

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第6期

Vol.34 No.6

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

2008 ~ 2010 年北京城区大气 BTEX 的浓度水平及其 O₃ 生成潜势 曹函玉, 潘月鹏, 王辉, 谭吉华, 王跃思 (2065)

利用 SPAMS 研究上海秋季气溶胶污染过程中颗粒物的老化与混合状态 牟莹莹, 楼晟荣, 陈长虹, 周敏, 王红丽, 周振, 乔利平, 黄成, 李梅, 李莉, 王倩, 黄海英, 邹兰军 (2071)

沈阳市降水化学成分及来源分析 张林静, 张秀英, 江洪, 张清新 (2081)

秦皇岛大气污染物浓度变化特征 刘鲁宁, 申雨璇, 辛金元, 吉东生, 王跃思 (2089)

禽类肉鸡生长过程 NH₃、N₂O、CH₄ 和 CO₂ 的排放 周忠凯, 朱志平, 董红敏, 陈永杏, 尚斌 (2098)

碳化硅协同分子筛负载型催化微波辅助催化氧化甲苯性能 王晓晖, 卜龙利, 刘海楠, 张浩, 孙剑宇, 杨力, 蔡力栋 (2107)

生物滴滤塔净化多组分废气的研究 张定丰, 房俊逸, 叶杰旭, 邱松凯, 钱东升, 戴启洲, 陈东之 (2116)

在氧化和还原氛围下脉冲电晕法降解二硫化碳废气 金圣, 黄立维, 李国平 (2121)

模拟大气 CO₂ 水平升高对春季太湖浮游植物生理特性的影响 赵旭辉, 汤龙升, 史小丽, 杨州, 孔繁翔 (2126)

一种确定湖泊水质基准参照状态浓度的新方法 华祖林, 汪靛 (2134)

HSPF 径流模拟参数敏感性分析与模型适用性研究 李燕, 李兆富, 席庆 (2139)

基于非点源污染的水质监测方案研究 吴喜军, 李怀恩, 李家科, 李强坤, 董雯 (2146)

不同雨强下黄棕壤坡耕地径流养分输出机制研究 陈玲, 刘德富, 宋林旭, 崔玉洁, 张革 (2151)

春季东海赤潮发生前后营养盐及溶解氧的平面分布特征 李鸿妹, 石晓勇, 陈鹏, 张传松 (2159)

三峡库区大宁河枯水期藻细胞的时空分布 张永生, 郑丙辉, 王坤, 姜霞, 郑浩 (2166)

湖泊沉积物溶解性有机氮组分的藻类可利用性 冯伟莹, 张生, 焦立新, 王圣瑞, 李畅游, 崔凤丽, 付绪金, 甄志磊 (2176)

刚毛藻分解对上覆水磷含量及赋存形态的影响 侯金枝, 魏权, 高丽, 孙卫明 (2184)

反复扰动下磷在沉积物和悬浮物以及上覆水间的交换 李大鹏, 王晶, 黄勇 (2191)

三峡库区主要支流表层沉积物多溴联苯醚的分布特征 李昆, 赵高峰, 周怀东, 刘晓茹, 余丽琴, 文武, 张盼伟 (2198)

UV 和 H₂O₂ 联合消毒灭活饮用水中大肠杆菌研究 张一清, 周玲玲 (2205)

臭氧降解水中邻苯二甲酸二甲酯的动力学及影响因素 于丽, 张培龙, 侯甲才, 庞立飞, 李越, 贾寿华 (2210)

硝酸根对水体中甲基汞光化学降解的影响 毛雯, 孙荣国, 王定勇, 马明, 张成 (2218)

炔雌醇氯化反应的动力学和机制研究 王斌楠, 刘国强, 孔德洋, 陆隽鹤 (2225)

金属离子对 δ-MnO₂ 去除对叔辛基酚抑制作用的研究 李非里, 牟华倩 (2232)

核壳表面磁性印迹聚合物的制备及其对水中双酚 A 的特异性去除 刘建明, 李红 (2240)

有机蒙脱石负载纳米铁去除溶液中四溴双酚 A 的研究 闫梦玥, 庞志华, 李小明, 赵建宇, 罗隽 (2249)

纳滤预处理测定景观水体中溶解性有机氮质量浓度及其分布特征 于红蕾, 霍守亮, 杨周生, 席北斗, 谷逢宇, 张靖天 (2256)

改性水凝胶的制备及其对 Pb²⁺、Cd²⁺ 吸附性能研究 吴宁梅, 李正魁 (2263)

直接大红 4BE 的磷钨酸均相催化还原脱色 魏红, 李克斌, 李娟, 陈经涛, 张涛 (2271)

基于微气泡曝气的生物膜反应器处理废水研究 张磊, 刘平, 马锦, 张静, 张明, 吴根 (2277)

Fenton 法处理竹制品废水生化出水的研究 郭庆稳, 张敏, 王炜, 杨治中, 吴东雷 (2283)

二价铁离子对 UASB 反应器厌氧发酵产氢效能的影响 李永峰, 王艺璇, 程国玲, 刘春妍 (2290)

进水底物浓度对蔗糖废水产酸合成 PHA 影响研究 陈志强, 邓毅, 黄龙, 温沁雪, 郭子瑞 (2295)

接种好氧颗粒污泥快速启动硝化工艺的过程研究 刘文如, 沈耀良, 丁玲玲, 丁敏 (2302)

聚磷污泥去除高浓度铅的影响因素研究 杨敏, 卢龙, 冯涌, 方超, 李雄清 (2309)

体积分数传递系数在好氧颗粒污泥系统中的变化特性初步分析 李志华, 范长青, 王晓昌 (2314)

我国淡水水体中双酚 A (BPA) 的生态风险评价 汪浩, 冯承莲, 郭广慧, 张瑞卿, 刘跃丹, 吴丰昌 (2319)

麦穗鱼物种敏感性评价 王晓南, 刘征涛, 闫振广, 张聪, 何丽, 孟双双 (2329)

不同评估方法得出的五氯酚的 PNEC 值的比较研究 雷炳莉, 文育, 王艺陪, 康佳, 刘倩 (2335)

桂林市交警头发 Hg、Pb 含量及分布研究 钱建平, 张力, 李成超, 黄栋 (2344)

直流电场处理后降线藻趋光性对 Cl⁻ 和 Hg²⁺ 的响应 王飞翔, 袁玲, 黄建国 (2350)

UV-B 辐射对青冈凋落叶化学组成和分解的影响 宋新章, 卜涛, 张水奎, 江洪, 王志坤, 赵明水, 刘永军 (2355)

7 种树木的叶片微形态与空气悬浮颗粒吸附及重金属累积特征 刘玲, 方炎明, 王顺昌, 谢影, 杨聃聃 (2361)

溶解氧对碳氮硫共脱除工艺中微生物群落影响解析 于皓, 陈川, 张莉, 王爱杰 (2368)

