

# 环境科学

(HUANJING KEXUE)

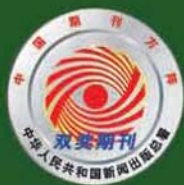
ENVIRONMENTAL SCIENCE

第37卷 第7期

Vol.37 No.7

**2016**

中国科学院生态环境研究中心 主办  
科学出版社 出版



目次

2015年北京市两次红色预警期间PM<sub>2.5</sub>浓度特征 ..... 程念亮, 张大伟, 陈添, 石爱军, 孙峰, 刘保献, 邹本东, 王琴, 李倩, 王小菊, 姜磊, 孟凡 (2409)

北京市冬季雾霾天人体呼吸高度PM<sub>2.5</sub>变化特征对气象因素的响应 ..... 张南, 熊黑钢, 葛秀秀, 段鹏程, 毛先如, 王亚龙 (2419)

兰州大气细颗粒物中多环芳烃污染特征及来源分析 ..... 李英红, 饶志国, 谭吉华, 段晋春, 马永亮, 贺克斌 (2428)

南京北郊冬季PM<sub>2.5</sub>中芳香酸的测定及来源解析 ..... 张亚飞, 马嫣, 亓鲁, 王振, 王利朋, 朱麟 (2436)

海洋-大气过程对南海气溶胶数浓度谱分布的影响 ..... 孔亚文, 盛立芳, 刘寿, 李秀镇 (2443)

新疆准东煤田降尘重金属污染及健康风险评价 ..... 杨春, 塔西甫拉提·特依拜, 侯艳军, 高宇潇, 刘芳, 夏楠 (2453)

重庆地区大气场降水中氢氧同位素变化特征及与大气环流的关系 ..... 温艳茹, 王建力 (2462)

湖水氢氧同位素组分的时间变化特征及影响因素分析 ..... 徐敬争, 肖薇, 肖启涛, 王伟, 温学发, 胡诚, 刘诚, 刘寿东, 李旭辉 (2470)

河水-地下水侧向交互带地球化学特征: 以重庆市马鞍溪为例 ..... 张宇, 杨平恒, 王建力, 谢世友, 陈峰, 詹兆君, 任娟, 张海月, 刘黛薇, 孟元可 (2478)

亚热带典型岩溶溪流水气界面CO<sub>2</sub>交换通量变化过程及其环境影响 ..... 李丽, 蒲俊兵, 李建鸿, 于爽, 肖琼, 张陶 (2487)

淹水条件下三峡库区典型消落带土壤释放DOM的光谱特征: 紫外-可见吸收光谱 ..... 梁俭, 江韬, 卢松, 魏世强, 王定勇, 陈雪霜, 王齐磊 (2496)

淹水条件下三峡库区典型消落带土壤释放DOM的光谱特征: 荧光光谱 ..... 梁俭, 江韬, 卢松, 魏世强, 王定勇, 陈雪霜, 王齐磊 (2506)

华东地区某水源水中13种磺胺类抗生素的分布特征及人体健康风险评价 ..... 金磊, 姜蕾, 韩琪, 薛佳怡, 叶辉, 曹国民, 林匡飞, 崔长征 (2515)

北京水环境中氯胺酮和去甲氯胺酮的浓度水平 ..... 张华方, 杨军, 杜鹏, 王琮淙, 李喜青 (2522)

输水期间于桥水库流域水体中溶解态多环芳烃的分布特征与风险 ..... 昌盛, 赵兴茹, 付青, 郭睿, 王山军 (2530)

卤系阻燃剂在东江工业水体中的质量浓度及其分配特征 ..... 何明靖, 李琦, 赵佳渊, 王登祥 (2539)

岩溶地下水多环芳烃、脂肪酸分布特征及来源分析 ..... 谢正兰, 孙玉川, 张媚, 廖昱, 江泽利, 王尊波, 梁作兵 (2547)

哈尔滨主城区不同下垫面融雪径流污染特性 ..... 孙夕涵, 刘硕, 万鲁河, 王宏 (2556)

降水对泃河水质和水体微生物的影响 ..... 卢思丹, 孙寓姣, 赵轩, 王蕾, 郑丹阳 (2563)

不同磷源下铜绿微囊藻的生长差异及对磷酸盐的响应 ..... 王振翔, 张汉鹏, 罗专溪 (2570)

布洛芬和双氯芬酸在不同构型人工湿地中的去除行为研究 ..... 景瑞瑛, 杨扬, 戴玉女, 万翔, 邹义萍, 樊静静 (2577)

化学预氧化对苏氨酸生成三氯乙醛的影响 ..... 蔡广强, 傅学敏, 刘丽君, 卢小艳, 张金松, 刘嘉祺, 曲莹 (2586)

活性炭负载Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>活化过一硫酸盐降解金橙G ..... 王忠明, 陈家斌, 张黎明, 李文卫, 黄天寅 (2591)

碳纳米管活化过一硫酸盐降解金橙G过程及动力学 ..... 张黎明, 陈家斌, 李文卫, 王忠明, 黄天寅 (2601)

碳纳米管修饰电极电催化还原去除废水中的氯霉素 ..... 邓飞, 唐柏彬, 张进忠, 汤民, 刘江 (2610)

铁刨花-Fenton-絮凝工艺对染料生产废水中AOX、色度和TOC的去除效果研究 ..... 舒小铭, 徐灿灿, 文晓刚, 朱静娜, 赵远, 刘锐, 陈吕军 (2618)

Fenton氧化去除制药企业活性污泥中AOX的效果研究 ..... 陈思, 徐灿灿, 刘锐, 李国华, 陈吕军, 郑伟 (2625)

中试规模微气泡曝气生物膜反应器运行性能评估 ..... 刘春, 张晶, 张静, 陈晓轩, 张磊, 曹丽亚 (2632)

基于CANON工艺的新型HABR反应器生物脱氮性能研究 ..... 鲍林林, 陈婉秋 (2639)

异养与硫自养反硝化协同处理高硝氮废水特性研究 ..... 李祥, 马航, 黄勇, 朱亮, 杨朋兵, 朱强 (2646)

基于高通量测序的ABR厌氧氨氧化反应器各隔室细菌群落特征分析 ..... 陈重军, 张海芹, 汪瑶琪, 喻徐良, 王建芳, 沈耀良 (2652)

NUA-DAS生态滤池脱氮效果与反硝化菌特征研究 ..... 汪龙眠, 仇皓雨, 车昱晓, 张松贺, 郭照冰, 张毅敏 (2659)

葡萄藻生物膜贴壁培养处理含钴工业废水与烃类生产的耦合 ..... 程鹏飞, 王艳, 杨期勇, 汤明, 刘天中 (2666)

拉乌尔菌sari01的分离及其异养硝化好氧反硝化特性 ..... 颜薇芝, 郝健, 孙俊松, 史吉平 (2673)

海水异养硝化-好氧反硝化芽孢杆菌SLWX<sub>2</sub>的筛选及脱氮特性 ..... 成钰, 李秋芬, 费聿涛, 张艳 (2681)

焦化废水活性污泥中降解硫氰化物细菌种群多样性分析 ..... 徐伟超, 蒙小俊, 尹莉, 张玉秀, 李海波, 曹宏斌 (2689)

浮游微型真核生物群落对电厂温排水增温的响应 ..... 戴文芳, 阳石页, 阙治家, 熊金波 (2696)

磷脂脂肪酸(PLFA)法检测蒙古沙冬青根围土壤微生物群落结构 ..... 左易灵, 贺学礼, 王少杰, 赵丽莉 (2705)

