

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

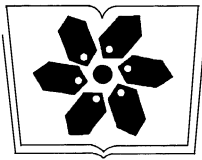
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第18期 Vol.32 No.18 **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 18 期

2012 年 9 月 (半月刊)

目 次

亚热带典型树种对模拟酸雨胁迫的高光谱响应.....	时启龙,江 洪,陈 健,等 (5621)
珠江三角洲地面风场的特征及其城市群风道的构建.....	孙 武,王义明,王越雷,等 (5630)
粤北山地常绿阔叶林自然干扰后冠层结构与林下光照动态.....	区余端,苏志尧 (5637)
四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响.....	张昌容,鄧军锐,莫利锋 (5646)
普洱季风常绿阔叶林次生演替中木本植物幼苗更新特征.....	李帅锋,刘万德,苏建荣,等 (5653)
喀斯特常绿落叶阔叶混交林物种多度与丰富度空间分布的尺度效应.....	张忠华,胡 刚,祝介东,等 (5663)
格氏栲天然林土壤养分空间异质性.....	苏松锦,刘金福,何中声,等 (5673)
种植香根草对铜尾矿废弃地基质化学和生物学性质的影响.....	徐德聪,詹 婧,陈 政,等 (5683)
灌溉对三种荒漠植物蒸腾耗水特性的影响.....	单立山,李 毅,张希明,等 (5692)
真盐生植物盐角草对不同氮形态的响应.....	聂玲玲,冯娟娟,吕素莲,等 (5703)
鹿泉沟自然保护区寒温性针叶林演替优势种格局动态分析.....	张钦弟,毕润成,张金屯,等 (5713)
不同水肥条件下 AM 真菌对丹参幼苗生长和营养成分的影响.....	贺学礼,马 丽,孟静静,等 (5721)
垄沟覆膜栽培冬小麦田的土壤呼吸.....	上官宇先,师日鹏,韩 坤,等 (5729)
不同方式处理牛粪对大豆生长和品质的影响.....	郭立月,刘雪梅,战丽杰,等 (5738)
基于大气沉降与径流的乌鲁木齐河源区氮素收支模拟.....	王圣杰,张明军,王飞腾,等 (5747)
基于能值理论的循环复合农业生态系统发展评价——以福建省福清星源循环农业产业示范基地为例.....	钟珍梅,翁伯琦,黄勤楼,等 (5755)
低温暴露和恢复对棘胸蛙雌性亚成体生存力及能量物质消耗的影响.....	凌 云,邵 晨,颜志刚,等 (5763)
暗期干扰对棉铃虫两个不同地理种群滞育抑制作用的比较.....	陈元生,涂小云,陈 超,等 (5770)
水土流失治理措施对小流域土壤有机碳和全氮的影响.....	张彦军,郭胜利,南雅芳,等 (5777)
不同管理主体对泸沽湖流域生态系统影响的比较分析.....	董仁才,苟亚青,李思远,等 (5786)
连江鱼类群落多样性及其与环境因子的关系.....	李 捷,李新辉,贾晓平,等 (5795)
溶氧水平对鲫鱼代谢模式的影响.....	张 伟,曹振东,付世建 (5806)
象山港人工鱼礁区的网采浮游植物群落组成及其与环境因子的关系.....	江志兵,陈全震,寿 鹿,等 (5813)
填海造地导致海湾生态系统服务损失的能值评估——以套子湾为例.....	李睿倩,孟范平 (5825)
城市滨水景观的视觉环境质量评价——以合肥市为例.....	姚玉敏,朱晓东,徐迎碧,等 (5836)
专论与综述	
生态基因组学研究进展.....	施永彬,李钧敏,金则新 (5846)
海洋酸化生态学研究进展.....	汪思茹,殷克东,蔡卫君,等 (5859)
纺锤水蚤摄食生态学研究进展.....	胡思敏,刘 胜,李 涛,等 (5870)
河口生态系统氨氧化菌生态学研究进展.....	张秋芳,徐继荣,苏建强,等 (5878)
嗜中性微好氧铁氧化菌研究进展.....	林超峰,龚 骏 (5889)
典型低纬度海区(南海、孟加拉湾)初级生产力比较.....	刘华雪,宋星宇,黄洪辉,等 (5900)
植物叶片最大羧化速率及其对环境因子响应的研究进展.....	张彦敏,周广胜 (5907)
中国大陆鸟类栖息地选择研究十年.....	蒋爱伍,周 放,覃 玥,等 (5918)
研究简报	
孵化温度对赤链蛇胚胎代谢和幼体行为的影响.....	孙文佳,俞 霄,曹梦洁,等 (5924)
不同培肥茶园土壤微生物量碳氮及相关参数的变化与敏感性分析.....	王利民,邱珊莲,林新坚,等 (5930)
施肥对两种莧菜吸收积累镉的影响.....	李凝玉,李志安,庄 萍,等 (5937)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-09



封面图说: 冬天低空飞翔的丹顶鹤——丹顶鹤是鹤类中的一种,因头顶有“红肉冠”而得名。是东亚地区特有的鸟种,因体态优雅、颜色分明,在这一地区的文化中具有吉祥、忠贞、长寿的象征,是传说中的仙鹤,国家一级保护动物。丹顶鹤具备鹤类的特征,即三长——嘴长、颈长、腿长。成鸟除颈部和飞羽后端为黑色外,全身洁白,头顶皮肤裸露,呈鲜红色。丹顶鹤每年要在繁殖地和越冬地之间进行迁徙,只有在日本北海道等地是留鸟,不进行迁徙,这可能与冬季当地人有组织地投喂食物,食物来源充足有关。

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

DOI: 10.5846/stxb201108151195

王利民, 邱珊莲, 林新坚, 黄东风, 李卫华, 邱孝煊. 不同培肥茶园土壤微生物量碳氮及相关参数的变化与敏感性分析. 生态学报, 2012, 32(18): 5930-5936.

