

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第10期

Vol.36 No.10

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

基于细颗粒物来源追踪技术的2013年12月上海市严重污染过程中PM _{2.5} 的源贡献分析·····	李莉, 安静宇, 严茹莎 (3543)
华北地区乡村站点(曲周)夏季PM _{2.5} 中二次无机组分的生成机制与来源解析·····	陈仕意, 曾立民, 董华斌, 朱彤 (3554)
成都市大气PM _{2.5} 中有机磷阻燃剂的污染水平及来源·····	印红玲, 李世平, 叶芝祥, 杨迎春, 梁金凤, 游俊杰 (3566)
不同生物质燃烧排放多环芳烃及糖醇类化合物的模拟研究·····	黄帅, 黄欣怡, 吴水平, 胡清华, 陈晓秋 (3573)
北京地区大气消光特征及参数化研究·····	陈一娜, 赵普生, 何迪, 董璠, 赵秀娟, 张小玲 (3582)
光助芬顿反应催化降解气体中甲苯·····	郑思灿, 陈天虎, 刘海波, 邹雪华, 朱承驻, 陈冬 (3590)
遗体火化二噁英类排放水平及影响因素·····	尹文华, 于晓巍, 韩静磊, 冯桂贤, 付建平, 杨艳艳, 鞠勇明, 张素坤 (3596)
我国餐厨废物生化处理设施恶臭排放特征分析·····	张妍, 王元刚, 卢志强, 韩萌, 商彬彬, 曹阳, 张君 (3603)
太湖湖表反照率时空特征及影响因子·····	曹畅, 李旭辉, 张弥, 刘寿东, 肖薇, 肖启涛, 徐家平 (3611)
基于GOCI影像的太湖水体漫滩系数遥感反演·····	王珊珊, 李云梅, 王桥, 吕恒 (3620)
河口盐度梯度下短叶茳苳沼泽湿地土壤间隙水溶解性甲烷时空特征·····	杨平, 张子川, 杜威宁, 黄佳芳, 全川 (3633)
石家庄市土壤水分运移的稳定同位素特征分析·····	陈同同, 陈辉, 韩璐, 邢星, 付阳阳 (3641)
长寿湖水垂直剖面不同形态汞的季节变化特征及其影响因素·····	白薇扬, 张成, 唐振亚, 赵铮, 王定勇 (3649)
三峡库区消落带4种典型植物根际土壤养分与氮素赋存形态·····	王晓峰, 袁兴中, 刘红, 张磊, 尉建军, 岳俊生 (3662)
湖泊水-沉积物界面DIC和DOC交换通量及耦合关系·····	王伟颖, 吕昌伟, 何江, 左乐, 颜道浩 (3674)
水体扰动条件下物质在沉积介质中的迁移·····	李邵龙, 陈道毅 (3683)
城市道路径流的排污特征·····	武俊良, 任玉芬, 王雪梅, 王效科, 陈利顶, 刘刚才 (3691)
杭州市余杭区典型农村暴雨径流污染特征·····	段圣辉, 赵钰, 单保庆, 唐文忠, 张文强, 张淑珍, 郎超 (3697)
海水淡化超滤-反渗透工艺沿程溴代消毒副产物变化规律·····	杨哲, 孙迎雪, 石娜, 胡洪管 (3706)
天然有机物和电解质对水中C ₆₀ 凝聚行为的影响·····	方华, 荆洁, 于江华, 王钰葶 (3715)
铅改性高岭土原位改良技术控制重污染河道底泥磷释放效果·····	王虹, 林建伟, 詹艳慧, 章喆, 王笛入 (3720)
污水管网中无机氮类营养盐变迁规律·····	金鹏康, 焦丁, 任武昂 (3730)
微好氧水解酸化在石化废水预处理中的应用研究·····	朱晨, 吴昌永, 周岳溪, 伏小勇, 陈学民, 邱延波, 吴晓峰 (3738)
倒置A ² /O-MBR组合工艺处理生活污水效能及膜污染特性·····	王旭东, 马亚斌, 王磊, 杨怡婷, 黄丹曦, 夏四清 (3743)
高氨氮对具有回流的PN-ANAMMOX串联工艺的脱氮影响·····	李祥, 崔剑虹, 袁砚, 黄勇, 袁怡, 刘忻 (3749)
