

陈 垚,李春龙,雷晓玲,等.含盐废水尾水排放对近水域水质影响的模拟[J].江苏农业科学,2014,42(8):313-315.

含盐废水尾水排放对近水域水质影响的模拟

陈 垚^{1,2,3,4},李春龙³,雷晓玲⁴,向先熙³

(1.重庆交通大学省部共建水利水运工程教育部重点实验室,重庆 400074; 2.重庆交通大学国家内河航道整治工程技术研究中心,重庆 400074; 3.重庆交通大学河海学院,重庆 400074; 4.重庆市科学技术研究院,重庆 401123)

摘要:为了探究底泥污染物释放因盐升分布以及扰动状态下盐升分布引起含盐水尾水排放近水域水质的变化规律,分别进行了自来水、自来水+盐水、自来水+扰动、自来水+盐水+扰动4种状态下底泥污染物释放模拟试验,研究底泥中 NH_3-N 、COD、总磷的释放规律。结果表明:盐升分布对底泥污染物的释放具有促进作用,扰动状态下盐升分布对底泥污染物的释放具有抑制作用。

关键词:含盐废水;底泥;污染物;水质;模拟试验

中图分类号: S181.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0313-03

目前,三峡库区产销规模最大的榨菜产业每年向库区排放约 500 万 m^3 的高盐、高氮磷废水,且有逐年增加的趋势。虽然含盐废水的排放对整个库区水环境仅造成较小的盐升,但是由于目前我国执行的 GB 8978—1996《污水综合排放标准》并未对废水中的含盐量进行控制,导致我国水体含盐量不断增加。随着三峡库区 175 m 蓄水工程的开展,库区水流速度明显减缓,水流紊动扩散能力减弱,导致稀释系数降低,含盐废水的直接排放将产生异重流,在排放口近水域形成一个明显的高盐咸水区。研究表明,含盐废水的排放将在近水域产生一个显著的盐升分布特征^[1]。底泥中污染物的释放规律直接受 pH 值^[2]、水温^[3]、扰动^[4]、水流速度^[5]、曝气复氧^[6]等条件的影响。笔者通过底泥污染物释放模拟试验,对扰动状态下盐升分布引起的近水域水质变化规律进行了研究,旨在为合理评价含盐废水尾水排放对底泥污染物的影响奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

底泥:用底泥采集器采集库区某排污口附近表层 15 cm 的底泥样品,去除底泥中的石块、树枝等杂物,静置 3 h 后去掉上层水,装入密封袋内于 4℃ 保存。底泥基本理化性质:总磷含量 3.44 mg/kg,氨氮含量 7.32 mg/kg,含水率 23.71%,有机质含量 2.55%。上覆水:自来水、含盐水(盐度为 3% 的榨菜废水)。仪器:722 型可见分光光度计、HH-6 数显恒温水浴锅、JJ-4 六联同步电动搅拌机、HY-4 调速多用振荡仪。

1.2 方法

1.2.1 底泥污染物释放装置 采用 4 个容积为 5 L 的圆台形塑料容器作为反应器,采用恒定搅拌机模拟长江水流进行

自然搅拌混合,采集 1 L 底泥并平铺于容器底部。4 个塑料容器分别设置不同的试验参数:1 号(3.2 L 自来水)、2 号(2.95 L 自来水+3% 盐水 0.25 L)、3 号(3.2 L 自来水+140 r/min 恒定搅拌)、4 号(2.95 L 自来水+3% 盐水 0.25 L+140 r/min 恒定搅拌),搅拌器距离底泥 8 cm。

1.2.2 水样、底泥采集方法 在底泥表面 3 cm 处采集 50 mL 水样,在 1 号、3 号容器中缓缓注入 50 mL 自来水,2 号、4 号容器中缓缓注入 0.241% 的 50 mL 盐水。底泥采集方法:水样采集结束后,在底泥表层下 0.5 cm 处采集 5 g 泥样。

