

城乡结合部污染土壤的植物修复

房莉 余健 (安徽师范大学国土资源与旅游学院, 安徽芜湖 241001)

摘要 阐述了国内外植物修复污染土壤的研究成果,总结了污染土壤植物修复方式,指出污染土壤的植物修复是一种低投入、易操作、高效率,并具有长期效果的去除有毒环境污染物的方法。

关键词 植物修复; 污染土壤; 城乡结合部

中图分类号 X171.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)16-04917-02

Phytoremediation of Contaminated Soil in Urban Rural Marginal Area

FANG Li et al (College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241001)

Abstract The achievements of phytoremediation of contaminated soil at home and abroad were described. The modes of phytoremediation of contaminated soil were summed up. It showed that the phytoremediation of contaminated soil was the method of lowcosting, easy operating and high efficiency to remove environmental pollutants for long-term effect.

Key words Phytoremediation; Contaminated soil; Urban-rural marginal area

城乡结合部地区是我国城市化、工业化和农业集约化过程中特殊的地域实体,是一个复杂的系统,既包括人为改造的自然环境,又包括经济、社会系统和地球物理系统。大量物质与能量的流动导致相当数量的污染物质耗散到这一地区^[1],对环境造成严重污染。土壤污染主要由人类生产活动、日常生活、意外事故等产生的有害污染物进入土壤系统中而造成。土壤污染的修复一般指的是通过微生物进行生物修复,然而土壤生态系统中的微生物对去除重金属一类的污染物质的效果较差。另外,一些难降解有机污染物会使得土壤生物修复的时间延长,从而不利于环境生物修复技术的推广^[2-3]。而通过植物修复可以弥补微生物修复的不足。

1 植物修复污染土壤的特点

植物修复投入低,效率高,无二次污染,不破坏原有的生态环境,运行操作简便,并且有长期的效果。即使在环境获得完全修复后,植物对原来环境仍然具有保护和美化作用。然而由于植物是活的生物体,需要有适宜的生存条件,因此植物修复也存在局限性。另外,植物根系一般较浅,植物修复对浅层土壤污染较为有效。植物修复过程通常比物理化学过程慢,因此植物修复比常规处理(挖掘场外处理)需要更多的时间,尤其在憎水污染物和土壤颗粒紧密结合的情况下。

2 植物对生物修复的作用

2.1 根系分泌物 根系所分泌的可溶性有机物或一些蛋白质、酶等,一方面为微生物的生长提供基质,另一方面对于活化污染物质也有一定的作用。例如,根系分泌的有机酸可以改变土壤环境的pH值,有利于提高微生物活性。另外,植物根系分泌物还产生根际系统中的共代谢物质。当土壤环境中存在一些微生物不能直接降解或难降解有机污染物时,微生物通过共代谢基质^[1]对污染物进行代谢降解。这一活动对生物修复极为有利。

2.2 根际系统 植物的生长为微生物提供了很好的生活条件,特别是形成了根际微生物群落。根际系统中的微生物通过吸收、累积、代谢和生物转化等作用降低土壤中污染物

含量。研究表明,根际微生物的生物密度要比根际外围的微生物密度大得多。这是由于植物不仅改善了根际环境,而且能提供微生物可利用的补充碳源,从而提高微生物的活性,增强其去除污染物的能力。

根际活动是土壤中最重要生命活动。植物根系以及根际范围的其他一切组成了最重要的根际生态系统。在根际系统中,根系的生命活动有利于微生物的活动,而微生物活动的增强又反过来促进植物根系的生长。随着植物的生长,土壤表层及土壤表下层甚至深层土壤都会受到植物的影响,或者通过植物分泌物渗入使更大范围内的土壤环境得到改善。显然,在植物生长条件下,污染物的降解量明显增加。另外,植物修复对生物修复的增强作用还表现在植物根系在土壤中增加了一个新的表面积,特别是一些须根类的植物或根系发达的乔木、灌木等。由于根以及根毛的表面积使得污染物质被吸附、被降解的几率增大,污染物质与生物活性表面(如根细胞表面)相互作用的机会增加,从而提高了生物修复的速率。

3 土壤污染物的植物修复方式

3.1 植物提取 植物提取是目前研究最多并且最有发展前景的方法。它是利用专性植物根系吸收一种或几种污染物,特别是有毒金属,并将其转移贮存到植物茎叶,然后收割茎叶,易地处理。这种方法的成本低廉,并且通过回收植物中的金属还可进一步降低植物修复的成本,如提取有经济价值的镍和铀等。所以,该方法被称为植物采矿。

