

蔬菜地重金属污染土壤的修复技术

郑爱珍, 李淑萍

(河南商丘师范学院生物系, 商丘 476000)

摘要: 重金属污染是当今土壤污染中污染面积最广、危害最大的环境问题之一。从植物修复、农业栽培措施、以及植物—微生物修复体系的建立等方面探讨了蔬菜地重金属污染土壤的修复技术, 并对重金属超量积累植物进行了较为详细的介绍。

关键词: 重金属; 蔬菜; 土壤; 修复

中图分类号: S155.4⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1001-0009(2005)04-0016-02

近年来, 由于工农业生产的迅猛发展, 各种化学产品、农药、化肥、除草剂的恣意施用, 重金属对土壤、水体的污染越来越严重。据统计, 我国的矿山废弃地已达 200 万 hm^2 (公顷), 仍以年均 2.5 万 hm^2 (公顷) 的速度发展。我国污灌农田面积达 1 000 多万 hm^2 (公顷), 其中 30% 的土壤遭受不同程度的重金属如镉、汞、铅、铜等的污染, 造成上千万吨粮食的减产。蔬菜中含有丰富的维生素和膳食纤维等多种营养成分, 是人类必需的副食品, 也是城郊生态系统中一个重要的组成部分。蔬菜一旦被污染, 不但影响其质量和产量, 而且还可通过食物链危及人类身体健康。国内外的最近研究结果表明一些蔬菜植物含有重金属吸收和积累基因, 在植株表现出重金属毒害症状之前, 其体内重金属含量已超过食用安全标准。全面了解和掌握蔬菜植物重金属污染现状, 探讨降低蔬菜植物食用部分重金属含量的技术措施, 是我国当前蔬菜业发展所面临的一个重要课题, 这对发展绿色食品和无公害蔬菜, 提高人们的健康水平具有重要的现实意义。

1 植物修复

植物修复是目前土壤污染治理环境的很好的技术, 在重金属污染的治理中具有不可替代的优势。具有治理效果的永久性、治理过程的原位性(对土壤环境扰动小)、治理成本的低廉性、环境美学的兼容性、后期处理的简易性等特点, 修复过程一般无二次污染, 某些金属元素甚至可回收利用。植物修复所具有的独特技术及经济优势, 预示着将发展成为污染治理领域的朝阳产业。

1.1 植物修复的定义

是利用绿色植物清除环境中的污染物变得无害。根据植物修复的作用特点, 可以分为植物萃取、根际修复、植物转化、根际过滤和植物挥发等技术。对于重金属污染的修复, 应用最多的是植物萃取、植物稳定和植物挥发技术。

植物稳定: 是利用植物吸收和沉淀来固定土壤中的大量有毒金属, 降低其生物有效性和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。植物在植物稳定中有两种主要功能: 保护污染土壤不受侵蚀, 减少土壤渗漏

来防止金属污染物的淋移; 通过在根部累积和沉淀或通过根表吸收重金属来加强对污染物的固定。

植物挥发: 植物挥发是与植物吸收相连的。它是利用植物的吸收、积累和挥发来减少土壤的污染物。一些金属如硒、砷和汞可以生物甲基化而形成可挥发性的分子。对于硒而言, 许多植物可从污染土壤中吸收硒并将其转化成可挥发状态(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, 而其挥发的形态是基本无毒的。

植物萃取: 是利用专性植物根系吸收一种或几种污染物特别是重金属, 并将其转移、储存到植物茎叶, 然后收割茎叶, 离地处理。按植物萃取的方式分为两类: 持续性提取和诱导性提取。持续性提取: 是由于植物本身生理和遗传学特性而使植物可大量富集重金属又不至于产生毒害。其中最主要的是超量积累重金属植物, 超量积累重金属植物在叶片、茎部可富集大量重金属的特性使该种植物尤其适合于植物修复。诱导性提取: 首先使土壤中束缚态重金属转化为非束缚态, 然后促进重金属向植物可收获地上部运输。改变土壤的 pH 值, 施加螯合剂, 改变氧化还原电位, 增加土壤中的微生物等可诱导土壤重金属的有效性和植物的吸收。螯合物的作用可增加金属离子在土壤溶液中的溶解度, 然后重金属通过蒸腾流在木质部运输, 并以金属—螯合物形式运至地上部。在有关诱导的超量积累植物中, 有报道说施加 EDTA 可以明显促进印度芥菜、玉米等的重金属积累。

