ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第35卷 第1期

Vol.35 No.1

2014

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版

环境科学
(HUANJING KEXUE)
ENVIRONMENTAL SCIENCE
第35卷 第1期
2014年1月15日

目 次

雾霾重污染期间北京居民对高浓度 $PM_{2.5}$ 持续暴露的健康风险及其损害价值评估 …… 谢元博,陈娟,李巍(1)
长白山 $PM_{2.5}$ 中水溶性离子季节变化特征研究 …… 赵亚南,王跃思,温天雪,戴冠华(9)
青岛大气颗粒物数浓度变化及对能见度的影响 …… 柯馨姝,盛立芳,孔君,郝泽彤,屈文军(15)
重庆市大气二噁英污染水平及季节变化 …… 张晓岭,卢益,朱明吉,蹇川,郭志顺,邓力,孙静,张芹,罗财红(22)
西南地区再生铝冶炼行业二噁英大气排放 …… 卢益,张晓岭,郭志顺,蹇川,朱明吉,邓力,孙静,张芹(30)
西南地区新型干法水泥生产中的二噁英大气排放 …… 张晓岭,卢益,蹇川,郭志顺,朱明吉,邓力,孙静,张芹(35)
杭州市办公场所室内空气中 PBDEs 的污染现状与特征 …… 蒋欣慰,孙鑫,裴小强,金漫彤,李云龙,沈学优(41)
模拟不同排放源排放颗粒及多环芳烃的粒径分布研究 …… 符海欢,田娜,商惠斌,张彬,叶素芬,陈晓秋,吴水平(46)
川东北地区元素大气沉降通量及其季节变化 …… 童晓宁,周厚云,游镇烽,汤静,刘厚均,黄颖,贺海波(53)
重庆市铁山坪 2001~2010 年酸沉降变化 …… 余德祥,马萧萧,谭炳全,赵大为,张冬保,段雷(60)
汉江上游金水河流域氮湿沉降 …… 王金杰,张克荣,吴川,张全发(66)
麦秸及其烟尘中正构脂肪酸的组成 …… 刘刚,李久海,吴丹,徐慧(73)
兰州市室内大气降尘环境磁学特征及其随高度变化研究 …… 吴铎,魏海涛,赵瑞瑞,张蕊,刘建宝(79)
中亚热带针阔混交林土壤-大气界面释汞通量研究 …… 马明,王定勇,申源源,孙荣国,黄礼昕(85)
水稻秸秆生物炭对耕地土壤有机碳及其 CO_2 释放的影响 …… 柯跃进,胡学玉,易卿,余忠(93)
黄海和东海海域溶解铋地球化学分布特征 …… 吴晓丹,宋金明,吴斌,李学刚(100)
浑河上游(清原段)水环境中重金属时空分布及污染评价 …… 马迎群,时瑶,秦延文,郑丙辉,赵艳民,张雷(108)
POCIS 采样技术应用于九龙江流域水环境中雌激素的检测 …… 张利鹏,王新红,李永玉,吴玉玲,张祖麟(117)
降雨条件下岩溶地下水微量元素变化特征及其环境意义 …… 陈雪彬,杨平恒,蓝家程,莫雪,师阳(123)
锡林河流域地表水水化学主离子特征及控制因素 …… 唐玺雯,吴锦奎,薛丽洋,张明泉,Frauke Barthold,Lutz Breuer,Hans-Georg Frede(131)
子牙河水系河流氮素组成及空间分布特征 …… 赵钰,单保庆,张文强,王超(143)
水稻种植对中亚热带红壤丘陵区小流域氮磷养分输出的影响 …… 宋立芳,王毅,吴金水,李勇,李裕元,孟岑,李航,张满意(150)
黄东海表层沉积物中磷的分布特征 …… 宋国栋,刘素美,张国玲(157)
河流沉积物中有机磷提取剂(NaOH-EDTA)提取比例与机制研究 …… 张文强,单保庆,张洪,唐文忠(163)
沉积物短期扰动下 BAPP 再生和转化机制 …… 武晓飞,李大鹏,汪明(171)
三峡库区典型农村型消落带沉积物风险评价与重金属来源解析 …… 敖亮,雷波,王业春,周谐,张晟(179)
太湖东部不同类型湖区疏浚后沉积物重金属污染及潜在生态风险评价 …… 毛志刚,谷孝鸿,陆小明,曾庆飞,谷先坤,李旭光(186)
滇池沉积物中主要污染物含量时间分异特征研究 …… 王心宇,周丰,伊旋,郭怀成(194)
浓度层析荧光光谱局部匹配溢油鉴别技术 …… 王春艳,史晓凤,李文东,张金亮(202)
光电 Fenton 技术处理污泥深度脱水液研究 …… 王现丽,王世峰,吴俊峰,濮文虹,杨昌柱,张敬东,杨家宽(208)
同步脱氮除磷颗粒污泥硝化反硝化特性试验研究 …… 刘小英,林慧,马兆瑞,王磊,刘静伟,郭超,姜应和(214)
垃圾填埋场渗滤液短程生物脱氮的长期稳定性实验研究 …… 孙洪伟,郭英,彭永臻(221)
油田区土壤石油烃组分残留特性研究 …… 胡迪,李川,董倩倩,李立明,李广贺(227)
水稻光合同化碳在土壤中的矿化和转化动态 …… 谭立敏,彭佩钦,李科林,李宝珍,聂三安,葛体达,童成立,吴金水(233)
土地利用及退耕对喀斯特山区土壤活性有机碳的影响 …… 廖洪凯,李娟,龙健,张文娟,刘灵飞(240)
水稻土团聚体 Cu^{2+} 吸附过程中铝的溶出及土壤溶液 pH 变化 …… 许海波,赵道远,秦超,李玉姣,董长勋(248)
Cr(Ⅵ)对两种黏土矿物在单一及复合溶液中Cu(Ⅱ)吸附的影响 …… 刘娟娟,梁东丽,吴小龙,屈广周,钱勋(254)
淹水时长对 3 种丛枝菌根(AM)真菌侵染 2 种湿地植物的影响 …… 马雷猛,王鹏腾,王曙光(263)
太湖水质与水生生物健康的关联性初探 …… 周笑白,张宁红,张咏,牛志春,刘雷,于红霞(271)
3 种典型污染物对水生生物的急性毒性效应及其水质基准比较 …… 姜东生,石小荣,崔益斌,李梅(279)
某制药废水对发光细菌急性毒性的评价研究 …… 杜丽娜,杨帆,穆玉峰,余若祯,左剑恶,高俊发,余忻,滕丽君,汤薪瑶(286)
异丙甲草胺与锌共存对斜生栅藻毒性手性差异影响 …… 胡晓娜,张淑娴,陈彩东,刘惠君(292)
Biotic Ligand Model 的简化模型及预测性能评价 …… 王万宾,陈莎,吴敏,苏德丽,赵婧(299)
基于 USEtox 的焦化行业优先污染物筛选排序研究 …… 郝天,杜鹏飞,杜斌,曾思育(304)
微囊藻毒素降解菌 *Paucibacter* sp. CH 菌的分离鉴定及其降解特性 …… 游狄杰,陈晓国,向荟圯,欧阳潦,杨冰(313)
硝酸盐抑制油田采出水中硫酸盐还原菌活性研究 …… 杨德玉,张颖,史荣久,韩斯琴,李光哲,李国桥,赵劲毅(319)
降解纤维素产甲烷的四菌复合系 …… 吴俊妹,马安周,崔萌萌,于清,齐鸿雁,庄绪亮,庄国强(327)
中国陆地生态系统土壤异养呼吸变异的影响因素 …… 谢薇,陈书涛,胡正华(334)
内蒙古羊草草原根呼吸和土壤微生物呼吸区分的研究 …… 史晶晶,耿元波(341)
南京河流夏季水-气界面 N_2O 排放通量 …… 韩洋,郑有飞,吴荣军,尹继福,孙霞(348)
杀菌剂对湖泊水体温室气体浓度分析的影响 …… 肖启涛,胡正华,James Deng,肖薇,刘寿东,李旭辉(356)
生物表面活性剂强化剩余污泥微生物燃料电池产电特性研究 …… 彭海利,张植平,李小明,杨麒,罗琨,易欣(365)
不同硅铝比 Fe-ZSM-5 催化剂对氧化亚氮催化分解性能的研究 …… 卢仁杰,张新艳,郝郑平(371)
硫酸铵和尿素对废物焚烧过程中多种途径生成氯苯类的抑制作用 …… 严密,祁志福,李晓东,胡艳军,陈彤(380)
县域尺度的京津冀都市圈 CO_2 排放时空演变特征 …… 汪浩,陈操操,潘涛,刘春兰,陈龙,孙莉(385)
保水剂性能及其农用安全性评价研究进展 …… 李希,刘玉荣,郑袁明,贺纪正(394)
《环境科学》征订启事(65) 《环境科学》征稿简则(220) 信息(226,270,298,364)