1.2.3 水质分析方法 采用纳氏试剂光度法测试水中 NH_3-N (氨氮)含量,采用钼锑抗分光光度法测试总磷(TP)含量,采用酸性法测定高锰酸钾指数,用来表示化学需氧量(COD)。底泥污染物的累积释放量计算公式如下:

$$R = V(\rho_n - \rho_0) + \sum_{j=0}^n V_{j-1}(\rho_{j-1} - \rho_n) \quad (1)$$

式中: R 为累积释放量,mg; V 为上覆水体积,L; ρ_n 、 ρ_0 、 ρ_{j-1} 分别代表第 n 次、初次、第 $j-1$ 次采样体积,L; ρ_n 为添加水样中的物质含量,mg/L; V_{j-1} 为第 $j-1$ 次采样体积,L。

底泥污染物释放速率的计算公式如下:

$$r = (R_i - R_{i-1}) / (A \times t) \quad (2)$$

式中: r 为释放速率,mg/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$); R_{i-1} 、 R_i 分别代表第 $i-1$ 次、第 i 次采样时的累积释放量,mg; A 为水-沉积物接触面积, m^2 ; t 为 2 次采样间隔的时间,d。

2 结果与分析

2.1 模拟情况下盐升分布对近水域水质的影响

由图 1 可知,1 号、2 号容器前 13 d 底泥中氨氮的累积释放量不断增加,13 d 时 1 号、2 号容器氨氮累积释放量同时达到最大值,分别为 9.09、9.65 mg,随后累积释放量缓慢降低。由图 2 可知,1 号容器底泥氨氮释放率均值为 22.02 mg/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),低于 2 号容器;1 号容器氨氮释放速率最大值为 69.42 mg/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),同样低于 2 号容器。可见,前 13 d,1 号、2 号容器底泥中的氨氮处于释放状态,13 d 后转换为吸收状态;2 号容器的氨氮累积释放量高于 1 号,即盐升分布对底泥氨氮的释放量与释放速率均有促进作用,这主要是因为盐升使 2 号容器上覆水中 Na^+ 含量高于 1 号, Na^+ 与底泥中的

收稿日期:2014-01-17

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAB09B0104);重庆交通大学省部共建水利水运工程教育部重点实验室开放基金(编号:SLK2010B09)。

作者简介:陈 垚(1983—),男,浙江永康人,博士,副教授,主要从事水污染控制技术研究。E-mail:cycqc@163.com。

NH_4^+ 发生离子交换,再加上盐升分布使底泥中氮的硝化作用受到抑制,使得 2 号容器的泥-水界面浓度梯度高于 1 号,导致 2 号上覆水中的 NH_4^+ 浓度高于 1 号。氨氮释放速率由正值变成负值表明在试验过程中,底泥从释放状态变为吸收状态,主要原因是前期由于水-泥界面较高的浓度差占主导地位作用,导致水中氨氮含量上升;随着时间延长,浓度差逐渐降低,硝化作用占据了主导地位,所以水体中的氨氮含量开始下降。