大多数植物会将重金属排除在组织外,使重金属的积累浓度只有0.1~100 ng/kg,但是也有一些能超量积累重金属的特殊植物。从分类上说,超量积累植物很广泛。一些具有明显积累重金属能力的植物列于表1^[4-6]。大多数研究者希望超量积累植物中的重金属含量能达到1%~3%。因而,植物修复污染土壤的最根本方法是不断扩大寻找其他超量积累植物资源以及改良超量积累植物品种,包括常规育种和转基因育种。

3.2 植物挥发 植物挥发是指利用植物去除环境中的一些挥发性污染物的方法,即植物将污染物吸收到体内后又将其转化为气态物质,释放到大气中。目前在这方面研究最多的是金属元素汞和非金属元素硒。

基金项目 安徽师范大学地理特优强资助项目;安徽师范大学校青年基金资助项目(2006xqr80)。

作者简介 房莉(1978-),女,江苏宿迁人,讲师,从事环境与土壤地理教学与研究。

收稿日期 2007-03-19

表1 具有明显积累重金属能力的植物

金属	植物种	ng/kg 超量积 累含量
Cd	<i>Thlaspi caerulescens</i> (天蓝遏蓝菜)	1 800
Cu	<i>Ipomea alpina</i> (高山甘薯)	12 300
Gb	<i>Haumaniastrum robertii</i> (圆叶遏蓝菜)	10 200
Pb	<i>Thlaspi rotundifolium</i> (遏蓝菜属)	8 200
Mn	<i>Macadamia neurophylla</i> (粗脉叶澳洲坚果)	51 800
Ni	<i>Bychtria douarai</i> (九节属)	47 500
Zn	<i>Thlaspi caerulescens</i> (天蓝遏蓝菜)	51 600

当前常采用转基因植物转化汞,即将细菌体内对汞的抗性基因转导到植物拟南芥属中,将植物从环境中吸收的汞离子还原为 Hg,使其成为气体而挥发。研究表明,转基因植物可以在通常生物中毒的汞浓度条件下生长,并能将土壤中的离子汞还原成挥发性的元素汞。许多植物可以从污染土壤中吸收硒,并将其转化为可挥发状态(二甲基硒和二甲基二硒),从而降低硒对土壤生态系统的毒性。由于这一方法只适用于挥发性污染物,并且将污染物转移到大气中对人类和生物有一定的风险,因此该方法的应用受到一定限制。

3.3 植物稳定 植物稳定是利用植物吸收和沉淀来固定土壤中的有毒金属,以降低其生物有效性,并防止其进入地下水和食物链,从而减少其对环境和人类健康的污染风险。植物稳定化有2种主要功能:通过减少土壤渗漏来防止金属污染物质的淋移,保护污染土壤不受侵蚀;通过在根部积累和沉淀来加强对污染物的固定。植物的作用是通过改变土壤的水流量,使残存的游离污染物与根结合,提高对污染物的多价螯合作用。利用植物改变土壤中螯合污染物机制有氧化还原反应(如由 G^{6+} 变为 G^{3+}),将污染物变为不可溶物质(如铅变为磷酸铅),将有机物结合到植物木质素中^[9]。

植物稳定化技术适用于相对宜变动的物质,表面积大、土壤质地粘重、有机质含量越高越好。目前这项技术已在矿区污染修复中使用,而在城市和工业区中使用的不多。然而,植物固定并没有将环境中的重金属离子去除,只是暂时将其固定。因此,植物固定不是一个理想的去除土壤中重金属的方法。

3.4 植物降解

3.4.1 有机污染物质被直接吸收和降解。植物对位于浅层土壤的中度憎水有机物有很高的去除效率。中度憎水有机物有氧化溶剂、短链脂肪族化合物等。憎水有机物和植物根表面结合得十分紧密,致使它们在植物体内不能转移。水溶性物质不会充分吸着到根上,迅速通过植物膜转移。植物对污染物的吸收受3个因素的影响,即化合物的化学特性、环境条件和植物种类。因此,为了提高植物对环境有机污染物的去除率,应从上述3个方面入手。