苯甲酸盐厌氧驯化体系中三氯乙烯的还原脱氯特性·····	李姜维, 杨晓永, 胡安谊, 于昌平 (3756)
驯化污泥厌氧还原脱氯促进2,4,6-三氯酚矿化及胞外呼吸脱氯途径·····	宋佳秀, 李玲, 盛凡凡, 郭翠香, 张永明, 李祖元, 王天丽 (3764)
苯酚对厌氧氨氧化污泥脱氮效能长短期影响·····	杨朋兵, 李祥, 黄勇, 朱亮, 崔剑虹, 徐彬彬 (3771)
连续流好氧颗粒污泥系统处理低COD/N实际生活污水的工艺优化·····	鲁磊, 信欣, 鲁航, 朱辽东, 谢思建, 武勇 (3778)
FNA对好氧吸磷的长期抑制及污泥吸磷方式转化·····	马娟, 李璐, 俞小军, 孙雷军, 孙洪伟, 陈永志 (3786)
污水处理厂不同工艺的污泥脱水效能分析及其影响因素研究·····	刘吉宝, 李亚明, 吕鑑, 魏源送, 杨敏, 郁达伟 (3794)
残留过氧化氢对微波-过氧化氢-碱预处理后污泥水解酸化的影响·····	贾瑞来, 刘吉宝, 魏源送, 才兴 (3801)
大围山典型森林土壤有机氮垂直分布特征·····	丁咸庆, 马慧静, 朱晓龙, 陈珊, 侯红波, 彭佩钦 (3809)
缙云山不同土地利用方式对土壤活性有机碳、氮组分的影响·····	祁心, 江长胜, 郝庆菊, 李鉴霖 (3816)
三峡库区典型退耕还林模式土壤养分流失控制·····	吴东, 黄志霖, 肖文发, 曾立雄 (3825)
坡位与土层对喀斯特原生林土壤微生物生物量与丰度的影响·····	冯书珍, 苏以荣, 张伟, 陈香碧, 何寻阳 (3832)
不同种植方式对亚热带红壤微生物多样性的影响·····	沈冰洁, 祝贞科, 袁红朝, 葛体达, 王久荣, 陈明利, 吴晓英, 吴金水 (3839)
有色冶金区土壤-玉米系统汞累积及健康风险·····	纪小凤, 郑娜, 王洋, 刘强, 张静静 (3845)
改良剂对4种木本植物的铅锌耐性、亚细胞分布和化学形态的影响·····	陈永华, 张富运, 吴晓英, 梁希, 袁斯文 (3852)
菹草乙酸酯组分抑藻活性物质的分离纯化和鉴定·····	孙颖颖, 苏振霞, 浦寅芳, 肖辉, 王长海 (3860)
血吸虫病疫区水生生物体内氯苯化合物的污染特征与潜在风险·····	李昆, 赵高峰, 周怀东, 赵健, 张盼伟, 刘巧娜, 王兴勋, 刘晓茹 (3866)
生物传感细胞ADP1_pWHLux在水环境急性毒性检测中的应用·····	唐慧, 宋一之, 姜博, 陈光玉, 贾建丽, 张旭, 李广贺 (3872)
虹鳟鱼鳃及肝脏多种CYP1基因表达模式作为生物标志物监测海河水污染状况·····	高锴, 闫佩, 檀翠玲, 罗彦鹤, 孙静, Maria E. Jönsson, Ingvar Brandt, 唐运平 (3878)
纳米氧化锌对斑马鱼肝脏的毒性效应·····	刘林, 赵群芬, 金凯星, 朱帅旗, 王小飞, 吕佳昀 (3884)
黄连根茎浸提物对隆线蚤的急性毒性作用·····	陈亚楠, 袁玲 (3892)
发酵稻壳对亚铁离子和硫离子的吸附-解吸附特性·····	谢晓梅, 廖敏, 华嘉媛, 陈娜, 张楠, 徐培智, 解开治, 徐昌旭, 刘光荣 (3896)
搅拌棒吸附萃取-气相色谱-质谱联用测定海水中邻苯二甲酸酯·····	高晨晨, 李锋民, 卢伦, 孙玥 (3906)
COD组分分析的实验条件及结果可靠性分析·····	李志华, 张银, 韩杏, 余科, 李汝佳 (3913)
养猪废水和污泥中11种兽用抗生素的同时分析技术及其在生物降解过程的应用·····	丁佳丽, 刘锐, 郑炜, 余卫娟, 叶朝霞, 陈吕军, 张永明 (3918)
土壤微生物产电技术及其潜在应用研究进展·····	邓欢, 薛洪婧, 姜允斌, 钟文辉 (3926)
《环境科学》征订启事 (3553)	
《环境科学》征稿简则 (3589)	
信息 (3705, 3755, 3763, 3800)	

