

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第3期

Vol.33 No.3

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版



目次

典型排放源黑碳的稳定碳同位素组成研究	陈颖军,蔡伟伟,黄国培,李军,张干(673)
天山典型冰川区雪冰中碳质气溶胶浓度特征研究	王圣杰,张明军,王飞腾,李忠勤(679)
兰州市夏秋季颗粒物谱分布特征研究	赵素平,余晔,陈晋北,刘娜,何建军(687)
不同交通状况下道路边大气颗粒物数浓度粒径分布特征	杨柳,吴焯,宋少洁,郝吉明(694)
南京市夏季大气气溶胶新粒子生成事件分析	王红磊,朱彬,沈利娟,康汉青,刁一伟(701)
西北干旱区降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 变化特征及其水汽输送	李小飞,张明军,李亚举,王圣杰,黄小燕,马潜,马雪宁(711)
海南东部河口和近岸海域总溶解态无机砷的分布及季节变化	曹秀红,任景玲,张桂玲,张金娥,杜金洲,朱德弟(720)
大辽河口痕量元素砷的河口混合行为	简慧敏,姚庆祯,于立霞,田琳(727)
渤海湾表层沉积物各形态重金属的分布特征与生态风险评价	徐亚岩,宋金明,李学刚,袁华茂,李宁(732)
青岛近岸表层海水中 PAHs 的分布特征及物源初步解析	李先国,邓伟,周晓,唐旭利,魏新运,王岩(741)
广西乐业大石围天坑群多环芳烃的干湿沉降	孔祥胜,祁士华,黄保健,张原,李杰(746)
上海宝山区城市土壤铅污染来源的同位素判别	董辰寅,张卫国,王冠,马鸿磊,刘圆,刘莹,叶雷平,俞立中(754)
溶质迁移模型在地下水有机污染源识别中的应用	王树芳,王丽亚,王晓红,林沛,刘久荣,辛宝东,贺国平(760)
地下水污染风险评价中特征污染物量化方法探讨	王俊杰,何江涛,陆燕,刘丽雅,张小亮(771)
用于地下水回灌的再生水预处理工艺研究	高清端,张薛,赵璇,赵刚(777)
菲律宾蛤仔养殖对胶州湾沉积物-水界面生源要素迁移的影响	邓可,刘素美,张桂玲,陆小兰,张经(782)
南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响	胡和兵,刘红玉,郝敬峰,安静(794)
上海都市农业村域地表水非点源氮素的时空分异特征	王楠,毛亮,黄海波,张进忠,周培(802)
不同粒径地表街尘中重金属在径流冲刷中的迁移转化	何小艳,赵洪涛,李叙勇,连宾,王小梅(810)
新型人工湿地对工业区降雨径流的净化研究	何丽君,马邕文,王金泉,李东亚,王艳(817)
改性膨润土应急截留液态有机物的性能及机制	李宇,刘贤君,张兴旺,雷乐成(825)
卵圆卡盾藻香港株过氧化氢产生的影响因素研究	江涛,吴霓,钟艳,江天久(832)
芽孢杆菌 B1 胞外活性物质对球形棕囊藻的溶藻特性研究	李蕾,赵玲,尹平河(838)
底泥对洋河水库微囊藻和鱼腥藻生长影响的研究	储昭升,张玉宝,金相灿,徐颖,杨红君(844)
新型无极准分子光源深度处理水相中含 N-杂环化合物	叶招莲,汪斌,路娟娟,李峰,张仁熙(849)
La/Ce 掺杂钛基二氧化铅电极的制备及电催化性能研究	郑辉,戴启洲,王家德,陈建孟(857)
DTT 对三苯基甲染料脱色的研究	潘涛,刘大伟,任随周,郭俊,孙国萍(866)
pH 及络合剂对亚铁活化 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 氧化去除活性艳蓝的影响研究	张成,王金泉,马邕文,王艳,黄明智,兰明(871)
臭氧降解高浓度腐殖酸动力学	郑可,周少奇,杨梅梅(879)
采用体积信息熵表征颗粒污泥系统稳定性及其稳定机制	李志华,姬晓琴,李胜,谢磊,赵海龙,王晓昌(885)
活性污泥的理化性质与絮凝调理投药量的关系	李婷,王毅力,冯晶,徐萌(889)
不同颗粒龄的好氧颗粒污泥性能的研究	周曼,杨昌柱,濮文虹,罗应东,龚建宇(896)
颗粒粒径与数量对硝化与反硝化过程的影响	李志华,曾金锋,李胜,姬晓琴,王晓昌(903)
氧化沟不同曝气模式对氮磷去除性能的优化与比较	郭昌梓,彭党聪,陈雪梅,王丹(910)
生物沥浸的酸化效应对城市污泥脱水性能的影响	朱海风,周立祥,王电站(916)
2 种不同生物接触氧化工艺性能差异的微生物生态研究	钱殷,全向春,裴元生,马景赞,陶锟(922)
微生物群落对土壤微生物呼吸速率及其温度敏感性的影响	范分良,黄平容,唐勇军,李兆君,梁永超(932)
干旱沙区人工固沙植被演变过程中土壤有机碳氮储量及其分布特征	贾晓红,李新荣,周玉燕,李元寿(938)
密云水库上游流域土壤有机碳和全氮密度影响因素研究	王淑芳,王效科,欧阳志云(946)
外加营养源作用下微生物黏结剂对土壤团聚体的影响	莫艳华,汤佳,张仁铎,李方舟(952)
低分子量腐殖酸改性蒙脱土对黄曲霉素的吸附作用	姚佳佳,康福星,高彦征(958)
液固比对土壤洗涤去除多环芳烃效果的影响	吴威,姜林,陈家军,彭胜(965)
基于 PPI 的土地利用优化研究	武晓峰,李婷(971)
若尔盖高原湿地藻类多样性研究	陈曦,刘如钢,王艳芬,张洪勋(979)
3 种杀真菌剂对 AM 真菌侵染和黄芩生长的影响	贺学礼,王平,马丽,孟静静(987)
崇明东滩夏季沉积物厌氧氨氧化菌群落结构与空间分布特征	郑艳玲,侯立军,陆敏,谢冰,刘敏,李勇,赵慧(992)
厌氧条件下 2,2',4,4'-四溴联苯醚的微生物降解	卢晓霞,陈超琪,张姝,欧阳,尹力,吴蔚(1000)
重金属对白腐菌降解十溴联苯醚的影响	熊士昌,尹华,彭辉,何宝燕,龙焰,叶锦韶,张娜,彭素芬(1008)
有机农药滴滴涕和毒死蜱生物降解机制的分子模拟研究	林玉珍,曾光明,张斌,陈明,蒋敏,张嘉超,鲁伦慧,刘利锋(1015)
高效木薯渣分解复合菌群 RXS 的构建及其发酵特性研究	何江,毛忠贵,张庆华,张建华,唐蕾,张宏建(1020)
四环素类抗生素污染畜禽粪便的厌氧消化特征	童子林,刘元璐,胡真虎,袁守军(1028)
上推流厌氧反应器连续干发酵猪粪产沼气试验研究	陈闯,邓良伟,信欣,郑丹,刘刈,孔垂雪(1033)
《环境科学》征稿简则(878) 《环境科学》征订启事(1007) 信息(759, 770, 870, 1027)	

