

Application of Microorganisms in the Treatment of Dye-containing Wastewater

Guiqiang Sun¹ Shengfa Liu²

1. Linyi Environmental Protection Science Research Institute Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276001, China
2. Linyi Ecological Environment Monitoring Center, Linyi, Shandong, 276001, China

Abstract

Printing and dyeing, dye wastewater is a kind of difficult treatment of industrial wastewater. Traditional physical and chemical treatment process is not only expensive, but also produces a large amount of silt residue, and is not widely used. Microbial technology has attracted increasing attention due to overcoming the above defects, and there have been many reports on microbial decolorization performance. The study shows that it is an economical and effective method to decolorize and degrade dyes by using microbial technology. Fungi, bacteria, algae and other bacteria can degrade some dyes, especially white rot bacteria on pigment removal more. This paper summarizes the research results of fungi, bacteria and algae treated by dye wastewater at home and abroad, and discusses the degradation mechanism and some influencing factors.

Keywords

microorganisms; decolorization; biodegradation; dye; wastewater treatment

微生物在含染料废水处理中的应用

孙桂强¹ 刘胜发²

1. 临沂市环境保护科学研究所有限公司, 中国·山东 临沂 276001
2. 临沂市生态环境监控中心, 中国·山东 临沂 276001

摘要

印染、染料废水是一种难以处理的工业废水。传统的物化处理工艺不仅成本高,而且会产生大量的淤渣,并且应用并不广泛。微生物技术由于克服了上述缺陷而日益引起人们的重视,目前已有许多有关微生物脱色性能的报道。研究表明,采用微生物技术对染料进行脱色、降解是一种经济、有效的方法。真菌、细菌、藻类等都能对某些染料进行降解,尤其是白腐菌对色素的去除作用更大。论文对近年来国内外对染料废水进行脱色处理的真菌、细菌、藻类等方面的研究结果进行了综述,并对其降解机制及一些影响因素进行了初步的探讨。

关键词

微生物; 脱色; 生物降解; 染料; 废水处理

1 引言

在化工行业中,染料行业存在着非常严重的环境问题。印染、染料废水具有色度高、有机物含量高、成分复杂、难溶性物质多、无机盐、硫化物等难以处理的工业废水。染料分子因其复杂的芳烃分子结构而难以除去,因此它们的设计目的在于在水中或在光照和氧化作用下保持稳定。目前,全球染料的年产量在 $800\sim 900 \times 10^3$ 吨,而国内的年产量已经达到 150×10^3 亿吨,在国际上处于领先地位。在这些染料中,约有 $10\%\sim 15\%$ 会随着废水一起排放到大气中。这一情况在中国尤为突出,根据 1998《环境公报》的统计,目前全国的工业废水的治理率达到了 87.4%,而其治污率

只有 63%^[1]。

2 微生物在含染料废水处理中的研究背景

印染废水严重污染了环境(如图 1 所示)。染料废水中存在着大量的有机物质,这些有机物对人体的毒性和三致性都很强,传统的处理工艺很难得到有效的控制。目前临床上研究表明,80%~90%的肿瘤是由环境因素引起的,其中十之八九是有毒的。德国在发现某些基于芳香胺的偶氮型染料在印染行业中会对人体造成不良影响后,已经禁止了这种偶氮型染料的进口和生产,而印度也着手禁止此类产品的生产和应用。

目前,国内外主要采用生物法处理染料废水,一般采用好氧、厌氧、好氧-厌氧三种工艺。在这两种方法中,好氧和厌氧是主要的两种方法(如图 2 所示)。在好氧环境中,很多染料都是难于降解的。有许多关于可分解性染料的特定

【作者简介】孙桂强(1985-),男,中国山东临沂人,本科,工程师,从事环保工程研究。

微生物的报道。通常,研究人员会从印染工业废水处理装置中分离出可降解染料的菌种,经过放大后,再将其添加到活性污泥或其他生物处理体系中,以提高处理效率。由于细菌自身的适应性和退化等原因,目前尚未广泛推广使用。但是,为了解决印染废水的污染,目前国内外有关学者都在寻找高效的微生物资源。论文主要对近年来不同类型的染料进行降解,并对其降解机理进行了综述。



