

微生物在污水处理中的应用

陈秀莉 张伟

(内蒙古科技大学包头师范学院生物科学与技术学院,内蒙古 包头 014030)

摘要: 微生物在污水中能繁殖生长,并通过氧化还原发酵等途径分解氧化有机物,把有害有毒物质转化为无害无毒有机物,从而在污水治理中发挥作用。本文综述了目前污水处理中的常用微生物处理法,对应用于污水处理的部分现代生物工程处理方法进行了概述。

关键词: 微生物; 污水; 处理; 生物工程

Application of Microorganism in the Treatment of Sewage

CHEN Xiu-li ZHANG Wei

(Biology science and technical college Baotou Teachers College Inner Mongolia Baotou 014030)

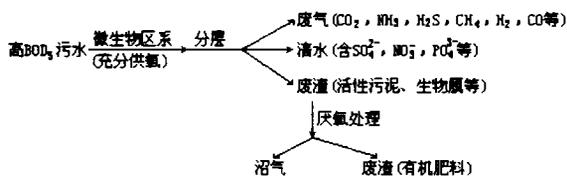
Abstract: The microorganism can reproduce in the sewage, and through decomposition oxidation organic matters and oxidation reduction, fermentation, harmful virulent material transfer harmless non-toxic organic matter, thus plays the role in the sewage government. This article summarized the treatment of sewage commonly used in the microorganism's processing method at present, the correspondence used in the treatment of sewage the partial modern bio-engineering processing method carrying on the outline.

Key words: Microorganism; Sewage; Treatment; Bio-engineering

在当今环境问题中,水环境污染的问题相当难避免,水体污染治理已成为人们头疼的一大难题。尤其是近期全球科技和工农业生产的发展还带来了一些无法预料的新污染物,如农药、增塑剂、洗涤剂,众所周知,用物理的方法(如打捞)虽可清除部分污染物,但对氨氮、亚硝酸盐等化学污染物以及禽畜粪便等的处理难以奏效,用化学的方法则易造成二次污染^[1]。随着科学技术的发展,与物理、化学等处理方法不同,能够“吃”污的微生物控制污染技术近年来逐渐受到重视,并在污水处理等领域得到广泛应用。污水的微生物处理在污水处理领域中占有重要地位。微生物具有体积小、表面积大、繁殖力强等特点,能不断与周围环境快速进行物质交换^[2]。污水中有机物含量高,可供微生物生长繁殖所需要的营养。污水中的微生物多数为腐生型细菌和原生动物,能够在天然水体的自净和污水处理中发挥作用。

1 微生物处理污水的机理

利用微生物处理污水的主要原理可概括如下:



用微生物净化污水的过程,实质上就是在污水处理装

置这一小型生态系统内,利用各种生理生化性能的微生物类群间的相互配合而进行的一种物质循环过程。当高BOD₅(五日生化需氧量)的污水进入污水处理装置后,其中的自然微生物区系在好氧条件下,根据其中营养物质或有毒物质的情况,在客观上造成了一个选择性的培养条件,并随着时间的推移,发生了微生物区系的有规律的更迭,从而使水中的有机物或毒物不断被降解、氧化、分解、转化或吸附沉降,进而达到去除污染物和沉降、分层的效果。自然去除废气后的低BOD₅清水,可流入河道。经好氧性微生物处理后的废渣——活性污泥或生物膜的残余物,是比原来污水的BOD₅更高的有机物,它们可通过厌氧处理(又称污泥消化或沼气发酵)而生产出有用的沼气和有机肥料。

2 微生物净化水质的方式

微生物用于污水处理一般主要对污水有害化合物中的有机物质起降解、转化的作用。其净水方式有:

(1)降解作用。细菌、真菌和藻类都可以降解有机污染物。如好氧革兰氏阴性杆菌和球菌可以降解石油烃、有机磷农药、氯苯等;霉菌可以降解石油烃、敌百虫、扑草净等;藻类可以降解多种酚类化合物。例如,1989年,美国阿拉斯加州最早大规模应用微生物降解油轮搁浅后泄露的3.8t原油,在投入特殊的氮、磷营养盐后,促进了当地石油降解菌的生长和繁殖,加速了油污的分解^[2]。