DTT 对三苯基甲烷染料脱色的研究

潘涛^{1,2}, 刘大伟^{1,2}, 任随周¹, 郭俊¹, 孙国萍^{1*}

(1. 广东省微生物研究所, 广州 510070; 2. 华南理工大学生物科学与工程学院, 广州 510006)

摘要: 研究了二硫苏糖醇(dithiothreitol, DTT)对三苯基甲烷染料的还原脱色作用. 以孔雀石绿为代表, 优化了反应体系中 DTT 的用量, 目的是考察孔雀石绿和 DTT 之间的定量关系, 并明确 DTT 对孔雀石绿的脱色能力. 分析了反应体系 pH 值对 DTT 还原力的影响. 结果表明, 在 pH 值 > 5 的反应体系中, 平均每 1 mol DTT 可在 1 min 内脱色 4 mol 孔雀石绿, 脱色率高达 97%. 脱色产物经 HPLC 分析表明, 孔雀石绿被 DTT 还原脱色为隐色孔雀石绿. 隐色孔雀石绿可继续与氧化态的 DTT 结合成为水不溶性的络合物, 形成白色沉淀. DTT 对结晶紫、灿烂绿及碱性品红的脱色作用均达到 85% 以上, 以此确定 DTT 是一类广谱的三苯基甲烷类染料脱色剂.

关键词: DTT; 二硫苏糖醇; 孔雀石绿; 隐色孔雀石绿; 三苯基甲烷染料; 脱色

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)03-0866-05

Study on Decolorization of Triphenylmethane Dyes by DTT

PAN Tao^{1,2}, LIU Da-wei^{1,2}, REN Sui-zhou¹, GUO Jun¹, SUN Guo-ping¹

(1. Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China; 2. School of Bioscience and Bioengineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Decolorization of triphenylmethane dyes by DTT was researched. For malachite green, content of DTT in reaction system was optimized to investigate the quantitative relation between DTT and malachite green and the decolorization capacity of DTT was confirmed. Effect of pH of reaction system on reducibility of DTT was explored. The results indicated 4 mol malachite green could be decolorized by 1 mol DTT averagely within 1 min, when pH of the reaction system was above 5. The decolorization rate was up to 97%. Decolorization product of malachite green was corroborated to be its leuco form by HPLC analysis. Some insoluble compounds, which could be the complex products of leuco malachite green with DTT, were formed during the decolorization reaction. Decolorization of crystal violet, brilliant green and basic fuchsin by DTT was tested further, and the decolorization rates were all above 85%, which suggested DTT was a broad-spectrum decolorization agent for triphenylmethane dyes.

Key words: DTT; dithiothreitol; malachite green; leuco malachite green; triphenylmethane dye; decolorization

三苯基甲烷类染料在纺织印染、食品、医药、造纸、化妆品及制革等工业及生物组织染色中被广泛地应用^[1]. 这类染料包括结晶紫、孔雀石绿、灿烂绿和碱性品红等, 普遍具有毒性、致畸作用. 目前, 对三苯基甲烷类染料的脱色研究主要集中在吸附除色、生物降解、化学脱色等 3 个方向^[2].