不同耕地利用方式下土壤微生物活性及群落结构特性分析: 基于 PLFA 和 MicroRespTM 方法 陈晓娟, 吴小红, 刘守龙, 袁红朝, 李苗苗, 朱捍华, 葛体达, 童成立, 吴金水 (2375)

典型滨海湿地干湿交替过程氮素动态的模拟研究 陈建刚, 曹雪 (2383)

三峡库区巫山建坪地区土壤镉等重金属分布特征及来源研究 刘意章, 肖唐付, 宁增平, 贾彦龙, 黎华军, 杨菲, 姜涛, 孙昊 (2390)

北京市不同区位耕作土壤中重金属总量与形态分布特征 陈志凡, 赵焯, 郭廷忠, 王永锋, 田青 (2399)

季节变化对贵阳市不同功能区地表灰尘重金属的影响 李晓燕 (2407)

东营市孤岛地区土壤中类二噁英类 PCBs 的污染特征 王登阁, 崔兆杰, 傅晓文, 殷永泉, 许宏宇 (2416)

模拟氮沉降对森林土壤有机物淋溶的影响 段雷, 马萧萧, 余德祥, 谭炳全 (2422)

甲基 β 环糊精对污染场地土壤中多环芳烃的异位增效洗脱修复研究 孙明明, 滕应, 骆永明, 李振高, 贾仲君, 张满云 (2428)

胶质芽胞杆菌对印度芥菜根际土壤铜含量及土壤酶活性影响 杨榕, 李博文, 刘微 (2436)

长期施用粪肥蔬菜基地蔬菜中典型抗生素的污染特征 吴小莲, 向垒, 莫测辉, 姜元能, 严青云, 李彦文, 黄献培, 苏青云, 王纪阳 (2442)

有机废弃物堆肥培肥土壤的氮矿化特性研究 张旭, 席北斗, 赵越, 魏自民, 李洋, 赵昕宇 (2448)

北京市生活垃圾转运站耗能和排污特征及其影响因素分析 王昭, 李振山, 冯亚斌, 焦安英, 薛安 (2456)

氨对垃圾焚烧飞灰浸出特性的影响及地球化学模拟 官贞珍, 陈德珍, Thomas Astrup (2464)

焚烧飞灰预处理工艺及其无机氯盐的行为研究 朱芬芬, 高冈昌辉, 大下和傲, 姜惠民, 北岛义典 (2473)

富含中孔与酸性基团的生物炭的制备与吸附性能 李坤权, 李焯, 郑正, 张雨轩 (2479)

生物炭技术缓解我国温室效应潜力初步评估 姜志翔, 郑浩, 李锋民, 王震宇 (2486)

基于物质流分析的钾素流动与循环研究 白桦, 曾思育, 董欣, 陈吉宁 (2493)

《环境科学》征订启事 (2115) 《环境科学》征稿简则 (2224) 信息 (2217, 2289, 2349, 2398) 专辑征稿通知 (2478)

UV-B 辐射对青冈凋落叶化学组成和分解的影响

宋新章¹, 卜涛¹, 张水奎¹, 江洪¹, 王志坤¹, 赵明水², 刘永军³

(1. 浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 临安 311300; 2. 天目山国家级自然保护区管理局, 临安 311311; 3. 浙江省临安市气象局, 临安 311300)

摘要: 采用模拟 UV-B 辐射增强方法研究了 UV-B 辐射对我国亚热带常绿阔叶林顶极种青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 叶片化学组成及其凋落后分解和养分释放的影响。结果显示, 增强的 UV-B 辐射使青冈凋落叶中的 N、K 和 P 含量分别显著增加了 154.9%、29.8% 和 9.7% ($P < 0.05$), 使凋落叶中的 C:N、木质素:N 和 C:P 比分别显著降低了 60.5%、61.7% 和 8.5% ($P < 0.05$), 对 C 和木质素含量的影响不显著。在随后 1 a 的分解过程中, 生长期间接受增强 UV-B 辐射的凋落叶分解得更快, 但与对照组差异不显著 ($P > 0.05$)。生长期间接受增强的 UV-B 辐射促进了 P 元素的释放, 减缓了 N 元素的富集, 对 K 元素释放无影响。本研究结果有助于全面认识 UV-B 辐射增强背景下我国亚热带森林生态系统的生物地球化学循环特征。

关键词: 凋落叶分解; UV-B 辐射; 化学组成; 青冈; 间接影响

中图分类号: X144 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)06-2355-06

Effect of UV-B Radiation on the Chemical Composition and Subsequent Decomposition of *Cyclobalanopsis glauca* Leaf Litter

SONG Xin-zhang¹, BU Tao¹, ZHANG Shui-kui¹, JIANG Hong¹, WANG Zhi-kun¹, ZHAO Ming-shui², LIU Yong-jun³

(1. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling and Carbon Sequestration in Forest Ecosystems, Zhejiang A&F University, Lin'an 311300, China; 2. Management Bureau of Tianmu Mountain Nature Reserve, Lin'an 311311, China; 3. Meteorological Bureau of Lin'an City, Lin'an 311300, China)

Abstract: An experiment on leaf litter decomposition was carried out to evaluate the effects of UV-B radiation on the chemical composition and subsequent decomposition of leaf litter in humid subtropical forest systems. The leaf litter was derived from *Cyclobalanopsis glauca* seedlings exposed to elevated and ambient ultraviolet B (UV-B) radiation treatments during growth for one year. The results showed that UV-B treatment significantly increased the original N, K and P content of leaf litter by 154.9%, 29.8% and 9.7%, respectively, and decreased the ratios of C:N, lignin:N and C:P of leaf litter by 60.5%, 61.7% and 8.5%, respectively ($P < 0.05$), but had no significant effect on C and lignin content. The decomposition of leaf litter derived from seedlings exposed to elevated UV-B treatment during growth was faster, but did not show significant difference from that of ambient UV-B treatment. Exposure to elevated UV-B radiation during growth did not significantly influence the K release, but promoted the P release and retarded the N accumulation during leaf litter decomposition. Our result will contribute to the better understanding of the role of UV-B radiation in moist subtropical forest ecosystem.

