

# 以水蚤为指示生物探究铵盐的急性毒性

靳淑博<sup>1</sup>, 杨治广<sup>1,\*</sup>, 张军政<sup>1</sup>, 杨静也<sup>1</sup>, 陈 硕<sup>1</sup>, 郝晴圆<sup>1</sup>, 贺晓晓<sup>1</sup>,  
王晨曦<sup>1</sup>, 霍 雨<sup>1</sup>, 顾世元<sup>1</sup>, 赵秀秀<sup>1</sup>, 张文麒<sup>2</sup>

(1. 河南省水体污染防治与修复重点实验室, 河南城建学院, 平顶山 467000;

2. 资源环境与安全工程学院, 南华大学, 衡阳 421000)

**摘要:** 硫酸铵、氯化铵在日常生产生活中应用较为广泛, 可作为氮肥在农田中使用, 也可作为其他化工产品的原料在工厂中使用。在降水等因素作用下, 该类化合物进入自然水体后可对水生态产生一定的影响。本文以水蚤为指示生物探究了硫酸铵、氯化铵的急性毒性。按照《大型蚤急性毒性实验方法》(GB/T 16125—2012) 得到了硫酸铵、氯化铵对水蚤急性毒性的 24h-LC<sub>50</sub> 值, 分别为 469.9 mg/L、546.7 mg/L, 按照毒性等级划分二者均属于微毒范围。

**关键词:** 硫酸铵; 氯化铵; 水蚤; 急性毒性

**DOI:** 10.48014/pceep.20221201001

**引用格式:** 靳淑博, 杨治广, 张军政, 等. 以水蚤为指示生物探究铵盐的急性毒性[J]. 中国生态环境保护进展, 2023, 1(1): 1-9.

## 0 引言

硫酸铵和氯化铵在我国被广泛生产和使用, 硫酸铵属于惰性物质, 不易与其他生物活性物质发生反应, 多用于蛋白纯化工工艺方面, 在纯化过程中能最大程度的保护蛋白活性。硫酸铵的可溶性极好, 能形成高盐环境, 为蛋白沉淀与后续的高盐纯化做准备。此外, 硫酸铵还可用于纺织、皮革、医药等方面。王力等<sup>[1]</sup>研究了沉积于催化剂表面硫酸铵盐的分解特性; 杨炎等<sup>[2]</sup>探究了硫酸铵与氯化钾生产硫酸钾的技术改造及应用。氯化铵是一种无机盐, 多为制碱工业的副产品, 在工业上主要用于干电池、电镀、染化纺织、精密铸造等<sup>[3]</sup>。陈莹莹等<sup>[4]</sup>进行了氯化铵、亚硝酸钠和氯化镉对褶纹冠蚌幼蚌的急性毒理试验, 其结果表明 3 种试剂对幼蚌的毒性由强到弱依次为氯化镉>氯化铵>亚硝酸钠。受到 3 种试剂的胁迫后, 褶纹冠蚌幼蚌出现心脏活力降低、

蚌壳张开或斧足露出蚌壳外等中毒症状, 最后导致死亡。除了以上用途外, 硫酸铵和氯化铵常作为氮肥广泛用于农业生产, 王晓波等<sup>[5]</sup>对硫酸铵与氯化铵的不同特性及施用方法进行了相关的研究。王之胜<sup>[6]</sup>对氯化铵的肥效及科学施肥进行了具体的阐述。然而随着硫酸铵、氯化铵的大量使用也出现了许多的环境问题, 引起土壤板结, 残余的硫酸铵、氯化铵随着雨水流入到附近的自然水体, 造成水体污染引起鱼虾死亡, 水体中的氮元素大量增加, 打破了水体中原有的氮平衡, 使水体发生富营养化, 从而导致水体恶化, 对水生生物造成影响。Sanaa Kamtass 等<sup>[7]</sup>研究了硫酸铵肥料对不同发育阶段无尾蝌蚪的急性毒性的影响, 研究表明, 硫酸铵对地表水的污染可能导致当地两栖动物种类的减少。S. Sangeetha 等<sup>[8]</sup>研究了硫酸铵对猫眼蕈蚊的急性毒性, 研究发现在 96h 内 (96hLC<sub>50</sub>) 杀死 50% 猫爪