黄连根茎浸提物对隆线蚤的急性毒性作用

陈亚楠, 袁玲*

(西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 黄连根茎和制剂具有抗菌等作用, 广泛用于水产养殖. 试验以隆线蚤单克隆生物株为供试生物, 研究了不同浓度的黄连根茎浸提物(*Coptis chinensis* root extracts, CRE)对隆线蚤泳动能力、存活率及趋光性的影响. 结果表明, 黄连根茎浸提物对水蚤具有急性毒性, 半致死浓度 > 半抑制浓度 > 趋光指数显著改变的浓度, 后者仅 $4.27 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (以 CRE 浓度计), 远远低于防治鱼病黄连进入水体的浓度. 因此, 水产养殖使用黄连药物对水蚤存在生物毒性. 此外, 导致隆线蚤趋光指数显著改变的 CRE 浓度比半致死浓度低 30.62 ~ 36.51 倍, 测试时间从 48 h 或 24 h 缩短到 3 h, 且容易观察, 利用隆线蚤趋光性的改变可快速监测 CRE 对其的毒害作用. 在水产养殖中, 如果滥用黄连制剂, 会影响水生食物链, 导致水生态系统失衡.

关键词: 黄连; 隆线蚤; 急性毒性; 趋光指数; 生物碱

中图分类号: X171.5 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)10-3892-04 DOI: 10.13227/j.hjxx.2015.10.045

Acute Toxicity of *Coptis chinensis* Rhizome Extracts to *Daphnia carinata*

CHEN Ya-nan, YUAN Ling*

(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: *Coptis chinensis* rhizome and preparations were widely used for the treatment of fish diseases in aquaculture. The acute toxicological effect of CRE on lethal, movement and phototaxis was studied on *Daphnia carinata* monoclonal as a test animal in the present experiment. The results showed that CRE was acute toxic to this animal and alkaloids berberine concentrations in CRE changed in the following sequence: half lethal > half inhibitory > limitable, which led to a significant change in phototaxis index of *Daphnia carinata*. The concentration of CRE for the significant change in phototaxis index was $4.27 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, which was lower than the concentration in water to cure the fish diseases and this conclusion indicated an ecological risk of this antibiotic to *Daphnia carinata* in aquaculture. In addition, the concentration of CRE in phototaxis index was changed from 30.62 times at 48th hour to 36.51 times at 24th hour that were lower than half lethal concentration. Detecting phototaxis index was easy and only 3 hours was required, so utilizing the quickly change of *Daphnia carinata* phototaxis can be an effective method to monitor the toxicity effect of CRE on *Daphnia carinata*. The abuse of rhizome or preparations in aquaculture might destroy the aquatic food chain, resulting in an imbalance of aquatic ecosystems.

Key words: *Coptis chinensis*; *Daphnia carinata*; acute toxicity; phototaxis index; alkaloid

黄连(*Coptis chinensis*)属毛茛科多年生草本植物,其根茎内含有小檗碱(berberine)、黄连碱(coptisine)、表小檗碱(epiberberine)和药根碱(jatrorrhizine)等30余种生物碱,具有消炎、抗菌、泻火解毒之效.在水产养殖中,黄连根茎和制剂广泛用于鱼类多种感染性疾病的防治^[1~3].此外,全国60%的黄连集中种植于重庆市三峡库区的石柱县^[4],在黄连生长过程中,根茎中的生物碱经降雨淋溶、枯枝落叶和根系分泌作用进入土壤,再经地表地下径流进入水体^[5].因此,黄连生物碱可直接和间接进入水体,作用于水生动物、植物和微生物,对水体生态系统产生持续影响^[6].

黄连根茎中的生物碱选择性抑制植物、原生动物和微生物的生长繁殖^[7],但人们对浮游动物的急性毒性作用研究甚少.水蚤食用绿藻,鱼类以水蚤为饵料,故水蚤是水生食物链的关键环节,与水体健康和生产力密切相关^[8].三峡库区是全国水资源保

护的重点地区之一,三峡水库的水质涉及到南水北调和下游亿万人民的生产生活.三峡库区水产养殖发达,同时,又是大规模集约化种植黄连的区域,故了解黄连种植和使用产生的水生态风险有益于保护三峡库区的水资源.为此,试验研究了黄连根茎浸提物对隆线蚤的急性毒性作用,以期为评估黄连浸提物对水体生产力和水生态的影响提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试生物

选取自主选育的、趋光性强的隆线蚤(*Daphnia*

收稿日期: 2015-01-13; 修订日期: 2015-05-14

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2013CB127405)

作者简介: 陈亚楠(1990~),女,硕士研究生,主要研究方向为农业资源与环境, E-mail: chenynm@163.com

* 通讯联系人, E-mail: Lingyuanh@aliyun.com

carinata, De) 为试验材料. 原种采集于重庆三峡库区的自然水体, 经多代孤雌生殖、纯化, 获得单克隆生物株, 现保存于西南大学资源环境学院水蚤实验室.

在 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、光照周期 $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 和光强 1200 lx 的条件下, 用充分曝气脱氯的自来水培养水蚤, 每日 08:00 投喂新鲜的斜生栅藻 ($2 \times 10^5 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$), 至 4 d 龄期备用.

1.1.2 试验用水

标准毒物的稀释水为 ISO6341-1989 人工标准水(以下简称标准水)^[9], 溶液的组成为: $0.294 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $0.123 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0.065 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$, $0.006 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KCl}$, 用预先充氧至饱和(20°C)的去离子水配制, pH $7.5 \sim 7.8$, DO $\geq 8.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 或 NaOH 调节 pH 至 7.8 , 静置 24 h 后使用.

1.1.3 试验药物

供试黄连取自石柱县黄水镇 5 年生黄连根茎, $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ 烘干, 粉碎过 2 mm 筛, 称取 100.00 g , 加去离子水 800 mL , 37°C 水浴, 浸提 24 h, 过滤, 定容至 1000 mL , 配成质量浓度为 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的黄连根茎浸提液(CRE), 置于 4°C 冰箱避光保存. 样品由西南大学药学院 HPLC 测定, 其生物碱总含量(total alkaloid, TA) 为 $176.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 其中, 小檗碱 $101.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 黄连碱 $28.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 巴马汀 $26.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 表小檗碱 $18.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 药根碱 $1.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.2 试验设计

1.2.1 CRE 对隆线蚤活动能力及存活的影响

在多次预备试验的基础上, 根据寇氏法, 等比法设置处理浓度, 组间比值为 1.87. 试验设置 5 个处理, 分别为 (CK) 0、(A) 25、(B) 47、(C) 88、(D) $164 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CRE, 各处理相当于含有总生物碱 0、0.044、0.082、0.153、0.285 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 试验重复 5 次, 共做 3 个批次.