Key words: leaf litter decomposition; UV-B radiation; chemical composition of litter; *Cyclobalanopsis glauca*; indirect effect

大气臭氧层减薄已导致北半球中纬度地区紫外线-B(UV-B)辐射在过去的 30 a 中增加了 5%^[1], 其对陆地生态系统的生物学效应已成为全球环境变化研究中十分引人注目的前沿和热点问题之一^[2,3]。森林凋落物分解是陆地生态系统物质循环和能量转换的主要途径, 对森林生态系统的生产力和碳汇功能有重要作用^[4-6]。研究 UV-B 辐射变化对森林凋落物分解和养分释放的影响, 有助于全面理解森林生态系统中凋落物的周转、生物地球化学循环和土壤营养动态, 具有重要的科学意义和价值^[7,8]。

UV-B 辐射对凋落物分解的影响可以分为直接影响和间接影响。直接影响是指分解过程中通过对木质素的光降解作用或者改变生物分解者的群落组成、数量和活性而直接作用于凋落物的分解, 间接

影响是指植物生长期间受到 UV-B 辐射照射使叶片的化学成分发生变化进而影响到叶片凋落后的分解过程^[9]。目前, 国外已开展的一些 UV-B 辐射对植物凋落物分解影响的实验多集中于直接影响方面, 对间接影响研究的还不多^[10]。国内在该领域的研究刚刚起步, 文献[11~16]开展了亚热带常见树种凋落叶分解过程中 UV-B 辐射作用的研究, 李元等^[17]开展了 UV-B 辐射对春小麦植株化学成分及其随后分解影响的研究, 而关于木本植物生长期间

收稿日期: 2012-08-31; 修订日期: 2012-10-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(31070440, 30800152); 浙江省自然科学基金项目(Y5090007); 浙江农林大学人才启动项目(2012FR023)

作者简介: 宋新章(1976~), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为全球生态、森林生态、土壤生态学, E-mail: xzsong@126.com

接受 UV-B 辐射对叶片凋落后分解的影响的研究尚鲜见报道^[10].

常绿阔叶林是我国亚热带地区的顶极植被群落. 在全球 UV-B 辐射不断增强的背景下, 常绿阔叶林接受增强的 UV-B 辐射后其叶片的化学组成是否改变? 这种变化又将对其凋落后的分解和养分释放产生怎样的影响? 为解答这一科学问题, 笔者采用模拟 UV-B 辐射增强方法研究了我国亚热带常绿阔叶林顶极种青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 幼苗生长在 UV-B 辐射增强环境下叶片化学组成发生的变化, 以及这种改变对叶片凋落后分解和养分释放的影响, 以期为深入认识和全面理解 UV-B 辐射变化对我国亚热带森林生态系统的影响提供基础数据和科学依据.

1 材料与方法

1.1 实验地概况

研究地点位于浙江省临安市浙江农林大学野外科研试验基地内, 地理坐标为 119°42'E, 30°14'N. 该区地处中亚热带季风气候区的北缘, 四季分明, 温和湿润, 热量丰富, 雨量充沛, 年均降水量在 1 420 mm 左右, 年均气温 15.6℃, 有效积温为 2 696.2℃, 无霜期 230 d 左右. 土壤为黄红壤.

1.2 UV-B 辐射环境模拟

UV-B 辐射环境设置 UV-B 辐射增强和自然光照(对照)共两个梯度环境. UV-B 辐射增强环境模拟采用方波处理方法, 该方法因操作简便, 成本较低而在同类研究中受到广泛应用^[3]. 用波长峰值为 313 nm 的紫外灯管为光源, 紫外灯用 125 μm 厚的三醋酸纤维薄膜包裹, 以滤除 UV-C 但透过 UV-B 和 UV-A. 在宽 2 m, 长 4 m 的灯架上装 12 支紫外灯管, 沿灯架按照余弦分布设置灯管间距, 并在每支灯管中心部位裹一条铝箔, 以保证紫外辐射的均匀性. 每天照射 7 h (09:00 ~ 16:00), 阴雨天除外. UV-B 辐射对照组同增强组类似, 在灯架上装 12 支灯罩但不安装灯管, 用于消除灯架本身遮蔽的影响. 用北京师范大学光电仪器厂生产的双通道 UV-B 辐照计来测定灯架下的辐照强度, 经 Caldwell^[18] 的公式转换为生物有效辐射 (UV-B_{BE}). 通过调节灯管与幼苗冠层的距离来调节幼苗接受的 UV-B 辐射强度, 使之比对照组增强 10%^[19].

1.3 幼苗及凋落叶分解处理

2007 年 6 月, 将 20 株长势一致的 2 a 生青冈幼苗随机移植到两种 UV-B 处理组. 在移植前先对移

植样地进行整地, 以保证两处理样地土壤基质的一致性. 缓苗 3 个月后将开始 UV-B 照射处理. 在两种 UV-B 辐射环境下生长 1 a 后, 收集两组处理样地上的凋落叶, 测定其化学成分. 凋落叶风干后分别装入由尼龙网制成的孔径为 1.0 mm × 1.5 mm, 大小为 15 cm × 15 cm 的分解袋中, 每袋 5 g. 于 2008 年 12 月将分解袋放到常绿阔叶林下 3 个环境条件一致的样地中进行自然分解, 即 3 个重复. 2009 年 2 月起每 2 个月取回一次分解袋, 带回实验室清除凋落物表面附着的泥沙和其他杂质, 在 80℃ 烘箱中烘干至恒重, 测定剩余凋落物的质量. 然后粉碎, 进行化学组成的分析测定.

1.4 化学组成分析方法

木质素含量用 Van Soest 中性洗涤纤维 (NDF) 及酸性洗涤纤维 (ADF) 方法测定; 碳含量用重铬酸钾容量法-外加热 (油浴加热) 法测定; 氮含量用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后, 半微量凯氏法测定; 磷含量用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后, 钼锑抗比色法测定; 钾含量用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后, 火焰光度计法测定.

1.5 数据分析

凋落叶的分解用干重剩余率表示, M_t/M_0 , M_t 表示时间 t 时的凋落叶干重 (g), M_0 表示凋落叶的初始干重 (g).

养分元素的释解放用元素剩余率表示^[8,20], 计算公式为 $E = [(M_t \times C_t) / (M_0 \times C_0)] \times 100\%$, 式中, E 为养分元素的剩余率 (%), C_0 为初始养分含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), C_t 为 t 时刻凋落叶的养分含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$).

采用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 和最小显著差异法 (LSD) 比较两种处理环境下凋落叶化学成分及其随后分解和养分释放的差异, 统计分析用 SPSS 13.0 实现.

2 结果与分析

2.1 凋落叶化学成分的变化

同对照组相比, 生长在增强 UV-B 辐射环境下的青冈幼苗叶片凋落后 N 和 K 含量显著增加了 ($P < 0.001$) (表 1), 特别是 N 含量大幅度增加了 154.9%; P 含量显著增加了 9.7% ($P < 0.05$); C 和木质素含量的变化不显著; 凋落叶中的 C:N 比和木质素:N 分别显著降低了 60.5% 和 61.7% ($P < 0.001$), C:P 比则显著降低了 8.5% ($P < 0.05$).

