

给水处理过程中摇蚊幼虫的氧化杀灭与去除

孙兴滨^{1,2}, 崔福义¹

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090, E-mail: sunxingbin1025@163.com;

2. 东北林业大学环境科学系, 哈尔滨 150040)

摘 要: 本文研究了几种水处理氧化剂——氯气、二氧化氯、臭氧对原水中不同龄期摇蚊幼虫的灭活效果, 并进一步考察了预氧化与水处理澄清过程对 1 龄幼虫的协同去除效果. 研究结果表明: 随龄期的增长摇蚊幼虫对化学氧化剂的耐受性不断增强, 与其它 2 种氧化剂相比, 二氧化氯对摇蚊幼虫具有更好的灭活作用. 二氧化氯投加量 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 二氧化氯预氧化与水处理澄清过程的协同作用可以完全去除水中生物活性降低的 1 龄幼虫; 混凝沉淀工艺能够完全去除原水中 2 - 4 龄幼虫, 二氧化氯投加量 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 原水中 4 龄幼虫经混凝沉淀后在 24h 内死亡. 试验证明化学预氧化剂的氧化灭活与其他水处理工艺有机结合, 发挥协同作用, 是解决摇蚊幼虫污染问题的基本策略.

关键词: 摇蚊幼虫; 给水污染; 预氧化杀灭; 控制策略

中图分类号: TU991.25

文献标识码: A

文章编号: 0367 - 6234(2007)02 - 0242 - 04

Study of killing and removal on chironomid larvae with oxidants in water treatment system

SUN Xing-bin^{1,2}, CUI Fu-yi¹

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, E-mail: sunxingbin1025@163.com; 2. Department of Environmental Science, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The killing effects of several oxidants, including chlorine, chlorine dioxide and ozone on the different instar larvae of chironomid in source water were investigated. In addition, the cooperation removal effect on the first instar larvae of chironomid was also evaluated after pre-oxidation by oxidants, followed by clarification process. The results showed that the tolerance of chironomid larvae on oxidants was strengthened with the increase of instar. Chlorine dioxide possessed better killing effect than the other two oxidants. The cooperation effect of pre-oxidation and clarification process after pre-oxidation could completely eliminate the first instar larvae of chironomid with low activity by using the chlorine dioxide of $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dose. The second, third and fourth instar larvae of chironomid in raw water could be thoroughly removed by coagulating precipitation process, the fourth instar larvae of chironomid in the raw water would die within 24 h with the chlorine dioxide dose of $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ after coagulation and sedimentation process. The experimental results indicated that cooperation effect of killing by pre-oxidation and water treatment process was a better approach to solve chironomid larvae pollution in water treatment system.

Key words: chironomid larvae; water pollution; pre-oxidation killing; control strategy

收稿日期: 2005 - 01 - 15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (503780262); 国家高技术
研究发展计划资助项目 (2002AA601120); 高等学校
博士学科点专项科研基金资助项目
(20030213036); 黑龙江省博士后基金资助项目.

作者简介: 孙兴滨 (1970—), 男, 副教授;
崔福义 (1958—), 男, 教授, 博士生导师.

摇蚊幼虫是水体中分布范围广的一类水生昆虫, 国外多采用摇蚊幼虫作为污染物质的急性和慢性毒性测试生物^[1]. 天然水体污染程度的加重, 直接导致底栖动物多样性明显降低, 适应富营养水体的摇蚊幼虫却占优势地位^[2], 摇蚊幼虫在水库、湖泊类水源水中的大量孳生, 导致其可以在

城市净水工艺中出现^[3],尽管目前并没有证实它们的生物体会威胁到公众健康^[4],但是大多数人常常把这些生物的存在和饮用水不卫生联系起来,引起对水质信心的下降。

英国的艾塞克斯城,美国的塔科马市、洛厄尔城,中国的广东、天津、四川、江苏、浙江等地区的城市净水工艺中都相继发生过比较严重的摇蚊幼虫污染事件^[5~7]。近年来国内一些自来水公司相继开展了一些防治实验,包括喷雾驱蚊方法、化学药剂浸泡杀灭实验^[7]等,主要集中在摇蚊幼虫大规模暴发时采用的紧急防治方法,缺乏系统的理论研究。本文研究了几种水处理氧化剂——氯气、二氧化氯、臭氧对原水中不同龄期摇蚊幼虫的灭活效果,并对使用不同化学预氧化剂情况下,预氧化与水处理澄清过程对浮游幼虫的协同去除效果进行了考察,从而提出了解决摇蚊幼虫污染问题的基本策略。