\* 通讯作者 Corresponding author: 杨治广, yangzhiguang@hncj.edu.cn

收稿日期: 2022-12-01; 录用日期: 2023-03-07; 发表日期: 2023-03-28

基金项目: 本研究得到了河南省高等学校大学生创新训练计划项目(项目号 202211765035)的资助。

螨的硫酸铵、尿素和 NPK-1 浓度分别为 0.12 g/L、0.19 g/L、0.18 g/L。在 24h、48h、72h 和 96h, 硫酸铵浓度分别为 0.23 g/L、0.17 g/L、0.14 g/L、0.12 g/L 时, 对淡水鱼鲢鱼苗的半数致死浓度(LC<sub>50</sub>)分别为 0.23 g/L、0.17 g/L 和 0.12 g/L, 研究表明与尿素和 NPK-1 相比, 硫酸铵对稚鱼 *C. catla* 的毒性更大。Jeong-Ann Park 等<sup>[9]</sup>进行了苄基三乙基氯化铵(BTEAC)的急性毒性试验, 研究表明 BTEAC 对大型蚤的 24hEC<sub>50</sub> 和 48hEC<sub>50</sub> 值(EC<sub>50</sub> = 半数有效浓度)分别为 113mg/L 和 90mg/L。Dumitrescu Gabi 等<sup>[10]</sup>观察了四丁基氯化铵对小鼠肝脏和肾脏的主要形态学变化以及该离子液体对小鼠体内过氧化氢酶活性的影响, 探讨了四丁基氯化铵的急性毒性, 结果表明, 四丁基氯化铵对小鼠 24h 的平均致死浓度(LC<sub>50</sub>)为 125mg/kg。胡振义等<sup>[11]</sup>以斑马鱼肝细胞系(ZFL)和草鱼肝细胞系(L8824)为研究对象, 在细胞水平探究氯化铵暴露对肝细胞生长的影响和损伤的机制, 研究发现氯化铵的暴露会抑制 ZFL 细胞的生长, 显著降低细胞活力, 加速细胞凋亡, 氯化铵可通过诱导氧化应激和内质网应激对 L8824 细胞产生毒性作用, 导致 L8824 细胞凋亡。

水蚤是一种小型的甲壳动物, 体长 1~3mm, 成虫多是雌虫, 半个月左右就能成年, 成年后就会有繁殖能力。每只母水蚤每次可产下 10~60 个卵, 隔 2~3 天产卵一次, 一生约可产下 300 只水蚤。用水蚤进行毒性试验的优点在于水蚤体积小, 数量多, 容易操作, 易饲养繁殖, 对于后续的处理难度较低, 并且水蚤具有较强的敏感性。Fang<sup>[12]</sup>、李娜<sup>[13]</sup>、张烁<sup>[14]</sup>、王执伟<sup>[15]</sup>、王俊杰<sup>[16]</sup>等人分别研究了 4,4'-di-CDE 对斜生栅藻的急性毒性、PCB-28 对大型蚤的 48h-LC<sub>50</sub> 和对斜生栅藻的 96h-EC<sub>50</sub>、三氯生(TLS)对大型蚤、发光菌、斑马鱼和水丝蚓的急性毒性、两种溴酸盐(溴酸钾、溴酸钠)对四种不同营养级水生生物的急性毒性、5 种 PCDEs(DE, 4-mono-CDE, 4,4'-di-CDE, 3,4,4'-tri-CDE 和 3,3',4,4'-tetra-CDE)对绿藻、大型蚤和鱼类的 EC<sub>50</sub>/LC<sub>50</sub> 值, 研究结果显示, 大型蚤对 4,4'-di-CDE、PCB-28、三氯生(TLS)、两种溴酸盐(溴酸钾、溴酸钠)、5 种 PCDEs 较其他生物更为敏感。因此, 该研究选用水蚤作为指示生物探究硫酸铵、氯化铵在水体中的毒性影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验蚤种

所用水蚤为邢台市鱼艺传统金鱼渔场引种并在实验室经过三年稳定驯化培养后的水蚤, 图 1 是典型的试验水蚤照片。随机选取 20 只健康母蚤, 将母蚤置于水族箱中进行繁殖培养, 培养水采用静置 3 天的自来水, 水族箱置于阳光散射能够照射到的地方, 用小球藻进行喂养。种群密度为每升水约 50 只, 温度为室温。经过母蚤孤雌生殖纯系培养三代以后, 选用培养三代以上的健康幼蚤作为试验蚤。

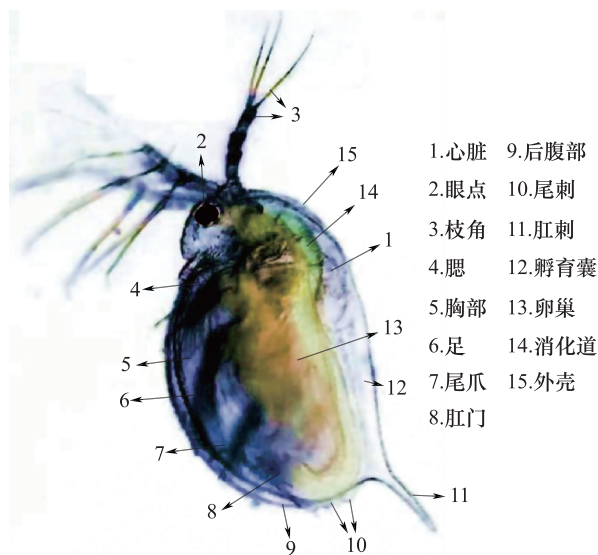


图 1 试验蚤种

Fig. 1 Testing water fleas

### 1.2 试验试剂

实验所用的重铬酸钾为河北省保定化学试剂厂生产的分析纯试剂, 氯化铵为洛阳市化学试剂厂生产的分析纯试剂, 硫酸铵为中国派尼化学试剂厂(郑州)生产的分析纯试剂。

### 1.3 试验方法

参考《大型蚤急性毒性实验方法》(GB/T 16125—2012)进行相关试验。试验期间不喂食, 定时观察记录水蚤的死亡数, 以水蚤心脏停止跳动为死亡标准, 得出 24h-LC<sub>50</sub>。

