

邵颖,汪敏,赵永富,等. 阳离子絮凝剂对景观水的净化效果及其工艺条件[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):308-310.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.081

阳离子絮凝剂对景观水的净化效果及其工艺条件

邵颖^{1,2},汪敏¹,赵永富¹,吴景霞¹,高岩³,张振华³,蒋希芝¹

(1. 江苏省农业科学院农业设施与装备研究所,江苏南京 210014; 2. 湖南省核农学与航天育种研究所,湖南长沙 410125;
3. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所,江苏南京 210014)

摘要:针对辐照聚合法一步合成的阳离子絮凝剂(PDA),以景观水净化为目标,系统研究絮凝剂化学组成、粒径大小、投加量、搅拌速度、絮凝时间等因素对污水絮凝效果的影响,优化得到最佳絮凝参数,即单体配比丙烯酰胺(AM):二甲基二烯丙基氯化铵(DMDAAC)(质量比)为2:1,絮凝剂粒径>0.20 mm,添加量为50 mg/L,搅拌速度为700~1 000 r/min,絮凝时间为2 h。对比试验结果表明,本絮凝剂对景观水的净化效果(透明度、悬浮物等)优于选购的同类污水处理剂产品。

关键词:丙烯酰胺;二甲基二烯丙基氯化铵;PDA;景观水;污水处理;净化效果;处理工艺;新方法

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)24-0308-03

景观水体主要有流经城市的河流、公园水系、人工运河和人工湖等洼陷结构^[1]。随着生态城市、休闲农业的快速发展,景观水体的地位逐渐提升,但城市景观水体的现状不容乐观^[2]。由于景观水体多为静止或流动性差的封闭缓流水体,容易成为雨水及垃圾的收纳体,发生富营养化,影响周围的自然环境和生活环境^[3]。景观水治理方法主要分为物理方法、化学方法、生物方法^[4-5],其中物理方法主要被用于小水体,具有见效快、周期短的优点,而缺点是耗电量且水质不能保证,对于藻类、有机污染物等无法有效清除;生物方法适用范围广,大小面积水体都可以运用,系统稳定,耗电量低,是可持续环境友好技术,但占用土地资源、见效慢、工程复杂;化学方法是向水中投放化学药剂,主要为硝化细菌和絮凝剂,优点是见效快、方法简单,缺点是对生态环境可能造成二次污染,效果容易出现反复^[6]。因此,开发一种针对性强、性能稳定、使用量少且处理效果好的絮凝剂具有较强的实用价值。

阳离子型高分子絮凝剂由于带有大量正电荷,可与带负电荷的污水发生电中和以及吸附作用,生成不溶性絮凝体,起到快速净化水体的作用,具有处理成本低、工艺简单的特点^[7-8]。阳离子絮凝剂(PDA)是一种带有阳离子基团的线性水溶性高聚物,其正电荷密度高、阳离子结构稳定,较少用量即有较高的絮凝能力,且不污染环境,被广泛应用于日用化工及水处理等领域^[9-10]。辐照技术是一种环保型清洁生产技术,整个辐照过程无污染物向环境排放。基于上述考虑,本研究以典型景观水为试验对象,采用辐照法一步合成的PDA进行污水处理效果试验,通过筛选絮凝剂化学组成,探究絮凝剂最佳使用工艺条件,以期实现景观水的快速、有效净化,为景

观水在园林绿化、农业灌溉上的利用提供一种新方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

质量分数为60%的二甲基二烯丙基氯化铵(DMDAAC)水溶液,上海谱振生物科技有限公司;丙烯酰胺(AM),分析纯,广东光华化学厂有限公司;去离子水,由江苏省农业科学院农业设施与装备研究所理化分析实验室制备。

鼓风干燥箱(型号为101-1A,上海博迅实业有限公司医疗设备厂);数显恒温磁力搅拌器(型号为524G,上海梅颖浦仪器仪表制造有限公司);散射光光度计(型号为WGZ-13,上海昕瑞仪器仪表有限公司)。

试验污水样品:江苏省农业科学院2#池塘生活污水,污染物主要来自于中山陵景区周围的生活污水排放。水体总氮(TN)含量为3.41~7.18 mg/L,总磷(TP)含量为0.05~0.27 mg/L,中度富营养化。

