

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



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, 师麟 (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, 刘云飞 (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) 真菌感染 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, 张淑娟, 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 <i>Paucibacter</i> sp. CH 菌的分离鉴定及其降解特性	游狄杰, 陈晓国, 向荟圯, 欧阳溱, 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 ₂ O 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)

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*

(浙江工商大学环境科学与工程学院, 浙江省固体废物处理与资源化重点实验室, 杭州 310012)

摘要:为评价重金属与手性农药共存的生物选择性毒性, 采用毒性试验标准方法研究了 *Rac*-、*S*-异丙甲草胺单独及与锌共存对斜生栅藻的手性毒性差异. 结果表明, Zn^{2+} 存在条件下 *Rac*-、*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的生长趋势影响与除草剂单独作用时的趋势基本相同, Zn^{2+} 的存在降低了高浓度除草剂对斜生栅藻的生长抑制作用, 处理初期 (24 h) $0.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺单独对斜生栅藻生长的抑制率分别为 49.61% 和 59.73%, 与 Zn^{2+} 联合作用其抑制率分别为 38.41% 和 42.52%. Zn^{2+} 的存在增加了 *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的立体选择性毒性差异, 使 *S*-异丙甲草胺急性毒性增大的程度大于 *Rac*-异丙甲草胺毒性的增加; 与 Zn^{2+} 的联合毒性作用类型表现为除草剂在低浓度下为部分相加作用, 高浓度下为拮抗作用; 除草剂单独及与 Zn^{2+} 联合作用处理 96 h 后的斜生栅藻叶绿素含量变化与其生长趋势基本一致.

关键词:斜生栅藻; Zn^{2+} ; 手性差异; 半数效应浓度; 叶绿素

中图分类号: X171.5 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2014)01-0292-07

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, LIU Hui-jun

(Zhejiang Provincial Key Laboratory of Solid Waste Treatment and Recycling, College of Environmental Science and Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012, China)

Abstract: To evaluate the enantioselective toxicity of chiral pesticide coexisting with heavy metal, the enantioselective toxicity of *Rac*-, *S*-metolachlor alone and coexisting with Zn^{2+} on *Scenedesmus obliquus* was studied by using standard toxic testing method. The results showed that the trend of the enantioselective toxicity of *Rac*- and *S*-metolachlor coexisting with Zn^{2+} was similar to that of *Rac*- and *S*-metolachlor alone. The growth inhibition rate of *Scenedesmus obliquus* was decreased by the coexistence of Zn^{2+} with high concentrations of metolachlor. The inhibition rates with $0.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ *Rac*- and *S*-metolachlor alone at 24 h were 49.61% and 59.73%, and in the coexistence of Zn^{2+} the values were 38.41% and 42.52%, respectively. The enantioselective toxicity of *Rac*- and *S*-metolachlor was expanded and the toxicity of *S*-metolachlor increased greater than that of *Rac*-metolachlor. The coexistence of Zn^{2+} showed partial increase in toxicity of metolachlor in low concentrations, while there was antagonistic effect in high content of metolachlor. The trend of Chlorophyll content of *Scenedesmus obliquus* at 96 h was in accordance with the growth inhibition.

Key words: *Scenedesmus obliquus*; Zn^{2+} ; enantioselective toxicity; EC_{50} ; chlorophyll

由于手性农药的广泛使用及其对映体环境归趋的差异性和立体选择性毒性, 手性农药的环境选择性毒理研究已成为研究热点^[1]. 异丙甲草胺是手性农药对映体纯的研究与应用最成功的一例, 有两种商品化的异丙甲草胺, 一种是外消旋异丙甲草胺 (*Rac*-metolachlor, *Racmt*), 又称都尔、稻乐思; 另一种是富集了 *S*-对映体的产品 *S*-异丙甲草胺 (*S*-metolachlor, *Smt*), 又称精异丙甲草胺或金都尔. 关于 *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺环境行为及其施用后产生的对映体生态安全差异研究已受到关注^[2-7], 然而关于手性农药与重金属共存的生物选择性毒性差异鲜有报道.

二价锌离子 (Zn^{2+}) 既是生物代谢的微量营养元素, 又是高毒重金属. 高浓度 Zn^{2+} 会抑制藻类生长^[8-10], 影响光合作用, 使叶绿素含量下降, 类胡萝

卜素与叶绿素的比率失调, 藻类渗透压增高, 电解质漏失, 最终导致藻类形态发生变异^[11].

水藻是水生生态系统中最常见的生物, 由于其对毒物敏感、易获得、个体小、繁殖快, 在较短时间内可得到化学物质对藻类许多世代及种群水平的影响评价, 因此常被用来监测和评价水体环境质量变化和水体污染状况^[12, 13]. 本研究选择斜生栅藻为指示生物, 从急性毒性和叶绿素含量影响分析并比较了 *Rac*-及 *S*-异丙甲草胺单独及与锌联合作用对斜生栅藻的影响, 并探讨了 Zn^{2+} 对除草剂手性毒性

收稿日期: 2013-04-15; 修订日期: 2013-05-27

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21377115); 浙江工商大学研究生科研创新基金项目 (1260XJ1512147)

作者简介: 胡晓娜 (1988 ~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为污染物环境生态毒理, E-mail: 731696698@qq.com