## 1.4 试验蚤的敏感性测试

用国际参考标准 1996《水质—大型蚤运动抑制的测定》进行敏感性测试。以重铬酸钾作为敏感性测定毒物,对水蚤进行 24h-LC<sub>50</sub> 测试试验,检验所用水蚤是否符合敏感性要求。重铬酸钾对水蚤的急性毒性试验结果列于表 1。

表 1 重铬酸钾对水蚤的急性毒性试验  
Table 1 Acute toxic of Potassium dichromate on testing water fleas

试验组号	试验时间	24h-LC <sub>50</sub>
1	24h	1.287mg/L
2	24h	1.293mg/L
3	24h	1.296mg/L

由表 1 可知,三次试验水蚤 24h-LC<sub>50</sub> 平均值为 1.292mg/L,三次试验浓度变化较小,说明试验水蚤具有非常好的重复性与稳定性。重铬酸钾对水蚤 24h 有效浓度国际标准值为 0.9~2.0mg/L,说明所用水蚤的敏感性符合试验要求。

## 1.5 数据统计与分析方法

根据受试物浓度与水蚤死亡数,利用统计软件 SPSS 26(IBM SPSS Statistics 26)并结合数据绘图工具 Origin 2021 和 Microsoft Office Excel 2016 对实验结果进行绘图分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硫酸铵对水蚤的急性毒性效应

硫酸铵线性对数浓度 100mg/L 到 1000mg/L 为试验浓度,经 24h 急性毒性试验后,硫酸铵浓度与水蚤死亡数关系如图 2 所示。

试验空白对照组水蚤均正常进行生长代谢,没有出现死亡,说明所用培养水体对水蚤生长代谢不会产生毒性作用。由图 2 可知,水蚤死亡数随着硫酸铵溶液浓度的变大而增多,且浓度与死亡数关系呈对数增长。在浓度为 100~160mg/L 时,水蚤死亡比低于 1/5,说明在此浓度范围内水蚤对硫酸铵敏感性较低。溶液浓度 250mg/L 为对数曲线的转折点,水蚤死亡比超过一半 16/30。浓度为小于

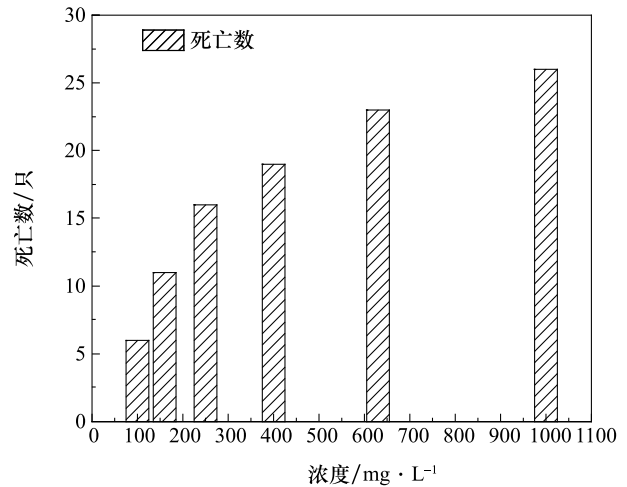


图 2 24h 后硫酸铵浓度与水蚤死亡数关系图

Fig. 2 Relationship between concentration and death number of water fleas after 24h

250mg/L 时水蚤死亡数随浓度变化较大,相应的斜率较大,说明水蚤对硫酸铵的敏感性在此浓度范围内随浓度的变化较显著。浓度从 250~1000mg/L 时,水蚤死亡数与浓度几乎呈线性增大但其斜率较小,水蚤的耐受性逐渐降低,浓度效应相对不敏感。在浓度为 1000mg/L 时,水蚤的死亡比达 26/30,说明大部分的水蚤在此浓度下已经死亡,仅存在耐受性较强的极少个体。

不同浓度的硫酸铵在不同时间段内对水蚤的影响如图 3 所示。

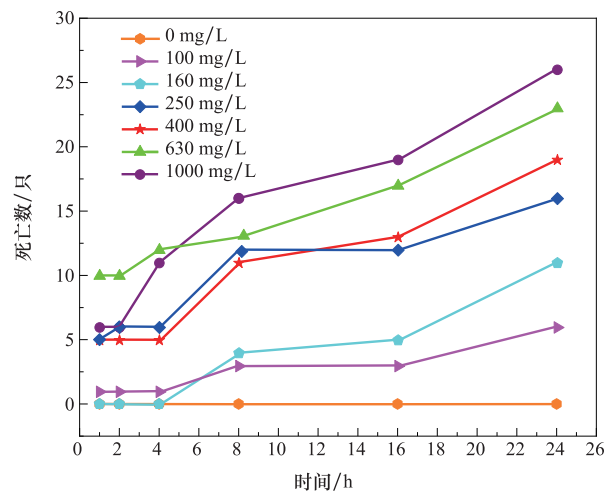


图 3 不同浓度不同时间段水蚤死亡数的关系图

Fig. 3 Relationship between the death number of water fleas at different concentrations for different time periods