Wang L M, Qiu S L, Lin X J, Huang D F, Li W H, Qiu X X. Sensitivity analysis and dynamics of soil microbial biomass carbon, nitrogen and related parameters in red-yellow soil of tea garden with different fertilization practices. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(18): 5930-5936.

不同培肥茶园土壤微生物量碳氮及 相关参数的变化与敏感性分析

王利民, 邱珊莲, 林新坚*, 黄东风, 李卫华, 邱孝煊

(福建省农业科学院土壤肥料研究所, 福州 350013)

摘要:通过闽东地区茶园培肥长期定位试验,研究了不同培肥模式下土壤微生物量碳、氮,微生物量碳占溶解有机碳的比值和微生物熵的动态变化及其与其他土壤参数、茶叶理化性状的相关性。试验设 6 个处理:全量化肥(C),半量化肥+半量有机肥((CO)_{1/2}),全量有机肥(O),全量化肥+豆科绿肥(CL),半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥((CO)_{1/2}L)和不施肥(CK)。研究结果显示:(CO)_{1/2}L、CL 和 O 等处理下土壤微生物量碳含量分别比 CK 增加了 1.87、1.26、1.49 倍,微生物量氮增加了 2.18、1.32、1.70 倍,而处理 C 的土壤微生物量碳、氮分别减少了 0.46、0.59 倍;微生物量碳占溶解有机碳的比值大小顺序为 O>(CO)_{1/2}L>CL>(CO)_{1/2}>CK>C。可见,该区处理 O 和 (CO)_{1/2}L 的培肥效果较佳。相关分析发现,微生物量碳及其占溶解有机碳的比值分别和土壤脲酶、有机质、全氮、全磷、水解氮、有效磷、速效钾、含水量、阳离子交换量等均呈显著正相关($P<0.05$),表明它们与土壤肥力关系密切,可作为评价茶园土肥力变化的敏感指标。

关键词:培肥模式;土壤微生物生物量碳、氮;微生物熵;相关参数;敏感性分析

Sensitivity analysis and dynamics of soil microbial biomass carbon, nitrogen and related parameters in red-yellow soil of tea garden with different fertilization practices

WANG Limin, QIU Shanlian, LIN Xinjian*, HUANG Dongfeng, LI Weihua, QIU Xiaoxuan

Institute of Soil and Fertilizer, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China

Abstract: Soil microbial biomass as an important active component in global carbon and nitrogen cycle, and its relative parameters can function as sensitive indicators of changes in soil quality. Our objective was to investigate effects of different fertilization practices on soil microbial biomass Carbon (SMBC), Nitrogen (SMBN), the microbial quotient (MQ) and the ratio of SMBC to dissolved organic carbon (DOC), and to analyze the correlations of these biological indices with other soil parameters, the physicochemical properties in tea leaves, respectively, through the long-term fertilizer experiment of the tea garden in east Fujian (119°23'—119°51'E, 26°41'—27°24'N). Six fertilization treatments were designed in this study: chemical fertilizers (C), half-organic manure plus half-chemical fertilizers ((CO)_{1/2}), organic manure fertilizers (O), leguminous green manure plus chemical fertilizers (CL), half-organic manure, leguminous green manure plus half-chemical fertilizers ((CO)_{1/2}L), and without fertilizers (CK). Results indicated that in comparison with CK, SMBC concentrations in (CO)_{1/2}L, CL and O treatments increased by 1.87, 1.26, 1.49 times, SMBN increased by 2.18, 1.32 and 1.70

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD25B08);国家科技支撑计划项目(2012BAD14B15-6);福建省自然科学基金(2011J05057);福建省属公益类基本科研专项(2010R1024-4)

收稿日期:2011-08-15; 修订日期:2012-03-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: E-mail:gb898@126.com

times, respectively, whereas SMBC and SMBN concentrations in the C treatment decreased by 46%, 59%, individually. In terms of the ratio of SMBC to DOC, different fertilization treatments followed the orders of $O > (CO)_{1/2}L > CL > (CO)_{1/2} > CK > C$. Thus the fertilizing effect on soil fertility improvement in the O and $(CO)_{1/2}L$ treatments was better than those in other treatments. A correlation analysis revealed that the concentration of SMBC and the ratio of SMBC to DOC were significantly and positively correlated with soil urease activity, the contents of soil organic matter, total N and P, hydrolysable N, available P and K, soil water, CEC ($P < 0.05$), respectively, further suggesting the concentration of SMBC and the ratio of SMBC to DOC are closely related with soil fertility, and can be used as the sensitive indices of soil fertility in the tea garden with long-term fertilizer application.

Key Words: fertilization pattern; soil microbial C and N; microbial quotient; related parameter; sensitivity analysis

土壤微生物生物量是土壤有机质中有生命的成分,是土壤养分的重要“源”和“库”^[1]。其中,土壤微生物生物量碳(SMBC)和氮(SMBN)占土壤有机碳和全氮的比例虽小,但它们调控着土壤有机碳和氮素的循环和转化^[2-4],在全球碳、氮循环中具有极其重要的作用。它们和微生物熵(MQ)均是衡量土壤肥力状况变化的敏感指标^[5],对种植制度、耕作措施、施肥方式等的响应非常灵敏^[6-8]。

红黄壤区水热资源丰富,是我国重要的茶叶生产基地。然而,该区茶园水土流失和肥力退化严重^[9],应实施科学培肥。但是,施何种肥料,肥料如何配施,施肥量多少,以及对土壤微生物有何影响尚不清楚。因此,以闽东地区茶园培肥长期定位试验为平台,研究豆科绿肥套种、化肥单施和有机无机肥配施等培肥模式下 SMBC、SMBN、MQ 和 SMBC/溶解有机碳(DOC)比值的变化及其与土壤养分等的相互关系,以期筛选出更为适宜的敏感指标,正确评价不同培肥模式下茶园土的肥力状况,为该区茶园科学培肥提供依据。

