图 2),最高值多发生在 8 月中旬,与以往研究结果一致^[25,30-31],可能此时适宜的土壤温、湿度为微生物提供了良好的代谢环境,有助于其生长和繁殖;生长末期,较低的土壤温、湿度抑制了土壤微生物的生长,使其代谢减弱,从而减少土壤微生物量。Wardle^[5]总结发现,在生长季节植物和土壤微生物对养分的利用存在互相促进和竞争的关系,也可导致土壤微生物量发生季节变化。

本研究相关分析表明, MBC 和 MBN 分别与 SOC、TN 及 T_s 呈极显著正相关($P < 0.01$), MBN 还与 T_s 呈极显著正相关($P < 0.01$)(表 3),与大多数研究结论相同^[32-35],表明土壤有机碳、全氮及温度与湿度是影响本研究区土壤微生物量变化的主要因子。然而,土壤微生物量通常受多种因子的交互影响,由于不同森林生态系统的主要影响因子不同,土壤微生物量的季节变化存在差异^[8]。例如,在温带气候条件下,土壤微生物量表现出夏低冬高或夏高冬低的变化趋势,这可能与土壤温湿度的综合作用有关^[26,31];在热带和亚热带气候区,土壤微生物量不规则的季节波动主要是由于植物和微生物对养分吸收的不同步造成的^[36-37];在干热带森林和农业生态系统中,水分是最主要的限制因子,在水分的干-湿交替下会造成土壤微生物量发生相应的干-湿循环变化^[9,38],这些研究表明土壤微生物量季节变化及其复杂,不仅受土壤环境因子和植物生长节律的影响,还受生态系统和气候类型的影响。

本研究中谷地云冷杉林的季节变化比较稳定,且峰值发生推迟到 10 月初,原因之一可能是云冷杉林中多为常绿树种,其凋落物的全年输入使土壤微生物量相对稳定。Ruan 等^[36]和吴艺雪等^[39]的研究也证实了这一点,即土壤微生物量和地上凋落物的季节变化异步发生,可能提前或滞后凋落物 1 个月。Myers 等^[11]研究发现不同生态系统土壤微生物量的季节变化与水热条件和植物的物候变化有很大关系。综上,土壤微生物量的季节变化可能受不同机制的驱动,本研究中 6 种林型土壤微生物量季节变化的差异,也可能与不同林型组成树种物候及其生

理过程的差异有关。

3.3 土壤微生物量与土壤理化性质之间的关系

植被通过根系分泌物和死亡残体向土壤提供碳氮,影响土壤有机碳的输入,从而影响土壤微生物量^[40]。土壤微生物对于环境的变化十分敏感,本研究测定了对照和去除根系样地的土壤有机碳、全氮及温度与湿度等土壤因子,结果发现根系去除改变了土壤微生物的理化性质(表 1),使 6 种森林类型的土壤微生物量有不同程度的减少,具体表现为谷地云冷杉林、人工落叶松林、人工红松林、阔叶红松林、次生白桦林和择伐林的 MBC 和 MBN 分别减少了 44%、30%、18%、17%、15%、12% 和 28%、34%、11%、33%、20%和 12%(表 2),表明土壤微生物的生长受到土壤中有效碳和养分的限制。Feng 等^[41]研究地上、地下碳输入对 MBC 的影响时,也发现根系的去除使其含量降低。张伟东等^[42]研究发现与凋落物相比,增加杉木根系对土壤微生物量的促进作用更为显著。相反,在美国和匈牙利的 3 个 DIRT (detritus input and removal treatments, DIRT) 实验中,去除根系没有影响土壤微生物量和细菌生物量的变化^[43]。这些研究表明根系的去除对土壤微生物量的影响因所处区域和植被类型而存在差异。此外,本研究发现人工林 MBC 的减少量大于次生林,这与 Li 等^[44]的研究结果相反。可能与本研究未对凋落物进行处理有关,即大量凋落物的输入,能弥补根去除导致的养分损失。也有研究^[45]报道针叶凋落物中存在大量顽抗的化合物,使其分解速率降低,随之向土壤中转移养分的速率也下降,使土壤微生物活性减弱。因此,不同森林类型的土壤微生物量不仅受地下碳的影响,可能还受地上凋落物的影响,今后还需对地下根系和地上凋落物进行有效的分离,以区分其对土壤微生物量的影响。

References:

[1] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, Setälä H, Van der Putten W H, Wall D H. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 2004, 304(5677): 1629-1633.

