

紫外消毒对城市污水处理厂耐药菌去除的影响研究

江 晶¹, 熊 英², 冯 涛³, 王剑虹⁴, 胡筱敏²

(1. 东北大学机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819;
3. 沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110167; 4. 沈阳市环境技术评估中心, 辽宁 沈阳 110011)

摘要: 通过选取假单胞杆菌、鲍曼不动杆菌以及芽孢杆菌3种耐药菌作为研究对象, 研究紫外光变化对这3种耐药菌的去除效果, 得出较好的紫外消毒条件, 应用到实际的污水处理厂消毒过程中。结果表明, 紫外消毒对3种耐药菌都有很好的灭活效果。

关键词: 紫外剂量; 微生物耐药性; 照射时间; 消毒

中图分类号: X703

文献标志码: A

DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2017.02.009

Study of the Influence of UV Disinfection on the Removal of Drug-resistant Bacteria in Municipal Wastewater Treatment Plants

Jiang Jing¹, Xiong Ying², Feng Tao³, Wang Jianhong⁴, Hu Xiaomin²

(1.School of Mechanical Engineering and Automation, Northeastern university, Shenyang 110819, China; 2.School of Resources and Civil Engineering, Northeastern university, Shenyang 110819, China; 3.Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110167, China; 4.Shenyang Environmental Technology Assessment Center, Shenyang 110011, China)

Abstract: In this paper, such three types of drug-resistant bacteria as *Pseudomonas*, *Acinetobacter baumannii* and *Bacillus* are selected as the targets to study the influences of variation of UV dosage on the removal of these three drug-resistant bacteria, resulting in achievement of good UV disinfection conditions and application to the actual disinfection process in wastewater treatment plants. The results show that UV disinfection has good inactivated effects on these bacteria.

Keywords: UV Dose; Microbial Drug Resistance; Radiation Time; Disinfection

CLC number: X703

我国是世界上生产和使用抗生素最多的国家之一, 我国药物产量的70%是抗生素, 而在西方国家, 抗生素产量只占药物总量的30%, 因此与其他国家相比, 我国地表水环境中抗生素的总体浓度水平与检出频率均较高^[1]。应光国课题组对中国主要河流做了10年调查, 根据58个流域各类抗生素的使用量、排放量等绘制出了抗生素污染地图, 从污染地图颜色的差别可以看出, 广东、江苏、浙江、河北等经济相对较发达地区颜色较深, 意味着是污染重灾区^[2]。

黄浦江、长江入海口、珠江都检出了抗生

素, 南京鼓楼区居民家的自来水中甚至检出抗生素, 江苏、浙江、上海等地的调查也表明近六成儿童的尿液中含有抗生素^[3]。《中国地表水环境中药物和个人护理品的研究进展》称我国地表水中含有68种抗生素, 且浓度较高, 另外还有90种非抗生素类的医药成分被检出^[1]。

大量残留的抗生素可能会对人类产生两种危害。一是直接损害人体健康。因为, 环境中残留的抗生素可以通过食物链进入人体; 二是造成更多的耐药菌产生, 让耐药菌在细菌、动物和人类之间循环传播, 增加致病性。引发极大恐慌的

收稿日期: 2016-12-22

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(N120403001); 沈阳市科技项目社会发展科技攻关专项(F13-170-9-00)资助

作者简介: 江 晶 (1977-), 女, 博士、副教授。研究方向: 污水处理、环保设备。

“超级细菌”即“多重耐药菌”的出现,已被证明与环境中抗生素污染并杀死微生物群落有关^[2]。现在美国的一项研究发现,耐药菌甚至可以通过空气传播。抗生素滥用、抗生素环境污染加剧了细菌耐药性。耐药性是目前全球最紧迫的公共卫生问题之一^[4]。世界卫生组织在2014年发布的报告称,抗生素耐药性细菌正蔓延至全球各地,情况极为严峻。

环境中抗生素主要来自生活污水、医疗废水以及动物饲料和水产养殖废水排放等,其中养殖业滥用抗生素是最主要的来源^[5]。养殖厂排放污水中的抗生素随污水进入受纳水体和土壤环境,也有可能渗入地下水。由于没有监管,也没有水体和环境中抗生素排放的限制指标,目前中国抗生素残余排放达到前所未有的高峰。