麦秸及其烟尘中正构脂肪酸的组成

刘刚，李久海，吴丹，徐慧
（南京信息工程大学环境科学与工程学院，南京 210044）

摘要：在不同燃烧条件下对 6 种麦草进行焚烧，并利用 GC/MS 对麦秸和烟尘中的正构脂肪酸进行了测定. 结果表明，烟尘中含有碳数 C_8 ~ C_{32}的正构脂肪酸. 在明火烟尘中，正构脂肪酸总含量分布于1 509. 3 ~ 10 543. 7 mg·kg^{-1}之间，平均值为5 871. 2 mg·kg^{-1}. 其轻（C_8 ~ C_{16}）、重（C_{17} ~ C_{32}）正构脂肪酸含量之比（L/H）为 0. 8 ~ 5. 3，平均值为 2. 8；C_{14}/C_{16}、C_{28}/C_{16}、C_{30}/C_{16}等比值的平均值分别为 16. 5%、14. 1%、11. 4%. 正构脂肪酸呈双峰式分布，其主峰碳数是 C_{16}，次峰碳数是 C_{28}或 C_{30}，且具有显著的偶碳数优势. 其碳优势指数（CPI）和平均碳链长度（ACL）的平均值分别为 19. 8 和 18. 2. 在闷烧烟尘中，正构脂肪酸的总含量为5 799. 3 ~ 37 244 mg·kg^{-1}，平均值为15 838. 6 mg·kg^{-1}. 其 L/H 值介于 1. 2 ~ 5. 6 之间，平均为 4. 2；C_{14}/C_{16}、C_{28}/C_{16}、C_{30}/C_{16}的平均值分别为 12. 7%、10. 1%、6. 0%. 闷烧烟尘中正构脂肪酸的分布模式与明火烟尘的类似，其 CPI 和 ACL 的平均值分别为 24. 7 和 17. 7. 总之，虽然两类烟尘和麦秸中的正构脂肪酸均具有类似的分布模式和偶碳数优势，但三者在组成上仍然存在明显的差别. 这有助于识别大气气溶胶中麦秸及其燃烧排放的正构脂肪酸.

关键词：麦秸；明火燃烧；闷烧；烟尘；正构脂肪酸
中图分类号：X131. 1　**文献标识码**：A　**文章编号**：0250-3301（2014）01-0073-06

Chemical Compositions of *n*-Alkanoic Acids in Wheat Straw and Its Smoke

LIU Gang，LI Jiu-hai，WU Dan，XU Hui
（School of Environmental Science and Engineering，Nanjing University of Information Science & Technology，Nanjing 210044，China）

Abstract：Wheat straws of six genotypes were burned under different conditions，and *n*-alkanoic acids in the straw and its smoke were measured by GC/MS. The results showed that the carbon number of the fatty acids in all the smoke ranged from C_8 to C_{32}. In the flaming smoke，the total amounts of the compounds varied from 1 509. 3 to 10 543. 7 mg·kg^{-1}，with a mean value of 5 871. 2 mg·kg^{-1}. And the content ratio values of *n*-alkanoic acids with low carbon number（C_8 to C_{16}）to those with high carbon number（C_{17} to C_{32}）（L/H）were between 0. 8 and 5. 3，with an average of 2. 8. In addition，the mean values for C_{14}/C_{16}，C_{28}/C_{16} and C_{30}/C_{16} were 16. 5%，14. 1% and 11. 4%，respectively. The distribution of the compounds in the smoke was bimodal with the peak carbon number of C_{16} followed by C_{28} or C_{30}，and it showed an even carbon number preference. The mean values of carbon preference index（CPI）and average carbon chain length（ACL）were 19. 8 and 18. 2，respectively. In the smoldering smoke，the total amounts of the fatty acids were in the range of 5 799. 3 to 37 244 mg·kg^{-1}，and the mean was 15 838. 6 mg·kg^{-1}. Moreover，the L/H ratios varied from 1. 2 to 5. 6，with a mean value of 4. 2. The average ratio values for C_{14}/C_{16}，C_{28}/C_{16} and C_{30}/C_{16} were 12. 7%，10. 1% and 6. 0%，respectively. The content distribution pattern of the compounds was similar to that in the flaming smoke，and the mean values of CPI and ACL were 24. 7 and 17. 7，respectively. In general，*n*-alkanoic acids in both wheat straw and its two types of smoke had similar distribution modes，both with even carbon number preference，but there was prominent distinction among the chemical compositions of the compounds in the straw and the smokes. This is maybe useful in identifying the organic matter from wheat straw or its smoke in the atmospheric aerosol.