[2] Lou Y L, Liang W J, Xu M G, He X H, Wang Y D, Zhao K. Straw coverage alleviates seasonal variability of the topsoil microbial biomass and activity. *Catena*, 2011, 86(2): 117-120.

[3] Zhao X, Wang Q, Kakubari Y. Stand-scale spatial patterns of soil microbial biomass in natural cold-temperate beech forests along an elevation gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(7):

- 1466-1474.
- [4] Yang K, Zhu J J, Zhang J X, Yan Q L. Seasonal dynamics of soil microbial biomass C and N in two larch plantation forests with different ages in Northeastern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5500-5507.
 - [5] Wardle D A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews*, 1992, 67(3): 321-358.
 - [6] Piotrowska A, Długosz J. Spatio-temporal variability of microbial biomass content and activities related to some physicochemical properties of *Luvols*. *Geoderma*, 2012, 173-174: 199-208.
 - [7] Kaschuk G, Alberton O, Hungria M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42(1): 1-13.
 - [8] Wang G B, Ruan H H, Tang Y F, Luan Y L, Chen Y Q, Tao Z F. Seasonal fluctuation of soil microbial biomass carbon in secondary oak forest and *Pinus taeda* plantation in north subtropical area of China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(1): 37-42.
 - [9] Patel K, Nirmal Kumar J I, N Kumar R, Kumar Bhoi R. Seasonal and temporal variation in soil microbial biomass C, N and P in different types land uses of dry deciduous forest ecosystem of Udaipur, Rajasthan, Western India. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2010, 8(4): 377-390.
 - [10] Singh J S, Singh D P, Kashyap A K. Microbial biomass C, N and P in disturbed dry tropical forest soils, India. *Pedosphere*, 2010, 20(6): 780-788.
 - [11] Myers R T, Zak D R, White D C, Peacock A. Landscape-level patterns of microbial community composition and substrate use in upland forest ecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, 65(2): 359-367.
 - [12] Hütsch B W, Augustin J, Merbach W. Plant rhizodeposition-an important source for carbon turnover in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2002, 165(4): 397-407.
 - [13] Boone R D, Nadelhoffer K J, Canary J D, Kaye J P. Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. *Nature*, 1998, 396(6711): 570-572.
 - [14] Högberg P, Nordgren A, Buchmann N, Taylor A F S, Ekblad A, Högberg M N, Nyberg G, Ottosson-Löfvenius M, Read D J. Large-scale forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration. *Nature*, 2001, 411(6839): 789-792.
 - [15] Jiang Y M, Pang X Y, Bao W K. Soil microbial biomass and the influencing factors under *Pinus tabulaeformis* and *Picea asperata* plantations in the upper Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(3): 801-811.
 - [16] Pang X, He W Q, Yan C R, Liu E K, Liu S, Yin T. Effect of tillage and residue management on dynamic of soil microbial biomass carbon. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(4): 1308-1316.
 - [17] Huang Y M, An S S, Xue H. Responses of soil microbial biomass C and N and respiratory quotient (qCO_2) revegetation on the Loess Hilly-Gully region. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 2811-2818.
 - [18] Shi B K. *Soil Respiration Characteristics of Six Forest Types in Xiaoxing'an Mountains, China* [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2012.
 - [19] Lin Q M, Wu Y G, Liu H L. Modification of fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(2): 63-66.
 - [20] Wu J, Joergensen R G, Pommerening B, Chaussod R, Brookes P C. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction: an automated procedure. *Soil Biology and Biochemistry*, 1990, 22(8): 1167-1169.
 - [21] Joergensen R G, Brookes P C. Nihydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 mol K_2SO_4 soil extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 1990, 22(8): 1023-1027.
 - [22] Thoms C, Gättinger A, Jacob M, Thomas F M, Gleixner G. Direct and indirect effects of tree diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42(9): 1558-1565.
 - [23] Yang G, He X Y, Wang K L, Huang J S, Chen Z H, Li Y Z, Ai M H. Effects of vegetation types on soil micro-biomass carbon, nitrogen and soil respiration. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(1): 189-191.
 - [24] Malchair S, Carnol M. Microbial biomass and C and N transformations in forest floors under European beech, sessile oak, Norway spruce and Douglas-fir at four temperate forest sites. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(4): 831-839.
 - [25] Yang K, Zhu J J, Zhang M, Yan Q L, Sun O J X. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. *Journal of Plant Ecology*, 2010, 3(3): 175-182.
 - [26] Liu S, Wang C K. Spatio-temporal patterns of soil microbial biomass carbon and nitrogen in five temperate forest ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(12): 3135-3143.
 - [27] Chodak M, Niklińska M. Effect of texture and tree species on microbial properties of mine soils. *Applied Soil Ecology*, 2010, 46(2): 268-275.
 - [28] Bohlen P J, Groffman P M, Driscoll C T, Fahey T J, Siccama T G. Plant-soil-microbial interactions in a northern hardwood forest. *Ecology*, 2001, 82(4): 965-978.
 - [29] Edwards K A, Jefferies R L. Inter-annual and seasonal dynamics of soil microbial biomass and nutrients in wet and dry low-Arctic sedge meadows. *Soil Biology and Biochemistry*, 2013, 57: 83-90.
 - [30] Chen C R, Xu Z H, Blumfield T J, Hughes J M. Soil microbial biomass during the early establishment of hoop pine plantation: seasonal variation and impacts of site preparation. *Forest Ecology and Management*, 2003, 186(1/3): 213-225.
 - [31] Liu Y, Han S J. Factors controlling soil respiration in four types of forest of Changbai Mountains, China. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(3): 1061-1065.
 - [32] Zhang D, Zhang Y X, Qu L Y, Ma K M, Dai S D. Effects of slope position on soil microbial biomass of *Quercus liaotungensis*