2.2 干重剩余率的变化

在分解开始的前两个月内, 来源于不同 UV-B 处理组的青冈凋落叶分解速度一致 (图 1). 两个月

表 1 生长在 UV-B 辐射增强和对照环境下青冈凋落叶化学组成的差异¹⁾Table 1 Differences in initial chemical composition of leaf litter (mean \pm SD, $n = 6$) of *C. glauca* growing under ambient and elevated UV-B radiation treatments

处理	N /mg·g ⁻¹	P /mg·g ⁻¹	K /mg·g ⁻¹	C /mg·g ⁻¹	木质素 /mg·g ⁻¹	C:N	木质素:N	C:P
CK	2.2 \pm 0.0	0.7 \pm 0.03	3.9 \pm 0.1	419.9 \pm 10.7	243.1 \pm 6.6	187.5 \pm 4.8	108.6 \pm 2.9	582.4 \pm 14.9
UV-B+	5.7 \pm 0.2	0.8 \pm 0.01	5.1 \pm 0.1	423.4 \pm 10.0	237.5 \pm 5.1	74.2 \pm 1.8	41.6 \pm 0.9	533.0 \pm 12.6
变化率/%	154.9***	9.7*	29.8***	0.8NS	-2.3NS	-60.5***	-61.7***	-8.5*

1) CK: 对照 ambient UV-B radiation; UV-B+: 增强 UV-B 辐射 elevated UV-B radiation, 下同

后生长期间接受增强 UV-B 辐射的凋落叶分解开始加快, 第 8 和第 10 个月时两组处理凋落叶干重剩余率的差异最大, 分别达到 9.5% 和 9.2%, 之后差异逐渐缩小. 在 1 a 的分解过程中, 尽管生长期间接受 UV-B 辐射的凋落叶失重的更快, 但统计分析结果表明, 两组处理间凋落叶分解的差异没有达到显著水平 ($P > 0.05$).

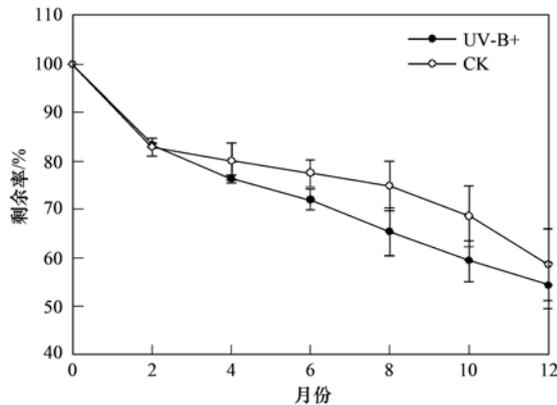


图 1 青冈凋落叶分解过程中干重剩余率的变化

Fig. 1 Percentage of remaining mass to initial mass during litter decomposition of *C. glauca* growing under elevated (UV-B+) and ambient (CK) UV-B radiation treatments

2.3 元素释放动态

生长在两组 UV-B 辐射处理下的青冈凋落叶在 1 a 的分解过程中均发生了 N 元素的富集 [图 2 (a)], 尤其是对照处理组凋落叶在分解第 2 个月时 N 素富集即达到 698.6%, 为初始值的 7 倍, 之后则

逐步下降. UV-B 辐射增强处理组凋落叶在 1 a 的分解期间 N 素富集则一直稳定在 204.0% ~ 267.6% 之间, 为初始值的 2 倍以上. 统计分析显示在 1 a 分解期间两组处理间凋落叶的 N 素富集差异显著 ($P < 0.05$).

由图 2(b) 可见, 生长在两组 UV-B 辐射处理下的青冈凋落叶在 1 a 的分解过程中均发生了 P 元素的释放, 其中 UV-B 辐射增强处理组凋落叶 P 元素在第 4 个月至第 10 个月期间的释放速度显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但在第 12 个月时趋于一致, UV-B 增强处理和对照处理的凋落叶 P 元素剩余率分别为 62.6% 和 66.1%.

由图 2(c) 可见, 生长在两组 UV-B 辐射处理下的青冈凋落叶在前 2 个月的分解过程中均呈现出 K 元素的快速释放, 之后 K 元素的释放基本稳定. 两种 UV-B 辐射处理下 K 元素的释放速度无显著差异 ($P > 0.05$), 表明接受增强的 UV-B 辐射对青冈凋落叶 K 元素的释放无显著影响.

3 讨论

3.1 UV-B 辐射对凋落叶化学成分的影响

植物生长过程中接受的 UV-B 辐射能够引起植物各部分化学组成和形态特征的改变, 如增加 N 含量^[21]、改变叶片厚度和面积等^[22]. Rozema 等^[23] 观测到增强的 UV-B 辐射使沙丘草地拂子茅 (*Calamagrostis epigejos*) 叶片的木质素含量增加, 分

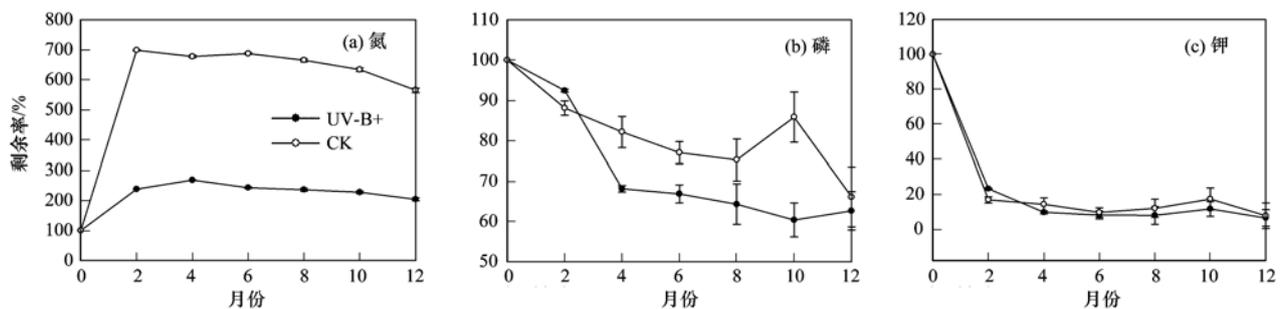


图 2 两种 UV-B 辐射处理下青冈凋落叶分解过程中氮、磷、钾元素释放率

Fig. 2 Release rate of N, P and K in leaf litter decomposition of *C. glauca* growing under elevated and ambient UV-B radiation