(2)共代谢。微生物的共代谢是指微生物能够分解有

收稿日期: 2007-08-24 修回日期: 2007-10-24

作者简介: 陈秀莉(1973-),女,大学本科,讲师,研究方向为微生物。

肌物基质,但是却不能利用这种基质作为能源和组成元素的现象。这类微生物有假单胞菌属、不动杆菌属、诺卡氏菌属、芽孢杆菌属等。

(3) 去毒作用。微生物通过转化、降解、矿化、聚合等反应,改变污染物的分子结构,从而降低或去除其毒性。如有机磷农药马拉硫磷可以在微生物的水解作用下,被分解为含有一酸或二酸的物质。

但是,微生物的作用是复杂的,有些微生物在进行净化作用的同时,也有毒化作用。从而产生新的污染。如三氯乙烯能够在微生物作用下转化为氯乙烯,这是强致癌物质。因此,在利用微生物进行净化的同时,要密切监视系统中有机物分解的中间产物和最终产物及其毒性。

3 微生物处理污水的方法

目前,按微生物降解的过程和产物的不同,微生物的处理方法主要有好氧处理法、厌氧处理法和氧化塘法。

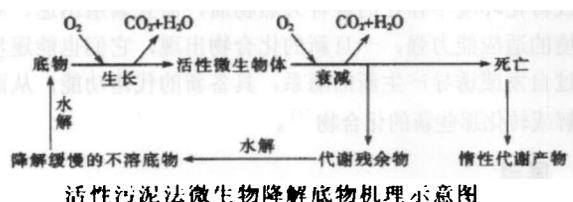
3.1 好氧微生物处理法

好氧条件下,好氧微生物通过有氧呼吸作用将有机物分解,生物体的有氧呼吸从理论上讲包括:水中有机物的完全氧化;细胞物质的合成;细胞物质的氧化(自身分解)。目前,好氧微生物处理法主要有以下几种:

3.1.1 活性污泥法

又称日曝气法。它利用含有好氧微生物的活性污泥,在通气条件下,使污水净化的生物学方法,是一种应用最广、工艺比较成熟的废水生物处理技术。其处理装置是由曝气池和沉淀池两个部分组成。曝气池高度充气,污水在其中的活性泥不断混合,水中的有机质被污泥吸附,部分被氧化分解,部分随污泥进入沉淀池。污泥在沉淀池内沉淀,清水流出。沉淀污泥部分回流再生,部分为剩余污泥被排除。根据曝气方式的不同,分为普通曝气法、完全混合曝气法、逐步曝气法、旋流式曝气法和纯氧曝气法^[3]。活性污泥法不仅应用于处理生活污水,而且在印染、炼油、石油化工、农药、造纸和炸药等许多工业废水处理中,都取得很好的净化效果,一般可使污水的BOD₅去除率达90%。

活性污泥一般经过人工培养、驯化而获得,并在污水处理过程中,能被不断地返回接种使用。活性污泥是一种绒絮状小颗粒,主要由菌胶团形成菌、原生动物、有机和无机胶体以及悬浮物组成^[3]。菌胶团中的微生物对水中污染物质的降解模式如下图所示。



在活性污泥中常见的好氧微生物有细菌、真菌、原生动物、后生动物及藻类等,但主要是以细菌为主,其次是以纤毛类为主的原生动物。细菌又主要有杆菌、菌胶团、

丝状细菌组成;原生动物则指鞭毛虫、变形虫、豆形虫、钟虫、盖纤虫等。

此法最大弱点是产生大量的剩余污泥,剩余污泥已成为令人头疼的难以解决的疑难问题,研究开发从源头上不产生污泥的污水处理技术成为热点课题。

3.1.2 生物膜法

它是以好氧微生物组成的生物膜为净化的生物处理方法。生物膜生物是以菌胶团为主要成分,辅以浮游球衣菌、藻类等,这些微生物在污水处理中起净化和稳定水质的功能;生物膜生物主要有钟虫、累枝虫、独缩虫等固着型纤毛虫和斜管虫、尖毛虫、豆型虫等游泳型纤毛虫,这些微生物能提高污水处理净化速度和效率;滤池扫除生物主要有线虫、瓢体虫、轮虫等,这些微生物能除去滤池内的污泥、防止污泥积累和堵塞滤池。

根据不同的处理装置,又分为滤池法、生物转盘法、生物接触氧化池法、流化床生物膜法、悬浮颗粒生物膜法等^[3]。它广泛应用于石油、印染、造纸、农药、食品等工业废水的处理。净化效果好,一般可使污水的BOD₅减少75%-90%。

