

中国农田土壤重金属污染与其植物修复研究

丁 真 真

(西北师范大学地理与环境科学学院,兰州 730070)

摘 要 :通过对我国部分城市农田土壤及农作物重金属污染状况的调查 ,分析了我国农田土壤重金属污染的特点以及污染的来源 ,最后介绍了重金属污染土壤的植物修复技术以及该技术的优点和局限性。
关键词 :农田土壤 ;农作物 ;重金属污染 ;植物修复
中图分类号 :X53 文献标识码 :A 文章编号 :1005-3409(2007)03-0019-02

Farmland Soil Heavy Metal Pollution in Our Country and Plant Repair Research

DIN G Zhen-zhen

(Geography and Environmental Science College of Northwest Normal University ,Lanzhou 730070 ,China)

Abstract :Through the investigation on our country 's heavy metal pollution condition in partial cities farmland soil and the crops , the farmland soil heavy metal pollution characteristic is analyzed as well as the pollution origin . Finally the plant repair technology and its merit and the limitation of this technical is presented.
Key words :farmland soil ; crops ; heavy metal pollution ; plant repair

在环境污染领域重金属元素一般是指对生物有显著毒性的元素 ,如 Hg、Cd、Pb、Cr、Zn、Cu、Co、Ni、Sn、Ba、Sb 等 ,通常也把 AS、Be、Li、Se、B、Al 等包括在内。据统计全世界每年平均排放 Hg 约 1.5 万 t、Pb 约 500 万 t、Cu 约 340 万 t、Ni 约 100 万 t、Mn 约 1 500 万 t。因此 ,世界各国的土壤都存在不同程度的重金属污染。土壤中的重金属对农作物、农产品及地下水会产生不良影响 ,并通过食物链危及人类健康。近年来世界各国都非常重视土壤污染和修复技术的研究 ,有关生物修复技术的研究引起众多研究者的关注^[1]。

1 中国农田土壤重金属污染现状

据统计 ,1980 年中国工业三废污染耕地面积 266.7 万 hm² ,1988 年增加到 666.7 万 hm² ,1992 年增加到 1 000 万 hm²^[2]。目前 ,全国遭受不同程度污染的耕地面积已接近2 000万 hm² ,约占耕地面积的 1/5。农业部调查表明 :中国污灌区面积约 140 万 hm² ,遭受重金属污染的土地面积占污染总面积的 64.8 % ,其中轻度污染占 46.7 % ,中度污染占9.7 % ,严重污染面积占 8.4 % ,其中以 Hg 和 Cd 的污染面积最大。据报道 ,目前中国污灌区有 11 处生产的大米中 Cd 含量严重超标 ,中国每年因重金属污染导致的粮食减产超过 1 000 万 t ,被重金属污染的粮食多达 1 200 万 t ,合计经济损失至少 200 亿元^[3]。表 1 给出了中国部分地区耕地重金属含量。

从表 1 可见 ,各大城市的耕地土壤都存在不同程度的重金属污染 ,其中 Hg、Cd、Pb 污染尤为明显。如沈阳市郊区与西安污灌区土壤的 Hg、Cd 污染 ,北方地区的土壤受重金属污染程度普遍高于南方 ,主要污染物是 Hg、Cd、Pb 等 ;南方地区土壤受重金属污染的主要原因与北方相似 ,但由于雨水相对充足 ,污灌面积相对较小 ,加上降水稀释 ,污染程度相对较低。

由于大量重金属被带入土壤 ,造成耕地的重金属污染 ,使得农作物的重金属污染也日趋严重。表 2 是中国部分地区农作物重金属含量。

表 1 中国部分地区农田土壤中重金属含量 mg/ kg

城市	AS	Cd	Cu	Cr	Hg	Pb	Zn	参考文献
沈阳	11.96	0.88	43.7	96.2	0.52	102	52.7	[4]
西安	11.48	0.628	49.38	69.78		40.8		[5]
上海		0.657	111	70.3		109	349	[6]
贵阳	47.1	0.10		150.46	0.296	87.31		[7]
重庆	7.03	0.231		47.92	0.185	21.09		[8]
南京		1.03	39.38			67.77	254.79	[9]
南宁	16.35	1.44	20.38	149.57	0.194	37.38	51.07	[10]
广州	8.35	0.19		38.43	0.07	34.64		[11]
土壤质量标准	40	0.30	50	150	0.30	250	150	