* 通讯联系人, E-mail: lhj@mail.zjgsu.edu.cn

差异性的影响,以期更准确地评估污染物生态风险性并为手性农药的合理使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus*) 购自中国科学院水生生物研究所,培养基采用水生 4 号 (HB-4) 人工培养液; *Rac*-异丙甲草胺 (96%) 购自杭州庆丰农药厂, *S*-异丙甲草胺 (96%) 购自先正达 (瑞士) 公司; 氯化锌 (ZnCl_2) 购自上海生工生物工程有限公司; 其他试剂、药品均为分析纯。

1.2 实验方法

1.2.1 斜生栅藻的培养

斜生栅藻置于智能型可编程光照培养箱恒温光照培养,用 4 层纱布封口,培养温度为 $24.0^\circ\text{C} \pm 1.0^\circ\text{C}$,光照 $63 \mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ 连续静置培养,设置光暗比为 16 h: 8 h,每天定时摇动 3~5 次,当进入对数生长期 (藻密度约为 $5 \times 10^5 \sim 6 \times 10^5 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$) 时转接至下一代,镜检细胞正常。

1.2.2 急性毒性试验方法

将处于对数生长期的斜生栅藻 100 mL 接种到 250 mL 锥形瓶中,藻密度为 $7.5 \times 10^5 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$,设置 3 个平行。 *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺浓度设置为 0、0.050、0.075、0.10、0.15、0.20 和 0.30 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Zn^{2+} 浓度为 0.15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (本实验得到 Zn^{2+} 单独作用斜生栅藻时的 $\text{EC}_{50, 48 \text{ h}}$ 、 $\text{EC}_{50, 72 \text{ h}}$ 和 $\text{EC}_{50, 96 \text{ h}}$ 值分别 0.14、0.15 和 0.17 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。进行异丙甲草胺单独及与锌联合培养,用可见分光光度计 (721E) 分别于 24、48、72、96 h 测定藻液在 680 nm 处的吸光值。

1.2.3 叶绿素含量测定方法

取处理 96 h 的藻液,用 90% 的丙酮在低温暗处浸提 24 h,取上清液用紫外可见分光光度计 (TU-1901) 测定 663 和 645 nm 处吸光值,按照 Mackinney 公式计算叶绿素 a (Chl a) 和叶绿素 b (Chl b) 的含量^[14],公式如下:

$$\text{叶绿素 a 浓度} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{645} \quad (1)$$

$$\text{叶绿素 b 浓度} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) = 22.9 A_{645} - 4.68 A_{663} \quad (2)$$

1.2.4 数据统计与分析

采用 SPSS 15.0 进行数据分析与处理,对藻细胞叶绿素含量的差异性用方差检验,并用 Duncun's New Multiple Test 做浓度之间的多重比较,显著性水平为 $P < 0.05$ 。异丙甲草胺单独及与锌联合作用对斜生栅藻的生长抑制率表达为: $100\% \times (\text{对照吸光}$

值 - 处理吸光值) / 对照吸光值,采用 Logistic 模型^[15] 计算其半数效应浓度 EC_{50} 。

2 结果与讨论

2.1 Zn^{2+} 存在下 *Rac*-、*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的急性毒性影响

采用 Logistic 模型拟合得 Zn^{2+} (0.15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 存在条件下 *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻生长抑制率的最佳浓度-效应曲线,同时得到相应 EC_{50} 值 (图 1 和图 2)。可以看出, *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的生长抑制率随着除草剂浓度的增大而升高, EC_{50} 值随暴露时间的延长而减小。低浓度 ($< 0.15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 情况下, *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的生长抑制作用较小, *S*-异丙甲草胺的毒性作用显著高于 *Rac*-异丙甲草胺,96 h 时 0.075 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的抑制率分别为 9.12% 和 35.13%,两者相差约 3.9 倍。在浓度 $< 0.075 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 下,24、48、72 和 96 h 时 0.050 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ *Rac*-异丙甲草胺对斜生栅藻的抑制率随着暴露时间的延长分别为 5.53%、1.09%、2.74% 和 0.54%, *S*-异丙甲草胺分别为 19.25%、7.76%、6.79% 和 6.20%,随着暴露时间的延长斜生栅藻表现出一定的恢复能力。这与 Liu 等^[5] 研究发现小球藻在低浓度异丙甲草胺 (0.01 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 0.04 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 作用下随时间的延长生长恢复一致。在浓度 $\geq 0.075 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的生长抑制率随着暴露时间的延长而增大,0.15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ *Rac*-异丙甲草胺对斜生栅藻的抑制率分别为 28.04%、28.72%、55.84% 和 67.07%, *S*-异丙甲草胺分别为 47.56%、85.87%、89.86% 和 91.90%。

Zn^{2+} 存在时, *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的毒性作用趋势与除草剂单独作用时的趋势基本相同。随着培养时间的延长,斜生栅藻在低浓度异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用下也表现出一定的恢复能力。低浓度除草剂与 Zn^{2+} 共存时对斜生栅藻的生长抑制率比除草剂单独作用时的抑制率大,但 Zn^{2+} 的添加使高浓度除草剂抑制率下降。处理初期 (24 h),各处理浓度 *Rac*-异丙甲草胺单独作用对斜生栅藻的抑制率分别为 5.35%、6.27%、8.04%、28.04%、44.77% 和 49.61%,与 Zn^{2+} 联合作用对斜生栅藻的抑制率为 28.33%、29.08%、26.84%、29.08%、33.56% 和 38.41% (图 1); 各浓度 *S*-异丙甲草胺单独作用对斜生栅藻的抑制率分别为 19.25%、21.43%、35.79%、47.56%、48.92% 和