图1 印染废水严重污染环境



图2 生物法处理印染废水的污水

3 用于染料降解的微生物

3.1 真菌脱色

在真菌中,最受关注的是白腐真菌。后来的研究表明,这种细菌可以有效地降解很多被人们视为不可降解的物质,其中也包含了许多的染料。进一步的研究表明,这种细菌的生物降解能力主要依赖于由细胞分泌的几种含有亚铁血红素的过氧化酶,即木素过氧化酶和锰过氧化酶,而另一种酶体系可以把水中的氧转换成 H_2O_2 。在这种情况下,木素过氧化酶只能在少量的氮源下发挥作用。采用 1.2mM 和 24mM 的酒石酸进行了对比试验,结果表明,在富氮态下,其色度去除率仅为不足时的 1%~50%。Matthew Tatarko 等采用了 *P.ch ros ospo rium* 对刚果红进行了降解,结果表明,在非木质素(富氮)和木质素(缺氮)两种环境中都存在着较多的吸附,而后者则会出现进一步的降解。但是,也有一些不同的报告,如 John A. Bumpuw 等的研究表明, *P.ch rosospori um* 对染料晶体紫色具有良好的降解作用,表明 Mn 过氧化酶和其他酶对染料的降解作用是显著的^[2]。目前已有大量的研究表明,藜芦醇能显著地提高其降解效果,普遍认为这是由于藜芦醇的存在,才能提高其活性。由于该体系是由胞外酶进行的,它能降解某些不能溶解的物质,同时也不能将

毒素带入细胞,因此不能抑制细胞的生长,使其能够降解高毒性物质,或增加被处理物体的浓度。据报告,其他的真菌对某些染料也具有脱色的作用。Marie-ChristianeBrahimi-Horn 等发现, *Myrothecium verrucaria* 能在 5 小时之内有效地清除 Orange II (70%), 10B (86%), RS (95%), 且大部分都是吸附的,在每升菌体 4.5g 的条件下,5 小时后,可达到 0.2g 的染料/升。K. Itoh 等在 100 微 M 的浓度下,可降解的萘醌类染料 PV12 能在 14 天内完全降解。Jeremy S. Knapp 等发现了另外一种能够使 Orange II 染色的真菌 F29 (未经识别),其能在 100mg/L 的浓度下 2 天内基本上被降解。结果表明,这种细菌对染料的降解作用与水的含氮量无关,而与 Mn^{2+} 相关,表明细菌可以产生 Mn (II) 过氧化酶,而不是木素过氧化酶。

3.2 细菌脱色

T. L. HU 等所发现的 *Pseudomonas luteola* 菌株则与之相反,这种菌株在完全静止或充分摆动时都不能降解染料,而在 2 天左右摇摆 +2 天时,对染料 Red G、RBB、RP 2 B、V 2 RP 的降解效率分别为 37.4%, 93.2%, 92.4% 和 88%。在无氮源条件下,葡萄糖含量极低的条件下,菌株的生长状况良好,并且表明该菌的偶氮还原酶是一种诱导酶,而非内源性酶,而偶氮染料 RP 2 B 仅起到诱导剂的作用但是 Silke Blumel 等培育出一种能降解含磺胺基的 CSAB 的细菌,并用能降解磺胺酸(CSAB 降解的中间体)的细菌 *Hydrogenophaga paleronis* 与 *A-grobacterium radiobacter* 为基础,在驯化初期,仅在营养液中加入磺胺酸,然后在两周内注入一次新的培养液,在这个过程中,随着时间的推移,新的磺胺酸的浓度会越来越低,目标物的浓度也会越来越高。单一菌种降解的染料通常只能使发色基开放,而中间产品例如苯胺等难以降解,而混合菌种则具有一定的优越性,它们可以通过多种微生物的协同降解来提高其降解效率。在中国,关于混合菌的研究比较多。闵一珏等人在实验室中进行了两年多的定向筛选,最终获得了一种混合脱色菌株,该菌株在无氧、兼氧两种情况下,对染料废水进行脱色,并能对大量其他有机物进行降解。曾丽璇等对污水处理装置中的优势菌种进行了筛选,结果表明,混合菌群具有较好的脱色效果,具有较快的脱色速度、较宽的适应性和较强的抗冲击性。大量的研究报告表明,固定化可以加速降解有机物的降解。梁沈平等利用凹凸棒粘土微粒和塑料圈作为载体,对其进行了固定化处理,结果表明,该方法可以显著地缩短反应时间,提高脱色效果。