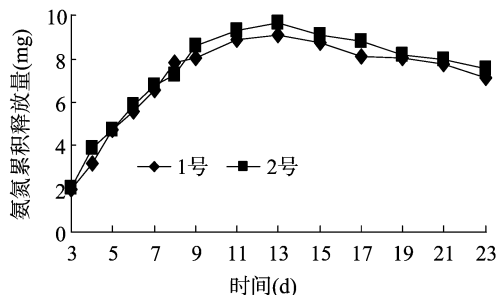


图1 不同时间1号、2号容器底泥的氨氮累积释放量

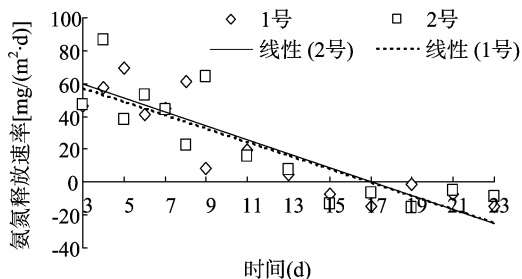


图2 不同时间1号、2号容器底泥的氨氮释放速率

由图 3 可知,1 号、2 号容器底泥中 COD 累积释放量均随着时间的增加而增加,二者同时在试验 17 d 达到最大值,分别为 9.60、17.75 mg,随后累积释放量逐渐降低。由图 4 可见,1 号容器底泥 COD 释放率均值为 18.92 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,低于 2 号。在试验 8 d 时,1 号、2 号容器 COD 释放率均达到最大值,分别为 79.63、140.19 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,随后开始下降,直到第 18 天底泥停止释放。可以看出,2 号容器底泥有机物的累积释放量、释放速率平均值均高于 1 号容器,即盐升分布对底泥有机物的释放有促进作用;推测盐升对底泥中微生物降解有机物有一定的抑制作用,导致 2 号容器底泥中的有机物高于 1 号。试验过程中,底泥从原先的释放状态转变为吸收状态,主要是由于释放初期泥-水界面的浓度差使得底泥不断向上覆水释放有机物,底泥中的微生物利用有机物进行代谢的速率较慢,造成水体中 COD 含量升高;试验后期好氧微生物代谢占据了主导地位,造成水体中 COD 浓度降低。

由图 5 可知,1 号、2 号容器底泥中总磷的累积释放量随着时间的延长一直处于释放/吸收交替变化中,均于第 9 天、第 22 天出现最小值、最大值。由图 6 可见,1 号、2 号容器底泥中总磷释放速率均于试验后 3、23 d 同时达到最大值、最小值;1 号容器底泥中总磷的释放速率平均为 0.32 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,低于 2 号容器;还可看出,2 号容器底泥中总磷累积释放量高于 1 号容器,即盐升分布对底泥总磷的释放有促进作用,这可能是由于磷在底泥上的吸附是基于 PO_4^- 与底泥表面的 OH^- 交换完成的,盐升使 2 号容器上覆水中的 Cl^- 含量高于 1 号容器,而