半干旱区土壤微生物呼吸对极端降水的响应 ..... 赵慢, 王蕊, 李如剑, 杜兰兰, 吴得峰, 孙棋棋, 高鑫, 郭胜利 (2714)

三峡库区消落带N<sub>2</sub>O排放及其影响因素 ..... 李睿, 雷利国, 江长胜, 柴雪思, 黄哲, 范志伟, 郝庆菊 (2721)

不同量碳源输入梯度下果园排水沟底泥氮素反硝化与N<sub>2</sub>O排放研究 ..... 高雪梅, 余冬立, 颜晓元, 夏永秋 (2731)

冬季污泥堆肥过程温室气体排放特征 ..... 易建婷, 杨雨洽, 张成, 陈宏, 赵秀娟, 木志坚 (2738)

藏东南春季拉山土壤中有机氯农药和多环芳烃的浓度分布及来源解析 ..... 罗东霞, 张淑娟, 杨瑞强 (2745)

基于地质统计及随机模拟技术的天津武清区土壤重金属源解析 ..... 宋志廷, 赵玉杰, 周其文, 刘潇威, 张铁亮 (2756)

水热变化对三峡水库消落带紫色土有机碳矿化的影响 ..... 丁长欢, 王莲阁, 唐江, 慈恩, 谢德体 (2763)

减磷施肥有机肥对紫色土早坡地磷素流失的消减效应 ..... 韩晓飞, 高明, 谢德体, 王子芳, 陈晨 (2770)

水稻根际与非根际土壤硫素赋存形态转化及其迁移规律 ..... 杜光辉, 饶伟, 李鑫, 张亚楠, 王代长, 杨军, 化党领, 刘世亮, 李培培, 刘红恩 (2779)

组配改良剂对污染稻田中Pb、Cd、Cu和Zn钝化效果持续性比较 ..... 吴玉俊, 周航, 杨文骏, 邹紫今, 朱维, 辜娇峰, 彭佩钦, 张平, 曾敏, 廖柏寒 (2791)

生物法回收贵金属铂纳米颗粒及其机制 ..... 商儒, 朱能武, 康乃馨, 石超宏 (2799)

热处理天然褐铁矿制备γ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及其NH<sub>3</sub>-SCR活性探究 ..... 徐彬, 陈天虎, 刘海波, 朱承驻, 陈冬, 邹雪华, 蒋阳 (2807)

《环境科学》征订启事(2569) 《环境科学》征稿简则(2576) 信息(2744, 2769, 2790)

# 水热变化对三峡水库消落带紫色土有机碳矿化的影响

丁长欢<sup>1</sup>, 王莲阁<sup>1</sup>, 唐江<sup>1</sup>, 慈恩<sup>1,2\*</sup>, 谢德体<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715; 2. 重庆市三峡库区农业面源污染控制工程技术研究中心, 重庆 400715)

**摘要:** 通过野外采样和室内模拟培养试验, 研究水热变化对三峡水库消落带紫色土有机碳(SOC)矿化的影响. 试验共设 3 个培养温度(10、20 和 30℃)和 4 个水分梯度[40% 田间持水量(WHC)、70% WHC、100% WHC 和淹水]. 在 66 d 培养期内, SOC 累积矿化量表现为 100% WHC 处理下的最大, 但与淹水之间差异不显著( $P > 0.05$ ). 10℃ 和 20℃ 时, 100% WHC 和淹水下的 SOC 累积矿化量与 70% WHC 无明显差异, 但要显著高于 40% WHC, 而 30℃ 时 100% WHC 和淹水下的累积矿化量则显著高于 70% WHC 和 40% WHC ( $P < 0.05$ ), 这表明相较于 70% WHC 的水分处理, 高水分(100% WHC 和淹水)对 SOC 矿化无抑制效应甚至在高温(30℃)下 有促进作用. 在相同水分条件下, 消落带紫色土 SOC 累积矿化量均随培养温度升高而增加. 另外, 方差分析可知, 温度和水分均能显著影响消落带紫色土 SOC 的累积矿化量, 且二者有明显交互效应( $P < 0.05$ ). 双库一级矿化动力学模型拟合结果表明, 水分和温度通过影响消落带紫色土易分解有机碳含量和难分解有机碳的矿化速率, 致使各处理之间 SOC 累积矿化量存在差异, 其中高温条件下水分影响最为突出. 随着温度的升高, 低水分(40% WHC)下消落带紫色土 SOC 矿化的温度敏感性显著下降, 而在土壤含水量  $\geq 70\%$  WHC 下则无明显变化.

**关键词:** 土壤有机碳; 矿化; 水分; 温度; 三峡水库

中图分类号: X144 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2016)07-2763-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.2016.07.045

## Effects of Soil Moisture and Temperature Variations on Organic Carbon Mineralization of Purple Soil in the Hydro-fluctuation Belt of the Three Gorges Reservoir

DING Chang-huan<sup>1</sup>, WANG Lian-ge<sup>1</sup>, TANG Jiang<sup>1</sup>, CI En<sup>1,2\*</sup>, XIE De-ti<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Chongqing Engineering Research Center for Agricultural Non-point Source pollution Control in the Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Soil sampling in the field and an incubation experiment in the laboratory was conducted to investigate the effects of soil moisture and temperature on soil organic carbon (SOC) mineralization of purple soil in the hydro-fluctuation belt of the Three Gorges Reservoir. Three incubation temperatures (10, 20 and 30℃) and four moisture levels (40% water holding capacity (WHC), 70% WHC, 100% WHC and submerged condition) were used in the experiment. In the entire incubation period (66 d), the SOC cumulative mineralization reached the maximum at 100% WHC, but there was no significant difference between 100% WHC and submerged condition ( $P > 0.05$ ). At 10℃ and 20℃, the SOC cumulative mineralization at 100% WHC and under submerged condition was not significantly different from that at 70% WHC treatment, but significantly higher than that at 40% WHC treatment. While the cumulative mineralization of organic carbon at 100% WHC and under submerged condition was significantly higher than that at 70% WHC and 40% WHC when the temperature was 30℃ ( $P < 0.05$ ). The results indicated that compared with 70% WHC treatment, the higher moisture content (100% WHC and submerged condition) had no negative effects but rather promotion effects on the mineralization of SOC at high temperature (30℃). Under the same soil moisture conditions, the SOC cumulative mineralization of purple soil in the hydro-fluctuation belt increased as temperature increased. Moreover, the analysis of variance showed that SOC cumulative mineralization was significantly affected by temperature and soil moisture, and there was a significant interaction with temperature and soil moisture ( $P < 0.05$ ). Fitting of two-pool first-order model was performed to indicate that temperature and soil moisture influenced the contents of labile SOC fraction and the mineralization rates of recalcitrant SOC fraction, which led to the differences of SOC cumulative mineralization under the different treatments. With the increasing temperature, the temperature sensitivity was significantly decreased in the 40% WHC treatment, but there was no obvious difference when the soil moisture content was not less than 70% WHC.