Key words：wheat straw；flaming combustion；smolder；smoke；*n*-alkanoic acids

正构脂肪酸是大气气溶胶的主要有机成分之一[1~6]. 植物风化碎屑是其重要来源. 农业秸秆、草、灌木、乔木等生物质在燃烧过程中会排放正构脂肪酸[7~18]. 煤、石油等化石燃料的燃烧也产生此类污染物[19,20]. 秸秆在露天焚烧过程中向大气排放了大量的烟尘[21~23]. 小麦作为我国的一种主要粮食作物，其秸秆产量在作物秸秆总产量中占有较大的比例[24,25]. 因此，麦秸燃烧活动对大气气溶胶中的正构脂肪酸有着很大的贡献. 目前，虽然对不同类型生物质燃烧排放烟尘中正构脂肪酸的组成，以及排放因子进行了大量的研究，但对燃烧方式与烟尘中正构脂肪酸组成之间的关系却关注较少[7~18]. 对我国 6 个品种的麦秸在不同燃烧条件下进行了燃烧试验，对麦秸及其烟尘中的正构脂肪酸开展了研究，初步探讨两者在正构脂肪酸组成上的差异，以期为识别气溶胶中麦草及其燃烧来源的正构脂肪酸提供参考.

收稿日期：2013-04-23；**修订日期**：2013-06-28
基金项目：国家自然科学基金项目（41073019）
作者简介：刘刚（1965 ~ ），男，教授，主要研究方向为大气污染化学，E-mail：liugang650104@ sina. com

1 材料与方法

1.1 秸秆采集与制备

2010～2012 年共采集了 6 个品种的小麦秸秆. 扬麦 10、扬麦 16、烟农 10 等品种采自江苏；矮抗 58、温六、西农 979 均采自河南. 在制备测定秸秆中正构脂肪酸用的样品时，取适量完整的麦秸，用剪刀剪至小段，用清水冲去表面的泥土. 将洁净的碎样在 50℃烘烤 12 h，用植物粉碎机粉碎至 60 目. 对于焚烧用的麦秆，在室内自然风干，临烧前拣去杂物，抖去灰尘.

1.2 燃烧试验与烟尘采集

模拟秸秆的 2 种田间焚烧方式，明火燃烧和闷烧，在一面积为 20 m^2 的房间内进行燃烧试验. 在模拟明火燃烧时，取每种麦秸 0.5 kg，自然堆放在一张铁盘上点燃. 闷烧时取秸秆 0.2 kg，点燃使之发烟但不产生明火[7].

用一台小流量(28.3 L·min^{-1})大气颗粒物采样器(AH-200 型，美国 Tisch Environmental，Inc)采集排放到室内空气中的烟尘(PM_{10}). 采样器离火堆 2 m，距地面 1.2 m. 点燃秸秆后即开始采样，每个样持续采集 1 h. 采样期间保持门窗关闭，以减少烟尘向外扩散. 采样所用的玻璃纤维滤膜在使用前于 500℃灼烧 2 h，冷却后置于干燥器中在室温下平衡 24 h. 采样后的滤膜同样在室温下于干燥器中平衡 24 h 后再称重. 烟尘样品用铝箔(在 500℃灼烧2 h)包裹，冷冻保存.

1.3 有机物提取与测定

称取麦秸粉末 4 g 或者取采集了烟尘的玻璃纤维滤膜 0.5～1 张，每次加入二氯甲烷/甲醇混合液(2∶1，体积比)10 mL，于室温下超声振荡 15 min，共重复提取 3 次. 合并提取液，以3 000 r·min^{-1}的转速离心 2 min，用旋转蒸发器在 40℃浓缩上清液至 3 mL，再用氮吹仪在 40℃吹至近干. 加入 2 mL 1 mol·L^{-1}的 KOH 甲醇/水溶液(4∶1，体积比)和 1 mL去离子水，在 60℃皂化 2 h. 先后用 3 mL 二氯甲烷提取皂化溶液内的中性组分各 3 次. 向剩余的皂化溶液内加入 6 mol·L^{-1} 稀盐酸进行酸化处理(pH = 1)，共用 7 mL 二氯甲烷萃取其中的有机酸组分，并用氮吹仪将提取液吹至近干. 以 BF_3/MeOH (200 μL)在 60℃对其衍生 2 h. 衍生液浓缩后用乙酸乙酯定容至 0.5 mL.

用气质联用仪(6890N/5975GC-MS 型，美国安捷伦公司)对上述衍生物进行测定. 所用色谱柱为 Agilent-5MS(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)非极性石英毛细管色谱柱；载气流量 1 mL·min^{-1}，汽化温度 300℃，进样量 1 μL(不分流)；升温程序：初始温度 60℃，保持 2 min，以5℃·min^{-1}升温至 300℃，保持 35 min. 根据质量数为 74 的离子色谱峰面积进行外标法定量. 每个样品测定一次. 定量用的正十二酸甲酯～正二十四酸甲酯混合标准物质购自美国 Nu Chek Prep，Inc. 以正十六酸进行了加标回收试验，回收率达 70%～110%，基本符合要求.

2 结果与讨论

2.1 麦草中正构脂肪酸的组成

麦秸中含有碳数为 C_8～C_{32} 的正构脂肪酸(表1). 不同品种麦草中正构脂肪酸的总含量差别巨大. 烟农 10 的总含量最高(644.9 mg·kg^{-1})，矮抗 58 的最低(41.3 mg·kg^{-1})，两者相差 14.6 倍. 麦草中正构脂肪酸的平均总含量为335.9 mg·kg^{-1}. 其低碳数(C_8～C_{16})和高碳数(C_{17}～C_{32})正构脂肪酸的含量之比(L/H)分布于 1.3～9.2 之间，其平均值为 5.5. 表明低碳数正构脂肪酸，尤其是正十六酸，是麦秸中正构脂肪酸的主要组分.

麦草中正十四酸与正十六酸的含量比(C_{14}/C_{16})为 6.0%～52.0%，平均为 27.8%；正二十八酸与正十六酸的含量比(C_{28}/C_{16})为 1.7%～21.4%，平均为 8.1%；正三十酸与正十六酸的含量比(C_{30}/C_{16})为 3.5%～11.3%，平均值为 6.8%.