从图3可以看出,在前4h内水蚤的死亡数比较杂乱无序但死亡数较低,这是因为水蚤个体之间的差异导致的。从第4h到第8h这段时间在浓度为1000mg/L条件下水蚤死亡数从11增加到16,水蚤

死亡数量的突然增大说明水蚤对硫酸铵的耐受性在8h左右。从第8h开始死亡数随着时间的增加开始呈梯度增长。第16h与第24h水蚤的死亡数随浓度的变化示于图4。

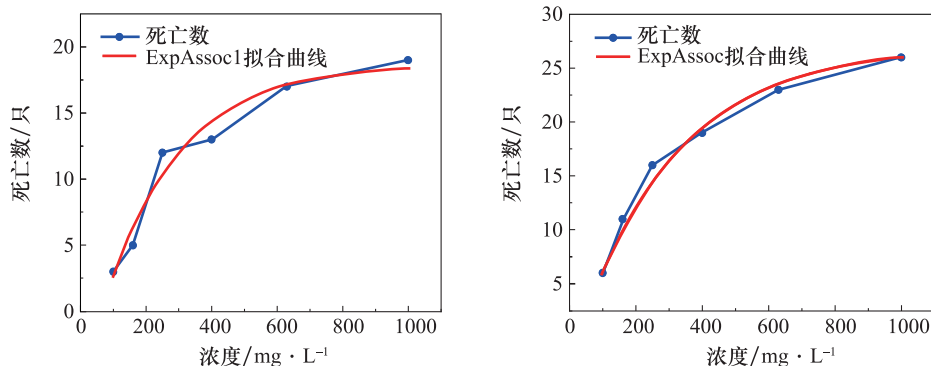


图4 16h(左图)和24h(右图)水蚤死亡数与浓度的指数关系图

Fig. 4 ExpAssoc relationship between the number of water fleas death and concentration at 16h (left panel) and 24h (right panel)

从图4水蚤死亡曲线和拟合曲线可以看出,水蚤的死亡数随着硫酸铵溶液浓度的增大而呈对数增长。

16h水蚤死亡数与溶液浓度之间的关系符合ExpAssoc1模型, $R^2$ 为0.966其拟合曲线方程为:

$$y = 2.68 + 16 \times \left[ 1 - e^{-\frac{(x-100)}{228.77}} \right] \quad (1)$$

$R^2$ 为0.984,其拟合曲线方程为:

$$y = -2.50 + 29.48 \times (1 - e^{-x/293.99}) \quad (2)$$

从上述 $R^2$ 值可以看出,水蚤的死亡数与溶液浓度之间的关系符合ExpAssoc模型,水蚤的死亡数随着溶液浓度的增大而呈对数增长。

将试验所得数据输入SPSS 26软件所得结果如下:

(1)卡方检验:由皮尔逊拟合优度检验得出在药物浓度不取对数时的卡方值为4.865;在药物浓度取对数时得到的卡方值为0.314;由于卡方值越接近零时拟合效果越好,因此采用药物浓度取对数时的卡方值作为最终的检验值。

(2)参数估算值:由参数估算值得到线性回归方程: $y = -4.531 + 1.886x$  (协变量 $x$ 使用底数为10的对数进行转换),其中对数浓度的95%置信区间为1.269~2.502,截距的95%置信区间为-5.316~-3.745。

(3)置信限度:药物对数浓度的95%置信限度

在概率为0.500时对应的估算值为2.403,下限值为2.280,上限值为2.508;药物浓度的95%置信限度在概率为0.500时对应的估算值为252.7,下限值为190.5,上限值为322.2。

由内插法计算硫酸铵转换后概率响应如图5所示。

由图5可知线性拟合曲线的拟合方程为: $y = -4.55 + 1.89x$ ,因此当 $y = 0.5$ ,即概率为50%时, $x$ 的值为2.672, $x$ 为对数浓度,将其转换为试验浓度为:469.9mg/L,即所求硫酸铵的24h-LC<sub>50</sub> = 469.9mg/L。

(4)小结:由式(3)求得硫酸铵的24h-LC<sub>50</sub> = 469.9mg/L,通过分析对比可知,在24h条件下六种不同浓度之间引起水蚤死亡的差异明显,随着硫酸铵溶液浓度的增大水蚤的死亡是逐渐连续增加的,没有出现在某一浓度下突然大量死亡的情况。