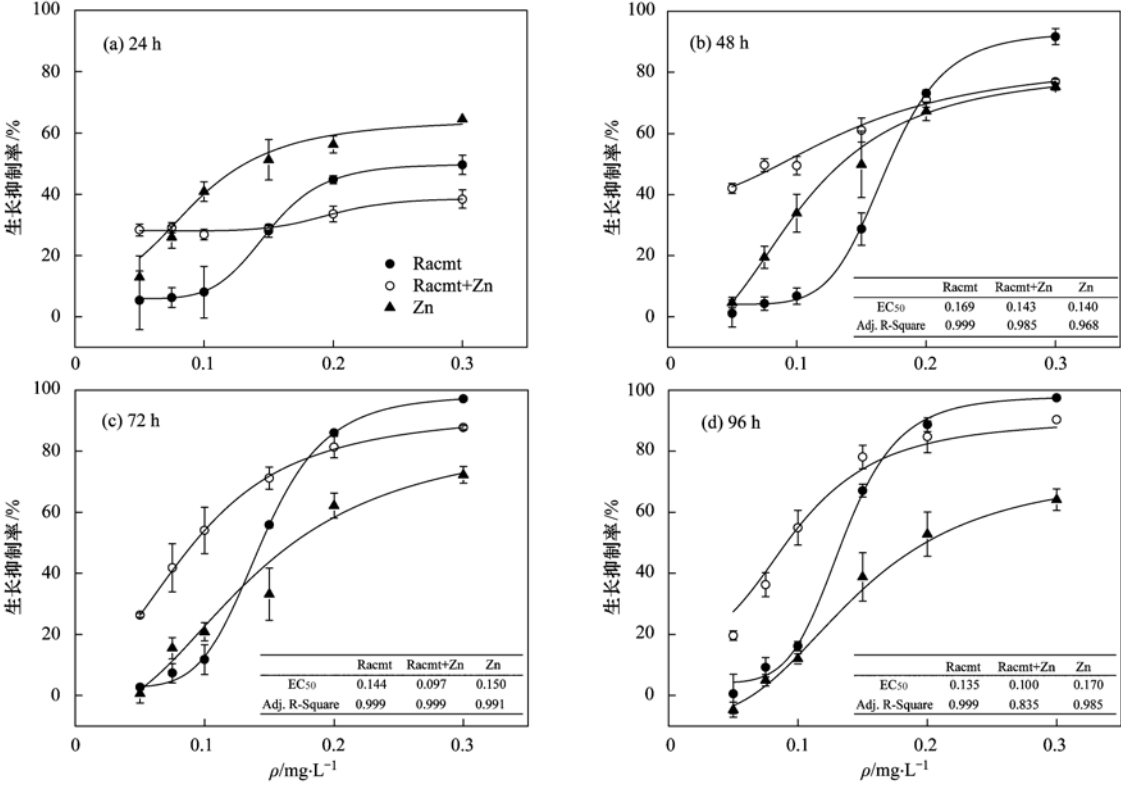


图 1 Zn^{2+} 存在条件下 *Rac*-异丙甲草胺对斜生栅藻的抑制作用

Fig. 1 Concentration-response fitting curve of *Rac*-metolachlor in the presence of Zn^{2+}

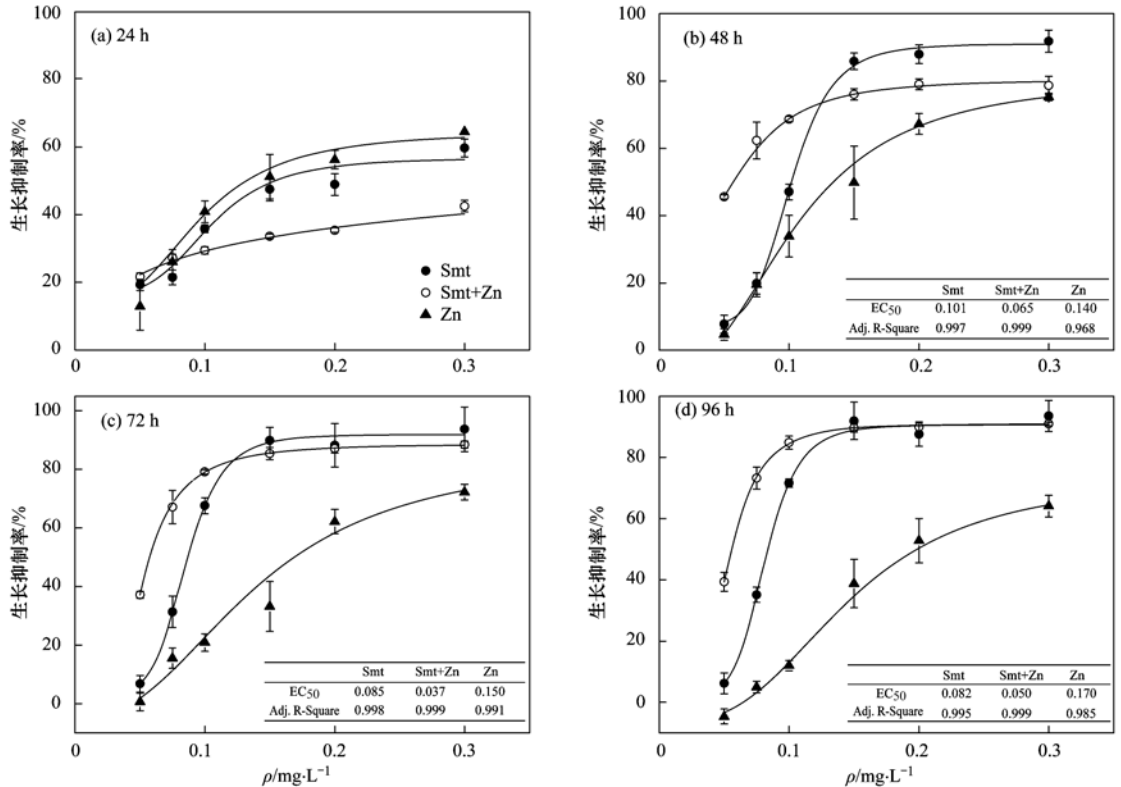


图 2 Zn^{2+} 存在条件下 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的抑制作用

Fig. 2 Concentration-response fitting curve of *S*-metolachlor in the presence of Zn^{2+}