1 研究区自然概况

长期定位试验设在福建省福安市郊。福安市位于福建省东北沿海($119^{\circ}23'—119^{\circ}51'E$, $26^{\circ}41'—27^{\circ}24'N$),属于中亚热带海洋性季风气候。福安地貌以中、低山,丘陵为主,适宜茶树生长。地带性土壤为红、黄壤。供试土样采自福安市天香茶叶有限公司茶叶基地的培肥长期定位试验区,试验所在地为山地红、黄壤,2006年测得其6个处理土壤的平均基础肥力状况为 pH 值 5.19,有机质质量分数 7.40 g/kg,全 N 质量分数 0.40 g/kg,全 P 质量分数 0.10 g/kg,全 K 质量分数 22.40 g/kg,水解 N 质量分数 58.34 mg/kg,有效 P 质量分数 0.87 mg/kg,速效 K 质量分数 77.20 mg/kg。年均温 19.3 $^{\circ}C$,年日照时数 1836.6 h,年降水量 1539.9 mm,3—9 月份为雨季,占年降水总量的 81.5%,10 月—翌年 2 月份为旱季。

2 材料与方法

2.1 试验设计

试验始于 2006 年,设 6 个处理,分别为 CK(不施肥);C:全量化肥(年施 N 102.9 kg/hm², P₂O₅ 33.9 kg/hm², K₂O 33.9 kg/hm²); $(CO)_{1/2}$:半量化肥+半量有机肥(5716.5 kg/hm²);O:全量有机肥;CL:全量化肥+豆科绿肥(圆叶决明(*Cassia rotundifolia* Pers., 34721 品系)); $(CO)_{1/2}L$:半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥,每处理重复 3 次,采用随机区组排列。小区面积为 13.65 m²,供试茶树为黄观音(*Camellia sinensis* cv. Huangguanyin),圆叶决明(*C. rotundifolia*)播种量为 7.5 kg/hm²,每年冬季自然枯萎于茶园行间表土,其成熟的种子也随之散落,在次年春天自然萌发。有机肥中有机质质量分数 368.9 g/kg,全 N 质量分数 9.0 g/kg,全 P(P₂O₅)质量分数 22.90 g/kg,全 K(K₂O)质量分数 5.29 g/kg。化肥分别用尿素、磷酸一铵和氯化钾。肥料均在每年冬季进行条施,各处理施肥量详见表 1。

2.2 样品采集与处理

2011 年 5 月份,分别于各试验小区内按“S”形取样法随机布点采集茶园表层(0—20 cm)土样,混合均匀,分成两份。一份风干、磨碎、过筛后,用于测定土壤 pH 值、阳离子交换量(CEC)、有机质、全 N、全 P、全 K、水

解 N、有效 P、速效 K、脲酶、磷酸酶和含水量。另一份鲜土剔除石砾和植物残茬,过筛,混匀,置于 4 ℃ 冰箱内,用于分析 DOC、SMBC 和 SMBN。此外,采茶时称重每小区的茶叶产量及测定株高,并进行杀青、烘干和磨碎,供茶叶 N、P、K、茶多酚和茶水浸出物含量的测定。

表 1 各处理小区的施肥量
Table 1 Fertilizer rate in each plot/(kg/hm²)

处理 Treatments	尿素 Urea	磷酸一铵 Monoammonium phosphate	氯化钾 Potassium chloride	有机肥 Organic fertilizer
CK	—	—	—	—
C	208.95	67.80	56.51	—
(CO) _{1/2}	104.48	33.90	28.25	5716.50
O	—	—	—	11433.00
CL	208.95	67.80	56.51	—
(CO) _{1/2} L	104.48	33.90	28.25	5716.50

CK:不施肥 Without fertilizers;C:全量化肥 Chemical fertilizers;(CO)_{1/2}:半量化肥+半量有机肥 Half-organic manure plus half-chemical fertilizers;O:全量有机肥 Organic manure fertilizers;CL:全量化肥+豆科绿肥 Leguminous green manure plus chemical fertilizers;(CO)_{1/2}L:半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥 Half-organic manure, leguminous green manure plus half-chemical fertilizers

2.3 测定项目与方法

茶叶全 N 用 H₂SO₄-H₂O₂-比色法,茶叶全 P 用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮-钒钼黄比色法,茶叶全 K 用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮-火焰光度计法^[10]。茶多酚用酒石酸亚铁比色法,水浸出物用沸水萃取,过滤,蒸干,并称重^[11],茶树株高用钢卷尺测量。脲酶用苯酚-次氯酸钠比色法,磷酸酶用磷酸苯二钠比色法^[12]。SMBC、SMBN 采用氯仿熏蒸-0.5 mol/LK₂SO₄ 浸提法^[13],提取液直接在 TOC-500(Shimadzu)有机碳自动分析仪上测定,且该分析仪上测得的未熏蒸提取液中有机 C 浓度即为 DOC 含量。其他土壤理化性质采用常规分析方法^[14]。

计算公式:

$$SMBC = E_c (\text{熏蒸后提取液中有机 C 含量} - \text{未熏蒸对照提取液中有机 C 含量}) / K_{EC}$$

式中, $K_{EC} = 0.45$ 。

$$SMBN = E_N (\text{熏蒸后提取液中全 N 含量} - \text{未熏蒸对照提取液中全 N 含量}) / K_{EN}$$

式中, $K_{EN} = 0.54$ 。

MQ 是指 SMBC 与土壤有机碳(TOC)总量的比值,

即:
$$MQ = \frac{SMBC}{TOC}$$

2.4 数据分析

数据采用 SAS 8.02 软件进行 ANOVA 方差分析和 Duncan's 新复极差法多重比较,并进行相关性分析。其他统计分析采用 Excel 2003 处理。

3 结果与分析

3.1 不同培肥模式茶园土壤微生物生物量碳的变化

不同培肥模式茶园 SMBC 如图 1 所示,各处理间的 SMBC 含量差异显著 ($P < 0.05$), $(CO)_{1/2}L > O > CL > (CO)_{1/2} > CK > C$ 。其中,全量化肥处理 C 的 SMBC 含量最低,因为长期单施化肥使得土壤中残留无机盐分增加,抑制了土壤微生物活性;而且长期施用化肥,土壤 C/N 比下降,加速了土壤有机碳的分解,降低了总有机