试验在 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 条件下进行, 先将隆线蚤在 200 mL 的标准水中润洗 3 次, 每次 5 min , 每组随机选取 10 只隆线蚤, 置于 100 mL 处理浓度的 CRE 溶液中, 在 1、2、3、4、5、6、7、8、24、48 h 观察水蚤活动及存活情况.

水蚤活动受抑制标准为: 轻微扰动溶液 15 s, 个体不能游泳活动(即触角仍可活动); 死亡判断标准为: 蚤体沉入水底, 轻轻转动容器无任何反应^[10]. 在观察期间, 停止喂食, 其余同常规培养.

1.2.2 CRE 对隆线蚤趋光性的影响

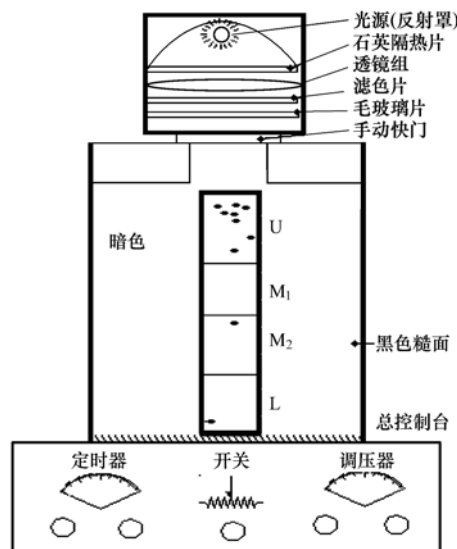
试验处理、试验温度、试验前水蚤的预处理均同 1.2.1 节. 即每组随机取隆线蚤 10 只, 置于 100 mL 处理浓度的 CRE 溶液中, 1200 lx 光照培养 3 h. 然后, 将水蚤转入自主设计的水蚤趋光测定装置^[11](图 1), 暗适应 5 min 后, 在 1200 lx 光照下, 刺激 10 min, 从第 6 min 开始, 每隔 1 min 记录各光区内的水蚤数目. 试验重复 5 次, 共做 3 个批次.

1.3 测定指标及方法

采用寇氏法计算 24 h 和 48 h 的半致死浓度和泳动受到抑制的半抑制浓度(半抑制浓度); 水蚤趋光指数(phototaxical index, I_p)的计算公式如下^[12]:

$$I_p = \frac{U - L}{U + M_1 + M_2 + L}$$

式中, U 为 U 区的水蚤数; M_1 为 M_1 区的水蚤数; M_2 为 M_2 区的水蚤数; L 为 L 区的水蚤数.



U、 M_1 、 M_2 、L 分别代表观察装置上部、中上部、中下部和底部的水蚤数目

图 1 水蚤趋光行为测试装置

Fig. 1 Setup for quantification of *Daphnia*'s phototaxis behavior in light tight box

1.4 数据分析

用改进寇氏法计算 LC_{50} 和 EC_{50} . Excel 对试验数据进行基本计算, SPSS 17.0 软件进行方差分析, 多重比较采用 Duncan 法, 显著水平设为 0.05.

2 结果与分析

2.1 CRE 对水蚤存活率的影响

表 1 可见, CRE 浓度与水蚤存活率之间存在明显的剂量-效应关系, 可用 $y = A_1 - \frac{A_2}{1 + e^{\frac{x-x_0}{ds}}}$ 表示. 将

表 1 CRE 对隆线蚤存活率的影响¹⁾

Table 1 Effects of CRE on the mortality rate of <i>Daphnia carinata</i>				
时间/h	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95% 置信区间	毒性方程	相关系数
24	160.20	145.06 ~ 175.36	$y = 97.25 - \frac{97.06}{1 + e^{\frac{x-162.74}{11.01}}}$	0.992 **
48	135.04	116.18 ~ 153.90	$y = 99.73 - \frac{97.77}{1 + e^{\frac{x-136.38}{15.80}}}$	0.997 **

1) ** 表示在 $P \leq 0.01$ 水平上有显著差异,下同; y 表示累计致死率(%), x 表示 CRE 浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

水蚤置于供试溶液中,24 h 和 48 h 的半致死浓度分别是 $160.20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $135.04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

2.2 CRE 对水蚤的游动能力的影响

表 2 可见,CRE 浓度对水蚤的活动能力之间

也存在剂量-效应关系,可用 $y = ax + b$ 表示. 将水蚤置于供试溶液中,CRE 对水蚤 24 h 和 48 h 的半抑制浓度分别是 $116.87 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $86.94 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

表 2 CRE 对隆线蚤活动能力的影响¹⁾

Table 2 Effects of CRE on the movement of <i>Daphnia carinata</i>				
时间/h	EC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95% 置信区间	毒性方程	相关系数
24	116.87	92.76 ~ 140.99	$y = 0.41x + 2.33$	0.805 **
48	86.94	66.75 ~ 107.13	$y = 0.55x + 2.50$	0.914 **

1) y 表示累计抑制率(%), x 表示 CRE 浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

2.3 CRE 对水蚤趋光性的影响

水蚤趋光指数(I_p)随着 CRE 浓度的增大而显著降低(图 2). 在 CRE 溶液中,当 CRE 浓度为 $4.27 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,水蚤 I_p 显著降低;当 CRE 浓度为 $25.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,趋光性由正变负.