1.2 试验方法

1.2.1 PDA制备 按AM:DMDAAC:水不同比例(质量比)配制一系列AM-DMDAAC水溶液,注入辐照管中,通氮气15 min,以去除空气中的氧气,密封后进行辐照处理,吸收剂量设定为12 kGy。对辐照后的样品进行破碎、清洗、烘干、粉碎、过筛,得到不同粒径(≤ 0.15 、 $(0.15, 0.20]$ 、 $(0.20, 0.45]$ 、 $(0.45, 0.60]$ 、 > 0.60 mm)的PDA样品。

1.2.2 絮凝效果测定方法 将制得的PDA样品加入去离子水中,配制成质量分数为0.5%的胶体溶液,然后加入到待测试验污水样品中。以一定速度搅拌一定时间,静置,待絮凝物完全沉降。用浊度仪测定液面以下2 cm处水体的浊度,并观察水体中絮状物的漂浮情况,测定pH值。

1.2.3 PDA化学组成和粒径对絮凝效果的影响试验 选用AM:DMDAAC(质量比)分别为1:2、1:1、2:1、3:1、4:1,粒径为 $(0.20, 0.45]$ mm的PDA样品,对试验用生活污水进行絮凝试验。PDA的投加量定为50 mg/L,搅拌速度为700 r/min,絮凝时间为2 h,考察不同单体质量比的PDA对污

收稿日期:2017-09-06

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2136]。

作者简介:邵颖(1965—),女,湖南湘阴人,副研究员,主要从事核辐照和环保新产品研究。E-mail:761754281@qq.com。

通信作者:赵永富,博士,研究员,主要从事核技术与环境科学研究。E-mail:zyfzf2002@163.com。

水的处理效果。以不添加絮凝剂的污水为对照(CK)。

选用 AM : DMDAAC (质量比) 为 2 : 1, 粒径分别为 ≤ 0.15 、 $(0.15, 0.20]$ 、 $(0.20, 0.45]$ 、 $(0.45, 0.60]$ 、 > 0.60 mm 的 5 种 PDA 样品, 对试验用生活污水进行絮凝试验。其他条件同上述絮凝试验。以不添加絮凝剂的污水为对照(CK)。

1.2.4 絮凝工艺条件对絮凝效果的影响试验 选用 AM : DMDAAC (质量比) 为 2 : 1, 粒径为 $(0.20, 0.45]$ mm 的 PDA 样品, 配制质量分数为 0.5% PDA 胶体溶液, 对试验用生活污水进行絮凝试验, 设置不同絮凝工艺条件: (1) 投加量分别为 0、20、50、100、200、300 mg/L, 其他条件同“1.2.3”节絮凝试验; (2) 投加量为 100 mg/L, 搅拌速度分别为 0、500、700、1 000、1 500 r/min, 其他条件同“1.2.3”节絮凝试验; (3) 投加量为 100 mg/L, 搅拌速度为 700 r/min, 絮凝时间分别设定为 0、0.5、1.0、2.0、3.0、5.0 h, 其他条件同“1.2.3”节絮凝试验。

1.2.5 不同絮凝剂应用比较 3 种不同来源的阳离子絮凝剂产品分别为 1#絮凝剂(市购阳离子型聚丙烯酰胺, 化学法合成)、2#絮凝剂[同行制备的聚丙烯酰胺(PAM)絮凝剂, 辐照法合成]、3#絮凝剂(笔者所在实验室制备的 PDA, 辐照法一步合成样品), 絮凝剂使用方法分别参考对应产品使用说明。絮凝效果测定参照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》^[11]。