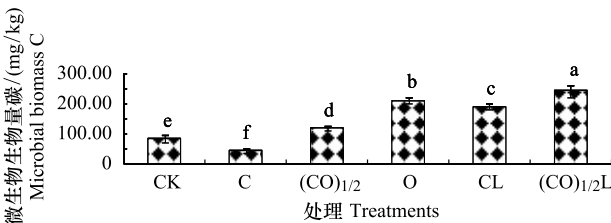


图 1 不同培肥模式茶园土壤微生物生物量碳的含量(±标准误差)

Fig. 1 The concentration of microbial biomass carbon (± standard error) in different fertilizing cultivation of tea garden soil

图中不同小写字母表示有显著差异;CK:不施肥 Without fertilizers;C:全量化肥 Chemical fertilizers;(CO)_{1/2}:半量化肥+半量有机肥 Half-organic manure plus half-chemical fertilizers;O:全量有机肥 Organic manure fertilizers;CL:全量化肥+豆科绿肥 Leguminous green manure plus chemical fertilizers;(CO)_{1/2}L:半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥 Half-organic manure, leguminous green manure plus half-chemical fertilizers

碳含量,导致微生物活动的碳源减少,这些不利因素均会降低 SMBC 含量^[3,6]。单施或配施有机肥的 3 种培肥模式土壤的 SMBC 含量均较 CK 有不同程度的升高,表明施用有机肥对 SMBC 具有明显的促进效应。因为有机肥的投入,增加了土壤生物活动的碳源,使微生物大量繁殖。此外,套种圆叶决明(*C. rotundifolia*)的两种培肥模式((CO)_{1/2}L 和 CL)的 SMBC 含量增效也较为明显,由于圆叶决明(*C. rotundifolia*)属于豆科绿肥,枯萎还园后,增加了土壤新鲜有机能源物质,为微生物活动提供更多的能源,增强微生物活性;同时改良土壤物理性状,这也利于提高微生物活性和增加 SMBC 含量。

3.2 不同培肥模式茶园土微生物生物量氮的变化

图 2 可知,各培肥模式的 SMBN 含量变化趋势与 SMBC 基本一致,即(CO)_{1/2}L > O > CL > CK > (CO)_{1/2} > C。这说明套种圆叶决明(*C. rotundifolia*)的培肥模式或全量有机肥处理均能为微生物提供丰富的有机氮源,并且改善土壤理化性状,使微生物大量繁殖,提高 SMBN 含量,而长期单施化肥,则会抑制微生物活性,导致 SMBN 含量下降。

3.3 不同培肥模式茶园土微生物熵,以及微生物量碳与溶解有机碳比值的变化

MQ 反映土壤有机碳转化为 SMBC 的效率。不同培肥模式对 MQ 的影响见表 2,除了 C 处理外,其他培肥模式的 MQ 比 CK 都有不同程度增加,尤以培肥模式 O 的增幅最明显。这表明全量有机肥处理有利于促进土壤有机碳向 SMBC 转化,从而增强有机碳的矿化。SMBC/DOC 比值的大小顺序为 O > (CO)_{1/2}L > CL > (CO)_{1/2} > CK > C,后 3 个处理与 SMBC 的变化趋势相同。

3.4 不同培肥模式茶园土微生物量碳氮、微生物熵和微生物量碳/溶解有机碳比值与影响因素的相关性

由 SMBN、SMBC、SMBC/DOC 比值和 MQ 与影响因素的相关系数表 3 可知,SMBC、SMBN 含量分别与土壤有机质、全 N、全 P、水解 N、有效 P、速效 K 质量分数,含水量、CEC、脲酶活性,茶树株高,茶叶产量,茶叶 N、P、K、茶多酚、茶水浸出物含量等均有显著正相关($R_{0.05} = 0.468, n = 18$),进一步证实了 SMBC 和 SMBN 均能反映不同培肥模式下土壤性质以及茶叶理化性状的变化。此外,SMBC 与其他土壤参数、茶叶理化性质间的相关性均高于 SMBN,说明 SMBC 表

征土壤质量、茶叶产量和品质的代表性更强,灵敏度高。但是,SMBC、SMBN 含量与土壤磷酸酶活性、pH 值均未有明显的相关性,而与土壤全 K 质量分数呈显著负相关($R_{0.05} = 0.468, n = 18$)。MQ、SMBC/DOC 比值则分别与土壤有机质、全 N、全 P、水解 N、有效 P、速效 K 质量分数,土壤含水量,CEC 等均呈显著正相关($R_{0.05} = 0.468, n = 18$),且这些参数值与 SMBC/DOC 比值的相关性均高于 MQ。可见,MQ 和 SMBC/DOC 比值均能反映不同培肥模式下土壤水肥特征的变化,但 SMBC/DOC 比值更为灵敏。

3 讨论与结论

本研究结果显示,不同培肥模式对 SMBC、SMBN 的影响存在较大差异,尤其是(CO)_{1/2}L 处理具有明显的促进效应。这主要是因为该培肥模式中有有机肥和豆科绿肥均能增加土壤活性有机质组分,为微生物活动提供丰富的碳源和氮源^[15],同时改善土壤理化性质,为微生物创造良好的生境^[16],促进其生长繁殖,进而增加 SMBC、SMBN 的含量。两者的含量均随有机肥用量的增加而增加^[17],并在施肥 7 d 后达到最大值^[15]。而绿

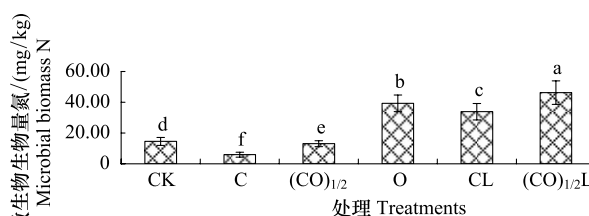


图 2 不同培肥模式土壤微生物生物量氮的含量(±标准误差)