解速率下降. 张瑞恒等^[24]也发现增强 UV-B 辐射增加了反枝苋 (*Amaranthus retroflexus*) 叶片和根茎中的木质素和纤维素的含量. 也有一些研究发现植物生长期间接受的 UV-B 辐射对凋落物的化学组成没有影响. 如在 UV-B 辐射增强 30% 的环境下生长了 2 个生长季的苏格兰松 (*Pinus sylvestris*) 和 3 个生长季的挪威云杉 (*Picea abies*), 其针叶中的酚醛等次生化合物含量没有受到影响^[25]. Hoorens 等^[26]报道了沙生苔草 (*Carex arenaria*) 和拂子茅在增强 UV-B 辐射环境下生长了 3 个生长季后其凋落叶的化学组成变化不显著. 欧洲越桔 (*Vaccinium myrtillus*) 和欧石楠 (*Calluna vulgaris*) 叶片的 N、P、K 含量也没有受到 UV-B 辐射的显著影响^[27], UV-B 辐射对英国栎凋落叶化学成分的影响也可以忽略不计^[28]. Zu 等^[29]发现在增强 UV-B 辐射环境下生长的 10 种小麦中有 5 种小麦的蛋白质含量显著增加, 2 种小麦的糖类含量显著增加而另 2 种显著降低. 本研究结果显示生长在增强 UV-B 辐射环境下的青冈凋落叶中的 N、K 和 P 含量显著增加了, C:N 比、木质素:N 和 C:P 比显著降低了. 这些研究结果之间的差异可能与实验材料、实验地点、实验方法及实验时间的不同有关. 如木本植物和草本植物叶片的化学组成对 UV-B 辐射的响应程度是不同的^[2], 温室^[30]、草原^[23,26]和田间^[9,20,28,31]的环境条件不同, 对实验结果也会产生一定的影响. 此外, 植物生长期间接受 UV-B 辐射时间的长短以及模拟 UV-B 辐射的方法不同均可能导致实验结果的差异.

3.2 UV-B 辐射对凋落叶分解的影响

植物生长过程中因 UV-B 辐射而引起的植物叶片化学成分变化将进一步影响到其凋落后的分解过程, 使分解加快或减缓. Newsham 等^[32]发现在增强 UV-B 辐射环境下生长了 8 个月的英国栎 (*Robur ornament*) 的凋落叶在自然状态下分解 4 a 后失重率增加了 17%, 年分解速率增加了 27%. 对高 UV-B 辐射环境下生长的春小麦的分解实验表明, 春小麦茎、根和穗的 N 含量显著增加, 叶片中 Mg、Fe、Zn 的含量显著增加, 叶和茎的分解速率加快^[21,33,34]. 而 Cybulski 等^[31]则观测到生长在高 UV-B 辐射下的火炬松 (*Pinus taeda*) 的凋落叶含有更高的木质素/N 比, 分解速率变慢, Pancotto 等^[9]在大麦 (*Hordeum vulgare*) 上也发现了类似的现象. 也有一些研究发现植物生长期间接受增强的 UV-B 辐射后对凋落物的分解没有影响. 如 Hoorens 等^[26]观测到在增强 UV-B 辐射环境下生长了 3 个生长季的沙生苔草和

拂子茅的凋落叶分解速度无显著变化. Moody 等^[35]也发现增强的 UV-B 辐射对石南灌丛中悬钩子 (*Rubus chamaemorus*) 叶片的分解没有显著影响.

本研究发现, 尽管增强的 UV-B 辐射显著改变了青冈凋落叶的化学组成, 但没有显著影响到其后的分解速度. 关于亚热带 7 个常见树种凋落叶分解的前期研究结果表明^[36], P、N 含量与分解速率呈显著正相关 ($P < 0.01$), 与 C:N 比呈显著负相关 ($P < 0.05$). 照此推断, UV-B 辐射显著增加了青冈凋落叶的 P、N 含量而降低了 C:N 比, 应显著加快凋落叶的分解速度, 而本结果显示尽管分解速度加快, 但与对照组相比差异不显著. 分析其主要原因可能在于分解时间较短 (仅 1 a). 凋落物分解是一个复杂的过程, 在分解前期物理过程如淋溶、粉碎等占主导作用, 在分解后期凋落物的化学组成和分解者活性等生物因素的影响才居于支配地位. 实验地点丰沛的降水无疑加大了淋溶作用的强度, 使得在青冈凋落叶第 1 a 的分解过程中淋溶作用掩盖了化学成分的作用. 随着分解时间的延长, 化学成分的主导作用将逐渐显现出来.

3.3 UV-B 辐射对凋落叶养分释放的影响

植物生长期间接受的增强 UV-B 辐射对叶片化学组成的改变还将影响到其凋落后分解时的养分释放. 森林凋落物分解过程中养分元素的富集与释放有明显的阶段性, 这与凋落物的初始化学组成密切相关. 如 N 的释放与凋落物的 N 含量和 C:N 比关系密切, N 含量在 0.3% ~ 1.4% 范围内时会出现 N 的固定^[37], 在 C:N 比值高于 5 ~ 15 时会一直发生 N 元素的富集, 低于 5 ~ 15 时 N 才会开始释放^[5,38], 这主要是由凋落物的 N 含量能否满足微生物分解者对 N 的需求所决定的. 本研究中, 两种 UV-B 处理下青冈凋落叶的 N 含量和 C:N 比均在上述阈值范围内, 无法满足微生物分解者的 N 需求, 微生物分解者必须从土壤中富集 N 来满足自身的需要, 因此发生了 N 富集^[39]. 而且由于生长在对照组环境下的青冈凋落叶比增强 UV-B 辐射组有显著更低的 N 含量和更高的 C:N 比 (表 1), 因此 N 富集的程度也更强, 甚至达到初始值的 7 倍. 可见, 生长期间接受增强的 UV-B 辐射减缓了青冈凋落叶分解时的 N 富集.

凋落物的 C:P 比值通常被认为是决定 P 元素释放与富集的一个重要因子, 其阈值范围一般为 200 ~ 480^[40,41]. 本研究中, 两种 UV-B 辐射处理下青冈凋落叶的 C:P 比均高于 480 的上限值, 但均表

现出 P 的净释放,且在一定时间内释放速度还存在显著差异,说明在湿润的亚热带地区,青冈凋落叶的 P 释放是一个复杂的过程,是多种因子综合作用的结果,生长期间接受增强的 UV-B 辐射有助于凋落叶分解时 P 的释放. 钾元素易于通过淋溶作用而流失. 本研究中尽管两种 UV-B 辐射处理下青冈凋落叶的 K 含量差异显著,但在前 2 个月的分解过程中均表现出快速释放,且释放速度无显著差异,这说明淋溶对青冈凋落叶分解过程中 K 的释放发挥着重要作用,其已超过了 UV-B 辐射的影响.

4 结论

(1) 青冈幼苗生长期间接受增强的 UV-B 辐射照射改变了其凋落叶的化学组成,使凋落叶中的 N、K 和 P 含量显著增加 ($P < 0.05$), C:N、木质素:N 和 C:P 比显著降低 ($P < 0.05$), 对 C 和木质素含量的影响不显著.

(2) 这种化学组成的改变没有显著影响到凋落叶第 1 a 自然分解的速率 ($P > 0.05$). 生长期间接受的增强 UV-B 辐射促进了凋落叶分解过程中 P 元素的释放,减缓了 N 元素的富集,对 K 元素释放无影响.