## 2.2 氯化铵对水蚤的急性毒性效应

氯化铵线性对数浓度100mg/L到1000mg/L为试验浓度,经24h急性毒性试验后,氯化铵浓度与水蚤死亡数关系如图6所示。

试验空白对照组水蚤没有死亡,生长正常,说明所用培养水体对水蚤生长代谢不会产生毒性作用。由图6可知,水蚤死亡数随着氯化铵溶液浓度



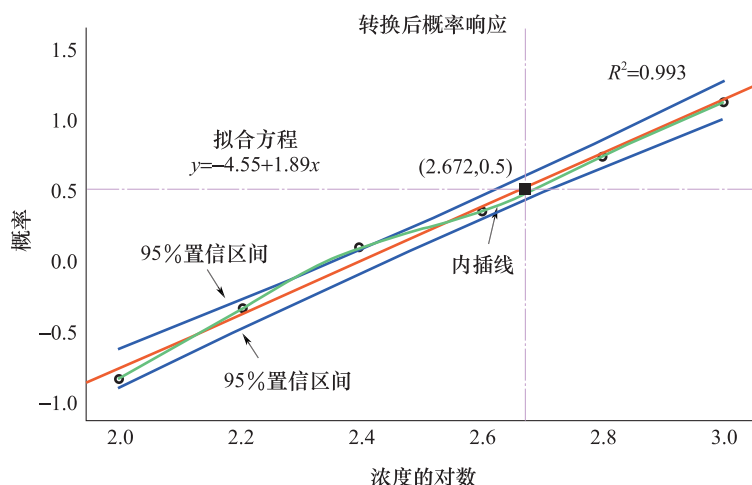


图 5 硫酸铵转换后概率响应图

Fig. 5 Probability response diagram after ammonium sulfate conversion

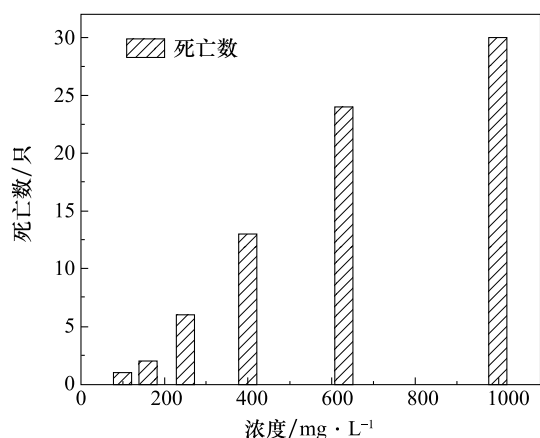


图 6 24h 后浓度与水蚤死亡数关系图

Fig. 6 Relationship between concentration and death number of water fleas after 24h

的增大而增大。氯化铵溶液浓度为 100mg/L 的实验组,死亡数较少,24h 死亡比为 1/30。浓度小于 250mg/L 时,水蚤死亡比低于 1/5,说明在此浓度范围内水蚤对氯化铵不敏感。当溶液浓度增加到 400mg/L 时,水蚤死亡比从 1/5 指数式快速增大到 13/30,水蚤对氯化铵的敏感性增大。浓度为 630mg/L 时,水蚤死亡比为 24/30。浓度为 1000mg/L 时,水蚤全部死亡。

不同浓度的氯化铵在不同时间段内对水蚤的影响如图 7 所示。

从图 7 可以看出,在前 8h 内氯化铵浓度为 100~250mg/L 时水蚤的死亡数为 0,说明在该浓度

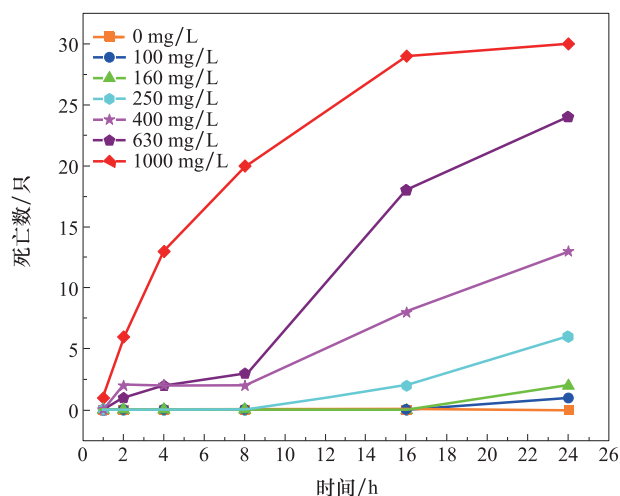


图 7 不同浓度不同时间段水蚤死亡数的关系图

Fig. 7 Relationship between the death number of water fleas at different concentrations for different time periods

条件下前 8h 内水蚤对氯化铵的敏感性较低。浓度为 400mg/L 时从第 2h 到第 8h 之间死亡数均为 2,从第 8~16h 水蚤的死亡数从 2 增加到 8,说明在该浓度下水蚤的耐受性在 8h 左右。从 16~24h 水蚤的死亡数从 8 增加到 13,水蚤的耐受性在逐渐下降。浓度为 630mg/L 时,前 8h 水蚤对其耐受性较大,对绝大部分水蚤的正常生理活动基本上没什么影响,第 8~16h 水蚤的死亡数从 3 增加到 18,说明水蚤对氯化铵的敏感性在该浓度条件下突然变大。24h 水蚤的死亡数增加到 24 可以看出水蚤的耐受性大大降低。氯化铵溶液浓度为 1000mg/L 时,第