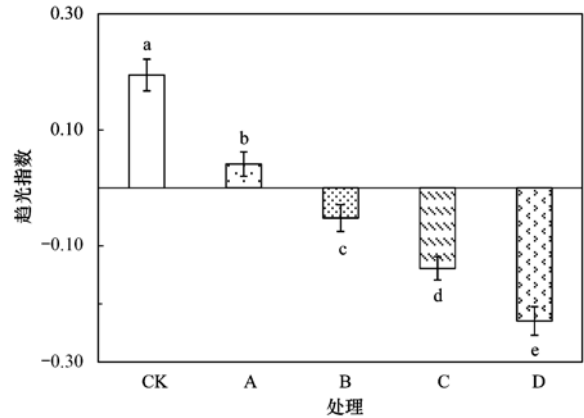


图 2 CRE 对隆线蚤趋光性的影响
Fig. 2 Effects of CRE on the phototaxis of *Daphnia carinata*

3 讨论

在集约化水产养殖过程中,黄连根茎或制剂常用于防治鱼、虾、蟹、贝类、海参的多种细菌和病毒引起的疾病^[13],如鱼类的暴发性出血病、痘疮病、腹水病、疖疮病、肠炎病、烂鳃病、烂尾病、弧菌病、爱德华菌病、细菌性败血症、白头白嘴病、白皮病、腐皮病;虾类的暴发性红腿病、烂眼病、白斑病、黑斑病、甲壳溃疡病、颤抖病、水肿病、黑

鳃病、红体病、肌肉坏死症等^[14~17]. 每公斤鱼体的黄连根茎(或制剂)用量高达 20 mg 左右^[18],并需要连续或隔日投药,在水体中的浓度可达 $16.72 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,是水蚤趋光指数发生显著变化浓度的 2.92 倍,故防治鱼病的用药量可能影响水蚤趋光性^[19]. 水蚤作为水体生态系统中的重要成分,是连接水生动物、植物生产的关键环节,也关系到水体的健康质量^[20~23]. 值得注意的是,种植黄连后的土壤一般需要休耕 3~5 a,说明进入土壤环境中的黄连生物碱难以降解,持续存在^[24]. 因此,黄连生物碱进入水体之后,半衰期可能较长,对水体生态系统产生的影响可能较大. 此外,水蚤半致死浓度 > 半抑制浓度 > 趋光指数显著改变的浓度,即引起水蚤的趋光性显著改变的 CRE 浓度远远低于半致死浓度,说明利用水蚤趋光性的改变来监测毒物的危害更加灵敏和快捷.

化学方法可以测定有害物质的绝对含量,生物监测能了解已知和未知毒物的生物有效性,故生物监测是水质监测的重要环节,可总体上评价水体的健康质量^[25]. 水蚤个体小、繁殖迅速、容易饲养,可方便、经济地获得大量的试验材料,通过孤雌生殖,可获得遗传性相同的个体,有效减小试验误差. 因此,在水质生物监测中,水蚤是国际公认的标准试验生物^[26~29]. 但是,水蚤死亡和游泳活动观察误差大,耗时长;相反,水蚤趋光性对毒物反应灵敏. 研究中导致隆线蚤趋光指数发生显著改变的 CRE 浓

度比 24 h 半致死和半抑制浓度分别低 36.51 倍和 26.37 倍, 测试时间缩短到 3 h, 且易于观察。

4 结论

黄连根茎浸提物对隆线蚤具有急性毒性作用, 对隆线蚤的泳动能力、存活率和趋光性产生影响。同时, 半致死浓度 > 半抑制浓度 > 趋光指数显著改变的浓度, 利用水蚤的趋光性, 可以显著提高监测黄连生物碱的灵敏度。

参考文献:

- [1] Wang L, Zhang S Y, Chen L, *et al.* New enantiomeric isoquinoline alkaloids from *Coptis chinensis* [J]. *Phytochemistry Letters*, 2014, **7**(9): 89-92.
- [2] Choi Y Y, Kim H M, Cho I H, *et al.* Inhibitory effect of *Coptis chinensis* on inflammation in LPS-induced endotoxemia [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2013, **149**(2): 506-512.
- [3] Jiang S, Du P G, An L P, *et al.* Anti-diabetic effect of *Coptis chinensis* polysaccharide in high-fat diet with STZ-induced diabetic mice [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, **55**: 118-122.
- [4] 孔德英, 陆丽华, 滕少娜, 等. 石柱黄连出口现状及对策研究[J]. *中国现代中药*, 2013, **15**(8): 701-703.
- [5] 李鑫鑫. 黄连栽培模式对土壤因子的影响及黄连品系间主要生理指标研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [6] 李倩, 吴叶宽, 袁玲, 等. 黄连须根浸提液对 2 种豆科植物的化感效应[J]. *中国中药杂志*, 2013, **38**(6): 806-811.
- [7] 李扬军, 何军, 马志卿, 等. 雷公藤生物碱对土壤微生物的影响[J]. *西北农业学报*, 2012, **21**(10): 174-178.
- [8] 邵雷. 镉、锌和有机农药对水蚤急、慢性中毒的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [9] ISO. Water quality-determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* straus (Cladocera: crustacea) [S]. 1989, ISO6341-1989.
- [10] Wu Y G, Lin C X, Yuan L. Characteristics of six cladocerans in relation to ecotoxicity testing[J]. *Ecological Indicators*, 2007, **7**(4): 768-775.
- [11] 吴永贵. 利用水蚤趋光行为监测水体及土壤中氮磷与重金属的生物毒性[D]. 重庆: 西南大学, 2004.
- [12] De Meester L. Genotype, fish-mediated chemical, and phototactic behavior in *Daphnia magna* [J]. *Ecology*, 1993, **74**(5): 1467-1474.
- [13] 吴梅秀. 中草药在水产养殖业中的应用前景[J]. *畜牧兽医杂志*, 2008, **27**(2): 64-65.
- [14] 仇登高, 张松柏, 孙圣贤, 等. 营口地区主要养殖鱼类常见疾病的防治技术[J]. *水产养殖*, 2009, **30**(1): 36-38.
- [15] 熊静, 关瑞章, 郭松林, 等. 鱼类病原菌外膜蛋白及其免疫原性研究进展[J]. *水产生物学报*, 2011, **35**(1): 163-169.
- [16] Stride M C, Polkinghorne A, Nowak B F. Chlamydial infections of fish; diverse pathogens and emerging causes of disease in aquaculture species[J]. *Veterinary Microbiology*, 2014, **170**(1-2): 19-27.
- [17] Van Muiswinkel W B, Nakao M. A short history of research on immunity to infectious diseases in fish [J]. *Developmental & Comparative Immunology*, 2014, **43**(2): 130-150.
- [18] 陈丽婷, 邹志利, 王晓清, 等. 中草药添加剂在水产养殖中的应用研究进展[J]. *水产科学*, 2014, **33**(3): 190-194.
- [19] Eriksson B J, Fredman D, Steiner G, *et al.* Characterisation and localisation of the opsin protein repertoire in the brain and retinas of a spider and an onychophoran[J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2013, **13**(1): 186-186.
- [20] 王飞翔, 袁玲, 黄建国. 直流电场处理后隆线蚤趋光性对 Cr^{6+} 和 Hg^{2+} 的响应[J]. *环境科学*, 2013, **34**(6): 2350-2354.
- [21] 杨静, 袁玲, 唐毅. 利用隆线蚤趋光行为检测水体中五氯酚钠和镉的研究[J]. *环境科学学报*, 2006, **26**(6): 1011-1015.
- [22] Martins L, Soares M L, Saker M L, *et al.* Phototactic behavior in *Daphnia magna* straus as an indicator of toxicants in the aquatic environment[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2007, **67**(3): 417-422.
- [23] 吴永贵, 熊焱, 林初夏, 等. 不同形态 P 对 Cu、Zn、Cd 联合生物毒性效应的影响[J]. *环境科学学报*, 2006, **26**(12): 2045-2051.
- [24] 任秀娟. 黄连种植对土壤侵蚀及土壤肥力的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2004.
- [25] 吴永贵, 黄建国, 袁玲. 利用水蚤的趋光行为监测水质[J]. *中国环境科学*, 2004, **24**(3): 336-339.
- [26] Qi S Z, Wang C, Chen X F, *et al.* Toxicity assessments with *Daphnia magna* of Guadipyr, a new neonicotinoid insecticide and studies of its effect on acetylcholinesterase (AChE), glutathione S-transferase (GST), catalase (CAT) and chitinase activities [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2013, **98**: 339-344.
- [27] Hansuld E M, Briens L. A review of monitoring methods for pharmaceutical wet granulation [J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2014, **472**(1-2): 192-201.
- [28] Asadollahi-Baboli M. Aquatic Toxicity assessment of esters towards the *Daphnia magna* through PCA-ANFIS[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2013, **91**(4): 450-454.
- [29] Wu Y G, Lin C X, Yuan L. Phototaxis index of *Daphnia carinata* as an indicator of joint toxicity of copper, cadmium, zinc, nitrogen and phosphorus in aqueous solutions [J]. *Ecological Indicators*, 2008, **8**(1): 69-74.