**Key words:** soil organic carbon; mineralization; soil moisture; temperature; Three Gorges Reservoir

土壤有机碳(SOC)库是陆地生态系统中最大的碳库,对全球 CO<sub>2</sub> 平衡发挥着重要作用<sup>[1]</sup>. SOC 矿化作为重要的土壤生物化学过程,其不仅关系到土壤中温室气体的产生,也对土壤养分元素的释放与供应、土壤质量的保持等产生影响<sup>[2-4]</sup>. 温度和水

收稿日期: 2015-10-29; 修订日期: 2016-01-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41301245); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050506); 中央高校基本科研业务费专项(XDJK2013B043)

作者简介: 丁长欢(1990~),女,硕士研究生,主要研究方向为土壤碳循环, E-mail: dch3355@163.com

\* 通讯联系人, E-mail: cien777@163.com

分是影响 SOC 矿化的重要因子. 温度升高有利于增强微生物活性, 促进 SOC 矿化<sup>[5,6]</sup>. 目前, 关于水分对 SOC 矿化的影响仍存在争议, 其中有人认为淹水状态下 SOC 的矿化速率低于好气状态<sup>[7-9]</sup>, 也有人认为淹水时 SOC 的矿化速率更快<sup>[10,11]</sup>, 还有人则发现 SOC 矿化在淹水和非淹水状态下无明显差异<sup>[12]</sup>. 另外, 关于水热对 SOC 矿化是否存在明显的交互作用, 也存在类似争议<sup>[13-16]</sup>.

消落带是指江河、湖泊、水库等水体季节性水位涨落使水陆衔接地带被淹没土地周期性地出露于水面而形成的干湿交替地带<sup>[17]</sup>. 由于三峡工程的建设, 三峡水库实行“蓄清排浑”的运行方式, 夏季低水位运行, 冬季高水位运行, 使得在水库两岸形成了与天然河流涨落季节相反、涨落幅度达 30 m 的水库消落带<sup>[17]</sup>. 三峡水库消落带是我国重要的内陆湿地资源<sup>[18]</sup>, 在库区碳的储存和调控中发挥着重要作用. 库区水位反季节涨落使得消落带出现周期性的“夏干冬湿”, 导致其土壤的水热环境发生极大变化, 这必将对消落带土壤 SOC 矿化产生影响. 目前对 SOC 矿化的研究主要集中在农田和天然湿地等领域, 对三峡水库消落带这类受重大工程影响的人为湿地 SOC 矿化的研究则很缺乏. 因此, 本文以三峡水库消落带分布最为广泛的紫色土为研究对象, 探讨水热变化对其 SOC 矿化的影响, 以期为全面认识库区消落带土壤碳循环过程提供基础资料和科学参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

三峡水库地处 106°14' ~ 111°28'E, 28°56' ~ 31°44'N, 分布于重庆、湖北境内的 20 多个区(县), 总面积 348.93 km<sup>2</sup>, 其中重庆段消落带面积占库区消落带总面积的 87.78%<sup>[19]</sup>. 三峡水库为亚热带季风气候区, 年平均气温 17 ~ 19℃, 年降水量 1 000 ~ 1 250 mm. 蓄水前消落带有大量农田分布, 土壤类型主要为紫色土、水稻土和潮土等, 其中紫色土分布最广, 目前已基本退耕, 现有植被以狗牙根、苍耳等草本植物为主.

### 1.2 样品采集

供试土样于 2013 年 6 月采自三峡水库消落带典型分布区——开县渠口镇, 考虑到土壤类型的代表性, 选取三峡水库消落带分布面积最大的土类——紫色土作为供试土壤, 其历史利用方式为旱地, 蓄水前作物类型为花生, 现已基本抛荒, 样地坐标为 108°49'E, 31°13'N, 海拔 170 m. 在样地内, 沿“S”型路线采集 0 ~ 10 cm 表层土样并混合均匀, 取部分鲜样低温(4℃)保存, 用于土壤可溶性有机碳(dissolved organic carbon, DOC)和微生物量碳(microbial biomass carbon, MBC)测定; 剩余混合土样经风干、磨细、过筛后, 用于矿化培养试验和土壤基本理化性质测定. 供试土壤的基本理化性质见表 1.

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil sample

土壤类型	pH	SOC /g·kg <sup>-1</sup>	DOC /mg·kg <sup>-1</sup>	MBC /mg·kg <sup>-1</sup>	全氮 /g·kg <sup>-1</sup>	全磷 /g·kg <sup>-1</sup>	全钾 /g·kg <sup>-1</sup>	黏粒/%
紫色土	6.02	10.98	41.59	30.61	1.19	0.81	42.81	22.15

### 1.3 试验设计

在培养试验中, 通过调节供试土壤的含水量, 设置 4 个水分梯度: 40% 田间持水量(WHC)、70% WHC、100% WHC 和淹水(土水比 1:2), 分别记为 M1、M2、M3 和 M4; 上述每个水分梯度均设置 10、20 和 30℃ 这 3 个培养温度, 分别记为 T1、T2 和 T3. 本试验共有 12 个处理, 每个处理 4 次重复. 取 20 g 已剔除根系并过 2 mm 筛的供试土壤, 均匀平铺于 300 mL 培养瓶底部, 用中间有一小孔的橡胶塞塞住瓶口, 瓶塞小孔处涂上硅胶防止漏气. 调节土壤含水量至 60% WHC, 置于 25℃ 恒温培养箱中预培养 5 d. 预培养结束后, 利用称重法补充水分, 按上述 4

个水分梯度设置土壤含水量, 分别放入 10、20 和 30℃ 的恒温培养箱中避光密封培养 66 d, 并设置无土空白对照. 定期测定培养瓶重量, 添加适量去离子水以保证瓶内水分恒定. 分别在培养后第 1、2、3、5、7、10、13、17、21、25、29、34、39、44、50、56、66 d 用注射器从培养瓶的瓶塞小孔处抽取约 9 mL 气体, 运用气相色谱仪(Agilent, 7820A)分析 CO<sub>2</sub> 浓度. 气体采集后打开瓶塞约 20 min, 待培养瓶内外气体交换充分后, 盖上瓶塞并封闭抽气孔, 将密封培养瓶放入培养箱继续培养. 根据气体产物的释放量, 计算培养期内 SOC 的矿化速率和累积矿化量等.

## 1.4 分析方法

各项土壤理化指标的测定均依照文献[20]进行: 土壤 pH 采用酸度计法测定; 土壤有机碳采用重铬酸钾容量法测定; 全氮采用半微量开氏法测定; 全磷采用硫酸-高氯酸消解、比色法测定; 全钾采用氢氟酸-高氯酸消解, 火焰光度计测定; 土壤微生物量碳采用氯仿熏蒸浸提法测定; 土壤可溶性有机碳采用 TOC 仪 (multi N/C 2100, Germany) 测定; 黏粒含量采用吸管法测定。

## 1.5 数据处理

累积矿化量 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 以单位质量土壤 66 d 培养期内矿化释放的总碳量表示; 矿化速率 [ $\text{mg}\cdot(\text{kg}\cdot\text{d})^{-1}$ ] 以单位质量土壤单位时间内矿化释放的碳量表示。

本研究选用双库一级动力学模型模拟 SOC 矿化过程<sup>[21-23]</sup>:

$$C_t = C_0 \times (1 - e^{-kt}) + (T_c - C_0) \times (1 - e^{-ht})$$

式中,  $C_t$  是培养时间  $t$  (d) 时的累积矿化量 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ );  $C_0$ 、 $k$  表示土壤易分解有机碳含量 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 及其矿化速率常数 ( $\text{d}^{-1}$ );  $T_c$  为供试土壤初始总有机碳含量 ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),  $(T_c - C_0)$ 、 $h$  表示土壤难分解有机碳含量 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 及其矿化速率常数 ( $\text{d}^{-1}$ );  $t$  为培养时间 (d)。