forest in Dongling Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (20): 6412-6421.

[33] Abbasi M K, Khizar A. Microbial biomass carbon and nitrogen transformations in a loam soil amended with organic-inorganic N sources and their effect on growth and N-uptake in maize. *Ecological Engineering*, 2012, 39: 123-132.

[34] Santos V B, Araújo A S F, Leite L F C, Nunes L A P L, Melo W J. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. *Geoderma*, 2012, 170: 227-231.

[35] He R, Wang G B, Wang J S, Xu B F, Wang K J, Fang Y H, Shi Z, Ruan H H. Seasonal variation and its main affecting factors of soil microbial biomass under different vegetations along an elevation gradient in Wuyi Mountains of China. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(3): 394-399.

[36] Ruan H H, Zou X M, Scatena F N, Zimmerman J K. Asynchronous fluctuation of soil microbial biomass and plant litterfall in a tropical wet forest. *Plant and Soil*, 2004, 260(1/2): 147-154.

[37] Barbhuiya A R, Arunachalam A, Pandey H N, Arunachalam K, Khan M L, Nath P C. Dynamics of soil microbial biomass C, N and P in disturbed and undisturbed stands of a tropical wet-evergreen forest. *European Journal of Soil Biology*, 2004, 40(3/4): 113-121.

[38] Sugihara S, Funakawa S, Kilasara M, Kosaki T. Effect of land management and soil texture on seasonal variations in soil microbial biomass in dry tropical agroecosystems in Tanzania. *Applied Soil Ecology*, 2010, 44(1): 80-88.

[39] Wu Y X, Yang X D, Yu G B. Seasonal fluctuation of soil microbial biomass carbon and its influence factors in two types of tropical rainforests. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(2): 658-663.