将茶叶末^[3]、活性炭^[4]和赤泥^[5]等作为三苯基甲烷染料的吸附剂^[6~8]已见诸报道. 吸附除色成本低、脱色快, 但是作为吸附剂的废料需要经过比较复杂的前处理且脱色率相对较低. 生物方法因其脱色能力强、无二次污染等优点而得到普遍重视. 目前, 利用生物方法对三苯基甲烷染料进行脱色的研究主要包括活性污泥处理^[9]、高效菌种的筛选^[10~15]及酶降解机制^[16]的探索等. 在实际应用过程中, 生物法存在外来菌种菌群优势难以维持, 修复时间长, 见效慢等不足. Palma-Goyes 等^[17]研究表明, BDD 电极可以有效地将结晶紫脱色并解毒. 张瑛洁等^[18]发现在可见光下, 采用以草酸盐为配体的三价铁草酸络合

物可强化过氧化氢降解水中孔雀石绿. 与吸附除色和生物降解法相比, 电化学^[17,19]或光化学^[18,20]处理法简单快速, 但较高的电极造价或者对光源的依赖令其难以规模化应用. 当前, 高效、快速、同时保持低成本的三苯基甲烷染料处理方法还相对缺乏.

二硫苏糖醇(dithiothreitol, DTT)在染料脱色方面的研究鲜见报道. 本研究主要阐明了一种用 DTT 脱色三苯基甲烷染料的化学方法, 考察了 DTT 相对染料的用量及环境 pH 值对脱色效率的影响, 分析了染料的 DTT 脱色机制. 此方法高效、快速、低成本, 可为三苯基甲烷染料废水污染的快速治理提供参考.

收稿日期: 2011-05-15; 修订日期: 2011-07-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(30800031); 广东省自然科学基金研究团队项目(9351007002000001); 广东省自然科学基金重点项目(9251007002000003); 粤港关键领域重点突破项目(2009A030902003)

作者简介: 潘涛(1984~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为环境微生物学, E-mail: pttianya@gmail.com

* 通讯联系人, E-mail: guopingsun@163.com

1 材料与方法

1.1 材料

染料:孔雀石绿及隐色孔雀石绿为色谱纯,购于 DR. Ehrenstorger GmbH (D- 86119 Augsburg, Germany); 结晶紫、碱性品红和灿烂绿为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司; 其他试剂皆为分析纯及以上纯度.

仪器:紫外可见分光光度计(Ultrospec 6300pro, Biochrom); 高效液相色谱(LC-20A, 岛津)

1.2 构建 DTT 染料脱色反应体系

30℃条件下,在 1 mL 离心管中加入 77 μL 50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸缓冲液, 5 μL 5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的染料及不同体积的 25 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ DTT,并用缓冲液补齐到 100 μL . 染料的最终浓度为 250 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. 1 min 后反应完成,于该染料特征吸收波长处观察溶液吸光度. 对照样品不加 DTT.

$$\text{脱色率}(\%) = \frac{(A - B)}{A} \times 100\% \quad (1)$$

式中, A 为对照样品吸光度; B 为反应完成后吸光度.

1.3 反应体系 pH 值对 DTT 脱色能力的影响

30℃条件下,在 1 mL 离心管中加入 77 μL 超纯水, 5 μL 5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的染料,用高浓度 HCl 或 NaOH 调节溶液 pH 值,再加入 0.3 μL 的 25 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ DTT,并用超纯水补齐到 100 μL . DTT 的最终浓度为 75 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. 1 min 后反应完成,于该染料特征吸收波长处观察溶液吸光度. 对照样品不加 DTT.

1.4 孔雀石绿脱色产物的 HPLC 分析

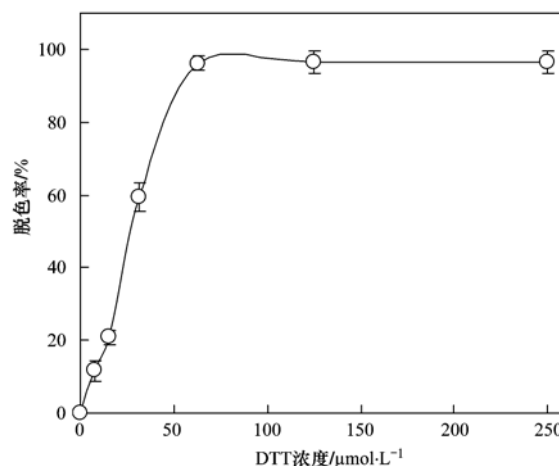
孔雀石绿的 DTT 脱色完全的反应产物用等体积二氯甲烷萃取后,取 10 μL 进行 HPLC 分析. 检测条件:HyperClone 5U ODS (C18) 柱(250 mm $\times$ 4.6 mm),扫描范围:190 ~ 600 nm,流动相为甲醇:水 = 90:10,流速:1.0 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$. 分别以孔雀石绿和隐色孔雀石绿色谱纯试剂为参照物.

2 结果与分析

2.1 反应体系中 DTT 含量对脱色率的影响

如图 1 所示,在浓度为 250 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的孔雀石绿反应体系中,随着反应体系中 DTT 含量的不断加大,孔雀石绿的脱色率也在急剧升高. 在 100 μL 反应体系中加入 0.25 μL 25 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ DTT(终浓度为 62.5 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 之后,孔雀石绿的脱色率维持在

97% 左右,基本保持不变.