温度敏感系数 ( $Q_{10}$ ) 表示温度每增加 10℃ 时 SOC 矿化速率增加的倍数, 按如下公式计算<sup>[22]</sup>:

$$Q_{10} = R_{(t, T+10)} / R_{(t, T)}$$

式中,  $Q_{10}$  为温度敏感系数;  $R_{(t, T+10)}$ 、 $R_{(t, T)}$  分别为在培养时间  $t$  时温度 ( $T+10$ )℃ 和  $T$  (℃) 的 SOC 矿化速率。文中  $Q_{10}(10\sim 20^\circ\text{C})$  表示 10~20℃ 区间内 SOC 矿化的  $Q_{10}$  值,  $Q_{10}(20\sim 30^\circ\text{C})$  表示 20~30℃ 区间内 SOC 矿化的  $Q_{10}$  值。

采用 Excel 2010 制图, 利用 SPSS 18.0 软件进行数据统计与分析。其中, 采用双因素方差分析方法检验温度和水分及其交互作用对 SOC 累积矿化量的影响, 采用最小显著差异法 (LSD) 进行多重比较 ( $P < 0.05$ ), 运用非线性回归分析进行双库一级动力学模型拟合和参数计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 SOC 矿化特征

从图 1 可知, 在 0~10 d 内矿化速率较高, 并呈急剧下降趋势, 第 10 d 后矿化速率下降幅度趋缓, 至培养 40 d 时基本趋于稳定 (图 1)。对比不同水分处理可知, 培养第 1 d 时, 各处理中均表现出 100%

WHC 下的 SOC 矿化速率最大, 淹水的最低; 而至第 10 d 后淹水下的矿化速率要高于其他水分处理; 到培养结束时 (第 66 d), 同一温度下 SOC 矿化速率在各水分梯度之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

0~66 d 培养期内, 在同一培养温度下各水分处理的 SOC 累积矿化总量大小顺序为:  $M3 > M4 > M2 > M1$ , 其中, 10℃ 和 20℃ 培养时, 100% WHC 和淹水下的累积矿化量与 70% WHC 无明显差异, 但要显著高于 40% WHC ( $P < 0.05$ ), 而在 30℃ 时 100% WHC 和淹水状态下的累积矿化量则要显著高于其他水分处理 ( $P < 0.05$ )。由图 1 可知, 0~39 d 和 0~66 d 的累积矿化量在各水分处理之间的变化规律相同。39~56 d, 30℃ 时淹水下的累积矿化量要显著高于该温度下其他水分 ( $P < 0.05$ ); 56~66 d, 各水分处理的累积矿化量较接近, 未出现明显差异。另外, 在同一水分条件下, 整个培养期 (66 d) 内各温度下 SOC 累积矿化量大小顺序为: 30℃ > 20℃ > 10℃, 且 20℃ 和 30℃ 下的累积矿化量要显著高于 10℃ 下的 ( $P < 0.05$ )。对 66 d 内 SOC 累积矿化量进行方差分析, 结果表明, 温度和水分均能显著影响 SOC 累积矿化量, 且二者存在明显的交互效应 ( $P < 0.05$ ) (表 2)。

表 2 水热对消落带紫色土有机碳累积矿化量影响的方差分析<sup>1)</sup>

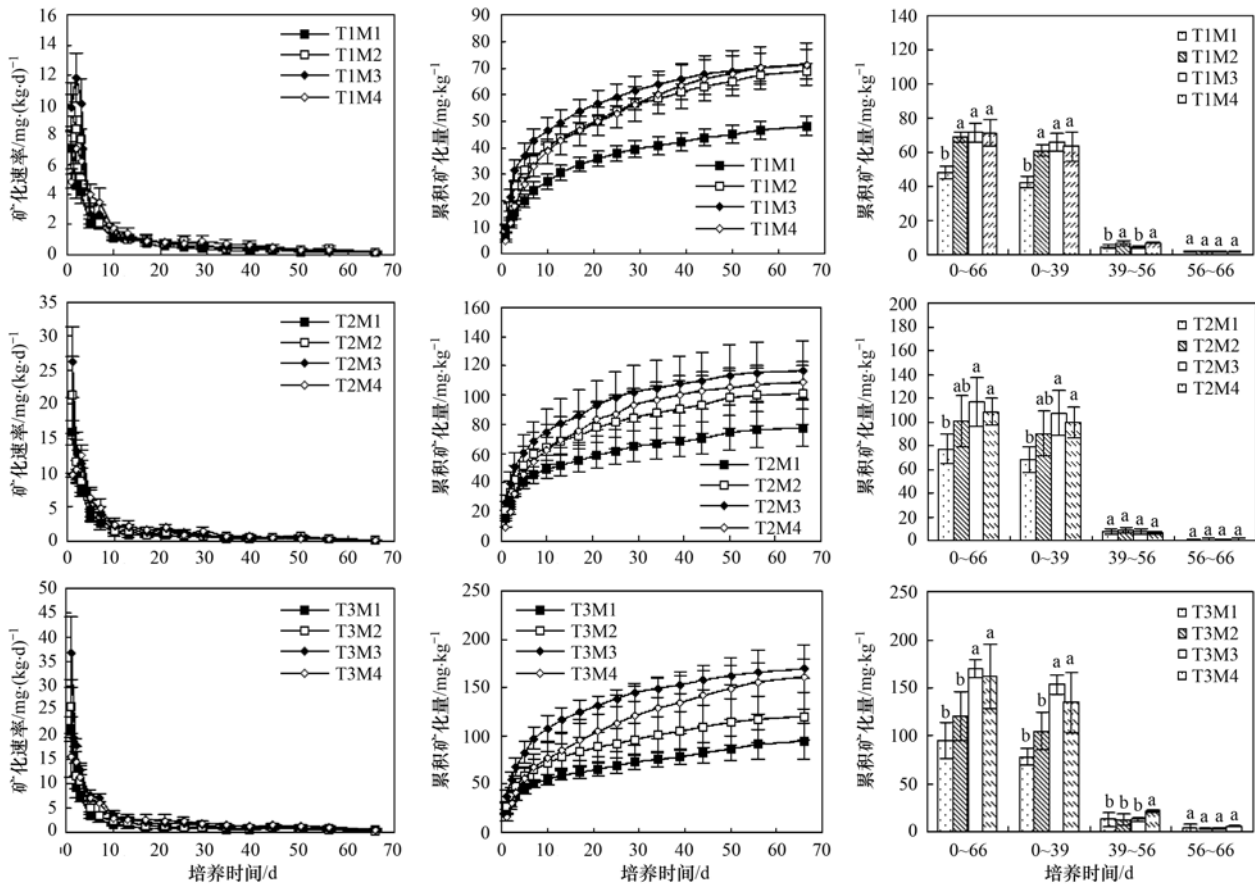
差异来源	F	P
温度	71.073	<0.0001
水分	17.671	<0.0001
温度×水分	2.642	0.032

1)  $P < 0.05$  表示差异显著

### 2.2 SOC 矿化的动力学特征

双库一级动力学模型能显著描述各处理的 SOC 矿化过程 ( $R^2 > 0.98$ ,  $P < 0.05$ ), 模拟结果见表 3。各水分条件下  $C_0$  的变化趋势为:  $M3 > M4 > M2 > M1$ , 这与 SOC 累积矿化量的变化规律相似, 其中 ≤ 20℃ 时  $C_0$  在各水分处理之间差异不显著, 而 30℃ 时 100% WHC 下的  $C_0$  要显著高于其他处理; 在土壤含水量 ≥ 70% WHC 下温度对  $C_0$  也有显著影响。由表 3 可知, 不同培养温度下  $C_0/C_{66}$  的变化范围为: 59.96%~69.57%、62.17%~69.88%、49.12%~65.15%, 这显示在 SOC 矿化过程中难分解有机碳同样起着重要作用, 尤其是 30℃ 时淹水处理下的难分解有机碳含量与累积矿化量的比值达近 50%。在 10℃ 和 20℃ 时, 各水分梯度之间的难分解有机碳矿

化速率常数  $h$  差异均不显著,而在 30℃ 时,淹水下 条件下,难分解有机碳矿化速率随培养温度升高而 的  $h$  要显著高于其他处理 ( $P < 0.05$ ); 在同一水分 增大.