59.73%,与 Zn^{2+} 联合作用对斜生栅藻的抑制率分别为21.61%、27.21%、29.45%、33.56%、35.42%和42.52%(图2), Zn^{2+} 的存在降低了高浓度除草剂对斜生栅藻生长的抑制作用。

2.2 Zn^{2+} 与*Rac*-、*S*-异丙甲草胺联合毒性分析

评价联合毒性的方法有很多,如毒性单位法、相加指数法等。本研究采用毒性单位法对除草剂与 Zn^{2+} 的联合毒性进行评价,毒性单位指当实验溶液的毒物浓度等于该毒物对某种水生生物的半数效应浓度(EC_{50})时,实验溶液对水生生物的毒性强度为一个毒性单位^[16]。根据这个原理,混合物中第*i*组分的毒性单位(TU_i)可表示为:

$$\text{TU}_i = \frac{c_i}{\text{EC}_{50,i}}$$
 (3)

表1 联合毒性评价方法的具体评价标准

Table 1 Standard of the evaluation methods for joint toxicity

方法	协同(大于相加)	简单相加	部分相加	独立	拮抗
TU 法	$M < 1$	$M = 1$	$M_0 > M > 1$	$M = M_0$	$M > M_0$

表2 *Rac*-、*S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 的联合毒性分析

Table 2 Joint toxicity of *Rac*- and *S*-metolachlor with Zn^{2+}

除草剂浓度 /mg·L ⁻¹	48 h						72 h						96 h					
	<i>Racmt</i>			<i>Smt</i>			<i>Racmt</i>			<i>Smt</i>			<i>Racmt</i>			<i>Smt</i>		
	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型	<i>M</i>	<i>M</i> ₀	作用类型
0.050	1.37	1.28	拮抗	1.57	1.46	拮抗	1.34	1.35	部分相加	1.58	1.59	部分相加	1.25	1.42	部分相加	1.49	1.69	部分相加
0.075	1.51	1.41	拮抗	1.81	1.69	拮抗	1.51	1.52	部分相加	1.88	1.89	部分相加	1.44	1.64	部分相加	1.79	1.97	部分相加
0.10	1.66	1.55	拮抗	2.06	1.93	拮抗	1.69	1.70	部分相加	2.17	1.84	拮抗	1.62	1.84	部分相加	2.10	1.72	拮抗
0.15	1.96	1.83	拮抗	2.56	1.72	拮抗	2.03	1.95	拮抗	2.76	1.56	拮抗	1.99	1.79	拮抗	2.71	1.48	拮抗
0.20	2.25	1.90	拮抗	3.05	1.54	拮抗	2.38	1.71	拮抗	3.35	1.42	拮抗	2.36	1.59	拮抗	3.32	1.36	拮抗
0.30	2.85	1.60	拮抗	4.04	1.36	拮抗	3.08	1.48	拮抗	4.52	1.28	拮抗	3.10	1.40	拮抗	4.27	1.17	拮抗

2.3 Zn^{2+} 存在对*Rac*-及*S*-异丙甲草胺对映体选择性差异的影响

为了说明 Zn^{2+} 存在对异丙甲草胺对映体选择性差异的影响,通过分析*Rac*-及*S*-异丙甲草胺的半数有效浓度比值(enantioselective toxicity, ET)来表征异丙甲草胺的潜在立体选择性毒性:

$$\text{ET} = \frac{i\text{EC}_{50\text{S}} + j\text{EC}_{50\text{R}}}{\text{EC}_{50\text{S}}} = \frac{\text{EC}_{50\text{Rac}}}{\text{EC}_{50\text{S}}} \quad (6)$$

式中, $\text{EC}_{50\text{S}}$ 、 $\text{EC}_{50\text{R}}$ 、 $\text{EC}_{50\text{Rac}}$ 分别指*S*-、*R*-及*Rac*-异丙甲草胺对斜生栅藻的 EC_{50} 值,*i*和*j*(*i* + *j* = 1)分别指 $\text{EC}_{50\text{S}}$ 和 $\text{EC}_{50\text{R}}$ 对 $\text{EC}_{50\text{Rac}}$ 的贡献率^[17]。