就含量分布模式而言，麦草中的正构脂肪酸具有双峰式分布的趋势. 其主峰碳数是 C_{16}，次峰碳数是 C_{28}(图 1). C_9～C_{32}正构脂肪酸的偶碳数优势极为显著. 其碳优势指数(CPI)介于 5.8～40.3 之间，平均值为 20.2. C_8～C_{32}的平均碳链长度(ACL)的分布区间是 15.7～19.5，平均值为 17.3.

2.2 明火烟尘中正构脂肪酸的组成

在麦草明火燃烧产生的烟尘中，正构脂肪酸的组成与麦秸的类似，其碳数变化范围是 C_8～C_{32}. 这与前人的研究结果基本一致[9,11]. 各品种的总含量分布区间是1 509.3～10 543.7 mg·kg^{-1}，平均值为 5 871.2 mg·kg^{-1}. 其中最高值与最低值相差 6 倍，明显小于麦秸中总含量的差别. 从西农 979 的明火烟尘中检出的正构脂肪酸单体明显少于其他 5 种麦秸，这是其 L/H 值明显偏大的原因. 除此之外，在其余 5 种麦草的明火烟尘中 L/H 值分布于 0.8～5.3 之间，平均值为 2.8. 该值明显小于麦秸的 L/H 平均值，表明在明火燃烧过程中麦草中原有的一部

表 1 麦草及烟尘中正构脂肪酸的含量和参数值[1)]

Table 1 Proxies and contents of individual *n*-alkanoic acids in wheat straw and its smoke

项目	烟农 10			温六			矮抗 58			扬麦 10			西农 979			扬麦 16		
	麦草	明火	闷烧	麦草	明火	闷烧	麦草	明火	闷烧	麦草	明火	闷烧	麦草	明火	闷烧	麦草	明火	闷烧
C_8		39.4	127.9		77.6	46.6		39.4	50.2	0.8	73.4	98.6			81.8			519.9
C_9	1.1	35.1	93.9		82.7	47.1		26.1	39.3	1.1	41.8	70.3	2.5		73.8	3.8		540.9
C_{10}	1.6	18.8	52.5	0.5	72.8	36.3	0.6	25.5	36.4	0.7	60.7	36.4	1.8		56.6	3.9	137.2	465.1
C_{11}		13.9	31.2		30.8	15.4			19.4		25.7	13.6		9.3	27.1	3.8	70.1	345.5
C_{12}	6.6	79.1	187.8	1.9	133.5	61.3	1.6	69.8	81.3	4.3	128.2	96.8	4.5	37.5	88.0	6.1	73.9	1 119.5
C_{13}	0.6		29.5	0.3	34.1	12.4		20.0	9.3	0.3		9.1	0.5		18.8	4.0	68.5	408.5
C_{14}	61.6	481.4	846.7	14.2	1 320.1	644.1	11.6	502.8	722.8	29.6	459.7	504.7	21.8	258.7	918.5	16.9	105.5	2 721.2
C_{15}	5.5	50.6	147.6	1.2	213.6	85.3	1.0	73.3	75.9	4.0	96.6	72.2	1.9	47.3	117.0	10.9	84.7	1 118.6
C_{16}	407.4	3 357.2	9 446.2	29.4	6 893.1	4 653.9	22.3	2 010.0	3 647.9	324.4	3 573.8	14 596.5	60.5	1 088.4	9 741.7	281.8	2 829.1	13 184.8
C_{17}	3.1	17.6	73.6	0.3	62.0	30.1		19.7	24.8	2.8	35.1	29.4	0.7		42.3	8.7	156.9	423.0
C_{18}	15.6	59.0	296.3	1.3	219.1	94.2	1.2	69.9	79.3	29.2	201.2	250.4	2.2	48.8	130.1	29.4	401.4	2 218.5
C_{19}	0.6															4.9	150.3	202.8
C_{20}	9.1	24.8	95.3	0.4	88.2	36.6	0.5	31.6	37.0	6.8	71.7	64.0	0.8	19.3	71.0	14.3	250.2	875.4
C_{21}	3.0									2.4					24.6	8.4	165.5	478.9
C_{22}	23.1	37.5	110.2	1.0	118.9	49.4	0.7	44.3	42.2	18.1	102.3	119.2	2.0		131.3	35.3	282.4	2 279.8
C_{23}	10.0	16.5	51.7	0.5	45.4	26.8		19.8	17.2	8.6	34.6	53.9	0.8		44.9	17.9	199.0	1 318.1
C_{24}	17.7	66.4	176.5	0.7	110.6	81.2	0.9	36.4	45.3	18.9	137.4	283.9	1.4		173.8	29.7	279.9	1959.4
C_{25}	3.1	17.1	62.2			38.2		17.6	34.2	4.5		52.1	0.5		42.9	9.4	209.7	444.4
C_{26}	16.1	110.7	220.9	0.5	96.8	94.5	0.5	56.7	103.3	16.3	166.3	252.2	0.8		173.3	21.6	305.6	1352.9
C_{27}	1.6	16.5	33.3							2.9		41.7				6.8	199.7	227.2
C_{28}	38.6	471.8	869.8	0.7	358.0	304.6	0.4	321.8	385.4	69.5	810.1	957.0	1.0		619.7	32.9	356.7	2 835.2
C_{29}	1.3	15.6	57.8			25.6		22.5	30.0	3.3	43.1	44.8			36.1	6.5	208.2	227.8
C_{30}	14.1	233.4	453.6		396.9	246.2		349.6	268.8	36.7	485.3	477.3			523.1	15.6	378.2	1 306.9
C_{31}																	221.1	131.9
C_{32}	3.5	57.6	182.4		189.5	101.2		68.6	49.3	6.8	189.0	154.5			195.6	7.8	258.7	537.8
$\sum$	644.9	5 220.0	13 646.1	52.9	10 543.7	6731.0	41.3	3 825.4	5 799.3	592.0	6 736.0	18 278.6	103.7	1 509.3	13 332.0	580.4	7 392.5	37 244.0
L/H	3.0	3.6	4.1	8.8	5.3	5.0	8.8	2.6	4.2	1.6	2.0	5.6	9.2	21.2	5.0	1.3	0.8	1.2
CPI	20.6	27.3	22.3	22.0	21.3	22.8	40.3	18.0	22.0	18.8	23.1	46.0	14.0	25.7	30.0	5.8	3.3	5.3
ACL	17.9	18.0	17.6	15.8	17.1	17.4	15.8	18.6	17.6	19.5	19.2	17.4	15.7	15.6	17.5	19.1	20.5	19.0