T1、T2 和 T3 分别代表 10、20 和 30℃, M1、M2、M3 和 M4 分别代表 40% 田间持水量 (WHC)、70% WHC、100% WHC 和淹水, 图例中不同字母组合表示不同水热处理, 方柱上不同小写字母表示在同一培养时段内差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )

图 1 不同水热条件下下落带紫色土有机碳矿化特征

Fig. 1 Organic carbon mineralization characteristics of purple soil from the hydro-fluctuation belt under different soil moisture and temperature conditions

表 3 不同水热条件下下落带紫色土有机碳矿化的动力学参数<sup>1)</sup>

Table 3 Kinetic parameters for organic carbon mineralization of purple soil under different soil moisture and temperature conditions

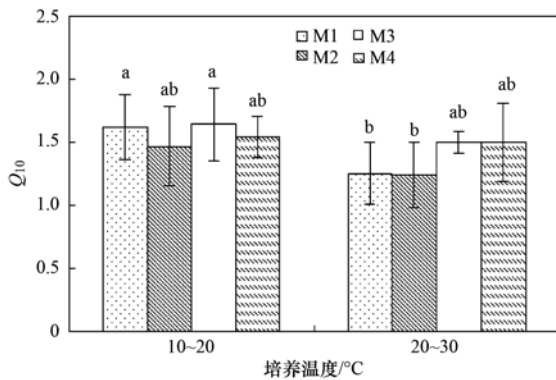
处理	温度/℃	水分	$C_0$ /mg·kg <sup>-1</sup>	$k/d^{-1}$	$h$ $\times 10^{-5}/d^{-1}$	$C_0/C_{66}$ /%
T1M1	10	40% WHC <sup>2)</sup>	33.47 ± 4.86d	0.245 ± 0.100c	2.70 ± 0.46d	69.57 ± 9.54a
T1M2	10	70% WHC	41.37 ± 3.01d	0.252 ± 0.043c	4.27 ± 0.69d	59.96 ± 5.19b
T1M3	10	100% WHC	48.77 ± 4.73cd	0.269 ± 0.057bc	3.61 ± 0.33d	68.11 ± 2.86ab
T1M4	10	淹水	43.85 ± 6.91d	0.155 ± 0.026d	4.23 ± 0.76d	61.20 ± 5.25ab
T2M1	20	40% WHC	48.15 ± 7.78cd	0.342 ± 0.065b	4.57 ± 1.21cd	62.22 ± 6.23ab
T2M2	20	70% WHC	63.15 ± 15.04c	0.329 ± 0.046bc	6.03 ± 1.10cd	62.17 ± 2.61ab
T2M3	20	100% WHC	76.67 ± 15.84bc	0.306 ± 0.015bc	6.54 ± 0.93c	65.33 ± 3.55ab
T2M4	20	淹水	76.49 ± 13.59bc	0.150 ± 0.017d	5.04 ± 0.97cd	69.88 ± 6.66a
T3M1	30	40% WHC	50.16 ± 3.37cd	0.430 ± 0.118a	6.61 ± 2.49c	54.37 ± 10.50bd
T3M2	30	70% WHC	68.97 ± 10.87bc	0.341 ± 0.026b	7.99 ± 2.98bc	58.05 ± 7.33bd
T3M3	30	100% WHC	110.71 ± 10.28a	0.280 ± 0.051bc	9.34 ± 1.39b	65.15 ± 4.21ab
T3M4	30	淹水	80.99 ± 27.20b	0.194 ± 0.052cd	12.19 ± 1.17a	49.12 ± 6.36d

1)  $C_0$  表示土壤易分解有机碳含量;  $k$  和  $h$  分别表示土壤易分解有机碳和难分解有机碳的矿化速率常数;  $C_{66}$  指 66 d 的 SOC 累积矿化量;  $C_0/C_{66}$  指土壤易分解有机碳占 SOC 累积矿化量的比例; 2) WHC 表示田间持水量



### 2.3 SOC 矿化的温度敏感性

由图 2 可知,不同水分下的  $Q_{10}$  (10 ~ 20°C) 无显著差异,  $Q_{10}$  (20 ~ 30°C) 在各水分处理之间也未发现明显差异 ( $P > 0.05$ ), 表明在同一温度区间内, 水分对温度敏感性无显著影响. 另外, 对比不同水分处理下  $Q_{10}$  (10 ~ 20°C) 与  $Q_{10}$  (20 ~ 30°C) 可知, 40% WHC 下的  $Q_{10}$  (10 ~ 20°C) 要显著高于  $Q_{10}$  (20 ~ 30°C) ( $P < 0.05$ ), 而当土壤含水量  $\geq 70\%$  WHC 时,  $Q_{10}$  (10 ~ 20°C) 与  $Q_{10}$  (20 ~ 30°C) 则无明显差异.



方柱上不同小写字母表示差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )

图 2 不同水分条件下消落带紫色土有机碳矿化的温度敏感性  
Fig. 2 Temperature sensitivity of organic carbon mineralization in purple soil from the hydro-fluctuation belt under different moisture conditions

## 3 讨论

### 3.1 水热对消落带紫色土 SOC 矿化特征的影响

在整个培养期内, 10°C 和 20°C 时 100% WHC 和淹水下的累积矿化量要显著高于 40% WHC, 但与 70% WHC 无显著差异, 而 30°C 时 100% WHC 和淹水下的累积矿化量则要显著高于 70% WHC 和 40% WHC, 这表明相较于 70% WHC 的水分处理, 高水分 (100% WHC 和淹水) 对 SOC 矿化无抑制甚至有促进作用, 这在以往研究中也发现了类似现象<sup>[11]</sup>, 但也有学者认为高水分条件特别是淹水条件会抑制 SOC 矿化<sup>[24]</sup>, 出现上述差异的原因可能与供试材料、CO<sub>2</sub> 释放量测定方法以及培养试验设置等因素有关. 针对本研究结果, 笔者认为可能由以下原因导致: 其一, 高水分下土壤孔隙被水填充, 这些水为微生物在土壤颗粒和结构面间的移动提供了重要载体, 增加了微生物个体的移动性和群落的扩散性, 使得土壤微生物能更充分地接触并代谢 SOC; 其二, 可能与淹水深度有关, 本试验模拟的是浅层淹水, 在 100% WHC 和浅层淹水下水体中溶氧量较