当ET > 1时,说明*S*-对映体的潜在毒性较大;反之,*R*-对映体的毒性较大;当ET = 1时,对映体间不存在毒性差异。

Rac-和*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的ET值分别为1.67(48 h)、1.69(72 h)和1.65(96 h),均大于

$$M = \sum_{i=1}^n \text{TU}_i \quad (4)$$

$$M_0 = \frac{M}{\text{TU}_{i,\text{max}}} \quad (5)$$

式中,*c_i*指*i*组分在混合物中的浓度, $\text{EC}_{50,i}$ 指*i*组分单独作用时的半致死浓度(或半数有效浓度); $\text{TU}_{i,\text{max}}$ 指混合物中毒性单位最大值。由 Zn^{2+} 和*Rac*-、*S*-异丙甲草胺单独作用的 EC_{50} 值计算*M*和*M₀*值,根据*M*和*M₀*值的大小来评价联合作用的类型(表1和表2)。培养48 h*Rac*-及*S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 的联合作用类型均为拮抗作用;培养后期(72 h和96 h),*Rac*-、*S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 的联合作用类型均表现为除草剂在低浓度下的联合作用为部分相加作用,高浓度下为拮抗作用。

1,说明两者对斜生栅藻的急性毒性存在差异,毒性主要来自*S*-异丙甲草胺。随着暴露时间的延长,ET值变化不明显,说明*Rac*-和*S*-异丙甲草胺的立体选择性毒性随时间变化不大。 Zn^{2+} 存在条件下,*Rac*-和*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的ET值分别为2.20(48 h)、2.62(72 h)和2.00(96 h)。进入环境的手性物质被生物摄取后,其不同对映体潜在的生物效应大都具有对映体选择性差异^[1, 18, 19],Wen等^[20]研究报道铜存在条件下除草剂2,4-滴丙酸的毒性发生了对映选择性反转。本研究表明 Zn^{2+} 的存在没有导致对映体毒性反转,但是增加了*Rac*-和*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的立体选择性毒性差异, Zn^{2+} 的存在使*S*-异丙甲草胺急性毒性增大的程度大于*Rac*-异丙甲草胺毒性的增加。

2.4 Zn^{2+} 存在下*Rac*-、*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻叶绿素含量的影响

在光合作用中叶绿素占有非常重要的地位, Chl a或总叶绿素含量在许多研究中常被作为测定光合作用的指标,而 Chl b 含量可能会随着光密度、

光范围的变化而变化. Zn^{2+} ($0.15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 存在条件下 *Rac*-、*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻叶绿素含量影响见表 3.

表 3 处理 96 h 后斜生栅藻的 Chl a 和 Chl b 的浓度及其含量比¹⁾

Table 3 Chl a and Chl b concentration and the Chl a/Chl b ratio of *S. obliquus* after 96 h treatment

除草剂浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	处理	Chl a/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Chl b/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Chl a/Chl b
0	/	$0.546 \pm 0.054 \text{ f}$	$0.487 \pm 0.090 \text{ d}$	$1.139 \pm 0.110 \text{ a}$
0.050	Racmt	$0.443 \pm 0.017 \text{ e}$	$0.364 \pm 0.022 \text{ c}$	$1.219 \pm 0.030 \text{ ab}$
	Racmt + Zn	$0.327 \pm 0.026 \text{ e}$	$0.233 \pm 0.053 \text{ e}$	$1.403 \pm 0.022 \text{ b}$
	Smt	$0.314 \pm 0.029 \text{ d}$	$0.287 \pm 0.055 \text{ b}$	$1.110 \pm 0.108 \text{ a}$
	Smt + Zn	$0.227 \pm 0.015 \text{ d}$	$0.178 \pm 0.035 \text{ d}$	$1.556 \pm 0.030 \text{ d}$
0.10	Racmt	$0.403 \pm 0.006 \text{ e}$	$0.319 \pm 0.010 \text{ bc}$	$1.266 \pm 0.032 \text{ bc}$
	Racmt + Zn	$0.286 \pm 0.038 \text{ d}$	$0.159 \pm 0.022 \text{ d}$	$1.799 \pm 0.043 \text{ c}$
	Smt	$0.153 \pm 0.005 \text{ c}$	$0.101 \pm 0.008 \text{ a}$	$1.507 \pm 0.071 \text{ b}$
	Smt + Zn	$0.076 \pm 0.009 \text{ c}$	$0.060 \pm 0.008 \text{ c}$	$1.267 \pm 0.014 \text{ c}$
0.15	Racmt	$0.435 \pm 0.035 \text{ e}$	$0.302 \pm 0.062 \text{ bc}$	$1.470 \pm 0.201 \text{ c}$
	Racmt + Zn	$0.149 \pm 0.036 \text{ c}$	$0.093 \pm 0.043 \text{ b}$	$1.602 \pm 0.069 \text{ c}$
	Smt	$0.080 \pm 0.001 \text{ b}$	$0.049 \pm 0.001 \text{ a}$	$1.632 \pm 0.014 \text{ c}$
	Smt + Zn	$0.054 \pm 0.002 \text{ a}$	$0.071 \pm 0.005 \text{ a}$	$0.761 \pm 0.018 \text{ a}$
0.20	Racmt	$0.167 \pm 0.011 \text{ c}$	$0.100 \pm 0.019 \text{ a}$	$1.696 \pm 0.210 \text{ d}$
	Racmt + Zn	$0.083 \pm 0.009 \text{ b}$	$0.058 \pm 0.017 \text{ b}$	$1.431 \pm 0.035 \text{ b}$
	Smt	$0.032 \pm 0.001 \text{ a}$	$0.027 \pm 0.001 \text{ a}$	$1.176 \pm 0.030 \text{ a}$
	Smt + Zn	$0.024 \pm 0.003 \text{ a}$	$0.026 \pm 0.006 \text{ a}$	$0.923 \pm 0.025 \text{ b}$

1) 表中不同数值为平均值 $\pm$ 标准偏差,数值后的字母表示差异显著性($P < 0.05$)