反应 1 min 后,于 $D_{617\text{ nm}}$ 处记录吸光度变化,按公式(1)计算脱色率

图 1 不同浓度的 DTT 对孔雀石绿的脱色作用

Fig. 1 Decolorization rate of malachite green by DTT

2.2 pH 值对孔雀石绿脱色率的影响

DTT 是一种很强的还原剂,其还原力受溶液 pH 值的影响较大. 如图 2 所示,当溶液 pH 值 < 5 时,DTT 的脱色能力受到明显抑制,脱色率降低;在溶液 pH 值 > 5 时,DTT 的脱色能力基本保持不变.

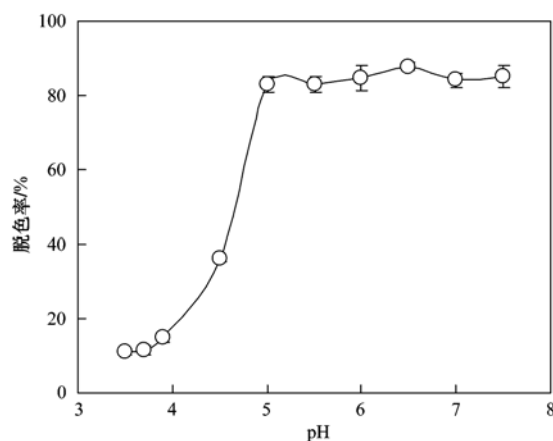
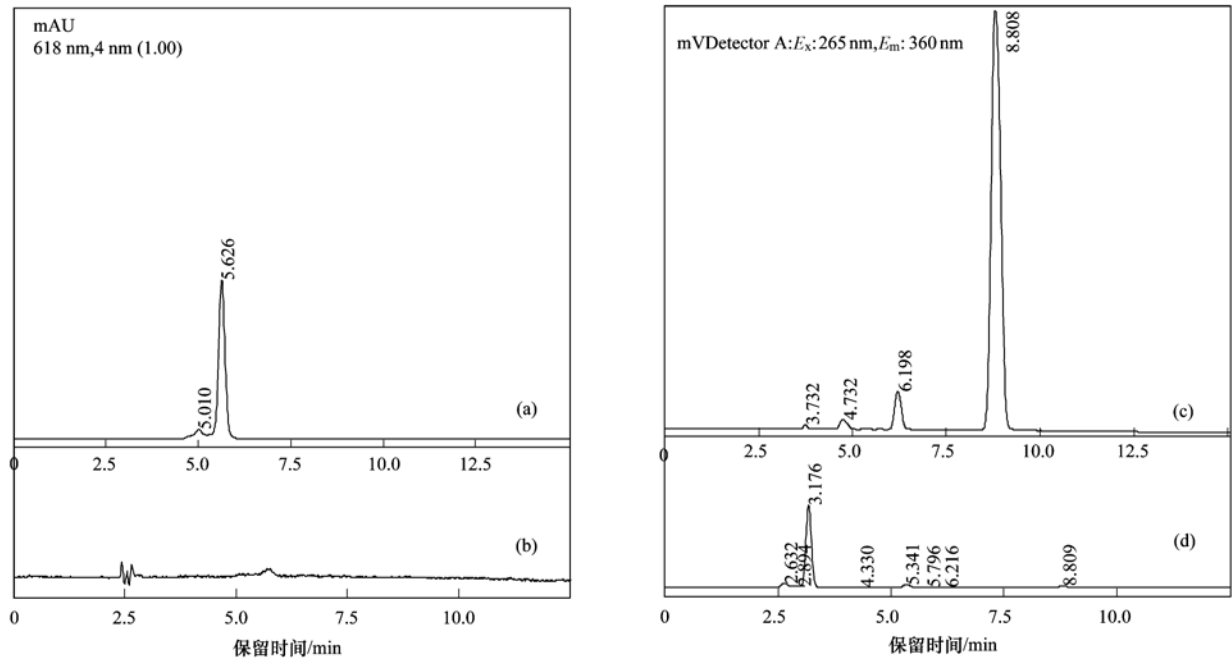


图 2 初始 pH 值对 DTT 孔雀石绿脱色率的影响

Fig. 2 Effect of initial pH on decolorization rate of malachite green

2.3 孔雀石绿的脱色产物及脱色途径

经 HPLC 检测,孔雀石绿和隐色孔雀石绿的保留时间分别为 5.626 min[图 3(a)] 和 8.808 min[图 3(c)]. DTT 的孔雀石绿脱色反应完成后,分别在 618 nm 和 265 nm 下检测孔雀石绿及隐色孔雀石绿. 结果分别如图 3(b)、图 3(d) 所示. 在 618 nm 下,并未检测到孔雀石绿的吸收峰;而在 265 nm 下, 8.809 min 处出现隐色孔雀石绿的特征吸收峰.



(a) 孔雀石绿标准样品; (b) 脱色后孔雀石绿检测; (c) 隐色孔雀石绿标准样品; (d) 脱色后隐色孔雀石绿检测

图 3 DTT 的孔雀石绿脱色产物的 HPLC 分析

Fig. 3 Analysis of decolorization product of malachite green by DTT with HPLC

另外,在反应体系中可直接观察到有白色沉淀产生.

根据孔雀石绿与 DTT 的用量关系,HPLC 检测到的产物,以及生成的白色沉淀,可推测孔雀石绿经 DTT 脱色的途径如图 4 所示.