参考文献:

- [1] Herman J R. Global increase in UV irradiance during the past 30 years (1979-2008) estimated from satellite data[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2010, **115** (D4): D04203, doi: 10.1029/2009JD012219.
- [2] Li F R, Peng S L, Chen B M, *et al.* A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation[J]. *Acta Oecologica*, 2010, **36**(1): 1-9.
- [3] Flint S D, Ryel R J, Caldwell M M. Ecosystem UV-B experiments in terrestrial communities: a review of recent findings and methodologies [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2003, **120**(1-4): 177-189.
- [4] Austin A T, Ballaré C L. Dual role of lignin in plant litter decomposition in terrestrial ecosystems [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, **107**(10): 4618-4622.
- [5] Manzoni S, Jackson R B, Trofymow J A, *et al.* The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization [J]. *Science*, 2008, **321**(5889): 684-486.
- [6] Parton W, Silver W L, Burke I C, *et al.* Global-scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition [J]. *Science*, 2007, **315**(5810): 361-364.
- [7] 宋新章, 江洪, 张慧玲, 等. 全球环境变化对森林凋落物分解的影响[J]. *生态学报*, 2008, **28**(9): 4414-4423.
- [8] Brandt L A, King J Y, Hobbie S E, *et al.* The role of photodegradation in surface litter decomposition across a grassland Ecosystem precipitation gradient [J]. *Ecosystems*, 2010, **13** (5): 765-781.
- [9] Pancotto V A, Sala O E, Robson T M, *et al.* Direct and indirect effects of solar ultraviolet-B radiation on long-term decomposition [J]. *Global Change Biology*, 2005, **11**(11): 1982-1989.
- [10] 张慧玲, 宋新章, 袁建国, 等. 增强紫外线-B 辐射对凋落物分解的影响研究综述[J]. *浙江林学院学报*, 2010, **27**(1): 134-142.
- [11] Song X Z, Jiang H, Zhang H L, *et al.* Elevated UV-B radiation did not affect decomposition rates of needles of two coniferous species in subtropical China [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2011, **47**(6): 343-348.
- [12] Song X Z, Zhang H L, Chang S X, *et al.* Elevated UV-B radiation increased the decomposition of *Cinnamomum camphora* and *Cyclobalanopsis glauca* leaf litter in subtropical China [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2012, **12**(3): 307-311.
- [13] 宋新章, 张慧玲, 江洪, 等. UV-B 辐射对马尾松凋落叶分解和养分释放的影响 [J]. *生态学报*, 2011, **31** (8): 2106-2114.
- [14] 宋新章, 张慧玲, 江洪, 等. UV-B 辐射对亚热带森林凋落叶氮、磷元素释放的影响 [J]. *环境科学*, 2012, **33** (2): 545-550.
- [15] 宋新章, 张慧玲, 江洪, 等. UV-B 辐射对亚热带森林凋落叶分解的影响 [J]. *林业科学*, 2012, **48**(1): 13-17.
- [16] 张慧玲, 宋新章, 张智婷, 等. UV-B 辐射对杉木凋落叶分解的影响 [J]. *应用生态学报*, 2011, **22**(4): 845-850.
- [17] 李元, 王勋陵, 祖艳群. 增强的 UV-B 辐射对春小麦植株化学成分、真菌定殖和分解的影响 [J]. *应用生态学报*, 2001, **12**(2): 223-225.
- [18] Caldwell M M. Solar ultraviolet radiation and the growth and development of higher plants [A]. In: Giese A C (Ed.). *Photophysiol* [M]. New York: Academic Press, 1971.
- [19] 黄梅玲, 江洪, 金清, 等. UV-B 辐射胁迫下不同起源时期的 3 种木本植物幼苗的生长及光合特性 [J]. *生态学报*, 2010, **30**(8): 1998-2009.
- [20] Pancotto V A, Sala O E, Cabello M, *et al.* Solar UV-B decreases decomposition in herbaceous plant litter in Tierra del Fuego, Argentina: potential role of an altered decomposer community [J]. *Global Change Biology*, 2003, **9** (10): 1465-1474.
- [21] Yue M, Li Y, Wang X L. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on plant nutrients and decomposition of spring wheat under field conditions [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1998, **40**(3): 187-196.
- [22] Gao W, Zheng Y F, Slusser J R, *et al.* Impact of enhanced ultraviolet-B irradiance on cotton growth, development, yield, and qualities under field conditions [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2003, **120**(1-4): 241-248.
- [23] Rozema J, Tosserams M, Nelissen H J M, *et al.* Stratospheric ozone reduction and ecosystem processes: enhanced UV-B radiation affects chemical quality and decomposition of leaves of the dune grassland species *Calamagrostis epigeios* [J]. *Plant*

- Ecology, 1997, **128**(1-2): 284-294.
- [24] 张瑞恒, 刘晓, 田向军, 等. UV-B 辐射增强对反枝苋形态、生理及化学成分的影响[J]. 生态学杂志, 2008, **27**(11): 1869-1875.
- [25] Turtola S, Sallas L, Holopainen J K, *et al.* Long-term exposure to enhanced UV-B radiation has no significant effects on growth or secondary compounds of outdoor-grown Scots pine and Norway spruce seedlings[J]. Environmental Pollution, 2006, **144**(1): 166-171.
- [26] Hoorens B, Aerts R, Stroetenga M. Elevated UV-B radiation has no effect on litter quality and decomposition of two dune grassland species: evidence from a long-term field experiment[J]. Global Change Biology, 2004, **10**(2): 200-208.
- [27] Björn L O, Callaghan T V, Johanson I, *et al.* The effects of UV-B radiation on European heathland species[J]. Plant Ecology, 1997, **128**(1-2): 252-264.
- [28] Newsham K K, Splatt P, Coward P A, *et al.* Negligible influence of elevated UV-B radiation on leaf litter quality of *Quercus robur*[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, **33**(4-5): 659-665.
- [29] Zu Y Q, Li Y, Chen J J, *et al.* Intraspecific responses in grain quality of 10 wheat cultivars to enhanced UV-B radiation under field conditions[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B, 2004, **74**(2-3): 95-100.
- [30] Ernst W H O, Van de Staaij J W M, Nelissen H J M. Reaction of savanna plants from Botswana on UV-B radiation[J]. Plant Ecology, 1997, **128**(1-2): 163-170.
- [31] Cybulski W J III, Peterjohn W T, Sullivan J H. The influence of elevated ultraviolet-B radiation (UV-B) on tissue quality and decomposition of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) needles[J]. Environmental and Experimental Botany, 2000, **44**(3): 231-241.
- [32] Newsham K K, Anderson J M, Sparks T H, *et al.* UV-B effect on *Quercus robur* leaf litter decomposition persists over four years[J]. Global Change Biology, 2001, **7**(4): 479-483.
- [33] 李元, 王勋陵, 胡之德. 增强的 UV-B 辐射对麦田生态系统 Mg 和 Zn 累积和循环的影响[J]. 生态学杂志, 2001, **20**(1): 26-29.
- [34] 李元, 王勋陵. UV-B 辐射增加对麦田生态系统 N、P 累积和循环的影响[J]. 农业环境保护, 2000, **19**(3): 129-132.
- [35] Moody S A, Coop D J S, Paul N D. Effects of elevated UV-B on heathland communities[J]. Journal of Experimental Botany, 1996, **24**(supp 1): 19.
- [36] 宋新章, 江洪, 余树全, 等. 中亚热带森林群落不同演替阶段优势种凋落物分解试验[J]. 应用生态学报, 2009, **20**(3): 537-542.
- [37] Berg B, Staaf H. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter[J]. Ecological Bulletins, 1981, **33**(1): 163-178.
- [38] McLaugherty C A, Pastor J, Aber J D, *et al.* Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality[J]. Ecology, 1985, **66**(1): 266-275.
- [39] Manzoni S, Trofymow J A, Jackson R B, *et al.* Stoichiometric controls on carbon, nitrogen, and phosphorus dynamics in decomposing litter[J]. Ecological Monographs, 2010, **80**(1): 89-106.
- [40] Gosz J R, Likens G E, Bormann F H. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook Forest, New Hampshire[J]. Ecological Monographs, 1973, **43**(2): 173-191.
- [41] Dziadowiec H. The decomposition of plant litter fall in an oak-linden-hornbeam forest and an oak-pine mixed forest of Białowieza National Park [J]. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 1987, **56**(1): 169-185.