生物膜由污水与载体BOD₅的接触而形成。由于污水通过载体时,污水中的有机污染物和微生物吸附到载体上,并发生微生物的增殖。经历一个初生、生长和成熟的过程,在载体表面形成一层约2mm厚的生物膜,生物膜在污水处理过程中不断增厚,最后老化剥落,随废水流入沉淀池中,然后又开始新生物膜的形成过程,这是生物膜的正常更新^[3]。

此法比活性污泥法产生的剩余污泥少。

3.2 厌氧微生物处理法

此法主要用于处理污水中的沉淀污泥,也用于处理高浓度的有机废水。这种方法是厌氧条件下在厌氧细菌或兼性细菌(有专性厌氧的梭菌属、拟杆菌属、丁酸弧菌属、真细菌、双歧杆菌属、革兰氏阴性杆菌和兼性厌氧菌链球菌、肠道菌)的作用下将污泥中的有机物分解,最后产生甲烷和二氧化碳等气体,这些气体是有经济价值的能源。我国农村大量建设的沼气池就是具体应用这种方法的典型实例。处理后的污泥所含致病菌大大减少,臭味显著减弱,肥分变成速效的,体积缩小,易于处置^[4]。

3.3 氧化塘法

又称生物塘法或稳定塘法。氧化塘法是利用一些适宜的自然池塘或人工池塘,通过不同的工作原理和净化机理,诸如厌氧、好氧、兼性生物处理等,以去除污水中的污染物的一种方法^[4]。氧化塘能使污水得到净化的原理是:池塘中的藻类可进行光合作用,使溶解氧浓度增高,而细菌可分解污水中的有机物,使其变成CO₂、NO₃⁻等藻类可利用的无机物。而沉积于污泥中的有机物则可通过厌氧细菌分解成CH₄、H₂S等被藻类利用,从而使污水得到净化,在这样的处理系统中,微生物细胞悬浮在所需处理的污水中,

而不是形成“生物膜”那样被固定起来。氧化塘的效率较低,并需要较大的空间位置,氧化有机物所需的氧气来源常不足,引起氧化作用不完全,因而常常产生较大的臭味。由于它是一个开放系统,所以它的处理效率受季节温度波动的影响很大,这种处理系统只能在温暖的地方使用。

污水中的污染物质是多种多样的,所以一般一种污水的处理需要联合使用几种方法。

4 现代生物工程处理法

自从70年代以来,生物工程学得到了不断发展,给污水处理带来了新的希望。

4.1 高效降解菌在污水处理中的应用

从自然环境中,通过富集和驯化培养等技术,可以分离到降解污染物很强的微生物菌株,在实验室中经过物理和化学方法诱变,可以进一步提高这些菌株的降解能力^[5]。例如从污水中分离到的氰化合物、苯酚降解菌和铬还原菌已成功应用于污水处理。这些菌在活性污泥中、塔式生物滤池的生物膜上和生物转盘的生物膜上能长期稳定生活下去,发挥高效降解污染物的作用。一般情况下,对于实验室得到的高效污染物降解菌必须满足几个要求:①能适应自然界多变的气候条件。②在食物和空间竞争方面占优势。③在污水中繁殖速度快。④高效降解性能稳定。⑤能在活性污泥菌胶团中或生物膜上长期定居,并且具有絮凝能力。这些细菌一般为菌胶团中常见的细菌,如假单胞菌、诺卡氏菌、无色杆菌和产碱杆菌等等。

4.2 固定化酶和固定化细胞在污水处理中的应用

有些能使污染物解毒的酶或含有这些酶的细胞可以通过固定化后用于处理污水^[5]。与普通悬浮生物处理法相比,固定化技术的优点是:能在生物处理装置内维持高浓度的生物量,提高处理负荷、减少处理装置容积;污泥产量少;可选择性地固定优势菌种,提高难降解效率;抗毒物性强;对水质及pH的变化有较好的稳定性。这些优点使固定化技术在污水处理中受到重视,特别是在难降解和有毒废水处理中表现出更大的潜力。根据所固定微生物的种类的不同,固定化方法也有所不同。常用的方法主要有3种:载体结合法、包埋法和交联法。其中载体结合法中的物理吸附法和包埋法是目前研究最广泛的方法。