高, 且矿化消耗的氧气也能较易获得补充, 这使得该水分条件下微生物群落的碳代谢可能并未受到氧限制, 而水位增加会显著影响水体的溶氧量及其氧气补充的难易程度<sup>[25,26]</sup>, 这使得深层淹水对 SOC 矿化的影响与浅层淹水可能有所不同, 但因受目前技术条件限制, 关于深层淹水对 SOC 矿化的影响本试验未做探究; 其三, 可能与微生物的适应性有关, 有研究表明, 土壤微生物受水分波动影响后会产生选择效应, 以适应环境变化<sup>[27]</sup>, 消落带紫色土已经历过较长时间的蓄水, 这使其所含微生物群落对淹水环境的适应性增强, 导致供试土壤中微生物代谢碳的能力并未因淹水而削弱. 同时, 本研究发现, 至培养末期 (56 ~ 66 d) 各水分梯度之间的累积矿化量并无明显差异, 表明当水分含量持续稳定较长时间后, 水分的高低并未对 SOC 矿化产生显著影响. 由于本试验模拟的是一种持续稳定的水分状态, 与实际情况有所差别. 在三峡水库消落带受降雨影响频繁, 水分含量不断波动, 其近水面土壤受干湿交替作用明显, 对消落带紫色土 SOC 矿化有显著的激发效应<sup>[28]</sup>, 但在冬季蓄水期, 长期淹水使得消落带紫色土处于稳定环境中, 无干湿交替现象, 这在一定程度上有利于减缓碳释放, 对三峡水库消落带土壤固碳减排有着积极影响. 另外, 各水分下的累积矿化量均随培养温度升高而增加, 这与前人的研究结果类似<sup>[29]</sup>, 这是由于随着温度升高, 土壤微生物的活性增强, 从而促进 SOC 矿化<sup>[6]</sup>.

### 3.2 水热对消落带紫色土 SOC 矿化动力学参数及 $Q_{10}$ 的影响

双库一级动力学模型拟合结果表明, 温度和水分能影响易分解有机碳含量, 其中高温下水分对其影响尤为突出, 且各处理下易分解有机碳含量的变化规律与 SOC 累积矿化量的变化规律一致, 表明温度和水分可通过影响易分解有机碳含量的变化来影响 SOC 累积矿化量. 此外, 本研究中, 在 66 d 培养期内, 各处理下难分解有机碳含量与累积矿化量的比值较大, 尤其是高温淹水下其比值达近 50%, 且难分解有机碳矿化速率在高温淹水下要显著高于其他处理, 表明高温淹水环境有利于增强土壤微生物利用难分解有机碳的能力, 这可能是导致高温淹水促进 SOC 矿化的原因之一.

本研究发现, 在相同温度区间内, 各水分处理之间的温度敏感性无显著差异, 这与 Klimek 等<sup>[30]</sup> 的研究结果一致, 但也有研究指出水分能显著影响温度敏感性<sup>[24]</sup>. 造成不同结果的原因可能与不同研

究对象和土壤质地等因素有关. 另外,有研究表明<sup>[31,32]</sup>,SOC矿化的温度敏感性会随温度升高而降低,低温下 $Q_{10}$ 值较高,但也有一些报道指出温度变化对 $Q_{10}$ 值没有影响<sup>[33]</sup>. 本研究中,40% WHC下的 $Q_{10}$ (10~20℃)要显著高于 $Q_{10}$ (20~30℃),而在土壤含水量 $\geq 70\%$  WHC下温度敏感性随温度升高并无明显变化,其原因可能是高水分对温度变化存在一定的缓冲作用. 土壤水分、温度及其交互作用对温度敏感性的影响较为复杂,还有待进一步研究.

#### 4 结论

(1)在整个培养期内(66 d),相较于70% WHC的水分处理,当温度 $\leq 20^\circ\text{C}$ 时,高水分(100% WHC和淹水)对消落带紫色土SOC矿化无抑制作用,而高温(30℃)时高水分则更利于SOC矿化;在10~30℃区间内,各水分下紫色土SOC累积矿化量均随培养温度升高而增加;温度和水分均能显著影响消落带紫色土SOC累积矿化量,且二者有明显交互效应( $P < 0.05$ ).

(2)水分和温度通过影响消落带紫色土易分解有机碳含量和难分解有机碳的矿化速率,致使各处理之间SOC累积矿化量存在差异,其中高温下水分对易分解有机碳含量和难分解有机碳矿化速率的影响最为突出. 随着温度的升高,低水分(40% WHC)下消落带紫色土SOC矿化的温度敏感性显著下降,而在土壤含水量 $\geq 70\%$  WHC下则无明显变化.

#### 参考文献:

- [ 1 ] Meinshausen M, Meinshausen N, Hare W, *et al.* Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C [J]. *Nature*, 2009, **458**(7242): 1158-1162.
- [ 2 ] Schlesinger W H. Evidence from chronosequence studies for a low carbon-storage potential of soils [J]. *Nature*, 1990, **348**(6298): 232-234.
- [ 3 ] Tiessen H, Cuevas E, Chacon P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility[J]. *Nature*, 1994, **371**(6500): 783-785.
- [ 4 ] 陈涛, 郝晓晖, 杜丽君, 等. 长期施肥对水稻土土壤有机碳矿化的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, **19**(7): 1494-1500.
- [ 5 ] 胡亚林, 汪思龙, 颜绍馥. 影响土壤微生物活性与群落结构因素研究进展[J]. *土壤通报*, 2006, **37**(1): 170-176.
- [ 6 ] Fang C, Moncrieff J B. The dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux on temperature[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, **33**(2): 155-165.
- [ 7 ] 郝瑞军, 李忠佩, 车玉萍. 好气和淹水处理间苏南水稻土有机碳矿化量差异的变化特征[J]. *中国农业科学*, 2010, **43**(6): 1164-1172.
- [ 8 ] Guo L P, Lin E D. Carbon sink in cropland soils and the emission of greenhouse gases from paddy soils: a review of work in China [J]. *Chemosphere-Global Change Science*, 2001, **3**(4): 413-418.
- [ 9 ] 孙中林, 吴金水, 葛体达, 等. 土壤质地和水分对水稻土有机碳矿化的影响[J]. *环境科学*, 2009, **30**(1): 214-220.
- [ 10 ] 黄东迈, 朱培立, 王志明, 等. 旱地和水田有机碳分解速率的探讨与质疑[J]. *土壤学报*, 1998, **35**(4): 482-492.
- [ 11 ] 王媛华, 苏以荣, 李杨, 等. 水田和旱地土壤有机碳周转对水分的响应[J]. *中国农业科学*, 2012, **45**(2): 266-274.
- [ 12 ] Bridgman S D, Updegraff K, Pastor J. Carbon, nitrogen, and phosphorus mineralization in northern wetlands [J]. *Ecology*, 1998, **79**(5): 1545-1561.
- [ 13 ] Taggart M, Heitman J L, Shi W, *et al.* Temperature and water content effects on carbon mineralization for sapric soil material [J]. *Wetlands*, 2012, **32**(5): 939-944.
- [ 14 ] Wang X W, Li X Z, Hu Y M, *et al.* Effect of temperature and moisture on soil organic carbon mineralization of predominantly permafrost peatland in the Great Hing'an Mountains, Northeastern China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, **22**(7): 1057-1066.
- [ 15 ] 王红, 范志平, 邓东周, 等. 不同环境因子对樟子松人工林土壤有机碳矿化的影响[J]. *生态学杂志*, 2008, **27**(9): 1469-1475.
- [ 16 ] 杨继松, 刘景双, 孙丽娜. 温度、水分对湿地土壤有机碳矿化的影响[J]. *生态学杂志*, 2008, **27**(1): 38-42.
- [ 17 ] 袁兴中, 刘红, 王建修, 等. 三峡水库消落带湿地碳排放生态调控的科学思考[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2010, **27**(2): 23-25.
- [ 18 ] 孙秀锋. 三峡水库消落区湿地生态系统初步研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006. 3-7.
- [ 19 ] 张虹. 三峡库区消落带土地资源特征分析[J]. *水土保持通报*, 2008, **28**(1): 46-49.
- [ 20 ] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [ 21 ] Ci E, Al-Kaisi M M, Wang L G, *et al.* Soil organic carbon mineralization as affected by cyclical temperature fluctuations in a karst region of Southwestern China [J]. *Pedosphere*, 2015, **25**(4): 512-523.
- [ 22 ] Reichstein M, Bednorz F, Broll G, *et al.* Temperature dependence of carbon mineralisation: conclusions from a long-term incubation of subalpine soil samples [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, **32**(7): 947-958.
- [ 23 ] Ouyang X J, Zhou G Y, Huang Z L, *et al.* Effect of N and P addition on soil organic C potential mineralization in forest soils in South China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2008, **20**(9): 1082-1089.
- [ 24 ] 王丹, 吕瑜良, 徐丽, 等. 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响[J]. *生态学报*, 2013, **33**(20): 6436-6443.
- [ 25 ] 杨桂生, 宋长春, 王丽, 等. 水位梯度对小叶章湿地土壤微生物活性的影响[J]. *环境科学*, 2010, **31**(2): 444-449.