1) 含量单位为 $mg \cdot kg^{-1}$；$\sum$ 为正构脂肪酸总含量；$L/H = (C_8 + C_9 + \cdots + C_{16})/(C_{17} + C_{19} + \cdots + C_{32})$；$CPI = (C_{10} + C_{12} + \cdots + C_{32})/(C_9 + C_{11} + \cdots + C_{31})$；$ACL = (8C_8 + 9C_9 + \cdots + 32C_{32})/(C_8 + C_9 + \cdots + C_{32})$

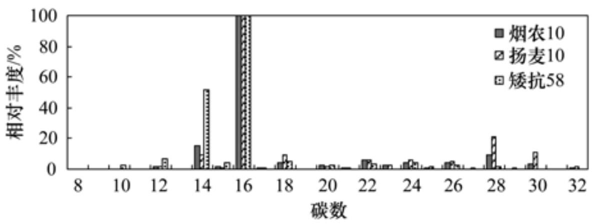

图 1 麦草中正构脂肪酸的相对含量分布

Fig. 1 Abundance distribution of *n*-fatty acids in wheat straw

分低碳数正构脂肪酸发生了化学反应,或者又新生成了一部分高碳数的正构脂肪酸.

明火烟尘中 C_{14}/C_{16}、C_{28}/C_{16}、C_{30}/C_{16}等比值与麦秸有显著的差别(图2). 明火烟尘中 C_{14}/C_{16}的变化范围是 3.7% ~25.0%,平均值为 16.5%. 除了扬麦 10 外,在其他各品种的明火烟尘中,C_{14}/C_{16}值均小于相应的秸秆,且二者之间的差异变化较大(0.8% ~29.1%). 就 C_{14}/C_{16}值变化趋势而言,麦秸和明火烟尘基本上是一致的. C_{28}/C_{16}值介于5.2% ~22.7%之间,其平均值为 14.1%. 各品种麦草的 C_{28}/C_{16}值均小于对应的明火烟尘,不过两者之间的变化趋势却极为相似的. C_{30}/C_{16}值的变化区间是5.8% ~17.4%,平均值为 11.4%,且都大于对应的麦秸. 说明在明火燃烧过程中,麦草中的 C_{14} 和 C_{16}更易于发生化学反应而被消耗,而 C_{28}和 C_{30}则相对稳定.

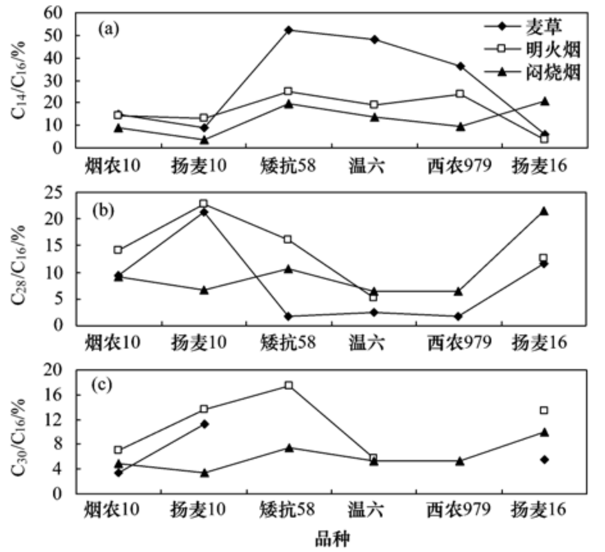

图 2 麦草烟尘中 3 种正构脂肪酸的相对丰度变化趋势

Fig. 2 Varying tendency for values of C_{14}/C_{16}, C_{28}/C_{16} and C_{30}/C_{16} in smoke

明火烟尘中正构脂肪酸的含量分布与麦草类似,其主峰碳数是 C_{16},次峰碳数是 C_{28}或 C_{30}(图3). 这与木头燃烧排放烟尘中正构脂肪酸的分布模式有明显的差别[13]. 其 CPI 值的变化范围为 3.3 ~27.3,平均值为 19.8,与上述麦秸的平均值十分接近; ACL 值在 15.6 ~20.5 之间变化,其平均值是18.2,大于麦草的平均值.

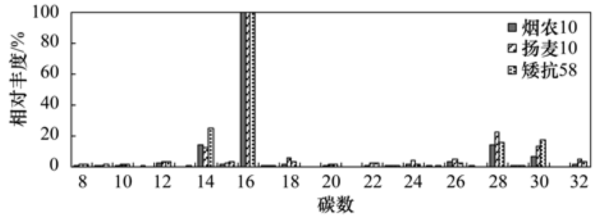

图 3 麦秸明火烟尘中正构脂肪酸的相对含量分布

Fig. 3 Abundance distribution of *n*-fatty acids in flaming smoke

2.3 闷烧烟尘中正构脂肪酸的组成

与麦草和明火烟尘类似,麦秸闷烧烟尘中正构脂肪酸的碳数分布范围也是 C_8 ~ C_{32}. 其总含量的变化区间为5 799.3 ~37 244.0 $mg\cdot kg^{-1}$,平均值为15 838.6 $mg\cdot kg^{-1}$. 后者是明火烟尘中平均总含量的 2.7 倍. 表明闷烧过程中参与化学反应的正构脂肪酸较少,麦秸内的大多数正构脂肪酸直接气化后转变为烟尘. 其 L/H 值的变化范围是 1.2 ~5.6,平均值为 4.2. 此值明显小于麦秸的对应值,而大于明火烟尘的平均值. 说明虽然闷烧温度比明火燃烧的要低,但麦秸中的部分正构脂肪酸同样发生了化学反应,不过消耗量要低于明火燃烧过程.

闷烧烟尘中 C_{14}/C_{16}值分布于 3.5% ~20.6%之间,其平均值为 12.7%. 该值比麦草和明火烟尘的都要小. C_{28}/C_{16}值分布于6.4% ~21.5%之间,平均值为 10.1%,介于麦草和明火烟尘之间. C_{30}/C_{16}值分布于3.3% ~9.9%之间,平均值是 6.0%,明显小于明火烟尘. 不同品种麦秸闷烧烟尘中 C_{14}/C_{16}、C_{28}/C_{16}和 C_{30}/C_{16}值的变化关系见图 2. 除了扬麦16,在其他 5 种麦草的闷烧烟尘中 C_{14}/C_{16}值均低于对应的麦草和明火烟尘. 在烟农 10 和扬麦 10 的闷烧烟尘内 C_{14}/C_{16}值与对应秸秆的差别仅为 5.6% ~6.1%,而矮抗 58、温六、西农 979 等品种的闷烧烟尘与秸秆的差别增大到 26.6% ~34.5%. 不过,其与麦秸的变化趋势总体上是一致的,说明二者之间存在成因关系. 除了扬麦 16 之外,在其他 5 种麦草的闷烧烟尘和明火烟尘之间,C_{14}/C_{16}值的变化趋势基本相同,且差别变化幅度比麦草小得多(5.2% ~14.4%). 对于 C_{28}/C_{16}值,除扬麦 10 以外,其他 5 种麦草闷烧烟尘的变化趋势与秸秆基本相似,但与明火烟尘有明显的差别. 闷烧烟尘中 C_{30}/C_{16}值的变化趋势与明火烟尘基本相似. 以上 3 个比值及其变

化趋势说明,闷烧条件下麦秸中的 C_{16} 比明火焚烧稳定,参加反应的比例更低.