2.4 DTT 的三苯甲烷染料脱色谱

除孔雀石绿以外,本实验继续测试了 DTT 对其其他 3 种三苯甲烷染料结晶紫、灿烂绿和碱性品红的脱色能力,实验结果如表 1 所示.结果表明,DTT 对 4 种三苯甲烷染料普遍具有脱色作用,脱色率在 85% 以上.

表 1 DTT 的脱色谱¹⁾

Table 1 Decolorization spectrum of DTT

三苯甲烷染料	脱色率/%
孔雀石绿	97.55
结晶紫	85.39
灿烂绿	87.81
碱性品红	89.54

1) 反应前后,分别于 $D_{617\text{ nm}}$ (孔雀石绿)、 $D_{590\text{ nm}}$ (结晶紫)、 $D_{623\text{ nm}}$ (灿烂绿)、 $D_{580\text{ nm}}$ (碱性品红) 处记录吸光度变化,按公式(1)计算脱色率;反应体系:在 1 mL 离心管中加入 77 μL 50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸缓冲液,5 μL 5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的染料及 0.3 μL 的 25 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ DTT,并用缓冲液补齐到 100 μL ;染料和 DTT 的最终浓度分别为 250 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 75 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

3 讨论

环境中三苯甲烷染料的污染日益严重,快速而

有效的脱色方法已成为人们不断寻找的目标. 如图

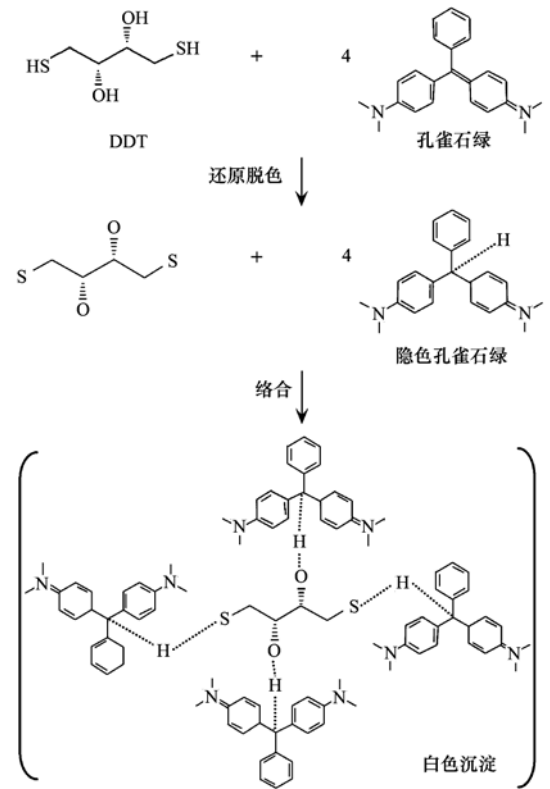


图 4 DTT 对孔雀石绿的脱色途径

Fig. 4 Proposed decolorization pathway of malachite green by DTT

1 所示, $250 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 孔雀石绿只需要 $62.5 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 DTT 就可以达到很好的脱色效率 (97%), DTT 的用量仅为染料的 25%, 并且脱色反应在 1 min 以内即可完成。即, 平均每 1 mol 的 DTT 可脱色 4 mol 的孔雀石绿。

DTT 的还原力受 pH 值的影响, 只有在一定 pH 值的情况下能够发挥还原作用。如图 2 所示, 实验结果与理论一致。在溶液 pH 值 < 5 时, 溶液 H^+ 浓度较高, DTT 活性基团—SH 无法脱去质子, 还原力受到抑制。当溶液 pH 值 > 5 时, 溶液 H^+ 浓度降低, S^- 浓度增加, DTT 还原力增加, 脱色能力增强。此时, DTT 的孔雀石绿脱色能力维持在 80% 以上。

脱色产物经 HPLC 分析, 未能检测到孔雀石绿的吸收峰[图 3(b)]。表明孔雀石绿的脱色效果比较彻底。通过 HPLC 分析发现脱色产物含有隐色孔雀石绿[图 3(d)]。这表明 DTT 对孔雀石绿的脱色机制是通过在孔雀石绿中心碳原子上加氢, 从而将孔雀石绿还原为无色的隐色孔雀石绿。在 DTT 的孔雀石绿脱色反应过程中, 通过肉眼观察可发现随着反应的进行, 反应溶液中有白色絮状沉淀产生。初步怀疑此沉淀为 DTT 与隐色孔雀石绿形成的水不溶性的络合物。这将直接导致反应溶液中隐色孔雀石绿的减少, 并进一步导致 HPLC 检测到的隐色孔雀石绿峰高的降低[图 3(d)]。白色沉淀的具体化学成分有待于后续实验的进一步证明。

根据以上实验结果, 推测 DTT 脱色孔雀石绿的途径如图 4 所示。1 mol DTT 通过还原反应可将 4 mol 孔雀石绿还原为隐色孔雀石绿, 生成的 4 mol 隐色孔雀石绿进一步与 1 mol 氧化态的 DTT 络合生成白色沉淀。