1 试验材料与试验方法

试验所用摇蚊幼虫接种自野外,经标准方法培养繁殖后供试验使用^[1]。试验用水取自深圳某水厂的生产原水,水质:水温 24~26℃;pH 6.5~7.0;浊度 10~13 NTU;COD_{Mn} 1.7~2.2 mg/L;藻度 1.5×10^7 个/L。

利用混凝烧杯实验考察不同化学氧化剂对原水中不同龄期摇蚊幼虫的杀灭效果,试验水样中摇蚊幼虫的密度为 15 个/L,每组试验重复 3 次,并设空白组对照,试验温度控制在 25℃。化学氧化剂与混凝剂同时投加,混凝剂为聚合氯化铝,投量 2 mg/L (以 Al_2O_3 计),搅拌 16 min 后,静沉 35 min,静沉结束后统计摇蚊幼虫的死亡率。摇蚊幼虫的死亡标准:以玻璃棒轻压摇蚊幼虫的尾部 3 次后不做“8”运动^[7]。碘量法测定液氯和臭氧浓度,连续碘量法测定二氧化氯浓度。

在上述试验基础上,研究预氧化与水处理澄清过程对营浮游生活的 1 龄幼虫的协同去除效果。以 1 龄幼虫为试验对象,混凝烧杯实验条件同上,静沉结束后取上层清液对 1 龄幼虫的去除情况进行考察;经上述相同的试验步骤后,对上层清液进行过滤试验,试验中采用的滤柱为直径 15 cm,高度 150 cm 的有机玻璃柱,滤料为单层,粒径为 0.8~1.2 mm, $K_{60} = 1.2$,厚度 100 cm,滤速为 $7 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$,过滤周期为 24 h 过滤开始后,在滤柱出水口处用 300 目纱网截留 1 龄幼虫,统计滤后水中 1 龄幼虫数量。每组试验重复 3 次,并设空白组对照。

2 结果

利用混凝烧杯实验考察不同化学氧化剂对原水中不同龄期摇蚊幼虫的杀灭效果,在此基础上,研究不同预氧化与水处理澄清过程对营浮游生活的 1 龄幼虫的协同去除效果。

2.1 不同化学氧化剂的灭活效果

混凝沉淀后,化学氧化剂对不同龄期摇蚊幼虫的灭活效果如图 1 所示。图 1 可见,不同龄期摇蚊幼虫对化学氧化剂的耐受性存在显著差异,且随着龄期的增长耐受性不断增强。摇蚊幼虫对液氯的耐受性极强,在 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的投加量下,1、2 龄幼虫的灭活率分别只有 40% 和 26.7%,而 3、4 龄幼虫均未见死亡;臭氧有较强的灭活作用,2.5 mg/L 和 4 mg/L 的投量可以完全杀灭水中的 1、2 龄幼虫,但对于 4 龄幼虫却要 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的投量;在相同投加量下二氧化氯的灭活效果强于臭氧,投量分别为 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,经混凝沉淀后可彻底杀灭 1、2 龄幼虫,同样对于 4 龄幼虫,在 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的投量下,才能达到 100% 的灭活率。

2.2 接触时间对灭活效果的影响

由于 4 龄幼虫最难于被杀灭,因此以 4 龄幼虫为氧化灭活的试验对象,重复上述试验,考察了在不同接触时间下的 4 龄幼虫死亡情况。试验结果如图 2~4。从图 2~4 可以看出,二氧化氯投加量低于 $0.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 对 4 龄幼虫的杀灭效果不好,接触 24 h 仍有 13.3% 的存活率;当投加 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,接触 24 h 时 4 龄幼虫的灭活率可以达到 100%;投加 $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,达到 100% 灭活率的接触时间为 6 h 而原水中投加臭氧对 4 龄幼虫的杀灭效果较差,在试验的最大投量 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,接触 24 h 仅有 46.7% 的灭活率,且摇蚊幼虫的死亡多集中在最初的 6 h 内,其后随接触时间延长,其灭活率变化不大;而液氯随接触时间延长,4 龄幼虫的灭活率有一定程度的提高,投加 $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 可以达到 100% 的灭活率。