Fig. 2 The concentration of microbial biomass nitrogen (±standard error) in different fertilizing cultivation of tea garden soil

表 2 不同培肥模式茶园土壤微生物熵,以及微生物量碳和溶解有机碳的比值

Table 2 Microbial quotients and SMBC/DOC ratio in different fertilizing cultivation of tea garden soil

处理 Treatments	微生物熵 Microbial quotient/%	微生物量碳/ 溶解有机碳的比值 SMBC/DOC ratio
CK	1.958	0.622
C	1.061	0.323
(CO) _{1/2}	2.007	0.866
O	3.039	1.402
CL	2.854	0.984
(CO) _{1/2} L	2.284	1.333

肥对 SMBC、SMBN 的促进作用则随其种植年限的延长而增强^[18]。张帆等^[19]报道指出,绿肥的培肥作用还与其品种密切相关,豆科的紫云英对 SMBN 的促进作用明显,而禾本科黑麦草则对 SMBC 的增效更为显著。相反,姜培坤等^[20]研究表明,不同绿肥品种对 SMBC 的含量影响不显著。原因可能是绿肥还林时间短,对土壤微生物的激发效应不强所致。总之,种植绿肥和施用有机肥均能不同程度提高 SMBC、SMBN 的含量,从而增强土壤碳、氮的蓄积能力,增加碳汇,降低碳排放,减缓气候变暖,并减少氮损失,降低因过量施用氮肥造成的环境污染。然而,单施化肥是否增加土壤微生物量却存在争议。一些研究表明,单施化肥可增加土壤微生物量^[21-22],特别是在低肥力的农业生态系统中,增幅更为明显^[23]。因为施用化肥可促进植物生长,增加植物根系及其分泌物,从而提高土壤有机质质量分数,为微生物活动提供丰富的碳源,加速微生物繁殖,提高微生物量。另一些报道却指出,单施化肥会降低土壤微生物量^[18, 24],尤其是在高肥力的农业生态系统中,降幅更为显著^[25]。本试验表明,长期单施化肥对红黄壤区茶园 SMBC 和 SMBN 均有抑制作用。究其原因一方面茶树具有生物富铝作用,可导致其根层土壤酸化,以及茶树落叶也有土壤致酸的作用^[26];另一方面由于长期施用化肥,特别是尿素,会降低土壤 C/N 比值,从而加速土壤有机碳的分解,减少有机碳含量,导致微生物活性下降^[27],此外,试验用的氯化钾化肥属于生理酸性肥料,施入土壤后会进一步加剧土壤酸化,减弱微生物活动;长期单施化肥还将导致土壤团聚体结构变差,恶化微生物的生存环境,降低微生物量,因为微生物量与土壤团聚体关系密切^[28]。这些土壤理化性状的恶化导致了微生物量下降。可见,单施化肥对微生物量的影响在不同试验中可能存在差异,这主要与试验时间、施肥方式、肥料用量和土壤类型等因素有关。

表 3 微生物生物量碳氮、微生物熵和微生物量碳/溶解有机碳比值与影响因素的相关系数

Table 3 Correlation coefficient among soil microbial biomass C, N, MQ, the ratio of SMBC to DOC and affecting factors

相关因子 Correlation factor	微生物生物量碳 microbial biomass carbon /(mg/kg)	微生物生物量氮 microbial biomass nitrogen /(mg/kg)	微生物熵 Microbial quotient /%	微生物量碳/ 溶解有机碳的比值 SMBC/DOC ratio
脲酶 Urease/(mg (NH ₃ -N)·g ⁻¹ soil·24 h ⁻¹)	0.771 *	0.701 *	0.425	0.825 *
磷酸酶 Phosphatase/(mg P ₂ O ₅ ·g ⁻¹ soil·24 h ⁻¹)	0.129	0.148	0.083	-0.113
土壤有机质 Soil organic matter/(g/kg)	0.892 *	0.874 *	0.479 *	0.812 *
土壤全氮 Total soil nitrogen/(g/kg)	0.656 *	0.630 *	0.623 *	0.818 *
土壤全磷 Total soil phosphorus/(g/kg)	0.642 *	0.618 *	0.563 *	0.798 *
土壤全钾 Total soil potassium/(g/kg)	-0.570 *	-0.567 *	-0.351	-0.662 *
土壤水解氮 Soil hydrolyzable nitrogen/(mg/kg)	0.779 *	0.751 *	0.516 *	0.851 *
土壤有效磷 Soil available phosphorus/(mg/kg)	0.705 *	0.665 *	0.473 *	0.811 *
土壤速效钾 Soil available potassium/(mg/kg)	0.754 *	0.708 *	0.504 *	0.852 *
土壤含水量 Soil water content/%	0.897 *	0.837 *	0.544 *	0.860 *
pH	0.252	0.279	0.731 *	0.295
阳离子交换量 Cation exchange capacity/(cmol/kg)	0.788 *	0.745 *	0.683 *	0.908 *
茶树株高 Tea plant height/cm	0.813 *	0.775 *	0.367	0.711 *
茶叶产量 Tea yield/kg	0.731 *	0.656 *	0.511 *	0.705 *
茶叶氮 Total nitrogen in tea leaves/%	0.616 *	0.604 *	0.217	0.385
茶叶磷 Total phosphorus in tea leaves/%	0.549 *	0.503 *	0.086	0.368
茶叶钾 Total potassium in tea leaves/%	0.649 *	0.626 *	0.275	0.423
茶多酚 Tea polyphenol/%	0.540 *	0.485 *	0.212	0.316
茶水浸出物 Water extracts of tea leaves/%	0.593 *	0.550 *	0.236	0.370