2 结果与分析

2.1 絮凝剂的选择

2.1.1 化学组成 选择合适的絮凝剂类型是获得水体最佳

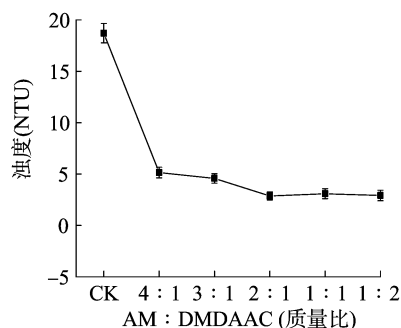


图1 不同单体配比絮凝剂的污水处理效果

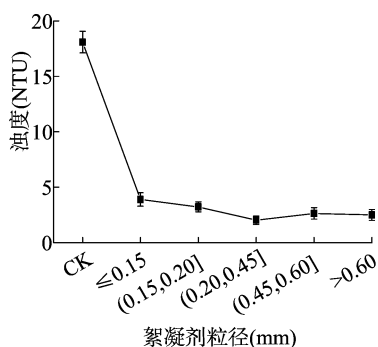


图2 絮凝剂粒径对污水处理效果的影响

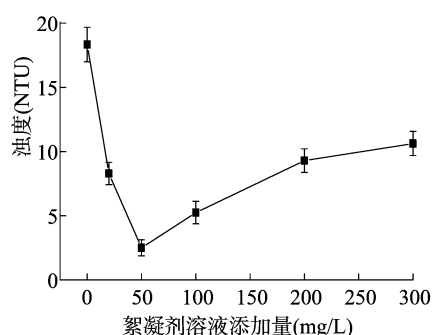


图3 絮凝剂投加量对污水处理效果的影响

2.2.2 搅拌速度 由图 4 可知, 经过搅拌后, 污水浊度大幅度降低。未经搅拌的污水, 添加 PDA 后静置相同的时间测得浊度为 13.38 NTU, 水体仍很浑浊。搅拌速度为 700、1 000 r/min 处理组得到的污水浊度较低, 分别为 3.09、2.82 NTU, 且水体清晰。搅拌速度为 500、1 500 r/min 处理组得到的污水浊度分别为 5.46、3.65 NTU, 水体中存在漂浮物。

2.2.3 絮凝时间 由图 5 可知, 未经搅拌的污水, 添加 PDA 后静置相同的时间测得的浊度为 14.06 NTU, 水体仍较浑浊; 搅拌 2.0 h 处理组, 污水浊度下降到最低, 为 1.95 NTU, 水体上层清晰, 絮状物完全沉降于杯底(图 6); 搅拌 0.5、1.0、3.0、5.0 h 处理组的浊度也较低, 分别为 4.67、2.06、2.23、2.05 NTU, 但这 4 个处理组水体中均存在有少量的漂浮物。

2.3 PDA 应用试验

为进一步确认本研究 PDA 样品对景观水的净化效果, 采

净化效果的关键。为此, 本研究首先以降低水体浊度为指标, 对构成 PDA 的单体配比进行优化试验。由图 1 可知, 原污水浊度高达 18.71 NTU, 水体为浑浊的暗绿色, 向污水中加入絮凝剂后, 浊度大幅度降低。其中 PDA 的单体质量比 AM : DMDAAC = 2 : 1 时, 处理后的污水浊度最低, 为 2.87 NTU, 且水体清晰; 其他处理组水体浊度也有所降低, 但 PDA 的单体质量比 AM : DMDAAC 为 4 : 1、3 : 1 处理组的上清液水体发暗, 1 : 1 处理组沉降物略有漂浮, 1 : 2 处理组沉降物漂浮较严重。因此, 单体质量比 AM : DMDAAC = 2 : 1 的 PDA 对污水处理效果最好。

2.1.2 絮凝剂粒径大小 在絮凝剂化学组成确定后, 选用合适的絮凝剂粒径可获得理想的污水处理效果。本研究选取的生活污水浊度为 18.09 NTU, 溶液呈暗绿色, 表面有青苔状绿色漂浮物。由图 2 可知, 加入不同粒径的 PDA 后, 污水浊度首先随着粒径的增大而快速下降, 当粒径 > 0.2 mm 以后趋于稳定。粒径 ≤ 0.20 mm 的 PDA 处理后, 水体中仍存在漂浮物, 絮状物沉降不完全; 粒径 > 0.20 mm 的 PDA 处理后, 污水浊度降到 3.00 NTU 以下, 且水体清晰, 絮状物沉降完全。

2.2 絮凝工艺条件

2.2.1 PDA 投加量 由图 3 可知, 处理后污水浊度随 PDA 添加量的增加呈先降低后升高的趋势, 当投加量为 50 mg/L 时, 污水的浊度达到最低, 为 2.51 NTU, 且水体清晰。说明存在使絮凝效果达到最优的最佳 PDA 投加量, 大于或小于最佳投加量都会影响絮凝效果, 小于最佳投加量时, 水中污染物沉降不完全; 大于最佳投加量时, 过剩的 PDA 之间的相同电荷产生静电排斥, 影响絮状物沉降。