CONTENTS

Concentrations and Ozone Formation Potentials of BTEX During 2008-2010 in Urban Beijing, China	CAO Han-yu, PAN Yue-peng, WANG Hui, <i>et al.</i> (2065)
Aging and Mixing State of Particulate Matter During Aerosol Pollution Episode in Autumn Shanghai Using a Single Particle Aerosol Mass Spectrometer (SPAMS)	MU Ying-ying, LOU Sheng-rong, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (2071)
Chemical Characteristics and Source Assessment of Rainwater at Shenyang	ZHANG Lin-jing, ZHANG Xiu-ying, JIANG Hong, <i>et al.</i> (2081)
Variation of Atmospheric Pollutants in Qinhuangdao City	LIU Lu-ning, SHEN Yu-xuan, XIN Jin-yuan, <i>et al.</i> (2089)
NH ₃ , N ₂ O, CH ₄ and CO ₂ Emissions from Growing Process of Caged Broilers	ZHOU Zhong-kai, ZHU Zhi-ping, DONG Hong-min, <i>et al.</i> (2098)
Synergetic Effects of Silicon Carbide and Molecular Sieve Loaded Catalyst on Microwave Assisted Catalytic Oxidation of Toluene	WANG Xiao-hui, BO Long-li, LIU Hai-nan, <i>et al.</i> (2107)
Removal of Mixed Waste Gases by the Biotrickling Filter	ZHANG Ding-feng, FANG Jun-yi, YE Jie-xu, <i>et al.</i> (2116)
Decomposition of Carbon Disulfide by Pulse Corona Under Oxidizing and Reducing Atmosphere	JIN Sheng, HUANG Li-wei, LI Guo-ping (2121)
Effects of Simulated Elevation of Atmospheric CO ₂ Concentration on the Physiological Features of Spring Phytoplankton in Taihu Lake	ZHAO Xu-hui, TANG Long-sheng, SHI Xiao-li, <i>et al.</i> (2126)
A New Method for Estimation the Lake Quality Reference Condition	HUA Zu-lin, WANG Liang (2134)
Parameter Sensitivity Analysis of Runoff Simulation and Model Adaptability Research Based on HSPF	LI Yan, LI Zhao-fu, XI Qing (2139)
Study on Water Quality Monitoring Scheme Based on Non-Point Source Pollution	WU Xi-jun, LI Hui-en, LI Jia-ke, <i>et al.</i> (2146)
Characteristics of Nutrient Loss by Runoff in Sloping Arable Land of Yellow-brown Under Different Rainfall Intensities	CHEN Ling, LIU De-fu, SONG Lin-xu, <i>et al.</i> (2151)
Distribution of Dissolved Inorganic Nutrients and Dissolved Oxygen in the High Frequency Area of Harmful Algal Blooms in the East China Sea in Spring	LI Hong-mei, SHI Xiao-yong, CHEN Peng, <i>et al.</i> (2159)
Temporal-Spatial Distribution of Algal Cells During Drought Period in Daning River of Three Gorges	ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, WANG Kun, <i>et al.</i> (2166)
Bioavailability of Dissolved Organic Nitrogen Components in the Lake Sediment to Algae	FENG Wei-ying, ZHANG Sheng, JIAO Li-xin, <i>et al.</i> (2176)
Influence of Decomposition of <i>Cladophora</i> sp. on Phosphorus Concentrations and Forms in the Overlying Water	HOU Jin-zhi, WEI Quan, CAO Li, <i>et al.</i> (2184)
Phosphorus Exchange Between Suspended Solids Sediments Overlying Water Under Repeated Disturbance	LI Da-peng, WANG Jing, HUANG Yong (2191)
Distribution Characteristics of PBDEs in Surface Sediment from the Three Gorges Reservoir of Yangtze River	LI Kun, ZHAO Gao-feng, ZHOU Hui-dong, <i>et al.</i> (2198)
Study on UV and H ₂ O ₂ Combined Inactivation of <i>E. coli</i> in Drinking Water	ZHANG Yi-qing, ZHOU Ling-ling, ZHANG Yong-ji (2205)
Kinetics and Influencing Factors of Dimethyl Phthalate Degradation in Aqueous Solution by Ozonation	YU Li, ZHANG Pei-long, HOU Jia-cai, <i>et al.</i> (2210)
Effects of Nitrate Ion on Monomethylmercury Photodegradation in Water Body	MAO Wen, SUN Rong-guo, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (2218)
Chlorination of Ethynyl Estradiol: A Kinetic and Mechanistic Study	WANG Bin-nan, LIU Guo-qiang, KONG De-yang, <i>et al.</i> (2225)
Metal Ions Restrain the Elimination of 4- <i>tert</i> -Octylphenol by δ -MnO ₂	LI Fei-li, MOU Hua-qian (2232)
Removal of Bisphenol A in Aqueous Solutions by Core-shell Magnetic Molecularly Imprinted Polymers	LIU Jian-ming, LI Hong-hong, XIONG Zhen-hu (2240)
Research on Removal of Tetrabromobisphenol A from Synthetic Wastewater by Nanoscale Zero Valent Iron Supported on Organobentonite	YAN Meng-yue, PANG Zhi-hua, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> (2249)
Measurement of Dissolved Organic Nitrogen with Nanofiltration Pretreatment and Its Distribution Characteristics in Landscape Water	YU Hong-lei, HUO Shou-liang, YANG Zhou-sheng, <i>et al.</i> (2256)
Preparation of a Novel Modified Hydrogel and Study of Its Adsorption Performance	WU Ning-mei, LI Zheng-kui (2263)
Photocatalytic Reductive Degradation of Direct Red 4BE by Posphotungstic Acid	WEI Hong, LI Ke-bin, LI Juan, <i>et al.</i> (2271)
Wastewater Treatment Using a Microbubble Aerated Biofilm Reactor	ZHANG Lei, LIU Ping, MA Jin, <i>et al.</i> (2277)
Research on Fenton Treatment of the Biochemical Processes Effluent of Bamboo Industry Wastewater	GUO Qing-wen, ZHANG Min, WANG Wei, <i>et al.</i> (2283)
Effect of Fe ²⁺ on Fermentation Hydrogen Production in an UASB	LI Yong-feng, WANG Yi-xuan, CHENG Guo-ling, <i>et al.</i> (2290)
Influence of Substrate Concentration on PHA Production Using Fermented Sugar Cane as Substrate	CHEN Zhi-qiang, DENG Yi, HUANG Long, <i>et al.</i> (2295)