$R_{0.05} = 0.468, n = 18; * P < 0.05$

相关分析发现,SMBC、SMBN 含量分别与土壤有机质、全 N、全 P、水解 N、有效 P、速效 K 质量分数,CEC,脲酶活性,茶树株高,茶叶产量,茶叶 N、P、K、茶多酚、茶水浸出物含量均有显著的正相关性,与前人的研究结论基本一致^[6-8],进一步证实了 SMBC 和 SMBN 都是表征土壤肥力变化的敏感指标。可见,土壤有机质、N、P

质量分数以及形态改变对 SMBC 和 SMBN 含量均有一定的影响,反之,SMBC、SMBN 的变化也会影响到碳、氮元素的循环和转化,进而影响茶叶产量及品质。此外,SMBC 比 SMBN 与其他土壤参数、茶叶理化性质的相关性大,与金发会等^[29]的研究结论基本相同,表明 SMBC 在反映土壤肥力变化方面的灵敏度更高。

由于 MQ 为 SMBC 与 TOC 的比值,在有机质含量不同的土壤间进行比较分析时较 TOC 或 SMBC 均有一定的优势^[19,30]。Saggar 等^[31]研究发现,MQ 对耕作措施的响应比 SMBC 灵敏。但张于光等^[32]试验表明,MQ 受土地利用方式改变的影响比 SMBC 小,表现更稳定。因此,MQ 作为土壤肥力变化的评价指标有待商榷。本试验显示,无机有机肥配施或套种圆叶决明(*C. rotundifolia*)均能不同程度提高 MQ,其与 SMBC、SMBN、有机质、全 N、全 P、水解 N、有效 P、速效 K 质量分数,含水量,CEC 等均有明显的正相关性($R_{0.05} = 0.468, n = 18$)。这些相关系数但不如 SMBC/DOC 比值与上述土壤参数值间的系数大。可见,SMBC/DOC 比值与土壤肥力间的相关性更密切,作为土壤肥力评价的指标,其灵敏度高。

SMBC、SMBN 对不同培肥模式变化的响应说明,培肥模式的异同均会引起微生物活性的变化。但它们只能反映土壤微生物总量的动态特征,无法表明微生物组成上的变化。因此,为更准确表征茶园土的微生物活性,今后应结合土壤微生物多样性开展深入研究。

References:

- [1] Lundquist E J, Jackson L E, Scow K M, Hsu C. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of rye into three California agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(2): 221-236.
- [2] Sparling G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 1992, 30(2): 195-207.
- [3] Liu M Q, Hu F, He Y Q, Li H X. Seasonal dynamics of soil microbial biomass and its significance to indicate soil quality under different vegetations restored on degraded red soils. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(6): 937-944.
- [4] Xu Y C, Shen Q R, Ran W. Effects of zero-tillage and application of manure on soil microbial biomass C, N, and P after sixteen years of cropping. *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39(1): 89-96.
- [5] Zhang C X, Hao M D, Wei X R, Wang X G. Change of soil microbial biomass carbon in different agroecosystems. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(1): 81-83.
- [6] Xu H Q, Zhang J E, Feng L F, Quan G M, Mao D J, Qin Z. Effects of different land use patterns on microbial biomass carbon and nitrogen in Guangdong Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4112-4118.
- [7] Wang Y, Li Z J, Han B, Shi Z Q, Ning T Y, Jiang X D, Zheng Y H, Bai M, Zhao J B. Effects of conservation tillage on soil microbial biomass and activity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8): 3384-3390.
- [8] Yusuf A A, Abaidoo R C, Iwuafor E N O, Olufajo O O, Sangina N. Rotation effects of grain legumes and fallow on maize yield, microbial biomass and chemical properties of an Alfisol in the Nigerian savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 129(1/3): 325-331.
- [9] Yang J, Xie S H, Yu R G, Guo X M. Disposition pattern of soil and water conservation plant in red soil erosion area. *Science of Soil and Water Conservation*, 2010, 8(1): 40-45.
- [10] Nanjing Agricultural University. *Agricultural Soil Analysis*. Beijing: Agriculture Press, 1999: 213-219.
- [11] Zhong L. *Physicochemical Analysis on Tea Quality*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989: 76-82.
- [12] Yao H Y, Huang C Y. *Soil Microbial Ecology and its Experimental Technique*. Beijing: Science Press, 2006: 188-191.
- [13] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 1987, 19(6): 703-707.
- [14] The Department of Science and Technology of the Ministry of Forestry of the People's Republic of China. *Compilation of Forestry Standard*. Beijing: China Forestry Press, 1991: 96-293.
- [15] Ni J Z, Xu J M, Xie Z M, Tang C X. Effects of different organic manure on biologically active organic fractions of soil. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2001, 7(4): 374-378.
- [16] Jackson L E, Calderon F J, Steenwerth K L, Scow K M, Rolston D E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, 2003, 114(3/4): 305-317.
- [17] Liu E K, Zhao B Q, Li X Y, Jiang R B, Li Y T, Hwat B S. Biological properties and enzymatic activity of arable soils affected by long-term different fertilization systems. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(1): 176-182.
- [18] Liu G S, Li Z, Jing H X, Ye X F, Shi H Z, Wang Y, Yang C, Chang D. Effects of consecutive turnover of green manures on soil microbial biomass and enzyme activity. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(6): 1472-1478.
- [19] Zhang F, Huang F Q, Xiao X P, Wu J M. Short-term influences of winter crops on microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen and Cmic-to-Corg in a paddy soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(2): 734-739.
- [20] Jiang P K, Xu Q F, Zhou G M, Wu Q F, Wu J S. Effects of green manure on soil nutrients and bio-properties of *Castanea mollissima* Blume plantations. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29(3): 120-123.