用不同种类絮凝剂进行对比试验。原水样在 7 月下旬取自江苏省农业科学院 2#池塘, 此时正值南方高温多雨季节, 来自上游中山陵景区的生活垃圾、废物冲刷下来, 形成大量旅游垃圾漂浮物。水样透明度为 30 cm, pH 值为 7.8, 微风吹过有明显异嗅。由图 7、表 1 可知, 3 种絮凝剂处理后, 水体透明度增加, 具体表现为 3#絮凝剂 $>$ 1#絮凝剂 $>$ 2#絮凝剂; pH 值增大 0.4 ~ 0.5; 异嗅味均比对照明显减轻; 2#絮凝剂、3#絮凝剂处理悬浮物下沉至底, 而 1#絮凝剂处理形成许多悬浮态的絮状物。综合比较, 本研究样品 PDA 处理试样污水的效果最佳。

3 讨论

景观水体的有机质含量高, 这些有机质微粒表面通常携带大量的负电荷。选择合适的阳离子絮凝剂与之匹配才能获得最佳的净化效果。AM : DMDAA 的单体质量比可直接

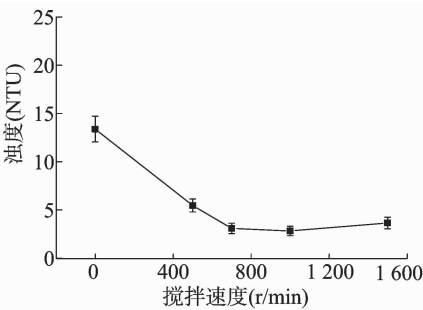


图4 搅拌速度对污水处理效果的影响

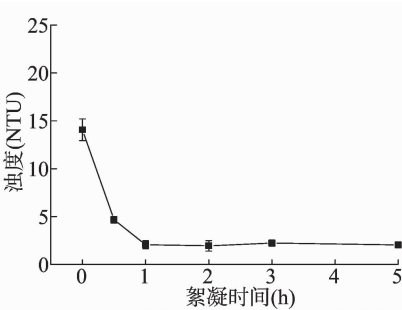


图5 絮凝时间对污水处理效果的影响

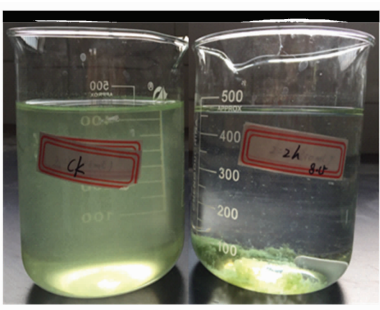


图6 污水处理前后效果对比

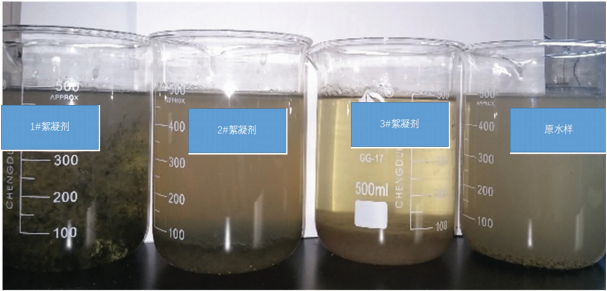


图7 不同类型絮凝剂对景观水的净化效果

影响辐射引发的单体转化率,同时可造成辐射合成的絮凝剂分子量及其携带的阳离子数量、空间位置不同,从而影响电中和、架桥、吸附等絮凝过程。

表1 絮凝效果比较试验

测定项目	透明度(m)	pH 值	漂浮物量	异嗅
原水样	0.3	7.8	多	明显异嗅
1#絮凝剂	0.7	8.2	较多	异嗅轻微
2#絮凝剂	0.4	8.3	很少	异嗅轻微
3#絮凝剂	1.5	8.3	极少	无异嗅