1.2 寻找、筛选、培育超量积累重金属植物

1.2.1 超量积累植物的定义 1977 年 Brooks 等首次把含 Ni 浓度大于 1 000 mg/kg (毫克/公斤) 干重的植物称之为超量积累植物。除了 Ni 累积植物外, 其他重金属元素的富集植物也不断被发现。至今普遍认为重金属含量超过一般植物 100 倍的植物属于超量积累植物, 即 Cr、Co、Ni、Cu、Pb 含量应在 1 000 mg/kg (毫克/公斤) 以上, Mn、Zn 含量应在 1 000 mg/kg (毫克/公斤) 以上。现已发现 As、Cd、Co、Cu、Mn、Ni、Pb、Se 和 Zn 等元素的超量积累植物, 大多数为十字花科的植物, 其中半数以上属于 Ni 超量积累植物。

1.2.2 超量积累植物特点 首先, 该植物体内某一金属元素的含量必须大于一定的临界值; 其次, 植物吸收的金属元素必

须要大部分集中在地上部, 及有较高的地上部/根浓度比; 第三, 对重金属忍耐力强、吸收富集能力高、生物量大、环境适应性好。

1.2.3 超量积累植物的分类 目前超量积累植物是按其体内所积累的重金属来分类的, 能修复 Zn 污染的主要植物种类有: *Arabidopsis halleri*, *Brassica juncea*, *Cepaifolium vila calaminaria*, *Cardaminossis balleri*, *Commelia communis*, *Dichapetalum gelonioides*, *Elsholziahaichowensis*, *Phycarpaceasyndra*, *Thlaspi brachypetalum*, *T. caerulescens*, *T. calaminaria*, *T. ochroleucum*, *T. rotundifolium* subsp. 能修复 Cd 污染的植物种类有: *Arabidopsis halleri*, *Brassica juncea*, *Commellina commuis*, *Elsholzia haichowensis*, *Thlapicaerulescens*. 能修复 Se 污染的植物种类有: *Astragalus racemosus*, *Trichospermum*. 能修复 Ni 污染的植物种类有: *Alyssum bertoloni*, *Bormmllea tymphaea*, *Brackenridagea*, *Dichapetalum gelonioides*, *Phyllanthus serpentines*, *Planchonella oxyedra*, *Psychotria douarrei*, *Rinorea bengalensis*, *R. javanica*, *Sebertia acuminata*, *Thlas goeingense*, *Walsua monophylla*. 能修复 Pb 污染的植物种类有: *America martitima va balleri*, *Mimuaritia verna*, *Polycarpacea syndra*, *Thlaspi caerulescens*, *T. ochroleucum*, *T. rotundifolium* subsp. 能修复 Cu 污染的植物种类有: *Aellanthus biformifolius*, *Haumaniastorum robertti*. 能修复 Co 污染的植物种类有: *Aellanthus biformifolius*, *Haumaniastorum robertti*. 能修复 Cr 污染的植物种类有: *Dicoma niccolifero*, *Sutera fodilina*. 能修复 Mn 污染的植物种类有: *Alyxiarubriacaulis*.