DTT 对孔雀石绿的脱色作用明显, 产物隐色孔雀石绿与 DTT 形成络合物成为水不溶性物质, 通过简单的过滤或者离心可将此络合物除去, 有利于水质的进一步净化。除此以外, DTT 对结晶紫、灿烂绿和碱性品红这 3 种三苯基甲烷染料皆具有很好的脱色效果(表 1), 说明 DTT 是一种广谱的三苯基甲烷染料脱色剂。在三苯基甲烷染料污染的水环境中, DTT 脱色是一种快速、有效而且低成本的处理方法, 具有广阔的应用前景。

4 结论

(1) DTT 能快速地对孔雀石绿还原脱色。1 min 内, 平均每 1 mol DTT 可还原 4 mol 孔雀石绿, 脱色率最高可达 97%。

(2) 反应体系的 pH 值与染料脱色有密切关系。当溶液 pH 值 > 5 时, 染料脱色率维持在 80% 以上。

(3) DTT 对结晶紫、灿烂绿和碱性品红这 3 种三苯基甲烷染料的脱色率达到 85% 以上, 属于一种广谱的三苯基甲烷染料脱色剂。

参考文献:

- [1] Azmi W, Sani R K, Banerjee U C. Biodegradation of triphenylmethane dyes[J]. Enzyme and Microbial Technology, 1998, **22**(3): 185-191.
- [2] Forgacs E, Cserhati T, Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review[J]. Environment International, 2004, **30**(7): 953-971.
- [3] Bajpai S K, Arti J. Sorptive removal of crystal violet from aqueous solution using spent tea leaves: Part I optimization of sorption conditions and kinetic studies [J]. Acta Chimica Slovenica, 2010, **57**(3): 751-757.
- [4] Patel H, Vashi R T. Adsorption of crystal violet dye onto Tamarind Seed Powder[J]. E-Journal of Chemistry, 2010, **7**(3): 975-984.
- [5] Chowdhury S, Mishra R, Saha P, et al. Adsorption thermodynamics, kinetics and isosteric heat of adsorption of malachite green onto chemically modified rice husk [J]. Desalination, 2011, **265**(1-3): 159-168.
- [6] Kumar R, Ahmad R. Biosorption of hazardous crystal violet dye from aqueous solution onto treated ginger waste (TGW) [J]. Desalination, 2011, **265**(1-3): 112-118.
- [7] 谭艳芝, 王秀芳, 钟国英. 新型竹活性炭对水体违禁药物孔雀石绿吸附性能的影响[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, **41**(4): 1287-1291.
- [8] 王清萍, 施秀兰, 金晓英, 等. 赤泥吸附结晶紫的研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2010, **26**(2): 72-77, 124.
- [9] 王宏杰, 董文艺, 李伟光, 等. 活性污泥吸附结晶紫的研究[J]. 环境科学, 2008, **29**(10): 2856-2861.
- [10] Wu J, Jung B G, Kim K S, et al. Isolation and characterization of *Pseudomonas otitidis* WL-13 and its capacity to decolorize triphenylmethane dyes[J]. Journal of Environmental Sciences, 2009, **21**(7): 960-964.
- [11] Ren S Z, Guo J, Zeng G Q, et al. Decolorization of triphenylmethane, azo, and anthraquinone dyes by a newly isolated *Aeromonas hydrophila* strain[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2006, **72**(6): 1316-1321.
- [12] 房桂华, 李联泰, 李荣, 等. 孔雀石绿降解菌 *Arthrobacter* sp. M6 的分离及降解特性[J]. 应用与环境生物学报, 2010, **16**(4): 581-584.
- [13] Chen C H, Chang C F, Liu S M. Partial degradation mechanisms of malachite green and methyl violet B by *Shewanella decolorationis* NT0U1 under anaerobic conditions[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, **177**(1-3): 281-289.
- [14] Ayed L, Chaieb K, Cheref A, et al. Biodegradation and decolorization of triphenylmethane dyes by *Staphylococcus*

- epidermidis[J]. Desalination, 2010, **260**(1-3): 137-146.
- [15] Ayed L, Cheriaa J, Laadhari N, *et al.* Biodegradation of crystal violet by an isolated *Bacillus* sp. [J]. Annals of Microbiology, 2009, **59**(2): 267-272.
- [16] Kim M H, Kim Y, Park H, *et al.* Structural insight into bioremediation of triphenylmethane dyes by *Citrobacter* sp. triphenylmethane reductase[J]. Journal of Biological Chemistry, 2008, **283**(46): 31981-31990.
- [17] Palma-Goyes R E, Guzmán-Duque F L, Peñuela G, *et al.* Electrochemical degradation of crystal violet with BDD electrodes: effect of electrochemical parameters and identification of organic by-products[J]. Chemosphere, 2010, **81**(1): 26-32.
- [18] 张瑛洁, 马军, 陈雷, 等. 树脂负载草酸铁光助类芬顿降解水中孔雀石绿[J]. 环境科学, 2009, **30**(12): 3609-3613.
- [19] Zhang H, Wu J, Wang Z Q, *et al.* Electrochemical oxidation of Crystal Violet in the presence of hydrogen peroxide[J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2010, **85**(11): 1436-1444.
- [20] 张瑛洁, 马军, 姚军, 等. 可见光多相类芬顿降解水中孔雀石绿[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010, **42**(4): 573-575, 596.

《环境科学》再获“百种中国杰出学术期刊” 和“中国精品科技期刊”称号

2011年12月2日,中国科技论文统计结果发布会在北京举行,会议公布了“百种中国杰出学术期刊”和“中国精品科技期刊”获奖名单.《环境科学》连续10次荣获“百种中国杰出学术期刊”称号和再次荣获“中国精品科技期刊”称号.