与麦秸和明火烟尘的类似,闷烧烟尘中的正构脂肪酸也呈双峰式分布. 其主峰碳数是 C_{16},次峰碳数是 C_{28}(图 4). 另外,正构脂肪酸含量也表现出明显的偶碳数优势. 其 CPI 的变化区间是 5.3 ~46.0,平均值为 24.7,远大于麦秸和明火烟尘的平均值. 说明燃烧温度对烟尘中奇偶碳数正构脂肪酸的相对含量高低有显著的影响. 闷烧烟尘中正构脂肪酸的 ACL 值分布于 17.4 ~19.0 之间,其平均值为 17.7. 该值介于麦秸和明火烟尘的 ACL 平均值之间.

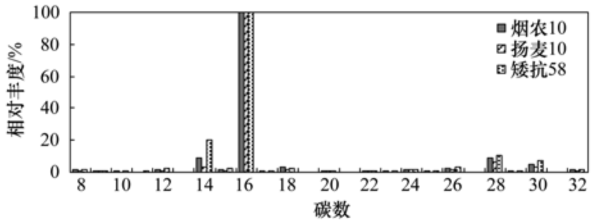

图 4 麦秸闷烧烟尘中正构脂肪酸的相对含量分布

Fig. 4 Abundance distribution of *n*-fatty acids in smoldering smoke

3 结论

(1)明火烟尘中正构脂肪酸的组成继承了麦草的部分特点. 两者均呈以 C_{16} 为主峰碳的双峰式分布,且都具有显著的偶碳数优势. 但是,明火烟尘的 ACL、C_{28}/C_{16} 和 C_{30}/C_{16} 值均比麦草显著增大,而 L/H和 C_{14}/C_{16} 值明显小于麦草.

(2)闷烧烟尘中的正构脂肪酸也继承了麦草的分布模式和偶碳数优势,但其 ACL、L/H、C_{28}/C_{16} 等值介于麦草和明火烟尘之间; C_{14}/C_{16} 值比麦草和明火烟尘都要小,C_{30}/C_{16} 值也小于明火烟尘.

(3)L/H、C_{14}/C_{16}、C_{28}/C_{16}、C_{30}/C_{16} 等比值可用于识别大气颗粒物中麦草及其燃烧来源的正构脂肪酸.

参考文献:

[1] Cheung K, Olson M R, Shelton B, *et al*. Seasonal and spatial variations of individual organic compounds of coarse particulate matter in the Los Angeles Basin[J]. Atmospheric Environment, 2012, **59**: 1-10.

[2] Choi J K, Heo J B, Ban S J, *et al*. Chemical characteristics of $PM_{2.5}$ aerosol in Incheon, Korea[J]. Atmospheric Environment, 2012, **60**: 583-592.

[3] Alves C, Vicente A, Pio C, *et al*. Organic compounds in aerosols from selected European sites-Biogenic versus anthropogenic sources[J]. Atmospheric Environment, 2012, **59**: 243-255.

[4] Xie M J, Piedrahita R, Dutton S J, *et al*. Positive matrix factorization of a 32-month series of daily $PM_{2.5}$ speciation data with incorporation of temperature stratification[J]. Atmospheric Environment, 2013, **65**: 11-20.

[5] Wang Q, Shao M, Zhang Y, *et al*. Source apportionment of fine organic aerosols in Beijing[J]. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2009, **9**(2): 9043-9080.

[6] He J, Zielinska B, Balasubramanian R. Composition of semi-volatile organic compounds in the urban atmosphere of Singapore: influence of biomass burning[J]. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2010, **10**(4): 8415-8445.

[7] 刘刚, 孙丽娜, 李久海, 等. 稻草烟尘中正构烷烃和正构脂肪酸的碳同位素[J]. 环境科学, 2012, **33**(12): 4173-4180.

[8] Abas M R, Simoneit B R T, Elias V, *et al*. Composition of higher molecular weight organic matter in smoke aerosol from biomass combustion in Amazonia[J]. Chemosphere, 1995, **30**(5): 995-1015.

[9] Hays M D, Fine P M, Geron C D, *et al*. Open burning of agricultural biomass: Physical and chemical properties of particle-phase emissions[J]. Atmospheric Environment, 2005, **39**(36): 6747-6764.

[10] Gonçalves C, Evtyugina M, Alves C, *et al*. Organic particulate emissions from field burning of garden and agriculture residues [J]. Atmospheric Research, 2011, **101**(3): 666-680.

[11] Zhang Y X, Shao M, Zhang Y H, *et al*. Source profiles of particulate organic matters emitted from cereal straw burnings [J]. Journal of Environmental Sciences, 2007, **19**(2): 167-175.

[12] Ballentine D C, Macko S A, Turekian V C, *et al*. Compound specific isotope analysis of fatty acids and polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosols: implications for biomass burning[J]. Organic Geochemistry, 1996, **25**(1-2): 97-104.

[13] Gonçalves C, Alves C, Fernandes A P, *et al*. Organic compounds in $PM_{2.5}$ emitted from fireplace and woodstove combustion of typical Portuguese wood species[J]. Atmospheric Environment, 2011, **45**(27): 4533-4545.

[14] Oros D R, Abas M R, Omar N Y M J, *et al*. Identification and emission factors of molecular tracers in organic aerosols from biomass burning: Part 3. Grasses[J]. Applied Geochemistry, 2006, **21**(6): 919-940.

[15] Gonçalves C, Alves C, Evtyugina M, *et al*. Characterisation of PM_{10} emissions from woodstove combustion of common woods grown in Portugal[J]. Atmospheric Environment, 2010, **44**(35): 4474-4480.

[16] Medeiros P M, Simoneit B R T. Source profiles of organic compounds emitted upon combustion of green vegetation from temperate climate forests [J]. Environmental Science & Technology, 2008, **42**(22): 8310-8316.

[17] Oros D R, Simoneit B R T. Identification and emission factors of molecular tracers in organic aerosols from biomass burning Part 1. Temperate climate conifers[J]. Applied Geochemistry, 2001, **16**(13): 1513-1544.