CONTENTS

Source Contribution Analysis of the Fine Particles in Shanghai During a Heavy Haze Episode in December, 2013 Based on the Particulate Matter Source Apportionment Technology	LI Li, AN Jing-yu, YAN Ru-sha (3543)
Transformation Mechanism and Sources of Secondary Inorganic Components in PM _{2.5} at an Agriculture Site (Quzhou) in the North China Plain in Summer	CHEN Shi-yi, ZENG Li-min, DONG Hua-bin, <i>et al.</i> (3554)
Pollution Level and Sources of Organic Phosphorus Esters in Airborne PM _{2.5} in Chengdu City	YIN Hong-ling, LI Shi-ping, YE Zhi-xiang, <i>et al.</i> (3566)
Simulation Study of the Emission of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Sugar Alcohols from Biomass Burning	HUANG Shuai, HUANG Xin-yi, WU Shui-ping, <i>et al.</i> (3573)
Characteristics and Parameterization for Atmospheric Extinction Coefficient in Beijing	CHEN Yi-na, ZHAO Pu-sheng, HE Di, <i>et al.</i> (3582)
Photocatalytic Degradation of Gaseous Toluene by a Photo-Fenton Reaction	ZHENG Si-can, CHEN Tian-hu, LIU Hai-bo, <i>et al.</i> (3590)
Emission of PCDD/Fs from Crematories and Its Influencing Factors	YIN Wen-hua, YU Xiao-wei, HAN Jing-lei, <i>et al.</i> (3596)
Odor Emission Characteristics from Biochemical Treatment Facilities of Kitchen Waste in China	ZHANG Yan, WANG Yuan-gang, LU Zhi-qiang, <i>et al.</i> (3603)
Temporal and Spatial Characteristics of Lake Taihu Surface Albedo and Its Impact Factors	CAO Chang, LI Xu-hui, ZHANG Mi, <i>et al.</i> (3611)
Remote Sensing Inversion of Diffuse Attenuation Coefficient in Lake Taihu Based on the GOCI Images	WANG Shan-shan, LI Yun-mei, WANG Qiao, <i>et al.</i> (3620)
Porewater Dissolved Methane in <i>Cyperus malaccensis</i> Marshes Along Salinity Gradient in the Minjiang River Estuary	YANG Ping, ZHANG Zi-chuan, DU Wei-ning, <i>et al.</i> (3633)
Stable Isotopes Characters of Soil Water Movement in Shijiazhuang City	CHEN Tong-tong, CHEN Hui, HAN Lu, <i>et al.</i> (3641)
Seasonal Variations in Vertical Profile of Hg Species and the Influential Factors in Changshou Reservoir	BAI Wei-yang, ZHANG Cheng, TANG Zhen-ya, <i>et al.</i> (3649)
Nutrient Characteristics and Nitrogen Forms of Rhizosphere Soils Under Four Typical Plants in the Littoral Zone of TGR	WANG Xiao-feng, YUAN Xing-zhong, LIU Hong, <i>et al.</i> (3662)
Exchange Fluxes and Coupling Relationship of Dissolved Inorganic Carbon and Dissolved Organic Carbon Across the Water-Sediment Interface in Lakes	WANG Wei-ying, LÜ Chang-wei, HE Jiang, <i>et al.</i> (3674)
Mass Transport in Porous Sediments During a Turbulent Disturbance	LI Shao-long, CHEN Dao-yi (3683)
Characterization of Pollutant Wash-off in the Urban Stormwater	WU Jun-liang, REN Yu-fen, WANG Xue-mei, <i>et al.</i> (3691)
Research of the Stormwater Runoff and Pollution Characteristics in Rural Area of Yuhang District, Hangzhou	DUAN Sheng-hui, ZHAO Yu, SHAN Bao-qing, <i>et al.</i> (3697)
Formation and Variation of Brominated Disinfection By-products in A Combined Ultrafiltration and Reverse Osmosis Process for Seawater Desalination	YANG Zhe, SUN Ying-xue, SHI Na, <i>et al.</i> (3706)
Effect of Natural Organic Matter and Electrolytes on the Aggregation of C ₆₀ Nanoparticles in Aquatic Systems	FANG Hua, JING Jie, YU Jiang-hua, <i>et al.</i> (3715)
Efficiency of Sediment Amendment with Zirconium-Modified Kaolin Clay to Control Phosphorus Release from Sediments in Heavily Polluted Rivers	WANG Hong, LIN Jian-wei, ZHAN Yan-hui, <i>et al.</i> (3720)
Transformation of Nitrogen Nutrients in the Urban Sewage Pipe Network	JIN Peng-kang, JIAO Ding, REN Wu-ang (3730)
Application of Micro-aerobic Hydrolysis Acidification in the Pretreatment of Petrochemical Wastewater	ZHU Chen, WU Chang-yong, ZHOU Yue-xi, <i>et al.</i> (3738)
Efficacy of A ² /O-MBR Combined Process in Wastewater Treatment and the Characteristics of Membrane Fouling	WANG Xu-dong, MA Ya-bin, WANG Lei, <i>et al.</i> (3743)
Effect of High Ammonium on Nitrogen Removal in an Partial Nitrification-ANAMMOX Process with Reflux System	LI Xiang, CUI Jian-hong, YUAN Yan, <i>et al.</i> (3749)
Reductive Dechlorination of Trichloroethylene by Benzoate-Enriched Anaerobic Cultures	LI Jiang-wei, YANG Xiao-yong, HU An-yi, <i>et al.</i> (3756)
2,4,6-Trichlorophenol Mineralization Promoted by Anaerobic Reductive Dechlorination of Acclimated Sludge and Extracellular Respiration Dechlorination Pathway	SONG Jia-xiu, LI Ling, SHENG Fan-fan, <i>et al.</i> (3764)