“百种中国杰出学术期刊”是根据中国科技学术期刊综合评价指标体系进行评定.该体系利用总被引频次、影响因子、基金论文比、他引总引比等多个文献计量学指标进行统计分析,对期刊分学科进行评比,其评价结果客观公正,为我国科技界公认,并具有广泛影响.

CONTENTS

Stable Carbon Isotope of Black Carbon from Typical Emission Sources in China	CHEN Ying-jun, CAI Wei-wei, HUANG Guo-pei, <i>et al.</i> (673)
Characteristics of Carbonaceous Aerosol Concentration in Snow and Ice of Glaciers in Tianshan Mountains	WANG Sheng-jie, ZHANG Ming-jun, WANG Fei-teng, <i>et al.</i> (679)
Size Distribution Properties of Atmospheric Aerosol Particles During Summer and Autumn in Lanzhou	ZHAO Su-ping, YU Ye, CHEN Jin-bei, <i>et al.</i> (687)
Particle Number Size Distribution near a Major Road with Different Traffic Conditions	YANG Liu, WU Ye, SONG Shao-jie, <i>et al.</i> (694)
Atmospheric Particle Formation Events in Nanjing During Summer 2010	WANG Hong-lei, ZHU Bin, SHEN Li-juan, <i>et al.</i> (701)
Characteristics of $\delta^{18}\text{O}$ in Precipitation and Moisture Transports over the Arid Region in Northwest China	LI Xiao-fei, ZHANG Ming-jun, LI Ya-ju, <i>et al.</i> (711)
Distributions and Seasonal Variations of Total Dissolved Inorganic Arsenic in the Estuaries and Coastal Area of Eastern Hainan	CAO Xiu-hong, REN Jing-ling, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (720)
Mixing Behavior of Arsenic in the Daliaohe Estuary	JIAN Hui-min, YAO Qing-zheng, YU Li-xia, <i>et al.</i> (727)
Variation Characteristics and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Surface Sediments of Bohai Bay	XU Ya-yan, SONG Jin-ming, LI Xue-gang, <i>et al.</i> (732)
Distribution of PAHs in Surface Seawater of Qingdao Coast Area and Their Preliminary Apportionment	LI Xian-guo, DENG Wei, ZHOU Xiao, <i>et al.</i> (741)
Atmospheric Deposition of PAHs in Dashiwei Karst Tiankeng Group in Leye, Guangxi	KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, HUANG Bao-jian, <i>et al.</i> (746)
Lead Isotope Signatures and Source Identification in Urban Soil of Baoshan District, Shanghai	DONG Chen-yin, ZHANG Wei-guo, WANG Guan, <i>et al.</i> (754)
Solute Transport Modeling Application in Groundwater Organic Contaminant Source Identification	WANG Shu-fang, WANG Li-ya, WANG Xiao-hong, <i>et al.</i> (760)
Quantitative Method of Representative Contaminants in Groundwater Pollution Risk Assessment	WANG Jun-jie, HE Jiang-tao, LU Yan, <i>et al.</i> (771)
Study on the Advanced Pre-treatments of Reclaimed Water Used for Groundwater Recharge	GAO Yu-tuan, ZHANG Xue, ZHAO Xuan, <i>et al.</i> (777)
Influence of <i>Ruditapes philippinarum</i> Aquaculture on Benthic Fluxes of Biogenic Elements in Jiaozhou Bay	DENG Ke, LIU Su-mei, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (782)
Influence of Spatial Difference on Water Quality in Jiuxiang River Watershed, Nanjing	HU He-bing, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, <i>et al.</i> (794)
Temporal and Spatial Variation of Non-Point Source Nitrogen in Surface Water in Urban Agricultural Region of Shanghai	WANG Nan, MAO Liang, HUANG Hai-bo, <i>et al.</i> (802)
Migration and Transformation of Heavy Metals in Street Dusts with Different Particle Sizes During Urban Runoff	HE Xiao-yan, ZHAO Hong-tao, LI Xu-yong, <i>et al.</i> (810)
Treatment Studies of Industrial Rainoff With a New Type of Constructed Wetland	HE Li-jun, MA Yong-wen, WAN Jin-quan, <i>et al.</i> (817)
Emergent Retention of Organic Liquid by Modified Bentonites: Property and Mechanism	LI Yu, LIU Xian-jun, ZHANG Xing-wang, <i>et al.</i> (825)
Production of Peroxide Hydrogen in <i>Chattonella ovata</i> Hong Kong Strain	JIANG Tao, WU Ni, ZHONG Yan, <i>et al.</i> (832)
Characteristics Study of Extracellular Active Substance of <i>Bacillus</i> sp. B1 on <i>Phaeocystis globosa</i>	LI Qiang, ZHAO Ling, YIN Ping-he (838)
Effects of Sediment on the Growth of <i>Microcystis</i> and <i>Anabaena</i> in Yanghe Reservoir	CHU Zhao-sheng, ZHANG Yu-bao, JIN Xiang-can, <i>et al.</i> (844)
New-Type Electroless Excilamp for Advanced Treatment on Nitrogen-Heterocyclic Compounds (NHCs) in Aqueous Solution	YE Zhao-lian, WANG Bin, LU Juan-juan, <i>et al.</i> (849)
Preparation and Electro-catalytic Characterization on La/Ce Doped Ti-base Lead Dioxide Electrodes	ZHENG Hui, DAI Qi-zhou, WANG Jia-de, <i>et al.</i> (857)