- [26] van Oorschot M, van Gaalen N, Maltby E, *et al.* Experimental manipulation of water levels in two French riverine grassland soils [J]. *Acta Oecologica*, 2000, **21**(1): 49-62.
- [27] Rinklebe J, Langer U. Microbial diversity in three floodplain soils at the Elbe River (Germany) [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, **38**(8): 2144-2151.
- [28] 王苑, 宋新山, 王君, 等. 干湿交替对土壤碳库和有机碳矿化的影响[J]. *土壤学报*, 2014, **51**(2): 342-350.
- [29] 郭剑芬, 陈玲, 林雪婷, 等. 温度对武夷山不同海拔土壤有机碳矿化的影响[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2012, **7**(3): 1-7.
- [30] Klimek B, Choczyński M, Juskiewicz A. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) roots and soil moisture did not affect soil thermal sensitivity [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2009, **45**(5-6): 442-447.
- [31] 严俊霞, 李洪建, 汤亿, 等. 小尺度范围内植被类型对土壤呼吸的影响[J]. *环境科学*, 2009, **30**(11): 3121-3129.
- [32] 吴静, 陈书涛, 胡正华, 等. 不同温度下的土壤微生物呼吸及其与水溶性有机碳和转化酶的关系[J]. *环境科学*, 2015, **36**(4): 1497-1506.
- [33] Bekku Y S, Nakatsubo T, Kume A, *et al.* Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils [J]. *Applied Soil Ecology*, 2003, **22**(3): 205-210.

## 《环境科学》多项引证指标名列前茅

2015年10月21日,中国科学技术信息研究所在中国科技论文统计结果发布会上公布了2014年度中国科技论文统计结果.统计结果显示2014年度《环境科学》多项引证指标位居环境科学技术及资源科学技术类科技期刊前列.

《环境科学》综合评价总分76.00,排名第一,总被引频次7733,影响因子1.294.

综合评价总分是根据中国科技期刊综合评价指标体系,计算多项科学计量指标(总被引频次、影响因子、他引率、基金论文比、引文率等),采用层次分析法确定重要指标的权重,分学科对每种期刊进行综合评定,计算出每个期刊的综合评价总分.这项指标屏蔽了各个学科之间总体指标背景值的差异,使科技期刊可以进行跨学科比较.根据发布的统计结果,2014年度《环境科学》综合评价总分76.00,在被统计的33种环境科学技术及资源科学技术类期刊中名列第一.