根据絮凝机制分析,粒径 $\leq 0.20\text{ mm}$ 的絮凝剂大分子链相对较短,不能与水体中的污染物进行充分吸附缠绕或产生桥连作用以形成较大的絮凝体,导致处理后污染物沉降不完全,水体中仍有絮状悬浮物的存在。粒径 $> 0.20\text{ mm}$ 的阳离子絮凝剂能够与负电荷污染物产生有效电荷吸附作用而形成较大的絮凝体,并在重力作用下沉降,从而实现较好的去污效果。可见,在絮凝剂制备中,不须要将絮凝剂粉碎过细,粒径 $> 0.2\text{ mm}$ 时,絮凝效果较好,此外絮凝剂使用前须用水配制成一定质量分数的絮凝剂溶液,并搅拌一定时间使其大分子链充分溶胀伸展。

絮凝剂的合适用量不仅与污染物的离子类型及离子度有关,还与分子量有关^[12]。因此,对于本研究选用的污水,絮凝剂最佳投加量为 50 mg/L ,而对于其他种类污水,应根据实际情况试验得出。

当搅拌速度偏低时,絮凝剂与污染物不能充分接触,导致水体中污染物沉降不完全。当搅拌速度偏高时,会将大絮状物破坏成小絮状物,影响沉降速度与效果^[13]。因此,絮凝剂搅拌速度为 $700\sim 1\,000\text{ r/min}$ 时,去污效果最好。

絮凝时间不足会使絮状物沉降不完全,而絮凝时间太长时,由于搅拌时力的作用会破坏已经形成的絮状物,导致去污效果下降。因此,絮凝剂的絮凝时间为 2 h 左右时,去污效果

最好。

4 结论

针对辐照法一步合成的阳离子絮凝剂进行景观水絮凝效果评价。首先优化 PDA 单体构成和粒径大小,然后确定投加量、搅拌速度、絮凝时间等絮凝工艺参数。以江苏省农业科学院 2#池塘水作为处理对象,筛选得到 PDA 的最佳使用条件,即单体配比 AM : DMDAAC(质量比) $= 2 : 1$,粒径 $> 0.20\text{ mm}$,且须先配制成质量分数为 0.5% 的胶体溶液再向污水中添加,投加量为 50 mg/L ,搅拌速度为 $700\sim 1\,000\text{ r/min}$,絮凝时间 2 h ,静置后水中絮凝物沉降于底部,水体清澈。从景观用水的快速处理角度看,笔者所在实验室通过辐照法一步合成的阳离子絮凝剂在透明度、悬浮物量 2 项指标上,明显优于同类絮凝剂产品。

参考文献:

[1] 李如忠,刘科峰,钱 靖,等. 合肥市区典型景观水体氮磷污染特征及富营养化评价[J]. 环境科学,2014,35(5):1718-1726.
[2] 尹若水,蔡颖芳,吴家胜,等. 城市景观水体水质净化和生态修复研究[J]. 环境科学与技术,2016,39(增刊2):210-214.
[3] 王艳春,李延明. 北京公园水体污染原因分析及治理现状调查[J]. 环境科学与技术,2006,29(11):50-52.
[4] 郭迎庆. 城市景观水体的污染控制和修复技术[J]. 环境科学与技术,2005,28(增刊1):148-150.
[5] 黄 勇,董运常,罗伟聪,等. 景观水体生态修复治理技术的研究与分析[J]. 环境工程,2016(7):52-55,164.
[6] 王和意. 上海城市降雨径流污染过程及管理措施研究[D]. 上海:华东师范大学,2005.
[7] 谢妃军,成晓玲,余 林,等. 高分子阳离子絮凝剂的合成及对印染废水的应用研究[J]. 印染助剂,2015,32(2):37-40.
[8] 严子春,杨永超,何前伟. 阴阳离子有机絮凝剂对污泥脱水效果的研究[J]. 环境工程,2015,33(8):110-113.
[9] 孟 飞,付尽国,黄俊生,等. 二甲基烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物的合成及其絮凝效果研究[J]. 广东化工,2013,40(16):36-37,46.
[10] 申娟娟,刘根起,宋金月,等. 有机高分子絮凝剂的研究现状[J]. 材料开发与应用,2011,26(2):96-99.
[11] 国家环境保护局. 地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
[12] 蒋 玲,张 超. 絮凝剂在煤泥水处理中的使用技术[J]. 矿山机械,2007,35(10):74-76.
[13] 刘 娟,武耀锋,张晓慷. 水分散型阳离子聚丙烯酰胺絮凝剂的絮凝性能及其机理[J]. 环境工程学报,2015,9(1):119-124.