

生物修复技术在重金属污染治理中的应用

重金属系指密度在410以上的约60种元素或密度在510以上的45种元素。砷、硒是非金属,但它们的毒性以及某些性质与重金属相似,所以将砷、硒列入重金属污染物范围内。环境污染方面所说的重金属主要是指生物毒性显著的汞、镉、铅、铬以及类金属砷,还包括具有毒性的重金属锌、铜、钴、镍、锡、钒等污染物。

重金属以各种各样的方式危害人体和其它生物,它通常具有急性或慢性毒性,有时会以更复杂的方式毒害人体,如致癌或非直接地引发某些疾病。淡水或海洋中的水生生物对水体中的重金属非常敏感,即使很低的浓度也会对它们构成威胁。土壤或灌溉水中的重金属会对植物生长产生不利影响,并且将在植物的叶、茎或根部富集,以至其影响波及整个食物链。

早在上世纪50年代初期,重金属的环境污染问题就引起了世界各国的普遍关注。特别是发生在日本的由汞污染引起的“水俣病”和由镉污染引起的“骨痛

度地存在着投资大、能耗高、操作困难、易产生二次污染等缺点，特别是在处理低含量重金属污染时，其操作费用和原材料成本相对过高。随着生物技术的发展20世纪80年代人们逐渐将低含量重金属污染治理的研究重点转向了生物修复技术，该技术因其具有处理费用低，对环境影响小，效率高等优点，越来越受到人们的广泛关注。所谓生物修复(bioremediation)是指利用生物的生命代谢活动减少存在于环境中的有毒有害物质的浓度或使其完全无害化，从而使污染了的环境能够部分恢复到原初状态的过程。这一过程的修复主体是参与修复的生物类群，包括微生物、植物、动物以及它们构成的生态系统。其中微生物修复、植物修复是通常所指的狭义上的生物修复。

1. 微生物对重金属污染物的修复

许多重金属是生命必需的物质或元素例如 Zn^{2+} ， Cr^{3+} ，但是当它们在环境中的浓度超过了限度就成了毒物，微生物虽不能将重金属像有机物矿化那样彻底降解，但可对它们进行固定、移动或转化，改变它们在环境中的迁移特性和形态

用使这些金属离子的活性降低。有些金属离子如 Mn_2^+ 和 Sn_3^+ ， Mn_2^+ 和 Sn_3^+ 的生物毒性分别比 Mn_4^+ 和 Sn_4^+ 大。有些微生物能够氧化 Mn_2^+ 和 Sn_3^+ ，使之成为毒性较小的 Mn_4^+ 和 Sn_4^+ 。

1.2 微生物对重金属离子的生物吸附

微生物与重金属具有很强的亲合性，能富集许多重金属。有毒金属被贮存在细胞的不同部位或被结合到胞外基质上，通过代谢过程，这些离子可被沉淀，或被轻度螯合在可溶或不溶性生物多聚物上，细胞对重金属盐具有适应性，通过平衡或降低细胞活性得到恒定条件；微生物积累重金属也与金属结合蛋白和肽以及与特异性大分子结合有关微生物吸附重金属的机理十分复杂，研究表明它们对金属的作用可分为微生物吸着(microorganisms biosorption)和微生物累积(micro organisms bioaccumulation)两个不同的生物化学阶段。

第一阶段是重金属在细胞表面吸附即微生物吸着阶段，主要是指重金属离子与生物体细胞壁表面的一些基团如 $-COOH$ 、 $-OH$ 、 $-NH_2$ 、 $-SH$ 、 $-PO_3$ 等通过螯合、离子交换、螯合吸附、离子吸附以及无机微沉淀等作用中的

素对 Pb_2^+ 的吸附中,发现 Pb_2^+ 的吸附受 Zn_2^+ 、 Cu_2^+ 、 As_3^+ 、 Cd_2^+ 等离子的影响,其中 Cu_2^+ 、 As_3^+ 对 Pb_2^+ 吸附影响很小, Cd_2^+ 使 Pb_2^+ 的吸附量增加了2%, Zn_2^+ 则使 Pb_2^+ 的吸附量减少了2%~8%。(4)其他因素。对于活菌体其吸附过程与细胞的代谢紧密相关,则温度、代谢产物及代谢抑制因子等对吸附过程影响较大。Volesky等认为细胞的培养条件(厌氧、好氧繁殖)也会影响生物吸附剂的性能。这可能是因为不同的培养方式影响了细胞壁的表面官能团的形成,从而影响了吸附性能。