1h 水蚤对其敏感性较低,从第 2h 开始水蚤对氯化铵的敏感性呈对数增长,其结果见图 8。在第 8h 水蚤的死亡比已经达 20/30,说明随着时间的增加其死亡率也在大幅提高,到 16~24h 水蚤几乎全部死亡。

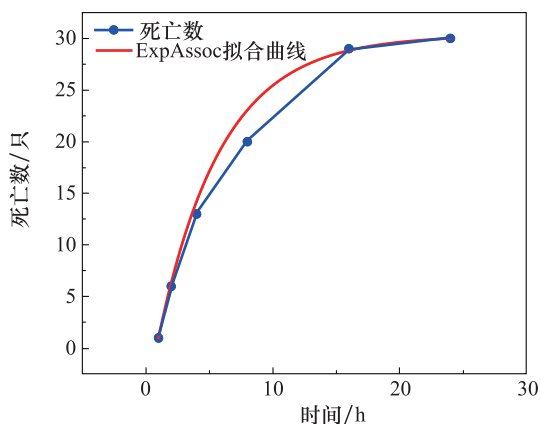


图 8 1000mg/L 不同时间段水蚤对氯化铵敏感性关系图

Fig. 8 Sensitivity of water fleas death to ammonium chloride at different time periods of 1000mg/L

从图 8 可以看出,在 1000mg/L 条件下不同时间段水蚤对氯化铵敏感性呈对数增长。在前 10h 内水蚤的死亡数与时间的关系呈线性关系且斜率较大,坡度较陡。从第 10h 之后水蚤的死亡数与时间变化较缓。通过 Origin 软件做图分析得到如下拟合方程:

$$y = -5.47 + 35.76 \times (1 - e^{-x/5.02}) \quad (3)$$

其  $R^2 = 0.985$ ,说明拟合度较高,不同时间段水蚤对氯化铵敏感性关系符合 ExpAssoc 模型。

氯化铵浓度为 1000mg/L,24h 试验水蚤全部死亡(30 只)。增加试验水蚤数量到 60 只,24h 水蚤死亡数随浓度的变化示于图 9。从图 9 可以看出,水蚤的死亡数随氯化铵溶液浓度呈指数增长,说明水蚤的死亡数与氯化铵浓度相关性较强。通过 Origin 软件做图分析得到拟合方程为:

$$y = e^{0.29+0.01x-(2.28E-6)x^2} \quad (4)$$

其  $R^2 = 0.993$ ,说明拟合度较高,水蚤死亡数与浓度关系符合 Exp3P2 模型。

将试验所得数据输入 SPSS 26 软件所得结果如下:

(1)卡方检验:由皮尔逊拟合优度检验得到在药物浓度不取对数时的卡方值为 0.605;在药物

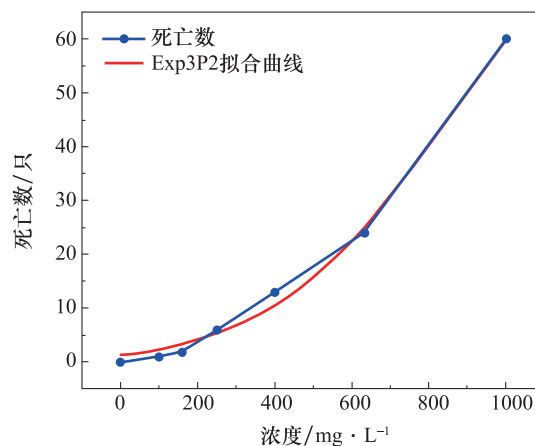


图 9 24h 水蚤死亡数与浓度的指数关系图

Fig. 9 Exponential relationship between the death number of water fleas in 24h and its concentration

浓度取对数时得到的卡方值为 4.738。由于卡方值越接近零时拟合效果越好,因此,与硫酸铵不同,氯化铵宜采用不取对数时的卡方值作为最终的检验值。

(2)参数估算值:由参数估算值得到线性回归方程为: $y = -2.204 + 0.005x$ ,其中浓度的 95%置信区间为 0.004~0.006,截距 95%置信区间为 -2.476~-1.932。

(3)置信限度:药物浓度的 95%置信限度在概率为 0.500 时对应的估算值为 442.8,下限值为 392.3,上限值为 504.9。

由内插法计算氯化铵转换后概率响应如图 10 所示。

由图 10 可知,拟合方程为: $y = -2.25 + 0.00503x$ ,因此当  $y = 0.5$  时,即概率为 50%时, $x$  的值为 546.7,即氯化铵的 24h-LC<sub>50</sub> = 546.7mg/L。