文章选取城市污水处理厂出水筛选的假单胞杆菌、鲍曼不动杆菌以及芽孢杆菌3种耐药菌作为研究对象,研究紫外消毒对这3种耐药菌的去除效果,得出适宜的紫外消毒条件,给城市污水处理厂的实际消毒工艺提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验水样

试验水样来自沈阳市某生活污水处理厂出水,该厂采用浮动填料生化法处理工艺,日处理量为20万t城市污水。用标准取样器在厂区二沉池出水口采集水样,每次采集水样10 L,置于无菌采样瓶中,共采集3次,取样间隔10 d,水样在1 h内送回实验室进行分析。按照相关国家标准检测方法,对水样的水质指标进行检测。

1.2 单一耐药菌的来源和种类

实验中所选用的三种单一耐药菌分别为假单胞菌、鲍曼不动杆菌以及芽孢杆菌。取得污水处理厂二级处理后的出水,选用特定的抗生素培养基筛选耐药菌,并进行PCR鉴定菌种,进而获得单一耐药菌菌落,并进行实验室培养与保存。假

单胞杆菌(*Pseudomonadaceae*)为假单胞菌属,包括一群革兰染色阴性杆菌,它是一种机会性病原菌,常可引起医院内获得性感染^[6],广泛存在于土壤、水、污物及空气中,在所有的培养基上均生长良好,主要分为绿脓杆菌感染、马鼻疽杆菌感染、类鼻疽等。鲍曼不动杆菌(*Acinetobacter baumannii*)是医院感染的重要病原菌。近年来的感染在增多,且其耐药性日益严重,已引起临床和微生物学者的严重关注。*A.baumannii*对第三代和第四代头孢菌素的耐药率已达63.0%~89.9%^[7]。对4种氨基糖苷类(阿米卡星、庆大霉素、奈替米星、妥布霉素)和环丙沙星的耐药率菌达96.3%^[8]。芽孢杆菌(*Bacillus*),无湿状态可耐低温-60℃、耐高温+280℃,耐强酸、耐强碱、抗菌消毒、耐高氧(嗜氧繁殖)、耐低氧(厌氧繁殖)。前期研究发现芽孢杆菌对头孢氨苄有一定的抗药性^[9]。

1.3 紫外消毒实验

紫外光源为15 W低压汞灯。在紫外灯(254 nm处强度为26 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)的照射下,控制不同的接触时间6、8、10、12、14 min(对应紫外剂量为9.36、12.48、15.60、18.72、21.84 mJ/cm^2),分别取样进行检测。测定3种单一耐药菌的去除率,以及水质指标。水质指标检测项为COD、氨氮、UV₂₅₄。实验过程中出水均经过高温灭菌,保证实验中只研究单一耐药菌的去除情况。

2 结果分析与讨论

2.1 紫外线消毒对单一耐药菌的去除研究

紫外照射剂量 $D=\text{紫外光强}(\mu\text{W}/\text{cm}^2)\times\text{曝光时间}(\text{min})\times\text{灯管老化系数}\times\text{结垢系数}$ ^[9],当紫外光强确定后,紫外剂量通过控制照射时间来确定,分别在接触时间6、8、10、12、14 min时进行取样分析,得出不同紫外剂量下耐药菌的去除情况,由平板计数法所得结果,见图1。

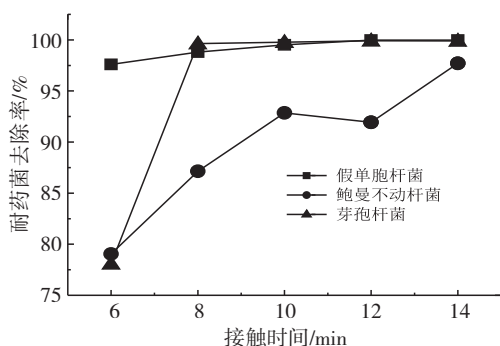


图1 不同接触时间下耐药菌的去除率

紫外光具有量子性, 每个光子都具有能量, 紫外光子辐射引发的光化学反应来完成消毒任务。紫外灭菌通过破坏细菌、病毒、芽孢等病原体体内的DNA或RNA分子结构, 使微生物丧失生存和繁殖能力而致死, 从而达到消毒的目的^[10]。紫外消毒会产生强氧化基团, 将水中的有机物质无选择氧化。并且紫外线可导致核酸的键和链断裂或发生光化学聚合反应并形成光化学产物, 阻止其复制与蛋白质的合成, 从而使微生物丧失繁殖复制能力, 造成致死损伤^[9]。