- [21] Bu H Z, Wang L H, You J C, Xiao X P, Yang G L, Hu Y G, Zeng Z H. Impact of long-term fertilization on the microbial biomass carbon and soil microbial communities in paddy red soil. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(16): 3340-3347.
- [22] Nayak D R, Babu Y J, Adhya T K. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeric Endoaquept planted to rice under flooded condition. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(8): 1897-1906.
- [23] Zhong W H, Cai Z C. Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. *Applied Soil Ecology*, 2007, 36(2/3): 84-91.
- [24] Sun F X, Zhang W H, Xu M G, Zhang W J, Li Z Q, Zhang J Y. Effects of long-term fertilization on microbial biomass carbon and nitrogen and on carbon source utilization of microbes in a red soil. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(11): 2792-2798.
- [25] Cao Z P, Hu C, Ye Z N, Wu W L. Impact of soil fertility maintaining practice on microbial biomass carbon in high production agro-ecosystem in northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1486-1493.
- [26] 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.
- [27] Xu Y C, Shen Q R, Lei B K, Chu G L, Wang Q H. Effect of long-term no-tillage and application of organic manure on some properties of soil fertility in rice/wheat rotation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(4): 549-552.
- [28] Yang C M, Ou Y Z, Yang L Z, Dong Y H. Organic carbon fractions and aggregate stability in an aquatic soil as influenced by agricultural land uses in the Northern China Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(12): 4148-4155.
- [29] Jin F H, Li S Q, Lu H L, Li S X. Variation of soil microbial biomass carbon, soil microbial biomass nitrogen and nitrogen mineralization potential in different soil types on the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(1): 227-236.
- [30] Araújo A S F, Silva E F L, Nunes L A P L, Carneiro R F V. The effect of converting tropical native savanna to *Eucalyptus grandis* forest on soil microbial biomass. *Land Degradation and Development*, 2010, 21(6): 540-545.
- [31] Saggar S, Yeates G W, Shepherd T G. Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. *Soil and Tillage Research*, 2001, 58(1/2): 55-68.
- [32] Zhang Y G, Zhang X Q, Xiao Y. Effects of land use change on soil organic carbon and microbial biomass carbon in Miyaluo forest area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11): 2029-2033.

参考文献:

- [3] 刘满强, 胡锋, 何园球, 李辉信. 退化红壤不同植被恢复下土壤微生物量季节动态及其指示意义. *土壤学报*, 2003, 40(6): 937-944.
- [4] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. *土壤学报*, 2002, 39(1): 89-96.
- [5] 张春霞, 郝明德, 魏孝荣, 王旭刚. 不同农田生态系统土壤微生物生物量碳的变化研究. *中国生态农业学报*, 2006, 14(1): 81-83.
- [6] 徐华勤, 章家恩, 冯丽芳, 全国明, 毛丹娟, 秦钟. 广东省不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮的影响. *生态学报*, 2009, 29(8): 4112-4118.
- [7] 王芸, 李增嘉, 韩宾, 史忠强, 宁堂原, 江晓东, 郑延海, 白美, 赵建波. 保护性耕作对土壤微生物量及活性的影响. *生态学报*, 2007, 27(8): 3384-3390.
- [9] 杨洁, 谢颂华, 喻荣岗, 郭晓敏. 红壤侵蚀区水土保持植物配置模式. *中国水土保持科学*, 2010, 8(1): 40-45.
- [10] 南京农业大学. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1999: 213-219.
- [11] 钟蓼. 茶叶品质理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1989: 76-82.
- [12] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术. 北京: 科学出版社, 2006: 188-191.
- [14] 中华人民共和国林业部科技司. 林业标准汇编. 北京: 中国林业出版社, 1991: 96-293.
- [15] 倪进治, 徐建民, 谢正苗, 唐才贤. 不同有机肥料对土壤生物活性有机质组分的动态影响. *植物营养与肥料学报*, 2001, 7(4): 374-378.
- [17] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 姜瑞波, 李燕婷, Hwat Bing So. 长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响. *植物生态学报*, 2008, 32(1): 176-182.
- [18] 刘国顺, 李正, 敬海霞, 叶协锋, 史宏志, 王永, 杨超, 常栋. 连年翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(6): 1472-1478.
- [19] 张帆, 黄凤球, 肖小平, 吴家梅. 冬季作物对稻田土壤微生物量碳、氮和微生物熵的短期影响. *生态学报*, 2009, 29(2): 734-739.
- [20] 姜培坤, 徐秋芳, 周国模, 郭奇峰, 吴家森. 种植绿肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响. *北京林业大学学报*, 2007, 29(3): 120-123.
- [21] 卜洪震, 王丽宏, 尤金成, 肖小平, 杨光立, 胡跃高, 曾昭海. 长期施肥管理对红壤稻田土壤微生物量碳和微生物多样性的影响. *中国农业科学*, 2010, 43(16): 3340-3347.
- [24] 孙凤霞, 张伟华, 徐明岗, 张文菊, 李兆强, 张敬业. 长期施肥对红壤微生物生物量碳氮和微生物碳源利用的影响. *应用生态学报*, 2010, 21(11): 2792-2798.
- [25] 曹志平, 胡诚, 叶钟年, 吴文良. 不同土壤培肥措施对华北高产农田土壤微生物生物量碳的影响. *生态学报*, 2006, 26(5): 1486-1493.
- [27] 徐阳春, 沈其荣, 雷宝坤, 储国良, 王全洪. 水旱轮作下长期免耕和施用有机肥对土壤某些肥力性状的影响. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 549-552.
- [28] 杨长明, 欧阳竹, 杨林章, 董玉红. 农业土地利用方式对华北平原土壤有机碳组分和团聚体稳定性的影响. *生态学报*, 2006, 26(12): 4148-4155.
- [29] 金发会, 李世清, 卢红玲, 李生秀. 黄土高原不同土壤微生物量碳、氮与氮素矿化势的差异. *生态学报*, 2008, 28(1): 227-236.
- [32] 张于光, 张小全, 肖烨. 米亚罗林区土地利用变化对土壤有机碳和微生物量碳的影响. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2029-2033.