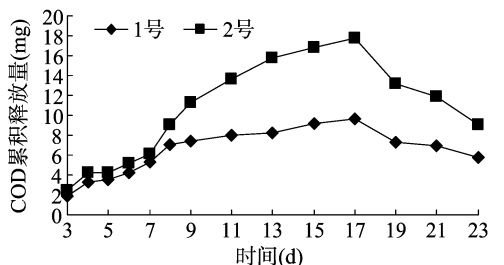


图3 不同时间1号、2号容器底泥COD累积释放量

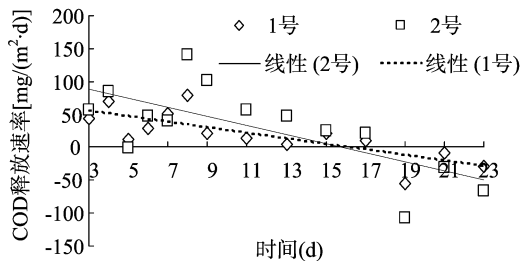


图4 不同时间1号、2号容器底泥COD释放速率

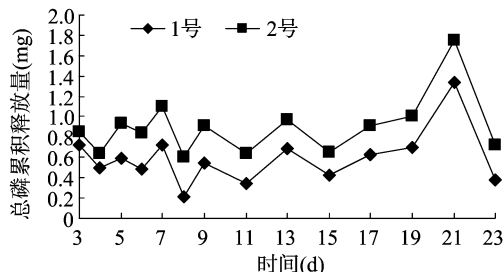


图5 不同时间1号、2号容器底泥总磷累积释放量

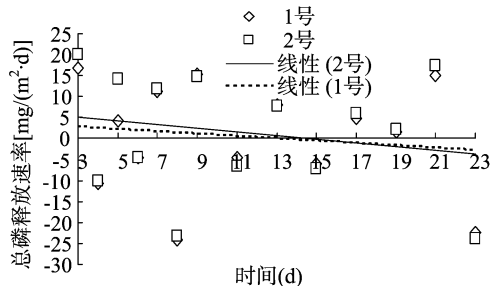


图6 不同时间1号、2号容器底泥总磷释放速率

Cl^- 与 PO_4^- 存在竞争交换关系,导致底泥对磷的吸附量减少。1 号、2 号容器上覆水中总磷累积释放量均呈波动状态,表明底泥对总磷的释放与吸收呈现动态变化过程。

2.2 模拟扰动状态下盐升分布对近水域水质的影响

由图 7 可知,3 号、4 号容器底泥氨氮的累积释放量同时于第 20 天达到最大值,随后逐渐下降。由图 8 可知,3 号容器底泥中的氨氮释放速率在第 7 天达到最大,4 号容器底泥中的氨氮释放速率在第 8 天达到最大,随后下降。还可看出,3 号容器底泥氨氮累积释放量高于 4 号容器,即在扰动状态下盐升分布导致底泥中有机物硝化作用减弱,抑制了硝化菌氧化氨氮;3 号容器底泥氨氮释放速率均值高于 4 号容器,表明扰动状态下盐度升高对于非耐盐细菌有一定抑制作用。

由图 9 可知,3 号、4 号容器底泥 COD 累积释放量同时于第 18 天达到最大值,并且 3 号容器底泥 COD 累积释放量高

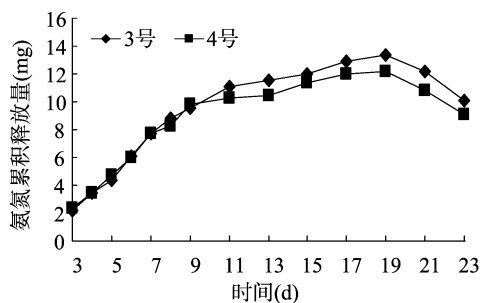


图7 不同时间3号、4号容器底泥氨氮累积释放量

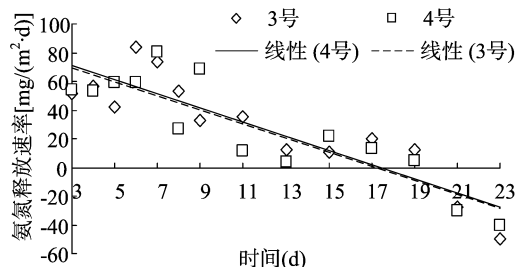


图8 不同时间3号、4号容器底泥氨氮释放速率

于4号容器,随后逐渐下降。由图10可见,3号容器底泥中COD释放速率在第9天达到最大值,4号容器在第8天达到最大。3号容器底泥中COD释放速率最大值低于4号容器,3号容器底泥COD累积释放量高于4号容器,这主要是由于扰动状态下盐升分布造成浓度差占主导因素,且固-液两相浓度差越大,COD累计释放量越大,可见扰动状态下的盐升分布抑制了底泥中有机物的释放。