3.3 藻类脱色

李金奎等在 1992 年发表的论文中,对染料废水中的藻类进行了脱色。论文从三个不同的海藻中分离得到了三个海藻, C 和 *Oscillatoria*。在 30 个偶氮型染料中, *Cvulfaries* 对 10 个有 50% 以上的生物降解作用。海藻对染料也有一定的去除作用。而海藻中的海藻却没有类似的作用。结果表明:

藻类生物降解染料主要由三个方面决定：染料的结构、生物化学、生物化学和环境因子。海藻也可以将诸如偶氮染料的芳胺等物质分解成简单的化合物或者 CO_2 。本试验表明，采用稳态池对染料废水进行处理是可行的。

4 在含染料废水中对现代生物技术的主要应用方向

就现代生物技术在染料废水处理中的应用而言，其主要方向有：

一是高效菌种的筛选、分离。由于染料废水的专一性很强，传统的微生物法很难达到很好的去除和降解的效果，因此要想改善其处理效果，就必须在含有染料的废水中进行高效的筛选和利用。

二是基因功能的研究。通常，染料废水中的有机物具有很强的结构稳定性，很难在自然界中降解，所以有关技术人员必须对具有特定、高效降解功能的基因工程菌进行深入的分析研究，以达到高效的处理效果。

三是采用生物发酵工艺。生物发酵技术在污水处理工艺中的应用非常广泛，其原理是微生物在有氧和无氧条件下均能产生对应的生化反应，从而产生相应的代谢产物或微生物，从而达到污水的处理目的（如图3所示）。

四是利用酶技术进行技术改造。酶是一种高效、特异的生物催化剂，它具有很好的处理能力，能够有效地处理某些污染物。此外，对活性污泥中的原生动物，其酶活力与废水的净化效果也有一定的关系。

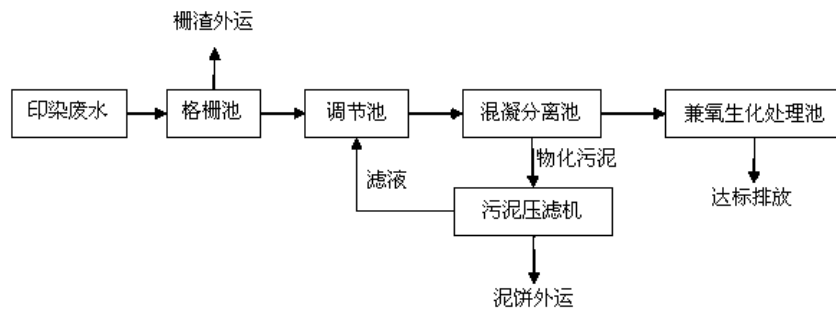


图3 生物发酵技术处理污水

5 结语

总的来说，在中国面临的环境问题日趋严重的今天，应加大对染料废水的处理与再利用。随着现代生物技术的不断发展以及微生物处理技术的发展，其在污水治理中的地位日益凸显，因此微生物治理技术在污水治理中的地位日益凸显，有关部门必须加大力度，加大微生物治理的力度，

不断地改进和完善微生物技术，以提高污水处理的效果和质量。

参考文献

- [1] 赵嘉宁.微生物在含染料废水处理中的应用[J].化工设计通讯,2018,44(3):201.
- [2] 广州市东鹏食品饮料有限公司.一种微生物及其制备方法和在有机废水处理中的应用:CN202010527610.2[P].2020-10-23.