从自然环境中分离到的高效污染物降解菌也可以通过固定化后用于处理污水。一般用包埋法固定细胞。此法与固定化酶相比,具有不用提取酶和固定化的细胞可以通过培养进行扩增等优点。例如有人利用能降解苯酚的热带假丝酵母(*Candida tropicalis*)细胞固定在海藻酸铝胶体中,然后用于处理苯酚废水。用琼脂固定降解能力强的诺卡氏菌细胞,去除己腈和丙烯腈可达95%~100%,半衰期为20d~30d。

固定化酶的半衰期为200d以上,这一方法可用于农药废水的预处理。例如,能水解对硫磷的磷酸酯酶可通过共价交联固定多孔玻璃上,利用具有酶活力单位达到1.2μ

mol/min·mg的100g固定化酶装在6×70cm柱反应器中,每小时可处理100L农药废水。

把固定化细胞或固定化酶与电子传感器组成的生物传感器在污水处理方面也有许多重要的用途。这些传感器可用于BOD、氨、有机酸和甲烷的定量测定。

4.3 利用基因工程菌处理污水

大多数工厂和家庭生活过程中排放的污水含有各种各样、结构和功能相差很大的污染物,利用一种微生物很难把这些污染物降解掉,因为每一种微生物所能降解的底物种类很有限。近年来有关的科学家正试图通过基因工程的手段,构建新的能控制多种污染物降解的杂种质粒,然后把它导入具有另一污染物降解功能的受体菌中,使这一受体菌能降解多种污染物。例如,由于天然的降解质粒可以通过接合在种内、种间进行转移,这样,我们就可以利用降解质粒这一特性,构建能降解多种污染物的细菌。美国科学家在70年代就将降解芳烃、萜烯、多环芳烃的几个质粒,经接合转移到一株能降解脂肪烃的假单胞菌中,构建了一株同时可降解4种烃类的新菌株,称之为超级细菌(Superbacteria)^[5]。这新菌株带有XYL、NAH和一个由CAM、OCT质粒片段重组而成的杂种质粒。这个多质粒菌株在自然生态环境中,能在几小时内把原油中的60%烃类消耗掉,而野生菌株要达到同样的结果需1年以上。Chakrabarty等人将嗜油假单胞菌中OCT质粒和抗汞质粒(Mer质粒)连接在一起,转移到对汞敏感的恶臭假单胞菌中,结果构建的新菌株不但能降解辛烷,而且能在(50~70)μg/mL汞中生长,并可消除环境中大量有机汞。

5 微生物在污水处理中的优势

利用微生物治理污水是今后环保产业的主攻方向,其应用前景广阔,具体作用表现在以下几个方面:①节约水资源,降低能耗;②利用有益菌群原液比一般净化槽处理污水要大大缩短曝气时间,提高工效;③治污效果显著,如有机氮、金属离子、混浊度、COD(化学需氧量)、BOD(生化需氧量)、SS(浮游生物)等均下降至国标以下标准,而DO(溶解氧)上升,水质得到改善;④处理污水中的重金属等,消除毒害;⑤抑制病原菌,消除异味,改善空气质量;⑥可以清除粪尿恶臭,净化生态环境,最大限度地减少畜禽的臭味,明显地抑制了蚊蝇滋生;⑦成本低,无二次污染,而且某些微生物有十分专一的转化机能,如氧化反应、还原反应、水解反应、酰化反应、异构化反应以及卤化反应等;⑧具有多种代谢类型,几乎可降解或转化环境中存在的各种天然物质,而且繁殖迅速、对环境的适应能力强,一旦新的化合物出现,它们也能逐步通过自发或诱导产生新的酶系,具备新的代谢功能,从而降解或转化那些新的化合物^[7]。

6 展望

用微生物对环境治理尤其是对污水进行处理在国内已得到广泛应用,但由于所用的微生物是天然微生物,处理效果不好。通过辐射诱变和化学诱变方法筛选出对污水有

(下转第26页)

整地规格	根级	鲜重 (g)	干重 (g)	处理干重是		备注
				对照的%		
100cm×100cm (处理)	粗	1407	551.55	194.9		≥0.1cm
	细	271	109.77	124.7		
	总根量	1618	661.32	178.2		
30cm×30cm (对照)	粗	768	283.03	100		为粗根, 0.1cm以下 为细根
	细	175.75	88.05	100		
	总根量	943.75	371.08	100		

表3 不同整地深度林木生长量统计表

整地规格	根级	鲜重 (g)	干重 (g)	处理干重是		备注
				对照的%		
100cm×100cm (处理)	粗	1407	551.55	194.9		≥0.1cm
	细	271	109.77	124.7		
	总根量	1618	661.32	178.2		
30cm×30cm (对照)	粗	768	283.03	100		为粗根, 0.1cm以下 为细根
	细	175.75	88.05	100		
	总根量	943.75	371.08	100		