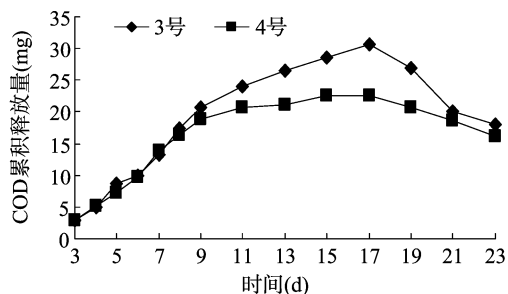


图9 不同时间3号、4号容器底泥COD累积释放量

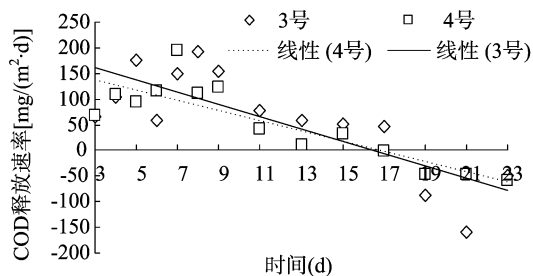


图10 不同时间3号、4号容器底泥COD释放速率

由图11可知,扰动状态下3号、4号容器底泥总磷累积释放量均处于释放/吸收交替变化中;3号容器底泥总磷累积释放量在第16天达到最低值,4号容器在第9天达到最低值,但二者同时第22天达到最大值。由图12可见,3号、4

号容器底泥总磷释放速率处于正负值交替变化的波动状态;3号容器底泥总磷释放率在第6天达到最大值,4号容器底泥总磷释放率在第3天达到最大值;3号容器底泥总磷释放速率在第7天达到最小值。3号容器底泥总磷累积释放量高于4号容器,一方面是因为反硝化菌还原硝酸盐氮、亚硝酸盐氮时会消耗有机基质从而抑制聚磷菌对磷的释放;另一方面硝态氮会被部分聚磷菌利用作为电子受体进行反硝化,从而抑制了聚磷菌释磷。3号容器底泥总磷释放率均值高于4号容器,表明扰动状态下的盐升分布同样对总磷的释放速率具有抑制作用。

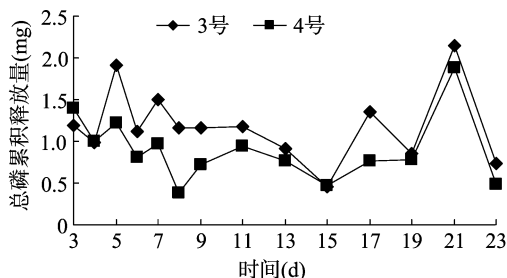


图11 不同时间3号、4号容器底泥总磷累积释放量

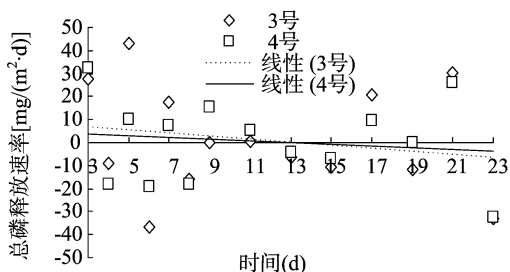


图12 不同时间3号、4号容器底泥总磷释放速率

3 结论

本研究表明,盐升分布对底泥污染物的释放具有促进作用,但对不同污染物平均释放速率的影响不相同,对总磷的平均释放速率影响最大,其次为COD。扰动状态下盐升分布对底泥污染物的释放具有抑制作用,但对不同污染物的平均释放速率的影响不相同,其中对总磷的平均释放率影响最大,其次为COD。

参考文献:

- [1] 喻钢,陈垚,李春龙. 含盐废水尾水排放对近水域盐升分布影响的数值模拟研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(19):8276-8278,8339.
- [2] 潘俊,左悦,李慧,等. 浑河沈阳城区段下游底泥污染物释放试验[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2010,26(5):976-980.
- [3] 杨磊,林逢凯,胥峥,等. 底泥修复中温度对微生物活性和污染物释放的影响[J]. 环境污染与防治,2007,29(1):22-25,29.
- [4] 商卫纯,潘培丰,蒋海滨,等. 城市浅水型湖泊底泥污染物释放过程模拟试验研究[J]. 环境污染与防治,2007,29(8):602-604.
- [5] 张坤,李彬,王道增. 动态水流条件下河流底泥污染物(COD_{Cr})释放研究[J]. 环境科学学报,2010,30(5):985-989.
- [6] 湛建宇,许振成,骆其金,等. 曝气复氧对滇池重污染支流底泥污染物迁移转化的影响[J]. 生态环境,2008,17(6):2154-2158.