由图1可见, 对于假单胞杆菌, 紫外照射时间为10 min时灭菌效果较好, 灭菌效率为99.52%; 鲍曼不动杆菌在10 min时灭菌效率为91.93%; 而芽孢杆菌在10 min的处理效果也是较好的, 灭菌效率为99.78%。

紫外对于3种耐药菌的灭活效果都非常好, 并且在紫外照射时间为10 min时去除效率趋于稳定。照射时间在12 min以后, 去除率随照射时间的增加上升幅度比较平缓出现拖尾现象, 这主要是因为经过二级处理的出水中仍含有少量悬浮颗粒物, 会在一定程度上吸收并分散紫外能量。同时有一部分耐药菌附着在这些颗粒中, 因此细菌不会完全暴露在紫外线下, 灭菌效率也会因此受影响^[11]。即使增加了照射时间, 提高照射剂量, 去除效率也没有太大变化。

2.2 紫外线消毒对出水水质的影响

对于假单胞杆菌, 紫外照射时间为10 min时综合去除率较高, 氨氮去除率为39.26%, COD去除率为86.20%, UV₂₅₄去除率为66.76%, 而10 min以后, 氨氮去除率降低, 可能是细胞被杀死之

后, 死细胞破裂释放铵根离子; 鲍曼不动杆菌在12 min时氨氮去除率为28.35%, COD去除率为69.26%, UV₂₅₄去除率为8.31%, 之后氨氮处理效率降低; 芽孢杆菌在8 min时的处理效果是最好的, 氨氮去除率为7.62%, COD去除率为10.88%, UV₂₅₄去除率为15.79%, 8 min以后有机物和氨氮的处理效率都有所降低。具体影响结果, 见图2~图4。

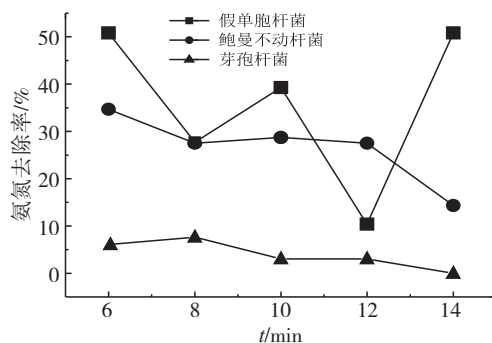


图2 不同接触时间下氨氮的去除率

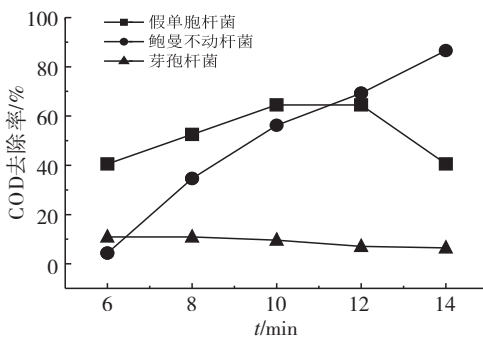
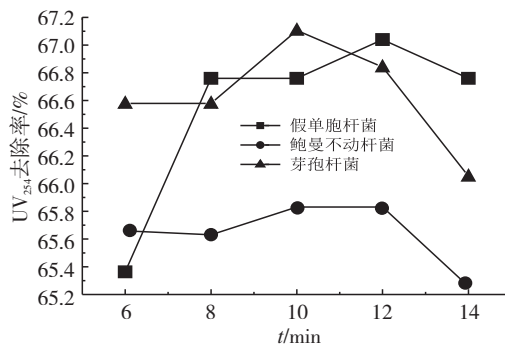