2.3 预氧化与水处理澄清过程对 1 龄幼虫的协同去除效果

试验中发现,2~4 龄摇蚊幼虫经混凝沉淀后全部随矾花沉降在容器底部,对沉后水不会产生影 响。因此以 1 龄幼虫为试验对象,考察了预氧化与水处理澄清过程对 1 龄幼虫的协同去除效果。混凝烧杯实验条件同上,静沉结束后取上层清液考察对 1 龄幼虫的去除情况;经上述相同的试验步骤后,对上层清液进行过滤试验,考察预氧化与

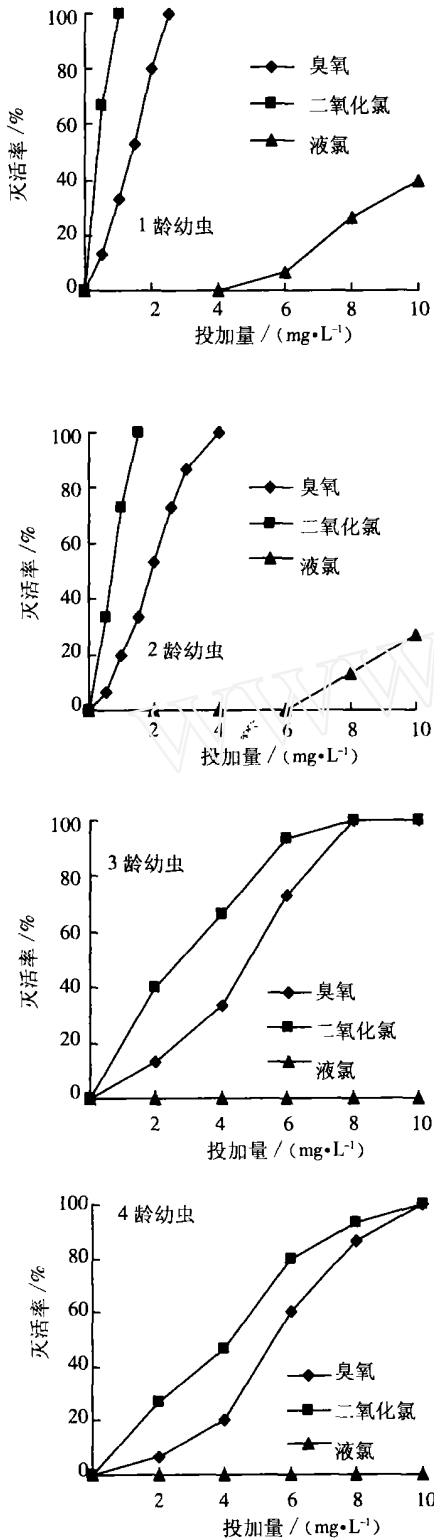


图 1 氧化剂对不同龄期摇蚊幼虫的杀灭效果
水处理澄清过程对 1 龄幼虫的协同去除效果. 试验结果如图 5~7. 由图 5~7 可以看出, 未经氧化灭活的 1 龄幼虫经混凝沉淀、过滤后去除率仅为 46.7%, 说明单纯依靠传统的澄清工艺难以完全除去营浮游生活的 1 龄幼虫; 在相同的氧化剂投量条件下, 经混凝沉淀、过滤后 1 龄幼虫的去除率高于单纯灭活试验的灭活率 (见图 1). 3 种氧化

剂中二氧化氯的实际效果最好, 仅需要 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的预氧化投加量, 就可以保证经混凝沉淀、过滤后, 完全去除原水中的 1 龄浮游幼虫; 臭氧的效果次之, 需要 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的投加量; 而对于传统的预氯化工艺, 投加量较大 ($4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$).