CONTENTS

Hyperspectral characteristics of typical subtropical trees at different levels of simulated acid rain	SHI Qilong, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (5621)
Wind fields and the development of wind corridors in the urban metropolis of the Pearl River Delta	SUN Wu, WANG Yiming, WANG Yuelei, et al (5630)
Dynamics of canopy structure and understory light in montane evergreen broadleaved forest following a natural disturbance in North Guangdong	OU Yudian, SU Zhiyao (5637)
The influence of 4 species of preys on the development and fecundity of <i>Orius similis</i> Zheng	ZHANG Changrong, ZHI Junrui, MO Lifeng (5646)
Woody seedling regeneration in secondary succession of monsoon broad-leaved evergreen forest in Puer, Yunnan, Southwest China	LI Shuaifeng, LIU Wande, SU Jianrong, et al (5653)
Scale-dependent spatial variation of species abundance and richness in two mixed evergreen-deciduous broad-leaved karst forests, Southwest China	ZHANG Zhonghua, HU Gang, ZHU Jiedong, et al (5663)
The spatial heterogeneity of soil nutrients in a mid-subtropical <i>Castanopsis kawakamii</i> natural forest	SU Songjin, LIU Jinfu, HE Zhongsheng, et al (5673)
Effects of <i>Vetiveria zizanioides</i> L. growth on chemical and biological properties of copper mine tailing wastelands	XU Decong, ZHAN Jing, CHEN Zheng, et al (5683)
Effects of different irrigation regimes on characteristics of transpiring water-consumption of three desert species	SHAN Lishan, LI Yi, ZHANG Ximing, et al (5692)
The response of euhalophyte <i>Salicornia europaea</i> L. to different nitrogen forms	NIE Lingling, FENG Juanjuan, LÜ Sulian, et al (5703)
Dynamic analysis on spatial pattern of dominant tree species of cold-temperate coniferous forest in the succession process in the Pangquangou Nature Reserve	ZHANG Qindi, BI Runcheng, ZHANG Jintun, et al (5713)
Effects of AM fungi on the growth and nutrients of <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bge. under different soil water and fertilizer conditions	HE Xueli, MA Li, MENG Jingjing, et al (5721)
The dynamics of soil respiration in a winter wheat field with plastic mulched-ridges and unmulched furrows	SHANGGUAN Yuxian, SHI Ripeng, HAN Kun, et al (5729)
Cattle dung composted by different methods had different effects on the growth and quality of soybean	GUO Liyue, LIU XueMei, ZHAN Lijie, et al (5738)
Nitrogen budget modelling at the headwaters of Urumqi River Based on the atmospheric deposition and runoff	WANG Shengjie, ZHANG Mingjun, WANG Feiteng, et al (5747)
Evaluating the ecosystem sustainability of circular agriculture based on the energy theory: a case study of the Xingyuan circular agriculture demonstration site in Fuqing City, Fujian	ZHONG Zhenmei, WENG Boqi, HUANG Qinlou, et al (5755)
Effects of cold exposure and recovery on viability and energy consumption in the sub-adult female giant spiny frogs (<i>Paa spinosa</i>)	LING Yun, SHAO Chen, XIE Zhigang, et al (5763)
A comparison of night-interruption on diapause-averting among two populations of the cotton bollworm, <i>Helicoverpa armigera</i>	CHEN Yuansheng, TU Xiaoyun, CHEN Chao, et al (5770)
Effects of soil erosion control measures on soil organic carbon and total nitrogen in a small watershed	ZHANG Yanjun, GUO Shengli, NAN Yafang, et al (5777)
Comparative analysis of Lugu Lake watershed ecosystem function under different management authorities	DONG Rencai, GOU Yaqing, LI Siyuan, et al (5786)
Relationship between fish community diversity and environmental factors in the Lianjiang River, Guangdong, China	LI Jie, LI Xinhui, JIA Xiaoping, et al (5795)
Effect of dissolved oxygen level on metabolic mode in juvenile crucian carp	ZHANG Wei, CAO Zhendong, FU Shijian (5806)
Community composition of net-phytoplankton and its relationship with the environmental factors at artificial reef area in Xiangshan Bay	JIANG Zhibing, CHEN Quanzhen, SHOU Lu, et al (5813)
Emergency appraisal on the loss of ecosystem service caused by marine reclamation: a case study in the Taozi Bay	LI Ruiqian, MENG Fanping (5825)
Assessing the visual quality of urban waterfront landscapes: the case of Hefei, China	YAO Yumin, ZHU Xiaodong, XU Yingbi, et al (5836)
Review and Monograph	
Advances in ecological genomics	SHI Yongbin, LI Junmin, JIN Zexin (5846)
Advances in studies of ecological effects of ocean acidification	WANG Siru, YIN Kedong, CAI Weijun, et al (5859)
Advances in feeding ecology of <i>Acartia</i>	HU Simin, LIU Sheng, LI Tao, et al (5870)
Research progress on ammonia-oxidizing microorganisms in estuarine ecosystem	ZHANG Qiufang, XU Jirong, SU Jianqiang, et al (5878)
Recent progress in research on neutrophilic, microaerophilic iron(II)-oxidizing bacteria	LIN Chaofeng, GONG Jun (5889)
A comparison study on primary production in typical low-latitude seas (South China Sea and Bay of Bengal)	LIU Huaxue, SONG Xingyu, HUANG Honghui, et al (5900)
Advances in leaf maximum carboxylation rate and its response to environmental factors	ZHANG Yanmin, ZHOU Guangsheng (5907)
10-years of bird habitat selection studies in mainland China: a review	JIANG Aiwu, ZHOU Fang, QIN Yue, et al (5918)
Scientific Note	
The effects of incubation temperature on embryonic metabolism and hatchling behavior in the Red-banded Snake, <i>Dinodon rufonotatum</i>	SUN Wenjia, YU Xiao, CAO Mengjie, et al (5924)
Sensitivity analysis and dynamics of soil microbial biomass carbon, nitrogen and related parameters in red-yellow soil of tea garden with different fertilization practices	WANG Limin, QIU Shanlian, LIN Xinjian, et al (5930)
Effect of fertilizers on Cd uptake of two edible amaranthus herbs	LI Ningyu, LI Zhian, ZHUANG Ping, et al (5937)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 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 32 卷 第 18 期 (2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 18 (September, 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:1000717	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