## 2.3 硫酸铵、氯化铵对水蚤 24h 后的急性毒性效应对比

将 24h 硫酸铵、氯化铵对水蚤的急性毒性效应置于同一坐标系下其结果如图 11 所示。

对硫酸铵、氯化铵毒性效应进行对比,从图 11 可以明显看出,硫酸铵对水蚤的死亡呈对数增长,而氯化铵对水蚤的死亡呈指数增长。低浓度条件下,硫酸铵引起水蚤的死亡数总是高于氯化铵引起水蚤的死亡数,这说明硫酸铵对水蚤的毒性效应要高于氯化铵的毒性效应。

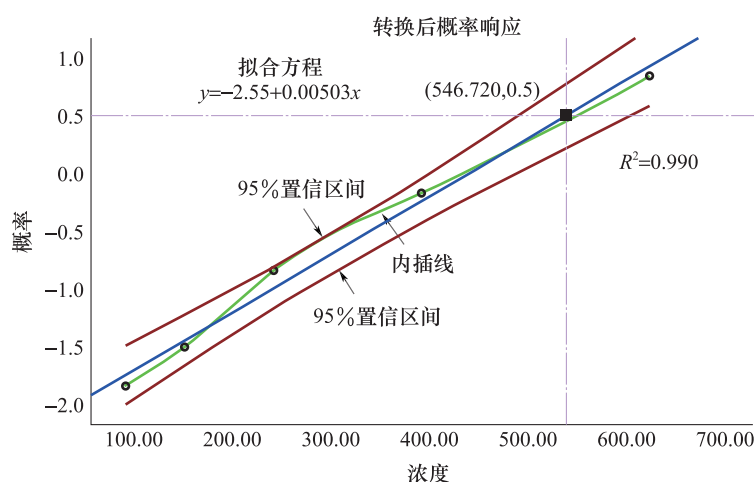


图 10 氯化铵转换后概率响应图

Fig. 10 Probability response diagram after ammonium chloride conversion

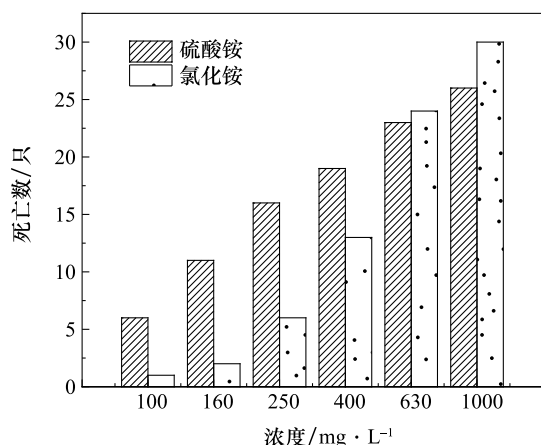


图 11 硫酸铵、氯化铵毒性效应对比图

Fig. 11 Comparison of toxic effects of ammonium sulfate and ammonium chloride

### 3 结论

以水蚤为研究对象,探究了硫酸铵、氯化铵对水蚤的毒性影响,得出了如下结果:

(1)硫酸铵的 24h-LC<sub>50</sub> 值为 469.9mg/L,氯化铵的 24h-LC<sub>50</sub> 值为 546.7mg/L,按毒性分级,二者均属于微毒范围。

(2)硫酸铵随着浓度的增加水蚤的死亡数呈对数增长,氯化铵随着浓度的增加水蚤的死亡数呈指数增长。低浓度条件下,硫酸铵对水蚤的毒性要高于氯化铵对水蚤的毒性。

(3)通过对水蚤进行急性毒性试验,可以方便快捷的进行初步评估判断水体中是否含有有毒有

害物质,或者某种特定物质对水体是否会产生生态影响。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

### 参考文献(References)

- [1] 王力,史雅娟,杨林军,等. 负载在 SCR 脱硝催化剂表面的硫酸铵盐分解特性研究[J]. 应用化工,2020,49(10): 2471-2474.  
<https://doi.org/10.16581/j.cnki.issn1671-3206.20200724.038>
- [2] 杨炎,余林源,陈爱明,等. 硫酸铵与氯化钾生产硫酸钾的技术改造及应用[J]. 硫酸工业,2021(05):12-14.  
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=LSGY202105004&DbName=CJFQ2021>
- [3] 郭如新. 氯化铵生产现状及农业应用前景[J]. 中氮肥,1993(04):15-17.  
<https://doi.org/10.16612/j.cnki.issn1004-9932.1993.04.005>
- [4] 陈莹莹,占明飞,陶俊进,等. 氯化铵、亚硝酸钠和氯化镉对褶纹冠蚌幼蚌的急性毒理试验[J]. 现代农业科技,2020(03):207-208.  
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=ANHE202003123&DbName=CJFQ2020>
- [5] 王晓波. 硫酸铵与氯化铵的不同特性及施用方法[J]. 农业知识,2010(13):20.  
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=NYZS201013016&DbName=CJFN2010>
- [6] 王之胜. 浅谈氯化铵的肥效及科学施肥[J]. 化工之友,1997(01):44-45.  
<https://doi.org/10.16662/j.cnki.1674-0742.1997.01.036>