结果表明,除草剂单独处理 96 h 后的斜生栅藻叶绿素含量变化与其生长趋势基本一致. 处理组的 Chl a、Chl b 明显低于空白组,其含量与除草剂浓度呈负相关效应. *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻 Chl a 和 Chl b 含量的影响显著于 *Rac*-异丙甲草胺的影响($P < 0.05$),与对照相比,0.10、0.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ *Rac*-异丙甲草胺分别使 Chl a 含量减少了 26.2%、69.4%,*S*-异丙甲草胺分别使 Chl a 减少了 72.0%、94.1%;研究表明斜生栅藻 Chl b 含量对异丙甲草胺较为敏感,0.10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 0.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ *Rac*-异丙甲草胺分别使 Chl b 含量减少了 34.5%、79.5%,*S*-异丙甲草胺分别使 Chl b 减少了 79.3%、94.5%,说明 *S*-异丙甲草胺对藻光合作用影响更大,毒性更强. 此结果与 Liu 等^[5]关于异丙甲草胺对蛋白核小球藻的毒性研究一致. 与对照相比,*Rac*-异丙甲草胺处理组 Chl a 和 Chl b 含量比(Chl a/b)增大,随浓度呈上升趋势;*S*-异丙甲草胺处理组 Chl a/b 比值先上升后又下降,研究报道 Chl a/b 的上升意味着生物于逆境下抗性的增强^[21]. Zhao 等^[22]报道,人工增强 UV-B 辐射下,喜树叶片中叶绿素含量与对照相比明显降低,但 Chl b 含量的变化更为显著.

除草剂与 Zn^{2+} 联合作用的斜生栅藻叶绿素含

量变化与除草剂单独作用时变化一致. Zn^{2+} 存在条件下,处理组的 Chl a、Chl b 明显低于空白组和相同浓度除草剂单独处理组含量,说明联合作用对斜生栅藻叶绿素含量的影响大于除草剂单独作用的影响. *S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用对 Chl a 和 Chl b 含量的影响显著于 *Rac*-异丙甲草胺($P < 0.05$),相比较空白组,0.10、0.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ *Rac*-异丙甲草胺分别使 Chl a 含量减少了 47.6%、84.8%,*S*-异丙甲草胺分别使 Chl a 减少了 86.1%、95.6%; 0.10、0.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; *Rac*-异丙甲草胺分别使 Chl b 含量减少了 67.4%、88.1%,*S*-异丙甲草胺分别使 Chl b 减少了 87.7%、94.7%. Zn^{2+} 存在条件下,*Rac*-和 *S*-异丙甲草胺处理组 Chl a/b 均先增大后降低. 0.10、0.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ *S*-异丙甲草胺处理组 Chl a/b 均小于 1,说明 Chl a 含量小于 Chl b 含量,*S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用抑制斜生栅藻 Chl a 含量较多于 Chl b 含量. Moyen 等^[23]和 Xia 等^[24]研究报道镉、铜胁迫下,Chl a 含量变化比 Chl b 含量更为敏感. 本实验在有 Zn^{2+} 存在条件下,Chl a 含量变化比较敏感. Chl b 含量的相对稳定从而导致 Chl a/b 比值的降低可能与叶黄素的稳定性相关;反之,Chl a 含量的相对稳定从而导致 Chl a/b 比值的升高可能与 β -类

胡萝卜素的稳定性相关^[25]。异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用时 Chl b 含量较 Chl a 含量稳定, Chl a/b 比值下降, 说明异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用对斜生栅藻叶黄素的影响较明显于 β -类胡萝卜素。

3 结论

(1) 异丙甲草胺对斜生栅藻的急性毒性随着除草剂浓度的上升和暴露时间的延长而增大, 存在剂量效应和时间效应关系; Zn^{2+} 存在条件下, *Rac*-、*S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的毒性作用趋势与其单独作用时的趋势基本相同, Zn^{2+} 的存在降低了高浓度除草剂对斜生栅藻生长的抑制作用。

(2) 培养 48 h 时, *Rac*-及 *S*-异丙甲草胺与 Zn^{2+} 联合作用类型均为拮抗作用, 72 h 和 96 h 时与 Zn^{2+} 的联合作用类型均表现为除草剂在低浓度下的联合作用为部分相加作用, 高浓度下为拮抗作用。

(3) *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的急性毒性存在差异, 毒性主要来自 *S*-异丙甲草胺。 Zn^{2+} 的存在没有导致对映体毒性反转, 但是增加了 *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺对斜生栅藻的立体选择性毒性差异, Zn^{2+} 的存在使 *S*-异丙甲草胺急性毒性增大的程度大于 *Rac*-异丙甲草胺毒性的增加。

(4) 处理 96 h 后异丙甲草胺对斜生栅藻叶绿素含量的影响存在浓度-效应关系, 叶绿素含量变化与其生长趋势基本一致。 Zn^{2+} 存在条件下, *Rac*-和 *S*-异丙甲草胺处理组 Chl a 和 Chl b 含量比(Chl a/b)均先增大后降低。

参考文献:

- [1] Liu W P, Gan J Y, Schlenk D, *et al.* Enantioselectivity in environmental safety of current chiral insecticides [J]. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 2005, **102**(3): 701-706.
- [2] Cao P Y, Wang X Y, Liu F M, *et al.* Dissipation and residue of *S*-metolachlor in maize and soil [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2008, **80**(5): 391-394.
- [3] Pereira S P, Fernandes M A S, Martins J D, *et al.* Toxicity assessment of the herbicide metolachlor comparative effects on bacterial and mitochondrial model systems [J]. Toxicology in Vitro, 2009, **23**(8): 1585-1590.
- [4] Liu H J, Huang R N, Xie F, *et al.* Enantioselective phytotoxicity of metolachlor against maize and rice root [J]. Journal of Hazardous Materials, 2012, **217-218**: 330-337.
- [5] Liu H J, Xiong M Y. Comparative Toxicity of *Rac*-metolachlor and *S*-metolachlor to *Chlorella pyrenoidosa* [J]. Aquatic Toxicology, 2009, **93**(2-3): 100-106.
- [6] Liu H J, Cai W D, Huang R N, *et al.* Enantioselective toxicity of metolachlor to *Scenedesmus obliquus* in the presence of cyclodextrins [J]. Chirality, 2012, **24**(2): 181-187.
- [7] 蔡卫丹, 刘惠君, 方治国. *Rac*-及 *S*-异丙甲草胺对 2 种微藻毒性特征影响研究 [J]. 环境科学, 2012, **33**(2): 448-453.
- [8] Monteiro C M, Fonseca S C, Castro P M L, *et al.* Toxicity of cadmium and zinc on two microalgae, *Scenedesmus obliquus* and *Desmodesmus pleiomorphus*, from Northern Portugal [J]. Journal of Applied Phycology, 2011, **23**(1): 97-103.
- [9] 阎海, 王杏君, 林毅雄, 等. 铜、锌和锰抑制蛋白核小球藻生长的毒性效应 [J]. 环境科学, 2001, **22**(1): 23-26.
- [10] 李坤, 李琳, 侯和胜, 等. Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 对两种单胞藻的毒害作用 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, **8**(4): 395-398.
- [11] 况琪军, 夏宜铮, 惠阳. 重金属对藻类的致毒效应 [J]. 水生生物学报, 1996, **20**(3): 277-283.
- [12] Lin K C, Lee Y L, Chen C Y. Metal toxicity to *Chlorella pyrenoidosa* assessed by a short-term continuous test [J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, **142**(1-2): 236-241.
- [13] Nie X P, Wang X, Chen J F, *et al.* Response of the freshwater alga *Chlorella vulgaris* to trichloroisocyanuric acid and ciprofloxacin [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2008, **27**(1): 168-173.
- [14] Marr I L, Suryana N, Lukulay P, *et al.* Determination of chlorophyll a and b by simultaneous multi-component spectrophotometry [J]. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 1995, **352**(5): 456-460.
- [15] Isnard P, Flammarion P, Roman G, *et al.* Statistical analysis of regulatory ecotoxicity tests [J]. Chemosphere, 2001, **45**(4-5): 659-669.
- [16] Sprague J B, Ramsay B A. Lethal levels of mixed copper-zinc solutions for juvenile salmon [J]. Journal Fisheries Research Board of Canada, 1965, **22**(2): 425-432.
- [17] Zhang A P, Xu C, Liu W P. Influence of toxicity and dissipation of racemic fenoxaprop and its R-enantiomer in *Scenedesmus obliquus* suspension by cyclodextrins [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 2008, **43**(3): 231-236.
- [18] Xu C, Zhao M R, Liu W P, *et al.* Enantioselectivity in zebrafish embryo toxicity of the insecticide acetofenatate [J]. Chemical Research in Toxicology, 2008, **21**(5): 1050-1055.
- [19] Ma Y, Chen L H, Lu X T, *et al.* Enantioselectivity in aquatic toxicity of synthetic pyrethroid insecticide fenvalerate [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2009, **72**(7): 1913-1918.
- [20] Wen Y Z, Chen H, Shen C S, *et al.* Enantioselectivity tuning of chiral herbicide dichlorprop by copper: roles of reactive oxygen species [J]. Environmental Science and Technology, 2011, **45**(11): 4778-4784.
- [21] 王海霞, 刘文哲. UV-B 辐射增强对喜树叶片色素含量和形态结构的影响 [J]. 中国农学通报, 2011, **27**(5): 209-213.
- [22] Zhao Y, Du L F, Yang S H, *et al.* Chloroplast composition and structural differences in a chlorophyll reduced mutant of oilseed

- rape seedlings[J]. *Acta Botanica Sinica*, 2001, **43**(8): 877-880.
- [23] Moyen C, Roblin G. Uptake and translocation of strontium in hydroponically grown maize plants, and subsequent effects on tissue ion content, growth and chlorophyll a/b ratio; comparison with Ca effects[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2010, **68**(3): 247-257.
- [24] Xia J R, Tian Q R. Early stage toxicity of excess copper to photosystem II of *Chlorella pyrenoidosa*-OJIP chlorophyll a fluorescence analysis [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2009, **21**(11): 1569-1574.
- [25] Biswal B. Carotenoid catabolism during leaf senescence and its control by light[J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology*, 1995, **30**(1): 3-13.
-

《环境科学》多项引证指标名列前茅

2013年9月27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2012年度中国科技论文统计结果.统计结果显示2012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77.8,排名第一,总被引频次6489,影响因子1.156.

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,2012年度《环境科学》综合评价总分77.8,在被统计的30种环境科学技术及资源科学技术类期刊中名列第一.