图3 不同接触时间下COD的去除率

图4 不同接触时间下UV₂₅₄的去除率

由于COD是采用重铬酸钾法测量的, 原水中一些难降解的有机物无法检测出, 但随着紫外照射时间的延长, 难降解的有机物可能分解为易降解有机物, 在出水中能够检测出来, 从而降低了有机物的去除率^[10]。

2.3 紫外线消毒对耐药菌去除率及水质的综合影响

通过研究紫外消毒对3种耐药菌每一种的去除率以及其对常规水质指标COD、氨氮、 UV_{254} 的去除率,可以看出,在紫外消毒时间为14 min时,对3种耐药菌的灭菌效率是最好的,但10 min以后灭菌效率上升幅度不大,趋于平缓。紫外消毒时间为8 min时,对3种耐药菌的氨氮去除效率是较好的;紫外消毒时间10 min时,对3种耐药菌的COD去除效率是较好的;紫外消毒时间12 min时,对3种耐药菌的 UV_{254} 去除效率是较好的。考虑到应用中紫外消毒的实际问题以及投入的成本,综合分析灭菌效率以及出水水质结果,选择紫外照射时间为10 min比较适宜。

3 结论

文章以沈阳市某生活污水处理厂出水为研究对象,研究了紫外消毒对单一耐药菌去除效果以及对出水水质的影响。

(1) 紫外消毒对假单胞杆菌、芽孢杆菌和鲍曼不动杆菌都有很好的灭活效果,并且在紫外照射时间为10 min时去除效率趋于稳定。紫外照射时间为10 min时,对假单胞杆菌的灭菌效率达99.52%,鲍曼不动杆菌的灭菌效率为91.93%,而芽孢杆菌的灭菌效率为99.78%。

(2) 紫外消毒过程对出水水质也有一定的影响。假单胞杆菌在紫外照射时间为10 min时,综合去除率较高,氨氮去除率为39.26%,COD去

除率为86.20%, UV_{254} 去除率为66.76%;鲍曼不动杆菌在12 min时氨氮去除率为28.35%,COD去除率为69.26%, UV_{254} 去除率为8.31%;芽孢杆菌在8min的处理效果是最好的,氨氮去除率为7.62%,COD去除率为10.88%, UV_{254} 去除率为15.79%。

(3) 考虑到工程应用中紫外消毒的实际问题以及投入的成本,综合分析灭菌效率以及出水水质结果,选择紫外照射时间为10 min比较适宜。

参考文献

- [1]王 丹,隋 倩,赵文涛,等. 中国地表水环境中药物和个人护理品的研究进展[J]. 科学通报,2014,59(9): 743-751.
- [2]白竞楠. 中国河流抗生素污染地图发布[N]. 北京科技报, 2015-06-29.
- [3]经 纬. 抗生素滥用已造成环境污染[N]. 中国改革报, 2015-07-13(006).
- [4]Reverté S, Borrull F, Pocurull E, et al. Determination of antibiotic compounds in water by solid-phase extraction-high-performance liquid chromatography(electrospray) mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 1010(2):225-232.
- [5]罗 玉,黄 斌,金 玉,等. 污水中抗生素的处理方法研究进展[J]. 化工进展,2014,33(9):2471-2473.
- [6]孙广正,姚 拓,赵桂琴,等. 荧光假单胞菌防治植物病害研究现状与展望[J]. 草业学报,2015, 24(4):174-190.
- [7]陈 芳,夏 伟. 143株鲍曼不动杆菌的临床耐药分析[J]. 检验医学与临床,2011,8(5):545-546.
- [8]邹 伟,赵玉军,陈晓月,等. 土壤中芽孢杆菌的分离及初步鉴定[J]. 四川畜牧兽医, 2008, 208(02):24-25.
- [9]徐 展. 污水处理中紫外线消毒研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2012.06.
- [10]崇 森,苗艳辉,张庆珮,等. 氯消毒和紫外消毒对城市污水处理厂二沉池出水中粪大肠菌群耐药性的影响[J]. 环境科学研究,2014,27(4):422-426.
- [11]赵 琳. 紫外与次氯酸钠消毒效果及影响因素的研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014.05.