- [7] Ayoub Naamane, Sanaa Kamtass, Soukaina Namoussi, Nadia Iounes, Abderrahmane Belhouari, Souad El Amrani. Evaluation of the Acute Toxicity of an Ammonium Sulfate Fertilizer in Two Species of Anuran Tadpoles; *Bufo mauritanicus* (Schlegel 1841) and *Rana ridibunda* (Boulanger 1913) [J]. *Journal of Ecological Engineering*, 2020, 21(7): 1-10.  
<https://doi.org/10.12911/22998993/125462>
- [8] Sangeetha S, Sujatha K, Senthilkumaar P, et al. Acute toxicity of some agriculture fertilizers to fingerlings of *Catla Catla* [J]. *Indian Journal of Science and Technology*, 2011, 4(7): 770-772.  
<https://doi.org/10.17485/ijst/2011/v4i7/30108>
- [9] Jeong-Ann Park, Song-Bae Kim. Antimicrobial filtration with electrospun poly(vinyl alcohol) nanofibers containing benzyl triethylammonium chloride: Immersion, leaching, toxicity, and filtration tests [J]. *Chemosphere*, 2017, 167.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.030>
- [10] Dumitrescu Gabi, Ciochina Liliana Petculescu, Stana Lorena, et al. Acute effects of tetrabutylammonium chloride ionic liquid on the histological structure of liver and kidney in the mouse [J]. *Romanian Biotechnological Letters*, 2014, 19(1): 8925-8934.
- [11] 胡振义. 氯化铵对斑马鱼肝细胞和草鱼肝细胞损伤的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2022.  
<https://doi.org/10.27158/d.cnki.ghznu.2022.001062>
- [12] Fang B X, Shi J Q, Qin L, et al. Toxicity evaluation of 4, 4'-di-CDPS and 4, 4'-di-CDE on green algae *Scenedesmus obliquus*: growth inhibition, change in pigment content, and oxidative stress [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25 (16): 15630-15640.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-1749-0>
- [13] 李娜. 多氯联苯在水生食物链中的生物毒性及富集效应研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2012.
- [14] 张烁, 王遵尧, 李晨光, 巩雷, 张飞. 三氯生对 4 种水生生物的急性毒性研究 [J]. *环境科技*, 2016, 29 (04): 1-5.
- [15] 王执伟, 刘冬梅, 张文娟, 崔福义. 溴酸盐对水生生物的急性毒性效应 [J]. *环境科学*, 2016, 37(02): 756-764.  
<https://doi.org/10.13227/j.hjxx.2016.02.047>
- [16] 王倓倓. 多氯联苯醚在巢湖中分布特征及其在大型蚤体内的富集转化和毒性效应 [D]. 合肥: 安徽大学, 2020.  
<https://doi.org/10.26917/d.cnki.ganhu.2020.000558>



## Exploring the Acute Toxicity of Ammonium Salt Using Water Flea as Indicator Organisms

JIN Shubo<sup>1</sup>, YANG Zhiguang<sup>1,\*</sup>, ZHANG Junzheng<sup>1</sup>, YANG Jingye<sup>1</sup>,  
CHEN Shuo<sup>1</sup>, HAO Qingyuan<sup>1</sup>, HE Xiaoxiao<sup>1</sup>, WANG Chenxi<sup>1</sup>,  
HUO Yu<sup>1</sup>, GU Shiyuan<sup>1</sup>, ZHAO Xiuxiu<sup>1</sup>, ZHANG Wenqi<sup>2</sup>

(1. Henan Province Key Laboratory of Water Pollution Prevention and Rehabilitation Technology, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467000, China; 2. School of Resources Environment and Safety Engineering, University of South China, Hengyang 421000, China)

**Abstract:** Ammonium sulfate and ammonium chloride are widely used in daily production and life. They can be used as nitrogen fertilizer in agricultural fields and as raw materials for other chemical products in factories. Under the action of precipitation and other factors, these compounds can have a certain impact on water ecology when they enter natural water bodies. In the paper, the acute toxicity of ammonium sulfate and ammonium chloride was investigated using water fleas as indicator organisms. According to GB/T 16125-2012 test method for acute toxicity of water flea, the 24h-LC<sub>50</sub> values of the acute toxicity of ammonium sulfate and ammonium chloride to water flea were 469.894mg/L and 546.720mg/L respectively, which were classified as slightly toxic according to the toxicity class.

**Keywords:** Ammonium sulfate; ammonium chloride; water flea; acute toxicity

**DOI:** 10.48014/pceep.20220329001

**Citation:** JIN Shubo, YANG Zhiguang, ZHANG Junzheng, et al. Exploring the acute toxicity of ammonium salt using water flea as indicator organisms[J]. Progress in Chinese Eco-Environmental Protection, 2023, 1(1): 1-9.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