表4 不同栽植深度林木生长量统计表

整地规格	根级	鲜重 (g)	干重 (g)	处理干重是		备注
				对照的%		
100cm×100cm (处理)	粗	1407	551.55	194.9		≥0.1cm
	细	271	109.77	124.7		
	总根量	1618	661.32	178.2		
30cm×30cm (对照)	粗	768	283.03	100		为粗根, 0.1cm以下 为细根
	细	175.75	88.05	100		
	总根量	943.75	371.08	100		

表5 根量调查测定统计表

从表4可以看出,栽植深度以40~50cm为宜,这一深度既有助于提高林木生长量,又可降低生产成本。

2.3 整地深度对林木根量的影响

采取样方法,样方面积为100cm×50cm,对整地深度100cm(穴径100cm)和对照的林木进行了根量测定,2次重复,测定结果见表5。

由表5可以看出,大穴深整地100cm的林木根量较对照的林木根量增加78.2%。此外,从大穴造林根系分布层次调查可看出,30~60cm土层根系生物量最多,0~30cm次之,60cm以下根量最少。

3 结论

(1) 深整地是培育杨树速生丰产林的一项重要措施,具有明显的促进林木生长的作用。研究表明,大工程穴壮整地(穴径100cm、深60、80、100cm)较一般小穴整地(穴径30cm、深30cm)之5年生林木径生长量分别提高7%、9.7%和11.3%;高生长量分别提高3.4%、7%和9.6%。

(2) 深整地可增加林木根量。研究表明,深整地100cm的较一般整地30cm的林木根量可增加78.2%,这是深整地改善了土壤物理性状,使之有利于根系生长发育的结果。根量增加就扩大了吸收面积,提高了对地下空间的利用程度,则是提高林木生长量的理论依据。

(3) 研究结果还表明,栽植深度以40~50cm为宜,这有助于降低造林成本,提高经济效益。

(上接第24页) 极高净化能力的高效微生物,是微生物处理技术的发展方向,在我国将有很大的发展前景。

以下几个微生物研究的侧重方向都将具有重要意义:
① 培养新的特效物种并进一步提高其应用效率、降低应用成本;
② 运用各种相关技术加以优化组合,尤其是高效、低能耗、易普及的特种微生物与特殊工艺的最佳结合;
③ 加强不同专业、不同学科之间的合作,如将毒理学和微生物学和环境工程学相结合;
④ 重点从根本上消除污染源,充分协调人与自然之间的关系,充分实现废物资源化^[7]。

参考文献:

[1] 景佳佳. 微生物技术在污水处理中的应用 [J]. 重庆工商大学学报, 2005-02 (2): 117
[2] 孙琪娟. 浅谈微生物在污水处理中的应用 [J]. 科学咨询(决策管理), 2006-10 (19): 49-51
[3] 刘海云. 微生物在环境污水处理中的应用 [J]. 黑龙江环境通报, 2003-04 (4): 83-84
[4] 陶福. 微型生物在污水处理中的原理、作用和应用 [J]. 中学生物教学, 2004-09: 55
[5] 池振明. 微生物生态学 [M]. 青岛: 山东大学出版社, 1999-06: 183-185

[6] 张倩茹等. 微生物分子生态学技术在污水处理系统中的应用 [J]. 2003 (3): 50-52
[7] 林海. 21世纪微生物技术在污水治理中的应用 [J]. 中国环保产业, 2004-09: 33-36
[8] 魏飞. 微生物絮凝剂及其在污水处理中的应用 [J]. 微生物学杂志, 2005-01 (1): 78-81
[9] 周桂. 微生物在污水处理中的应用研究进展 [J]. 广西师范学院学报, 2002-06 (19): 14-16
[10] 苏本森. 微生物在污水处理中的应用 [J]. 山东环境, 2000-01 (95): 44
[11] 徐健. 微生物在城市污水处理系统中的应用与展望 [J]. 中国微生态学杂志, 2006-01 (1): 75-77
[12] 张青, 葛菁萍. 微生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004-08: 209-210
[13] 诸葛健, 李华钟. 微生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004-09: 422-428
[14] 沈萍, 彭珍荣. 微生物学(中文版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003-07: 1008-1039
[15] 杨文博. 微生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001-07: 674-677