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, <i>et al.</i> (9)
Variation of Atmospheric Particle Number Concentrations in Qingdao and Its Impact on Visibility	KE Xin-shu, SHENG Li-fang, KONG Jun, <i>et al.</i> (15)
Concentrations of PCDD/Fs in the Atmosphere of Chongqing City and Its Seasonal Variation	ZHANG Xiao-ling, LU Yi, ZHU Ming-ji, <i>et al.</i> (22)
Atmospheric Emission of PCDD/Fs from Secondary Aluminum Metallurgy Industry in the Southwest Area, China	LU Yi, ZHANG Xiao-ling, GUO Zhi-shun, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (35)
Pollution Status and Characteristics of PBDEs in Indoor Air of Hangzhou	JIANG Xin-wei, SUN Xin, PEI Xiao-qiang, <i>et al.</i> (41)
Size Distribution of Particle and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Particle Emissions from Simulated Emission Sources	FU Hai-huan, TIAN Na, SHANG Hui-bin, <i>et al.</i> (46)
Atmospheric Deposition Fluxes and Seasonal Variations of Elements in Northeast of Sichuan, Central China	TONG Xiao-ning, ZHOU Hou-yun, YOU Chen-feng, <i>et al.</i> (53)
Trend in Acid Deposition at Tieshanping, Chongqing During 2001-2010	YU De-xiang, MA Xiao-xiao, TAN Bing-quan, <i>et al.</i> (60)
Wet Deposition of Atmospheric Nitrogen of the Jinshui Watershed in the Upper Hanjiang River	WANG Jin-jie, ZHANG Ke-rong, WU Chuan, <i>et al.</i> (66)
Chemical Compositions of <i>n</i> -Alkanoic Acids in Wheat Straw and Its Smoke	LIU Gang, LI Jiu-hai, WU Dan, <i>et al.</i> (73)
Magnetic Properties of Indoor Dustfall at Different Heights in Lanzhou	WU Duo, WEI Hai-tao, ZHAO Rui-rui, <i>et al.</i> (79)
Mercury Fluxes from Conifer-Broadleaf Forested Field in Central Subtropical Forest Zone	MA Ming, WANG Ding-yong, SHEN Yuan-yuan, <i>et al.</i> (85)
Impacts of Rice Straw Biochar on Organic Carbon and CO ₂ Release in Arable Soil	KE Yue-jin, HU Xue-yu, YI Qing, <i>et al.</i> (93)
Geochemical Distribution of Dissolved Bismuth in the Yellow Sea and East China Sea	WU Xiao-dan, SONG Jin-ming, WU Bin, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (117)
Variation Characteristics and Environmental Significant of Trace Elements Under Rainfall Condition in Karst Groundwater	CHEN Xue-bin, YANG Ping-heng, LAN Jia-cheng, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (131)
Forms and Spatial Distribution Characteristics of Nitrogen in Ziya River Basin	ZHAO Yu, SHAN Bao-qing, ZHANG Wen-qiang, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (186)
Study on the Stages of Major Sediments in Dianchi Lake	WANG Xin-yu, ZHOU Feng, YI Xuan, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (202)
Treatment of Sludge Liquor Produced in Deep Dehydration by Photoelectro-Fenton Process	WANG Xian-li, WANG Shi-feng, WU Jun-feng, <i>et al.</i> (208)
Characteristics of Nitrification and Denitrification for Simultaneous Nitrogen and Phosphorus Removal by Granular Sludge	LIU Xiao-ying, LIN Hui, MA Zhao-rui, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (271)
Acute Toxicity of Three Typical Pollutants to Aquatic Organisms and Their Water Quality Criteria	JIANG Dong-sheng, SHI Xiao-rong, CUI Yi-bin, <i>et al.</i> (279)
Evaluation of the Acute Toxicity of Pharmaceutical Wastewater to Luminescent Bacteria	DU Li-na, YANG Fan, MU Yu-feng, <i>et al.</i> (286)
Influence of the Coexistence of Zn ²⁺ on the Enantioselective Toxicity of Metolachlor to <i>Scenedesmus obliquus</i>	HU Xiao-na, ZHANG Shu-xian, CHEN Cai-dong, <i>et al.</i> (292)
Simplification of Biotic Ligand Model and Evaluation of Predicted Results	WANG Wan-bin, CHEN Sha, WU Min, <i>et al.</i> (299)
Priority Pollutants Ranking and Screening of Coke Industry based on USEtox Model	HAO Tian, DU Peng-fei, DU Bin, <i>et al.</i> (304)
Isolation, Identification and Characterization of a Microcystin-degrading Bacterium <i>Paucibacter</i> sp. Strain CH	YOU Di-jie, CHEN Xiao-guo, XIANG Hui-yi, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (319)
Bioconversion of Cellulose to Methane by a Consortium Consisting of Four Microbial Strains	WU Jun-mei, MA An-zhou, CUI Meng-meng, <i>et al.</i> (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 <i>Leymus chinensis</i> 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, <i>et al.</i> (348)
Effects of Antiseptic on the Analysis of Greenhouse Gases Concentrations in Lake Water	XIAO Qi-tao, HU Zheng-hua, James Deng, <i>et al.</i> (356)
Electricity Generation of Surplus Sludge Microbial Fuel Cell Enhanced by Biosurfactant	PENG Hai-li, ZHANG Zhi-ping, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> (365)
Fe-ZSM-5 Catalysts with Different Silica-Alumina Ratios for N ₂ O 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, <i>et al.</i> (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, <i>et al.</i> (385)
Characterization and Soil Environmental Safety Assessment of Super Absorbent Polymers in Agricultural Application	LI Xi, LIU Yu-rong, ZHENG Yuan-ming, <i>et al.</i> (394)

《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)

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