我国学者调查发现苎麻、酸模、牡蒿、剑叶凤尾蕨等可以累积超量的 As。

1.2.4 超量积累重金属植物的寻找、筛选和培育 大自然是一个天然的基因库, 在允许的条件下, 通过野外考察, 寻找新的植物品种应用于土壤修复。自然界中的超积累植物不仅种属稀少, 而且往往有地域分布的局限性, 此外, 多数超积累植物往往存在生物量小、生长缓慢、气候环境适应性差等问题, 因而至今能适用于工程化修复的超积累植物数量十分有限。寻找筛选和栽培驯化自然界中存在的超积累植物, 使其能适用于实际应用, 仍然是当前植物修复研究的一项重要任务。植物筛选或培育时应该注重考虑植物吸收积累重金属元素的能力, 包括是否能同时累积多种金属, 生长速度, 生物量尤其是地上部可收割的生物量, 根系发育程度、分布深度, 对气候环境的适应性及抗病虫能力等。我国的野生植物资源十分丰富, 在研究、开发野生植物于植物修复方面, 有希望取得重要发现。建立超积累植物基因库, 应用转基因工程技术, 将自然界中超积累植物的耐重金属、超积累基因移植到生物量大、生长速率快的植物中去, 培育出具有实用价值的转基因植物, 以克服天然超积累植物的缺点, 提高植物修复的实用性。至今, 在 Se、Hg、Cd、Zn 等重金属元素转基因植物研究领域已取得了较大的成果。随着分子生物学和基因工程技术的突飞猛进, 预期这方面的研究一定会取得突破性的进展。

2 农业栽培措施

2.1 合理轮作或间作

利用植物间的化感作用, 种植一种植物, 从而能使另一种植物对重金属的吸收能力大为增强, 使之达到净化土壤的效果。

2.2 增施螯合剂

向土壤中施加螯合剂(如 EDTA、DPTA、CDTA、EGTA 及柠檬酸等)来提高土壤溶液中重金属的含量, 从而强化植物对重金属的吸收, 这样即使植物因吸入重金属过高而死亡也不会影响效果, 并且对极难在土壤中移动的重金属(如 Cu、Pb 等)也能利用植物进行修复。

2.3 施加有机肥

有机肥对土壤中重金属的吸附作用有很大的影响, 它可以改变溶液重金属的存在状态, 或改变吸附体的表面性质而影响重金属的吸附; 它可以通过改变土壤的 pH 值和 Eh 值, 以及土壤固相物质的表面活性, 分解产生无机养分和其他有机活性物质, 从而直接或间接影响重金属在土壤中的化学行为, 进而影响重金属的有效性和毒性。

3 建立植物—微生物修复体系

微生物通过多种渠道影响土壤中重金属的生物效应。根区是植物根系和根际微生物作用的场所, 微生物的活动可以改变土壤溶液的 pH 值, 从而改变土壤对重金属的吸附特性; 还可产生 H₂S 等, 可与重金属反应; 而且微生物的细胞壁或粘液层能直接吸收或吸附重金属。可以针对特定污染进行最适合微生物的筛选, 也可利用微生物技术将适合某种污染的真菌接种在超积累植物上, 就有可能促进土壤的修复作用。如何利用微生物提高植物修复效率还需要大量的研究工作。

总之, 在我国实行“菜篮子”工程, 大力发展无公害蔬菜生产基地的今天, 探讨重金属污染土壤改良的技术措施, 为实现蔬菜的无公害化、绿色农业的发展具有重要的现实意义。相信随着现代生物技术和分子生物学的发展, 农业生产技术的改进, 蔬菜重金属污染土壤的改良必将有很大的发展。

参考文献:

- [1] 罗春玲, 沈振国. 植物对重金属的吸收和分布[J]. 植物学通报, 2003, 20(1): 59~66.
- [2] 黄雅琴, 杨在中. 蔬菜对重金属的吸收积累特点[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1995, 26(5): 608~614.
- [3] 韦朝阳, 陈同斌. 重金属超量富集植物修复技术研究进展[J]. 生态学报, 2004, 21(7): 1196~1203.
- [4] 华洛, 白铃玉, 韦东普等. 土壤镉锌复合污染的植物效应与有机物的调控作用[J]. 中国农业科学, 2002, 35(3): 291~296.
- [5] 苏得纯, 黄焕忠. 油菜作为超积累植物修复镉污染土壤的潜力[J]. 中国环境科学, 2002, 22(1): 48~51.
- [6] 陈建斌. 有机肥料对土壤的外源铜和镉形态变化的不同影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 450~452.
- [7] Chen, H. M., Zheng, C. R., Tu, C., et al. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals. Chemosphere 2000, 41, 229~234.