## CONTENTS

Concentration Characteristics of PM <sub>2.5</sub> in Beijing During Two Red Alert Periods .....	CHENG Nian-liang, ZHANG Da-wei, CHEN Tian, <i>et al.</i> (2409)
Response of Human Respiratory Height PM <sub>2.5</sub> Variation Characteristics to Meteorological Factors During Winter Haze Days in Beijing .....	ZHANG Nan, XIONG Hei-gang, GE Xiu-xiu, <i>et al.</i> (2419)
Pollution Characteristics and Sources Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmospheric Fine Particulate Matter in Lanzhou City .....	LI Ying-hong, RAO Zhi-guo, TAN Ji-hua, <i>et al.</i> (2428)
Determination and Source Apportionment of Aromatic Acids in PM <sub>2.5</sub> from the Northern Suburb of Nanjing in Winter .....	ZHANG Ya-fei, MA Yan, QI Lu, <i>et al.</i> (2436)
Impact of Marine-atmospheric Process on Aerosol Number Size Distribution in the South China Sea .....	KONG Ya-wen, SHENG Li-fang, LIU Qian, <i>et al.</i> (2443)
Assessment of Heavy Metals Pollution and Its Health Risk of Atmospheric Dust Fall from East Part of Junggar Basin in Xinjiang .....	YANG Chun, Tashpolat Tiyp, HOU Yan-jun, <i>et al.</i> (2453)
Variations of Stable Isotope in Precipitation and Its Atmospheric Circulation Effect in Chongqing .....	WEN Yan-ru, WANG Jian-li (2462)
Temporal Dynamics of Stable Isotopic Composition in Lake Taihu and Controlling Factors .....	XU Jing-zheng, XIAO Wei, XIAO Qi-tao, <i>et al.</i> (2470)
Geochemical Characteristics of Lateral Hyporheic Zone Between the River Water and Groundwater, a Case Study of Maanxi in Chongqing .....	ZHANG Yu, YANG Ping-heng, WANG Jian-li, <i>et al.</i> (2478)
Variations of CO <sub>2</sub> Exchange Fluxes Across Water-air Interface and Environmental Meaning in a Surface Stream in Subtropical Karst Area, SW China .....	LI Li, PU Jun-bing, LI Jian-hong, <i>et al.</i> (2487)
Spectral Characteristics of Dissolved Organic Matter (DOM) Releases from Soils of Typical Water-Level Fluctuation Zones of Three Gorges Reservoir Areas; UV-Vis Spectrum .....	LIANG Jian, JIANG Tao, LU Song, <i>et al.</i> (2496)
Spectral Characteristics of Dissolved Organic Matter (DOM) Releases from Soils of Typical Water-Level Fluctuation Zones of Three Gorges Reservoir Areas; Fluorescence Spectra .....	LIANG Jian, JIANG Tao, LU Song, <i>et al.</i> (2506)
Distribution Characteristics and Health Risk Assessment of Thirteen Sulfonamides Antibiotics in a Drinking Water Source in East China .....	JIN Lei, JIANG Lei, HAN Qi, <i>et al.</i> (2515)
Concentrations of Ketamine and Norketamine in the Water Environment in Beijing .....	ZHANG Hua-fang, YANG Jun, DU Peng, <i>et al.</i> (2522)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Water of Yuqiao Reservoir Watershed During the Water Delivery Period .....	CHANG Sheng, ZHAO Xing-ru, FU Qing, <i>et al.</i> (2530)
Concentrations and Partitioning of Halogenated Flame Retardants in Industrial Water of Dongjiang River .....	HE Ming-jing, LI Qi, ZHAO Jia-yuan, <i>et al.</i> (2539)
Distribution Characteristics and Source Identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Fatty Acids in Water of Karst Underground River .....	XIE Zheng-lan, SUN Yu-chuan, ZHANG Mei, <i>et al.</i> (2547)
Pollution Characteristics of Snowmelt Runoff on Different Underlying Surface in Main Urban Area of Harbin .....	SUN Xi-han, LIU Shuo, WAN Lu-he, <i>et al.</i> (2556)
Impact of Precipitation on Fenghe River Water and Aquatic Microorganisms .....	LU Si-dan, SUN Yu-jiao, ZHAO Xuan, <i>et al.</i> (2563)
Response of <i>Microcystis aeruginosa</i> Growth to Arsenate Under Different Phosphorus Regimes .....	WANG Zhen-hong, ZHANG Han-peng, LUO Zhuan-xi (2570)
Removal Behavior of Ibuprofen and Diclofenac in Different Constructed Wetlands .....	JING Rui-ying, YANG Yang, DAI Yu-ni, <i>et al.</i> (2577)
Influence of Chemical Pre-oxidation on Chloral Hydrate Formation of Threonine .....	CAI Guang-qiang, FU Xue-min, LIU Li-jun, <i>et al.</i> (2586)
Activated Carbon Supported Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Catalysts to Activate Peroxymonosulfate for Orange G Degradation .....	WANG Zhong-ming, CHEN Jia-bin, ZHANG Li-ming, <i>et al.</i> (2591)
Kinetics for Degradation of Orange G with Peroxymonosulfate Activated by Carbon Nanotubes .....	ZHANG Li-ming, CHEN Jia-bin, LI Wen-wei, <i>et al.</i> (2601)
Removal of Chloramphenicol in Wastewater by Electrocatalytic Reduction with Carbon Nanotubes-Modified Electrode .....	DENG Fei, TANG Bo-bin, ZHANG Jin-zhong, <i>et al.</i> (2610)
Removal of AOX, Chroma and TOC in Chemical Dye-stuff Wastewater with Iron Scraps-Fenton-Coagulation Combined Process .....	SHU Xiao-ming, XU Can-can, WEN Xiao-gang, <i>et al.</i> (2618)
Removal of AOX in Activated Sludge of a Chemical Pharmaceutical Industry with Fenton Oxidation .....	CHEN Si, XU Can-can, LIU Rui, <i>et al.</i> (2625)
Performance Evaluation of a Pilot-scale Microbubble-aerated Biofilm Reactor .....	LIU Chun, ZHANG Jing, ZHANG Jing, <i>et al.</i> (2632)
Nitrogen Removal Performance of Novel HABR Reactor over CANON Process .....	BAO Lin-lin, CHEN Wan-qiu (2639)
Characteristics of a Combined Heterotrophic and Sulfur Autotrophic Denitrification Technology for Removal of High Nitrate in Water .....	LI Xiang, MA Hang, HUANG Yong, <i>et al.</i> (2646)
Characteristics of Microbial Community in Each Compartment of ABR ANAMMOX Reactor Based on High-throughput Sequencing .....	CHEN Chong-jun, ZHANG Hai-qin, WANG Yao-qi, <i>et al.</i> (2652)
Nitrogen Removal and the Characteristics of Denitrification Bacteria Using NUA-DAS Ecofilter .....	WANG Long-mian, QIU Hao-yu, CHE Yu-xiao, <i>et al.</i> (2659)
Coupling of Hydrocarbon Accumulation and Cobalt Removal During Treatment of Cobalt Enriched Industrial Wastewater with <i>Botryococcus braunii</i> Biofilm Attached Cultivation .....	CHENG Peng-fei, WANG Yan, YANG Qi-yong, <i>et al.</i> (2666)
Isolation of <i>Raoultella</i> sp. sari01 and Its Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Characteristics .....	YAN Wei-zhi, HAO Jian, SUN Jun-song, <i>et al.</i> (2673)
Screening and Nitrogen Removing Characteristics of Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Bacteria SLWX <sub>2</sub> from Sea Water .....	CHENG Yu, LI Qiu-fen, FEI Yu-tao, <i>et al.</i> (2681)
Biodiversity of Thiocyanate-degrading Bacteria in Activated Sludge from Coking Wastewater .....	XU Wei-chao, MENG Xiao-jun, YIN Li, <i>et al.</i> (2689)
Responses of Plankton Microeukaryotic Community to Increasing Temperatures Created by Power Plant Thermal Discharges .....	DAI Wen-fang, YANG Shi-ye, QUE Zhi-jia, <i>et al.</i> (2696)
Characteristics of Soil Microbial Community Structure in the Rhizospheric Soil of <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> by Phospholipid Fatty Acid (PLFA) .....	ZUO Yi-ling, HE Xue-li, WANG Shao-jie, <i>et al.</i> (2705)
Response of Soil Respiration to Extreme Precipitation in Semi-arid Regions .....	ZHAO Man, WANG Rui, LI Ru-jian, <i>et al.</i> (2714)
Features and Influencing Factors of N <sub>2</sub> O Emissions from Drawdown Area in the Three Gorges Reservoir .....	LI Rui, LEI Li-guo, JIANG Chang-sheng, <i>et al.</i> (2721)
Denitrification Loss and N <sub>2</sub> O Emission from Different Carbon Inputs in Orchard Drains Sediments .....	GAO Xue-mei, SHE Dong-li, YAN Xiao-yuan, <i>et al.</i> (2731)
Emissions Characteristics of Greenhouse Gas from Sewage Sludge Composting Process in Winter .....	YI Jian-ting, YANG Yu-han, ZHANG Cheng, <i>et al.</i> (2738)
Distribution and Source Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Organochlorine Pesticides (OCPs) in Soils from Shergyla Mountain, Southeast Tibetan Plateau .....	LUO Dong-xia, ZHANG Shu-juan, YANG Rui-qiang (2745)
Applications of Geostatistical Analyses and Stochastic Models to Identify Sources of Soil Heavy Metals in Wuqing District, Tianjin, China .....	SONG Zhi-ting, ZHAO Yu-jie, ZHOU Qi-wen, <i>et al.</i> (2756)
Effects of Soil Moisture and Temperature Variations on Organic Carbon Mineralization of Purple Soil in the Hydro-fluctuation Belt of the Three Gorges Reservoir .....	DING Chang-huan, WANG Lian-ge, TANG Jiang, <i>et al.</i> (2763)
Reduction Effect of Reduced Phosphorus Fertilizer and Combining Organic Fertilizers on Phosphorus Loss of Purple Soil Sloping Field .....	HAN Xiao-fei, GAO Ming, XIE De-ti, <i>et al.</i> (2770)
Transformation and Migration of Sulfur Speciation in the Rhizosphere and Bulk Soil of Paddy Soil .....	DU Guang-hui, RAO Wei, LI Xin, <i>et al.</i> (2779)
Comparison of the Persistence of a Combined Amendment Stabilizing Pb, Cd, Cu and Zn in Polluted Paddy Soil .....	WU Yu-jun, ZHOU Hang, YANG Wen-tao, <i>et al.</i> (2791)
Bio-inspired Recovery of Platinum Nanoparticle and Its Mechanism .....	SHANG Ru, ZHU Neng-wu, KANG Nai-xin, <i>et al.</i> (2799)
Preparation of $\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Catalyst by Heat Treatment of Natural Limonite for Selective Catalytic Reduction of NO by NH <sub>3</sub> .....	XU Bin, CHEN Tian-hu, LIU Hai-bo, <i>et al.</i> (2807)

# 《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 赵进才

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军  
朱永官 刘志培 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明  
赵进才 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞  
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2016年7月15日 第37卷 第7期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 37 No. 7 Jul. 15, 2016

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	赵进才	Editor-in -Chief		ZHAO Jin-cai
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science ( HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易集团有限公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301  
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行