Short or Long Term Influence of Phenol on Nitrogen Removal Efficiency of ANAMMOX Sludge	YANG Peng-bing, LI Xiang, HUANG Yong, <i>et al.</i> (3771)
Process Optimization of Aerobic Granular Sludge Continuous-Flow System for the Treatment of Low COD/N Ratio Sewage	LU Lei, XIN Xin, LU Hang, <i>et al.</i> (3778)
Long-Term Inhibition of FNA on Aerobic Phosphate Uptake and Variation of Phosphorus Uptake Properties of the Sludge	MA Juan, LI Lu, YU Xiao-jun, <i>et al.</i> (3786)
Performance and Factors Analysis of Sludge Dewatering in Different Wastewater Treatment Processes	LIU Ji-bao, LI Ya-ming, LÜ Jian, <i>et al.</i> (3794)
Effect of Residual Hydrogen Peroxide on Hydrolysis Acidification of Sludge Pretreated by Microwave -H ₂ O ₂ -Alkaline Process	JIA Rui-lai, LIU Ji-bao, WEI Yuan-song, <i>et al.</i> (3801)
Vertical Distribution Characteristics of Typical Forest Soil Organic Nitrogen in Dawei Mountain	DING Xian-qing, MA Hui-jing, ZHU Xiao-long, <i>et al.</i> (3809)
Effects of Different Land Uses on Soil Active Organic Carbon and Nitrogen Fractions in Jinyun Mountain	QI Xin, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju, <i>et al.</i> (3816)
Control of Soil Nutrient Loss of Typical Reforestation Patterns Along the Three Gorges Reservoir Area	WU Dong, HUANG Zhi-lin, XIAO Wen-fa, <i>et al.</i> (3825)
Effects of Slope Position and Soil Horizon on Soil Microbial Biomass and Abundance in Karst Primary Forest of Southwest China	FENG Shu-zhen, SU Yi-rong, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3832)
Effects of Different Plantation Type on the Abundance and Diversity of Soil Microbes in Subtropical Red Soils	SHEN Bing-jie, ZHU Zhen-ke, YUAN Hong-zhao, <i>et al.</i> (3839)
Accumulation of Mercury in Soil-maize System of Non-ferrous Metals Smelting Area and Its Related Risk Assessment	JI Xiao-feng, ZHENG Na, WANG Yang, <i>et al.</i> (3845)
Effects of Different Modifier Concentrations on Lead-Zinc Tolerance, Subcellular Distribution and Chemical Forms for Four Kinds of Woody Plants	CHEN Yong-hua, ZHANG Fu-yun, WU Xiao-fu, <i>et al.</i> (3852)
Isolation, Purification and Identification of Antialgal Activity Substances of Ethyl Acetate Extracts from the Submerged Macrophytes <i>Potamogeton crispus</i>	SUN Ying-ying, SU Zhen-xia, PU Yin-fang, <i>et al.</i> (3860)
Distribution Characteristics and Potential Risk of CBs in Aquatic Organisms from Typical Epidemic Areas of Schistosomiasis Prevalence	LI Kun, ZHAO Gao-feng, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (3866)
Application of Whole-cell Biosensor ADPI _p WHlux for Acute Toxicity Detection in Water Environment	TANG Hui, SONG Yi-zhi, JIANG Bo, <i>et al.</i> (3872)
Application of Rainbow Trout CYP1 Gene Expression Patterns in Gill and Liver for Haihe River Bio-monitoring	GAO Kai, YAN Pei, TAN Cui-ling, <i>et al.</i> (3878)
Toxic Effect of Nano-ZnO in Liver of Zebrafish	LIU Lin, ZHAO Qun-fen, JIN Kai-xing, <i>et al.</i> (3884)
Acute Toxicity of <i>Coptis chinensis</i> Rhizome Extracts to <i>Daphnia carinata</i>	CHEN Ya-nan, YUAN Ling (3892)
Adsorption-desorption Characteristics of Fermented Rice Husk for Ferrous and Sulfur Ions	XIE Xiao-mei, LIAO Min, HUA Jia-yuan, <i>et al.</i> (3896)
Application of Stir Bar Sorptive Extraction and Gas Chromatograph Mass Spectrometer to the Phthalic Acid Esters Analysis in Seawater	GAO Chen-chen, LI Feng-min, LU Lun, <i>et al.</i> (3906)
Experimental Conditions and Reliability Analysis of Results of COD Components	LI Zhi-hua, ZHANG Yin, HAN Xing, <i>et al.</i> (3913)
Method for Simultaneous Determination of 11 Veterinary Antibiotics in Piggery Wastewater and Sludge and Its Application in Biological Treatment	DING Jia-li, LIU Rui, ZHENG Wei, <i>et al.</i> (3918)
Research Progress in Technology of Using Soil Micro-organisms to Generate Electricity and Its Potential Applications	DENG Huan, XUE Hong-jing, JIANG Yun-bin, <i>et al.</i> (3926)

《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 刘 毅 汤鸿霄 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)

2015年10月15日 第36卷 第10期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 10 Oct. 15, 2015

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: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行