[18] Yan B, Zheng M, Hu Y T, *et al*. Organic composition of

carbonaceous aerosols in an aged prescribed fire plume [J]. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2007, **7** (6): 18015-18042.

[19] Rogge W F, Mazurek M A, Hildemann L M, *et al*. Quantification of urban organic aerosols at a molecular level: identification, abundance and seasonal variation [J]. Atmospheric Environment, 1993, **27**(8): 1309-1330.

[20] Rogge W F, Hildemann L M, Mazurek M A, *et al*. Sources of fine organic aerosol. 3. Road dust, tire debris, and organometallic brake lining dust: roads as sources and sinks[J]. Environmental Science & Technology, 1993, **27** (9): 1892-1904.

[21] 陆炳, 孔少飞, 韩斌, 等. 2007 年中国大陆地区生物质燃烧排放污染物清单[J]. 中国环境科学, 2011, **31** (2): 186-194.

[22] 田贺忠, 赵丹, 王艳. 中国生物质燃烧大气污染物排放清单[J]. 环境科学学报, 2011, **31**(2): 349-357.

[23] Zhang Y S, Shao M, Lin Y, *et al*. Emission inventory of carbonaceous pollutants from biomass burning in the Pearl River Delta Region, China[J]. Atmospheric Environment, 2013, **76**: 189-199.

[24] 曹国良, 张小曳, 王亚强, 等. 中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算[J]. 科学通报, 2007, **52**(15): 1826-1831.

[25] Cao G L, Zhang X Y, Zheng F C. Inventory of black carbon and organic carbon emissions from China [J]. Atmospheric Environment, 2006, **40**(34): 6516-6527.