[40] Rutigliano F A, D'Ascoli R, Virzo De Santo A. Soil microbial metabolism and nutrient status in a Mediterranean area as affected by plant cover. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(11): 1719-1729.

[41] Feng W T, Zou X M, Schaefer D. Above- and belowground carbon inputs affect seasonal variations of soil microbial biomass in a subtropical monsoon forest of southwest China. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(5): 978-983.

[42] Zhang W D, Wang S L, Yan S K, Yang H X, Xu G B. Effects of root system and litter of Chinese fir on soil microbial properties. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(10): 2345-2350.

[43] Brant J B, Myrold D D, Sulzman E W. Root controls on soil microbial community structure in forest soils. *Oecologia*, 2006, 148(4): 650-659.

[44] Li Y Q, Xu M, Sun O J, Cui W C. Effects of root and litter exclusion on soil CO₂ efflux and microbial biomass in wet tropical forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(12): 2111-2114.

[45] Leckie S E, Prescott C E, Grayston S J. Forest floor microbial community response to tree species and fertilization of regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 2004, 34(7): 1426-1435.

参考文献:

[4] 杨凯, 朱教君, 张金鑫, 闫巧玲. 不同林龄落叶松人工林土壤微生物生物量碳氮的季节变化. *生态学报*, 2009, 29(10): 5500-5507.

[8] 王国兵, 阮宏华, 唐燕飞, 栾以玲, 陈月琴, 陶忠芳. 北亚热带次生栎林与火炬松人工林土壤微生物生物量碳的季节动态. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 37-42.

[15] 江元明, 庞学勇, 包维楷. 岷江上游油松与云杉人工林土壤微生物生物量及其影响因素. *生态学报*, 2011, 31(3): 801-811.

[16] 庞绪, 何文清, 严昌荣, 刘恩科, 刘爽, 殷涛. 耕作措施对土壤水热特性和微生物生物量碳的影响. *生态学报*, 2013, 33(4): 1308-1316.

[17] 黄懿梅, 安韶山, 薛虹. 黄土丘陵区草地土壤微生物 C、N 及呼吸熵对植被恢复的响应. *生态学报*, 2009, 29(6): 2811-2818.

[18] 史宝库. 小兴安岭 6 种林型土壤呼吸特征 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012.

[19] 林启美, 吴玉光, 刘焕龙. 熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进. *生态学杂志*, 1999, 18(2): 63-66.

[23] 杨刚, 何寻阳, 王克林, 黄继山, 陈志辉, 李有志, 艾美荣. 不同植被类型对土壤微生物量碳氮及土壤呼吸的影响. *土壤通报*, 2008, 39(1): 189-191.

[26] 刘爽, 王传宽. 五种温带森林土壤微生物生物量碳氮的时空格局. *生态学报*, 2010, 30(12): 3135-3143.

[31] 刘颖, 韩士杰. 长白山四种森林土壤呼吸的影响因素. *生态环境学报*, 2009, 18(3): 1061-1065.

[32] 张地, 张育新, 曲来叶, 马克明, 戴斯迪. 坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响. *生态学报*, 2012, 32(20): 6412-6421.

[35] 何容, 王国兵, 汪家社, 许波峰, 汪科继, 方燕鸿, 施政, 阮宏华. 武夷山不同海拔植被土壤微生物量的季节动态及主要影响因子. *生态学杂志*, 2009, 28(3): 394-399.

[39] 吴艺雪, 杨效东, 余广彬. 两种热带雨林土壤微生物生物量碳季节动态及其影响因素. *生态环境学报*, 2009, 18(2): 658-663.

[42] 张伟东, 汪思龙, 颜绍馥, 杨会侠, 徐广标. 杉木根系和凋落物对土壤微生物学性质的影响. *应用生态学报*, 2009, 20(10): 2345-2350.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin,LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu,ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu,ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang,TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei,et al (390)

Effecton of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei,et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan,JIANG Chunyan,MA Jun,et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