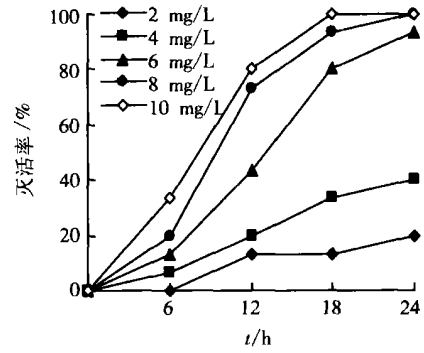


图 2 不同接触时间下液氯对 4 龄幼虫的杀灭效果

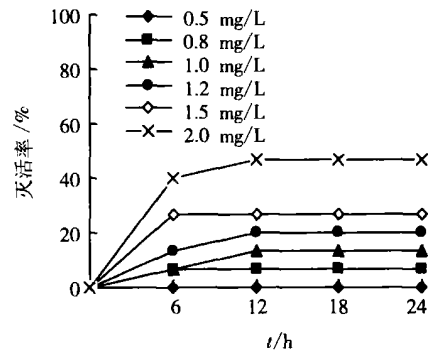


图 3 不同接触时间下臭氧对 4 龄幼虫的杀灭效果

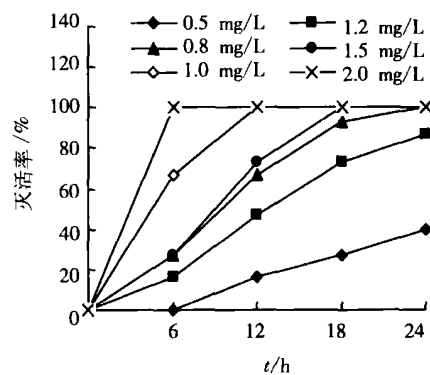


图 4 不同接触时间下二氧化氯对 4 龄幼虫的灭活效果

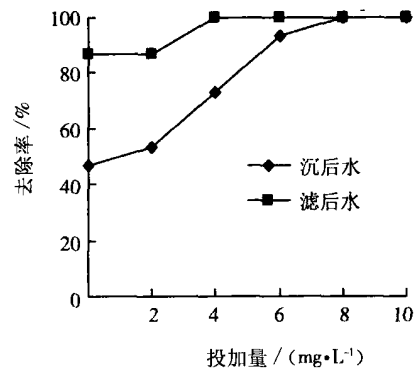


图 5 预氯化与水处理澄清作用对 1 龄幼虫去除效果

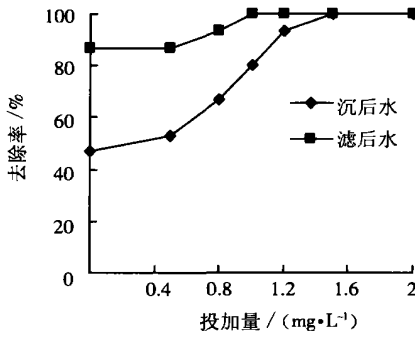


图 6 臭氧预氧化与水处理澄清作用对 1 龄幼虫去除效果

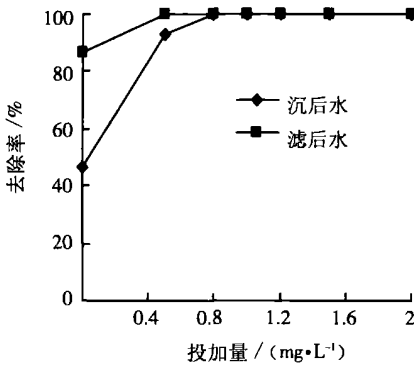


图 7 二氧化氯预氧化与水处理澄清作用对 1 龄幼虫去除效果

3 讨 论

预氧化后,原水中一部分生命力较弱的 1 龄幼虫被氧化剂杀死,而另一部分生命力较强的 1 龄幼虫尽管未被杀死,但生命活性得到了极大的降低,在水处理过程中就可以通过矾花体的覆盖、携带作用和滤料的截留作用而得到有效地去除,二氧化氯作为预氧化剂的实际效果最好,0.5 mg·L⁻¹的投加量,就可以保证经混凝沉淀、过滤后,完全去除原水中的 1 龄浮游幼虫.因此在生产中并不要求将摇蚊幼虫全部灭活,应将氧化灭活与其他水处理单元有机结合,发挥协同作用,就能很好地解决摇蚊幼虫污染问题.