Study on Rapid Start-up of a Nitrifying Process Using Aerobic Granular Sludge as Seed Sludge	LIU Wen-ru, SHEN Yao-liang, DING Ling-ling, <i>et al.</i> (2302)
Influencing Factors of High-Concentration Lead Removal Using the Phosphorus-Accumulating Sludge	YANG Min, LU Long, FENG Yong, <i>et al.</i> (2309)
Preliminary Study on Characteristics of Volumetric Oxygen Transfer Coefficient in Granular Sludge Systems	LI Zhi-hua, FAN Chang-qing, WANG Xiao-chang (2314)
Ecological Risk Assessment of Bisphenol A in Chinese Freshwaters	WANG Hao, FENG Cheng-lian, GUO Guang-hui, <i>et al.</i> (2319)
Species Sensitivity Evaluation of <i>Pseudorasbora parva</i>	WANG Xiao-nan, LIU Zheng-tao, YAN Zhen-guang, <i>et al.</i> (2329)
Comparison of Aquatic Predicted No-Effect Concentrations (PNECs) for Pentachlorophenol Derived from Different Assessment Approaches	LEI Bing-li, WEN Yu, WANG Yi-pei, <i>et al.</i> (2335)
Study on Hair Hg and Pb Content Distribution of Traffic Polices, Guilin	QIAN Jian-ping, ZHANG Li, LI Cheng-chao, <i>et al.</i> (2344)
Changes in Phototaxical Index of <i>Daphnia carinata</i> Under Electric Field of Direct Current in Response to Cr ⁶⁺ and Hg ²⁺	WANG Fei-xiang, YUAN Ling, HUANG Jian-guo (2350)
Effect of UV-B Radiation on the Chemical Composition and Subsequent Decomposition of <i>Cyclobalanopsis glauca</i> Leaf Litter	SONG Xin-zhang, BU Tao, ZHANG Shui-kui, <i>et al.</i> (2355)
Leaf Micro-morphology and Features in Adsorbing Air Suspended Particulate Matter and Accumulating Heavy Metals in Seven Tress Species	LIU Ling, FANG Yan-ming, WANG Shun-chang, <i>et al.</i> (2361)
Effect of Dissolved Oxygen on Microbial Community in Simultaneous Removal of Carbon, Nitrogen and Sulfur Process	YU Hao, CHEN Chuan, ZHANG Li, <i>et al.</i> (2368)
Microbial Activity and Community Structure Analysis Under the Different Land Use Patterns in Farmland Soils: Based on the Methods PLFA and MicroResp TM	CHEN Xiao-juan, WU Xiao-hong, LIU Shou-long, <i>et al.</i> (2375)
Effects of Drying-rewetting Alternation on Nitrogen Dynamics in a Typical Coastal Wetland: A Simulation Study	HAN Jian-gang, CAO Xue (2383)
Cadmium and Selected Heavy Metals in Soils of Jianping Area in Wushan County, the Three Gorges Region: Distribution and Source Recognition	LIU Yi-zhang, XIAO Tang-fu, NING Zeng-ping, <i>et al.</i> (2390)
Total Contents of Heavy Metals and Their Chemical Fractionation in Agricultural Soils at Different Locations of Beijing City	CHEN Zhi-fan, ZHAO Ye, GUO Ting-zhong, <i>et al.</i> (2399)
Influence of Season Change on the Level of Heavy Metals in Outdoor Settled Dusts in Different Functional Areas of Guiyang City	LI Xiao-yan (2407)
Characteristics of Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls Contamination in Soils of Gudao Region in Dongying	WANG Deng-ge, CUI Zhao-jie, FU Xiao-wen, <i>et al.</i> (2416)
Effects of Simulated Nitrogen Deposition on Organic Matter Leaching in Forest Soil	DUAN Lei, MA Xiao-xiao, YU De-xiang, <i>et al.</i> (2422)
<i>Ex-situ</i> Remediation of PAHs Contaminated Site by Successive Methyl- β -Cyclodextrin Enhanced Soil Washing	SUN Ming-ming, TENG Ying, LUO Yong-ming, <i>et al.</i> (2428)
Effects of <i>Bacillus mucilaginosus</i> on the Cd Content of Rhizosphere Soil and Enzymes in Soil of <i>Brassica juncea</i>	YANG Rong, LI Bo-wen, LIU Wei (2436)
Concentrations of Antibiotics in Vegetables from Manure-mended Farm	WU Xiao-lian, XIANG Lei, MO Ce-hui, <i>et al.</i> (2442)
Characteristics of Organic Nitrogen Mineralization in Organic Waste Compost-Amended Soil	ZHANG Xu, XI Bei-dou, ZHANG Yue, <i>et al.</i> (2448)
Characteristics and Influence Factors of the Energy Consumption and Pollutant Discharge of Municipal Solid Waste Transfer Stations in Beijing	WANG Zhao, LI Zhen-shan, FENG Ya-bin, <i>et al.</i> (2456)
Influence of Ammonia on Leaching Behaviors of Incineration Fly Ash and Its Geochemical Modeling	GUAN Zhen-zhen, CHEN De-zhen, Thomas Astrup (2464)
Pretreatment Technology for Fly Ash from MSWI and the Corresponding Study of Chloride Behavior	ZHU Fen-fen, Takaoka Masaki, Oshita Kazuyuki, <i>et al.</i> (2473)
Preparation, Characterization and Adsorption Performance of Mesoporous Activated Carbon with Acidic Groups	LI Kun-quan, LI Ye, ZHENG Zheng, <i>et al.</i> (2479)
Preliminary Assessment of the Potential of Biochar Technology in Mitigating the Greenhouse Effect in China	JIANG Zhi-xiang, ZHENG Hao, LI Feng-min, <i>et al.</i> (2486)
Research of Potassium Flow and Circulation Based on Substance Flow Analysis	BAI Hua, ZENG Si-yu, DONG Xin, <i>et al.</i> (2493)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

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 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 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)

2013年6月15日 34卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 6 Jun. 15, 2013

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	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
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	中国国际图书贸易总公司 (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: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行