3.4.2 酶的作用。植物特有酶的降解过程为植物修复的潜力提供了有力的证据。美联社国佐治亚洲 Athens 的 EPA 实验室从淡水的沉积物中鉴定出脱卤酶、硝酸还原酶、过氧化物酶、漆酶和脲水解酶5种酶。这些酶均来自植物。硝酸还原酶和漆酶能分解炸药的废物(2,4,6-三硝基甲 TNT),并将

破碎的环状结构结合到植物材料或有机物残片中而变成沉积有机物的一部分;脱卤酶能将含氯有机溶剂三氯乙烯还原为氯离子、二氧化碳和水。但有研究表明,植物修复还要靠整个植物体来实现。游离的酶系会在低pH值、高金属浓度和细菌毒性下被摧毁或钝化,而植物生长在土壤中,pH被中和,金属被生物吸着或螯合,酶被保护在植物体内或吸附在植物表面,不会受到损伤^[10]。

3.4.3 根际的生物降解。根际在生物降解中起着重要的作用。根际可以加速脂肪烃类、多环脂肪烃类等物质的降解^[7-8]。郑师章等研究了凤眼莲对酚的降解,发现无菌凤眼莲10h只降解酚1.9%,有假单胞菌时也只降解酚37.9%,但是凤眼莲—假单胞菌体系却能降解97.5%的酚。这表明凤眼莲根际分泌的假单胞菌等酚降解菌的生长加速了酚的去除。菌根菌与植物共生具有的代谢途径和酶系,可以代谢自生细菌不能降解的有机物。

4 结语

城乡结合部土壤环境中的污染物具有广泛的生物毒性。大多数污染物在达到一定浓度时对植物具有毒性,因此环境中的污染物质同成为植物的生存压力。在进行生物修复环境中或者在一般的植物生长环境中,植物直接承受的环境污染物质毒性影响是经过根际系统以及根际微生物作用后的毒性影响。根际微生物对环境污染物质的降解代谢作用,大大降低了环境污染对植物的影响。当环境污染对植物的毒性影响增强时,植物根系会分泌更多的有机物,而这些分泌物又会促使微生物的发展,导致根际生物群落的降解作用的增强。由于微生物降解作用的增强,环境污染对植物的毒性影响就会相对减弱。这样构成一个反馈系统,而全部反馈作用都是有利于提高污染物降解速率的正反馈。这些反馈作用使土壤生态系统中形成了一个污染物—植物—微生物相互作用的调节系统,既维持生态系统的平衡,又加速受污染环境的修复进程。因此,植物在生物修复中的作用是很有前景的,也是一个有待进一步研究的领域。

参考文献

- [1] 徐新华,吴忠标,陈红.环境保护与可持续发展[M].北京:化学工业出版社,2006:129-140.
- [2] 沈德中,赵春禄.污染环境的生物修复[M].北京:化工出版社,2002.
- [3] 王友保,张凤美,王兴明,等.芜湖市工业区土壤重金属污染状况研究[J].土壤,2006,38(2):196-199.
- [4] 宋建华,宋冬林,陈涛,等.五氯酚(PCP)高效降解菌CS5的研究[J].应用与环境生物学报,2000,6(6):586-592.
- [5] 宋玉芳,许华夏,任丽萍.两种植物条件下土壤中矿物油和多环芳烃(PAHs)的生物修复研究[J].应用生态学报,2001,12(1):108-112.
- [6] 王庆仁,刘秀梅,崔岩山,等.土壤与水体有机污染的生物修复及其应用研究进展[J].生态学报,2001,21(1):159-163.
- [7] 夏北成,ZHOUJ, TIEDJEJ M.土壤细菌克隆群落及其结构的生态学物征[J].生态学报,2001,21(4):514-518.
- [8] 夏北成,ZHOUJ, TIEDJEJ M.植物对土壤微生物群落结构的影响[J].应用生态学报,1998,9(3):296-300.
- [9] TOSHYA, SENDA, TAKAHRO Y. Gystal structure of NADH dependent ferredoxin reductase component in biphenyl dioxygenase[J]. Journal of Molecular Biology, 2000,304(3):397-410.
- [10] YE R W, HAAS D, KAJ O, et al. Anaerobic activation of the entire denitrification pathway in *Pseudomonas aeruginosa* requires Arr, an Analog of Ftr[J]. Journal of Bacteriology, 1995,177(12):3606-3609.