Study on Decolorization of Triphenylmethane Dyes by DTT	PAN Tao, LIU Da-wei, REN Sui-zhou, <i>et al.</i> (866)
Influences of pH and Complexing Agents on Degradation of Reactive Brilliant Blue KN-R by Ferrous Activated Persulfate	ZHANG Cheng, WAN Jin-quan, MA Yong-wen, <i>et al.</i> (871)
Degradation Kinetics of Ozone Oxidation on High Concentration of Humic Substances	ZHENG Ke, ZHOU Shao-qi, YANG Mei-mei (879)
Index of Stability and Its Mechanisms of Aerobic Granular System Using Volume-based Information Entropy	LI Zhi-hua, JI Xiao-qin, LI Sheng, <i>et al.</i> (885)
Relationship Between Physicochemical Characteristics of Activated Sludge and Polymer Conditioning Dosage	LI Ting, WANG Yi-li, FENG Jing, <i>et al.</i> (889)
Research of Aerobic Granule Characteristics with Different Granule Age	ZHOU Man, YANG Chang-zhu, PU Wen-hong, <i>et al.</i> (896)
Effect of Size and Number of Aerobic Granules on Nitrification and Denitrification	LI Zhi-hua, ZENG Jin-feng, LI Sheng, <i>et al.</i> (903)
Optimization and Comparison of Nitrogen and Phosphorus Removal by Different Aeration Modes in Oxidation Ditch	GUO Chang-zi, PENG Dang-cong, CHENG Xue-mei, <i>et al.</i> (910)
Effect of Acidification on the Dewaterability of Sewage Sludge in Bioleaching	ZHU Hai-feng, ZHOU Li-xiang, WANG Dian-zhan (916)
Microbial Ecology Analysis of the Biofilm from Two Biological Contact Oxidation Processes with Different Performance	QIAN Yin, QUAN Xiang-chun, PEI Yuan-sheng, <i>et al.</i> (922)
Altered Microbial Communities Change Soil Respiration Rates and Their Temperature Sensitivity	FAN Fen-liang, HUANG Ping-rong, TANG Yong-jun, <i>et al.</i> (932)
Storages and Distributed Patterns of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen During the Succession of Artificial Sand-Binding Vegetation in Arid Desert Ecosystem	JIA Xiao-hong, LI Xin-rong, ZHOU Yu-yan, <i>et al.</i> (938)
Factors Controlling Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Densities in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China	WANG Shu-fang, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun (946)
Impact of Microbial Aggregating Agents on Soil Aggregate Stability Under Addition of Exogenous Nutrients	MO Yan-hua, TANG Jia, ZHANG Ren-duo, <i>et al.</i> (952)
Adsorption of Aflatoxin on Montmorillonite Modified by Low-Molecular-Weight Humic Acids	YAO Jia-jia, KANG Fu-xing, GAO Yan-zheng (958)
Influence of Operating Parameters on Surfactant-enhanced Washing to Remedy PAHs Contaminated Soil	WU Wei, JIANG Lin, CHEN Jia-jun, <i>et al.</i> (965)
Study on the Land Use Optimization Based on PPI	WU Xiao-feng, LI Ting (971)
Research on Algal Diversity in Zoige Alpine Wetland	CHEN Xi, LIU Ru-yin, WANG Yan-fen, <i>et al.</i> (979)
Effects of Three Fungicides on Arbuscular Mycorrhizal Fungal Infection and Growth of <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	HE Xue-li, WANG Ping, MA Li, <i>et al.</i> (987)
Community Structure and Spatial Distribution of Anaerobic Ammonium Oxidation Bacteria in the Sediments of Chongming Eastern Tidal Flat in Summer	ZHENG Yan-ling, HOU Li-jun, LU Min, <i>et al.</i> (992)
Microbial Degradation of 2,2',4,4'-Tetrabrominated Diphenyl Ether Under Anaerobic Condition	LU Xiao-xia, CHEN Chao-qi, ZHANG Shu, <i>et al.</i> (1000)
Effect of Heavy Metals on Degradation of BDE-209 by White-rot Fungus	XIONG Shi-chang, YIN Hua, PENG Hui, <i>et al.</i> (1008)
Biodegradation Mechanism of DDT and Chlorpyrifos Using Molecular Simulation	LIN Yu-zhen, ZENG Guang-ming, ZHANG Yu, <i>et al.</i> (1015)
Construction of a Microbial Consortium RXS with High Degradation Ability for Cassava Residues and Studies on Its Fermentative Characteristics	HE Jiang, MAO Zhong-gui, ZHANG Qing-hua, <i>et al.</i> (1020)
Anaerobic Digestion of Animal Manure Contaminated by Tetracyclines	TONG Zi-lin, LIU Yuan-lu, HU Zhen-hu, <i>et al.</i> (1028)
Continuous Dry Fermentation of Pig Manure Using Up Plug-Flow Type Anaerobic Reactor	CHEN Chuang, DENG Liang-wei, XIN Xin, <i>et al.</i> (1033)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年3月15日 33卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 3 Mar. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人