HUANJING KEXUE Vol. 35 No. 1
Environmental Science (monthly) Jan. 15, 2014

CONTENTS

An Assessment of $PM_{2.5}$ Related Health Risks and Impaired Values of Beijing Residents in a Consecutive High-Level Exposure During Heavy Haze Days ······ XIE Yuan-bo, CHEN Juan, LI Wei (1)
Seasonal Variation of Water-Soluble Ions in $PM_{2.5}$ at Changbai Mountain ······ ZHAO Ya-nan, WANG Yue-si, WEN Tian-xue, *et al.* (9)
Variation of Atmospheric Particle Number Concentrations in Qingdao and Its Impact on Visibility ······ KE Xin-shu, SHENG Li-fang, KONG Jun, *et al.* (15)
Concentrations of PCDD/Fs in the Atmosphere of Chongqing City and Its Seasonal Variation ······ ZHANG Xiao-ling, LU Yi, ZHU Ming-ji, *et al.* (22)
Atmospheric Emission of PCDD/Fs from Secondary Aluminum Metallurgy Industry in the Southwest Area, China ······ LU Yi, ZHANG Xiao-ling, GUO Zhi-shun, *et al.* (30)
Atmospheric Emission of PCDD/Fs from Modern Dry Processing Cement Kilns with Preheating in the Southwest Area, China ······ ZHANG Xiao-ling, LU Yi, JIAN Chuan, *et al.* (35)
Pollution Status and Characteristics of PBDEs in Indoor Air of Hangzhou ······ JIANG Xin-wei, SUN Xin, PEI Xiao-qiang, *et al.* (41)
Size Distribution of Particle and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Particle Emissions from Simulated Emission Sources ······ FU Hai-huan, TIAN Na, SHANG Hui-bin, *et al.* (46)
Atmospheric Deposition Fluxes and Seasonal Variations of Elements in Northeast of Sichuan, Central China ······ TONG Xiao-ning, ZHOU Hou-yun, YOU Chen-feng, *et al.* (53)
Trend in Acid Deposition at Tieshanping, Chonging During 2001-2010 ······ YU De-xiang, MA Xiao-xiao, TAN Bing-quan, *et al.* (60)
Wet Deposition of Atmospheric Nitrogen of the Jinshui Watershed in the Upper Hanjiang River ······ WANG Jin-jie, ZHANG Ke-rong, WU Chuan, *et al.* (66)
Chemical Compositions of *n*-Alkanoic Acids in Wheat Straw and Its Smoke ······ LIU Gang, LI Jiu-hai, WU Dan, *et al.* (73)
Magnetic Properties of Indoor Dustfall at Different Heights in Lanzhou ······ WU Duo, WEI Hai-tao, ZHAO Rui-rui, *et al.* (79)
Mercury Fluxes from Conifer-Broadleaf Forested Field in Central Subtropical Forest Zone ······ MA Ming, WANG Ding-yong, SHEN Yuan-yuan, *et al.* (85)
Impacts of Rice Straw Biochar on Organic Carbon and CO_2 Release in Arable Soil ······ KE Yue-jin, HU Xue-yu, YI Qing, *et al.* (93)
Geochemical Distribution of Dissolved Bismuth in the Yellow Sea and East China Sea ······ WU Xiao-dan, SONG Jin-ming, WU Bin, *et al.* (100)
Temporal-spatial Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in the Upper Reaches of Hunhe River (Qingyuan Section), Northeast China ······ MA Ying-qun, SHI Yao, QIN Yan-wen, *et al.* (108)
Determination of Estrogenic Compounds in Water of Jiulong River Using Polar Organic Chemical Integrative Sampler ······ ZHANG Li-peng, WANG Xin-hong, LI Yong-yu, *et al.* (117)
Variation Characteristics and Environmental Significant of Trace Elements Under Rainfall Condition in Karst Groundwater ······ CHEN Xue-bin, YANG Ping-heng, LAN Jia-cheng, *et al.* (123)
Major Ion Chemistry of Surface Water in the Xilin River Basin and the Possible Controls ······ TANG Xi-wen, WU Jin-kui, XUE Li-yang, *et al.* (131)
Forms and Spatial Distribution Characteristics of Nitrogen in Ziya River Basin ······ ZHAO Yu, SHAN Bao-qing, ZHANG Wen-qiang, *et al.* (143)
Impact of Rice Agriculture on Nitrogen and Phosphorus Exports in Streams in Hilly Red Soil Earth Region of Central Subtropics ······ SONG Li-fang, WANG Yi, WU Jin-shui, *et al.* (150)
Study on Distribution of Phosphorus in Surface Sediments of the Yellow Sea and the East China Sea ······ SONG Guo-dong, LIU Su-mei, ZHANG Guo-ling (157)
Characterization and Optimization of the NaOH-EDTA Extracts for Solution ^{31}P-NMR Analysis of Organic Phosphorus in River Sediments ······ ZHANG Wen-qiang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong, *et al.* (163)
Regeneration and Transformation of BAPP in Suspended Solids Under Short-term Sediment Disturbance ······ WU Xiao-fei, LI Da-peng, WANG Ming (171)
Sediment Risk Assessment and Heavy Metal Source Analysis in Typical Country Water Level Fluctuated Zone (WLFZ) of the Three Gorges ······ AO Liang, LEI Bo, WANG Ye-chun, *et al.* (179)
Pollution Distribution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediments from the Different Eastern Dredging Regions of Lake Taihu ······ MAO Zhi-gang, GU Xiao-hong, LU Xiao-ming, *et al.* (186)
Study on the Stages of Major Sediments in Dianchi Lake ······ WANG Xin-yu, ZHOU Feng, YI Xuan, *et al.* (194)
Oil Spill Identification Using Partial Surface Fitting Method Based on Concentration-Synchronous-Matrix-Fluorescence Spectra ······ WANG Chun-yan, SHI Xiao-feng, LI Wen-dong, *et al.* (202)
Treatment of Sludge Liquor Produced in Deep Dehydration by Photoelectro-Fenton Process ······ WANG Xian-li, WANG Shi-feng, WU Jun-feng, *et al.* (208)
Characteristics of Nitrification and Denitrification for Simultaneous Nitrogen and Phosphorus Removal by Granular Sludge ······ LIU Xiao-ying, LIN Hui, MA Zhao-rui, *et al.* (214)
Study on Long-Term Stability of Biological Nitrogen Removal via Nitrite from Real Landfill Leachate ······ SUN Hong-wei, GUO Ying, PENG Yong-zhen (221)
Compositions and Residual Properties of Petroleum Hydrocarbon in Contaminated Soil of the Oilfields ······ HU Di, LI Chuan, DONG Qian-qian, *et al.* (227)
Dynamics of the Mineralization and Transformation of Rice Photosynthesized Carbon in Paddy Soils - a Batch Incubation Experiment ······ TAN Li-min, PENG Pei-qin, LI Ke-lin, *et al.* (233)
Effects of Land Use and Abandonment on Soil Labile Organic Carbon in the Karst Region of Southwest China ······ LIAO Hong-kai, LI Juan, LONG Jian, *et al.* (240)
Aluminum Dissolution and Changes of pH in Soil Solution During Sorption of Copper by Aggregates of Paddy Soil ······ XU Hai-bo, ZHAO Dao-yuan, QIN Chao, *et al.* (248)
Effect of Cr(Ⅵ) Anions on the Cu(Ⅱ) Adsorption Behavior of Two Kinds of Clay Minerals in Single and Binary Solution ······ LIU Juan-juan, LIANG Dong-li, WU Xiao-long, *et al.* (254)
Effect of Flooding Time Length on Mycorrhizal Colonization of Three AM Fungi in Two Wetland Plants ······ MA Lei-meng, WANG Peng-teng, WANG Shu-guang (263)
Preliminary Study on the Relationship Between the Water Quality and the Aquatic Biological Health Status of Taihu Lake ······ ZHOU Xiao-bai, ZHANG Ning-hong, ZHANG Yong, *et al.* (271)
Acute Toxicity of Three Typical Pollutants to Aquatic Organisms and Their Water Quality Criteria ······ JIANG Dong-sheng, SHI Xiao-rong, CUI Yi-bin, *et al.* (279)
Evaluation of the Acute Toxicity of Pharmaceutical Wastewater to Luminescent Bacteria ······ DU Li-na, YANG Fan, MU Yu-feng, *et al.* (286)
Influence of the Coexistence of Zn^{2+} on the Enantioselective Toxicity of Metolachlor to *Scenedesmus obliquus* ······ HU Xiao-na, ZHANG Shu-xian, CHEN Cai-dong, *et al.* (292)
Simplification of Biotic Ligand Model and Evaluation of Predicted Results ······ WANG Wan-bin, CHEN Sha, WU Min, *et al.* (299)
Priority Pollutants Ranking and Screening of Coke Industry based on USEtox Model ······ HAO Tian, DU Peng-fei, DU Bin, *et al.* (304)
Isolation, Identification and Characterization of a Microcystin-degrading Bacterium *Paucibacter* sp. Strain CH ······ YOU Di-jie, CHEN Xiao-guo, XIANG Hui-yi, *et al.* (313)
Inhibition of the Activity of Sulfate-reducing Bacteria in Produced Water from Oil Reservoir by Nitrate ······ YANG De-yu, ZHANG Ying, SHI Rong-jiu, *et al.* (319)
Bioconversion of Cellulose to Methane by a Consortium Consisting of Four Microbial Strains ······ WU Jun-mei, MA An-zhou, CUI Meng-meng, *et al.* (327)
Factors Influencing the Variability in Soil Heterotrophic Respiration from Terrestrial Ecosystem in China ······ XIE Wei, CHEN Shu-tao, HU Zheng-hua (334)
Study on the Distinguishing of Root Respiration from Soil Microbial Respiration in a *Leymus chinensis* Steppe in Inner Mongolia, China ······ SHI Jing-jing, GENG Yuan-bo (341)
Nitrous Oxide Flux at the Water-Air Interface of the Rivers in Nanjing During Summer ······ HAN Yang, ZHENG You-fei, WU Rong-jun, *et al.* (348)
Effects of Antiseptic on the Analysis of Greenhouse Gases Concentrations in Lake Water ······ XIAO Qi-tao, HU Zheng-hua, James Deng, *et al.* (356)
Electricity Generation of Surplus Sludge Microbial Fuel Cell Enhanced by Biosurfactant ······ PENG Hai-li, ZHANG Zhi-ping, LI Xiao-ming, *et al.* (365)
Fe-ZSM-5 Catalysts with Different Silica-Alumina Ratios for N_2O Catalytic Decomposition ······ LU Ren-jie, ZHANG Xin-yan, HAO Zheng-ping (371)
Inhibition of Chlorobenzene Formation via Various Routes During Waste Incineration by Ammonium Sulfate and Urea ······ YAN Mi, QI Zhi-fu, LI Xiao-dong, *et al.* (380)
County Scale Characteristics of CO_2 Emission's Spatial-Temporal Evolution in the Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region ······ WANG Hao, CHEN Cao-cao, PAN Tao, *et al.* (385)
Characterization and Soil Environmental Safety Assessment of Super Absorbent Polymers in Agricultural Application ······ LI Xi, LIU Yu-rong, ZHENG Yuan-ming, *et al.* (394)

环境科学

（HUANJING KEXUE）

（月刊　1976 年 8 月创刊）

2014 年 1 月 15 日　35 卷　第 1 期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

（Monthly　Started in 1976）

Vol. 35　No. 1　Jan. 15, 2014

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