混凝沉淀工艺可以完全去除原水中 2~4 龄幼虫,不会影响到沉后水水质,绝大部分随矾花一起沉降的 2~4 龄幼虫在沉淀池排泥时得到有效去除,其余的则可以在沉淀池中孳生,羽化后的摇蚊成虫在水面产卵,进而威胁沉后水水质.试验结果表明,二氧化氯预氧化投加量在 1.0 mg·L⁻¹以上,经混凝沉淀后原水中最难于杀灭的 4 龄幼虫在 24 h 内死亡,这说明采用二氧化氯预氧化工艺可以避免原水中摇蚊幼虫在沉淀池中的孳生;对于臭氧预氧化和预氯化工艺,在正常的投加量下,原水中没有被预氧化灭活的摇蚊幼虫可以在沉淀池中二次繁殖,所以缩短沉淀池排泥周期和定期清洗沉淀池,能够有效减少摇蚊幼虫的种群生物量和沉淀池水面摇蚊密度;尤其是在摇蚊幼虫的高发季节,定期采用投氯静态浸泡方

式来杀灭沉淀池中孳生的摇蚊幼虫,是经济有效的处理措施,试验证明液氯投加量 8 mg·L⁻¹,接触 24 h,原水中难于杀灭的 4 龄幼虫可以达到 100% 的灭活率.

4 结 论

1 化学氧化剂的杀灭效果随摇蚊幼虫龄期增长逐渐下降;与其他 2 种氧化剂相比二氧化氯对原水中摇蚊幼虫具有更显著的灭活作用,投量分别为 1.0 mg·L⁻¹和 1.5 mg·L⁻¹时,经混凝沉淀后可彻底杀灭 1、2 龄幼虫,在 10 mg·L⁻¹的投量下,4 龄幼虫的灭活率达到 100%.

2 混凝沉淀工艺能够完全去除原水中 2~4 龄幼虫,沉后水水质不会受到影响;1 龄摇蚊幼虫营浮游生活,在预氯化对其作用甚微的情况下,可以随沉后水进入过滤工艺,并穿透常规的石英砂滤池进入清水池.

3 二氧化氯预氧化投加量 1.0 mg·L⁻¹,经混凝沉淀后原水中的 4 龄幼虫在 24 h 内死亡,投加量 2.0 mg·L⁻¹,死亡时间为 6 h;预氧化与水处理澄清过程的协同作用将会进一步提高对 1 龄幼虫的去除效果,二氧化氯投加量 0.5 mg·L⁻¹,预氧化与水处理澄清过程的协同作用可以完全去除水中生物活性减低的浮游幼虫.

参考文献:

[1] WATTSM M, PASCOE D. Use of the freshwater macroinvertebrate *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) in the assessment of sediment toxicity[J]. Water Science and Technology 1996, 34 (7): 101 - 107.

[2] GTRGY D, JUD IT M. An attempt to trace eutrophication in a shallow lake (Balaton, Hungary) using Chironomids[J]. Hydrobiologia 1983, 103: 169 - 175.

[3] HEN M van L, Dick W B, Geo L B, et al. Sampling and quantifying invertebrates from drinking water distribution mains[J]. Water Research 2004, 38 (3): 1101 - 1112.

[4] World Health Organization. Guidelines for Drinking Water Quality[R]. Geneva: World Health Organization 1996, 953.

[5] MICHAEL KA. New strategies for the control of the parthenogenetic Chironomid[J]. Journal of the American Mosquito Control Association 1997, 13 (2): 189 - 192.

[6] 崔福义, 安东, 孙兴滨等. 水体中摇蚊幼虫的孳生规律及其控制途径[J]. 环境污染治理技术及设备, 2004, 5 (7): 1 - 4.

[7] 宋志慧, 陈天乙, 刘如冰. 三丁基锡对摇蚊幼虫的毒性作用[J]. 环境科学. 1998, 19 (2): 87 - 88.

(编辑 姚向红)