1.3微生物对重金属的溶解

微生物对重金属的溶解主要是通过各种代谢活动直接或间接地进行的。微生物的代谢作用能产生多种低分子量的有机酸,如甲酸、乙酸、丙酸和丁酸等。真菌产生的有机酸大多为不挥发性酸,如柠檬酸、苹果酸、延胡索酸、琥珀酸和乳酸等。Siegel等报道,真菌可以通过分泌氨基酸、有机酸以及其他代谢产物溶解重金属及含重金属的矿物。Chanmugathas和Bollag报道,在营养充分的条件下,微生物可以分泌短链的挥发性脂肪酸溶解出立的稀土元素和轻金属的有机酸结

金属离子的亲合性很强有关,同时也取决于膜内的电负性。同时此项研究促进植物发育、根系发达、富集重金属于根中,将转移到地上部分的重金属控制在最小范围。植物还可以通过改变根际环境(pH ,氧化还原电位) 来改变污染物的化学形态,从而达到降低或消除重金属污染物化学和生物毒性作用,同时根际微生物(细菌和真菌) 也可能发挥重要作用。然而生物固定并没有将金属从环境中消除,只是暂时将其固定, 它只是一种原位降低污染元素生物有效性的途径,而不是一种永久性的去除环境中污染的方法。

植物挥发(Phytovolatilization) 是指利用植物来去除环境中的一些挥发性的污染物, 植物将污染物吸收到体内后又将其转化成气态物质, 释放到大气中。目前这方面研究最多的是类金属元素汞与硒。细菌在汞污染位点存活繁衍, 通过酶的作用可将甲基汞和离子态汞转化为毒性小得多的单质汞而挥发到大气中。当今的研究目标是运用分子生物学技术将细菌体内对汞的抗性基因(汞还原酶基因) 转导到植物中, 进行汞污染的植物修复。许多植物可从污染土壤中吸收硒并将转化成可挥发态(一甲基硒和一甲基二硒) 从而降低硒对土壤生态系统的毒性

中回收贵金属,取得直接的经济效益;(3)植物本身对环境的净化和美化作用更易被社会所接受;(4)植物修复过程也是土壤有机质含量和土壤肥力增加的过程,被修复过的土壤适合多种农作物的生长。

3 问题与展望

重金属的生物修复技术不仅效果好,投资少,运行费用低,且杜绝了二次污染,还有利于生态环境的改善,在治理污染的同时,还可以获得一定的经济效益,有报道植物吸收技术的成本可能不到各种物理化学处理技术的10%,并且通过回收和出售植物中的重金属,还可以进一步降低植物修复的成本。生物修复技术在重金属污染治理方面虽然取得了一些成功,但目前还有许多问题有待进一步的研究。(1)有关重金属对微生物的抑制效应及吸附机理的研究。(2)如何从功能和成本两个方面开发优良的生物吸附剂。(3)如何通过遗传工程构建高效降解微生物菌株及创造超累积型转基因植物。(4)研究重金属污染的环境中植物根系与根际环境微生物类群的相互作用,筛选可供应用的耐重金属并促植物生

16. 孟祥和,胡国飞. 重金属废水处理[M]. 北京:化学工业出版社,2000
17. 唐受印,汪大. 废水处理工程[M]. 北京:化学工业出版社
18. 陈玉成. 污染环境生物修复工程[M]. 北京:化学工业出版社,2003
19. 王建龙,韩英健等. [J]. 微生物学通报,2000 ,27 (6) :449~452
- 李福德. [J]. 电镀与精饰,2002 ,24 (2) :35~37
20. 叶恒朋,陆少鸣. [J]. 环境技术,2002 ,20 (5) :31~34
21. 周乃元,王仁武. [J]. 中国生物工程杂志,2002 ,22 (5) :53~57
22. 张太平. 潘伟斌. [J]. 生态环境,2003 ,12 (1) :76
23. 韦朝阳,陈同斌. [J]. 地球科学进展,2002 ,17 (6) :833~839
24. 温志良. [J]. 资源开发,2000 ,16 (5)
25. Srinath T. [J]. Chemosphere , 2002 , (48) :427~435
26. HU Zhang - Li , Wong Yuk - Shan , TAM Fung - Yee. [J]. Acta Botanica Sinicam. ,2002 ,44 (8) :978~982
27. Dursum Ozer , Ayla Ozer. [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology . , 2001 ,75 (5) :410~416
28. Alex J H. 2000. Phytoremediation by constructed wetlands . In :Norman