注 :土壤质量标准为环境质量标准(二级)GB15618-1995。

表 2 中国部分地区农作物重金属含量 mg/ kg

城市	品种	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	AS	Hg	参考文献
沈阳	水稻	1.258	7.810	3.265	0.319	0.291	0.068	0.019	[4]
	蔬菜	3.19	11.8	0.42	0.057	0.21	0.104	0.0062	
西安	蔬菜			0.376	0.032	0.468	0.094	0.001	[5]
	水稻		20.79	0.31	0.164	0.651	0.099	0.002	
上海	青菜	0.781	3.532	0.447	0.0747	0.0809			[6]
贵阳	蔬菜			1.640				0.021	[7]
重庆	蔬菜			0.123	0.014		0.027	0.002	[8]
南京	蔬菜	5.00	62.21	5.90	0.73				[9]
南宁	蔬菜			0.246	0.055	0.265	0.085	0.015	[10]
广州	蔬菜			0.0480	0.0071	0.0404	0.0133	0.0019	[12]
国家卫	蔬菜	10	50	0.2	0.05	0.5	0.5	0.01	
生标准	粮食	10	50	0.4	0.2	1.0	0.7	0.02	

注 :国家卫生标准为国家现行食品卫生标准。

* 收稿日期 :2006-11-20
作者简介 :丁真真(1982 -) ,女 ,西北师范大学在读研究生 ,主要研究方向环境化学。

对比表 1 与表 2 可见,蔬菜与土壤中的重金属浓度一般呈正相关关系,但又显得相当复杂。如西安、沈阳市郊耕地土壤中的 Pb 的含量并未超标,但农作物却已严重污染。而表 1 中南宁市耕地土壤里 Pb 含量(37.38 mg/kg)远低于土壤质量标准含量(250 mg/kg),但当地蔬菜 Pb 含量却已超标,其污染指数 Pi 为 1.23。西安市耕地土壤中 Cd 的含量严重超标, Pi 为 2.06,但其蔬菜的 Cd 含量却比较低(0.032 mg/kg)。这表明重金属的复合污染存在颉抗和协同作用,颉抗作用降低了污染元素毒性的临界值。吴燕玉等^[13]研究发现,Cd、Pb、Cu、Zn、As 元素间交互作用表现为 Pb、Zn、As 在有利于土壤 Cd 的解吸与植物的吸收。另有文献报道,在 Cd、As 调作用下,Cd₃(AsO₄)₂ 可透过植物细胞膜,说明复合污染会提高 Cd 的吸收系数,增强联合毒性。因此在研究土壤与农作物的重金属污染时,不能仅考虑单一的重金属污染。多元的重金属复合污染是一个相当复杂的过程,其生态效应受多种因素的影响,有待进一步研究。

2 农田土壤重金属污染的来源

农田重金属污染的污染源主要有以下几种:

(1) 随大气沉降进入土壤。重金属以气溶胶的形态进入大气,经过自然沉降和降水进入土壤^[14]。据调查,公路附近的土壤和水体要比远离公路地区污染严重,这是因为汽车和摩托车轮胎及燃油中含有重金属的缘故。

(2) 随污水进入土壤。大量的工业废水未经处理直接进入水体并随灌溉进入农田,使重金属以不同形态在土壤中吸附和转化。

(3) 随固体废弃物进入土壤。大量的工业废弃物在堆放和处理过程中,由于日晒雨淋水洗,使重金属向周围土壤、水体扩散,随着污泥进入土壤。

(4) 随农用物资进入土壤。化肥引起的重金属污染主要来自磷肥,由于磷矿中含有痕量的镉,从而导致成品肥料镉污染。这些随磷肥进入土壤的镉与土壤中自然存在的镉相比具有较大的可溶性^[15]。许多研究表明,随磷肥及复合肥的大量施用,土壤有效镉的含量不断增加,作物吸收镉的量也相应增加。

3 重金属污染农田土壤的植物修复技术

植物修复是以植物忍耐和超量积累某种或某些污染物的理论为基础,利用自然生长或遗传工程培育的植物及其共存微生物体系,清除环境中污染物的环境污染治理技术。植物修复为从根本上解决土壤重金属污染提供了一条重要的修复和治理途径。根据修复作用过程与机理,重金属污染土

参考文献:

- [1] 李法云,藏树良,罗义.污染土壤生物修复技术研究[J].生态学杂志,2003,22(1):35-39.
- [2] 张从,夏立江.污染土壤生物修复技术[M].北京:中国环境科学出版社,2000.167-169.
- [3] 韦朝阳,陈同斌.重金属超富集植物及植物修复技术研究进展[J].生态学报,2001,21(7):1197-1203.
- [4] 张勇.沈阳郊区土壤及农产品重金属污染的现状评价[J].土壤通报,2001,32(4):182-186.
- [5] 庞奖励,黄春长,孙根年.西安污灌区土壤重金属含量及对西红柿影响研究[J].土壤与环境,2001,10(2):94-97.
- [6] 李秀兰,胡雪峰.上海郊区蔬菜重金属污染现状及累积规律研究[J].化学工程师,2005,(5):37.
- [7] 陆引罡,王珣.贵州贵阳市郊区菜园土壤重金属污染的初步调查[J].土壤通报,2001,32(5):234-237.
- [8] 李其林,赵中金,黄昀.重庆市近郊蔬菜基地土壤和蔬菜中重金属的质量现状[J].重庆环境科学,2000,22(6):33-37.
- [9] 丁爱芳,潘根兴.南京城郊零散菜地土壤与蔬菜重金属含量及健康风险分析[J].生态环境,2003,12(4):409-410.
- [10] 陈桂芬,黄克芬,黄武杰,等.南宁市菜地土壤及蔬菜重金属污染状况调查与评价[J].广西农业科学,2004,35(5):390-391.
- [11] 魏秀国,何江华,陈俊坚,等.广州市蔬菜地土壤重金属污染状况调查及评价[J].土壤与环境,2002,11(3):252-254.
- [12] 何江华,柳勇,王少毅,等.广州市菜园土主要蔬菜重金属背景含量的研究[J].生态环境,2003,12(3):269-272.
- [13] 吴燕玉,余国营,王新,等.CdPbCuZnAs 复合污染对水稻的影响[J].农业环境保护,1998,17(2):49-54.
- [14] 崔德杰,张玉龙.土壤重金属污染现状及修复技术研究进展[J].土壤通报,2004,35(3):366-370.
- [15] 陈怀满,等.土壤中化学物质的行为与环境质量[M].北京:科学出版社,2002.235-236.
- [16] 沈振国,刘友良.超积累重金属植物研究进展[J].植物生理学通讯,1998,34(2):133-139.

壤的植物修复技术可分为以下三种类型:

(1) 植物稳定(Phytosabilization)是通过耐重金属植物及其根际微生物的分泌作用螯合、沉淀土壤中的重金属,以降低其生物有效性和移动性,并防止其进入地下水和食物链,减少对环境和人类健康危害的风险。对土壤环境中 Pb 的固定研究表明,一些植物可降低 Pb 的生物有效性,缓解 Pb 对环境中生物的毒害。此外,植物可以通过根际微生物改变根际环境的 pH 值和 EH 值来改变重金属的化学形态,固定土壤中的重金属。

(2) 植物挥发(Phytovolatilization)是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,释放到大气环境中,从而减轻土壤污染。在这方面,已有的研究主要针对易于形成生物毒性低的挥发性有机物的元素 Se 和挥发性重金属 Hg。许多植物可从污染土壤中吸收 Se 并将其转化为可挥发态。虽然现在还未发现能直接挥发 Hg 的自然生长的植物,但有研究利用转基因植物挥发汞。可以说,植物挥发为土壤中 Se 和 Hg 等元素的去除提供了一种潜在的可能性。

(3) 植物提取(Phytoextracion)是目前研究最多并且最有前景的方法,用超积累植物的根系从土壤中吸取重金属,并将其转移、贮存到植物的地上部分,然后收割地上部分,连续种植超积累植物即可将土壤中的重金属降到可接受水平。能用于污染土壤植物修复的超积累植物应具备以下几个特性:即使在污染物浓度较低时也有较高的积累效率;在体内积累高浓度的污染物;能同时积累多种重金属;生长快,生物量大;抗虫抗病能力强。目前发现的对重金属具有超积累能力的植物有 45 科约 400 多种,其中 73% 为 Ni 的超积累植物^[16]。

4 植物修复技术的优点

植物修复的优点与其他物理的、化学的和工程方面治理土壤污染的技术相比,利用植物修复的方法来治理重金属污染土壤有其独特的优点:(1) 成本低。据估计,把土壤铅含量从 1.4 g/kg 降到 0.4 kg/kg,每年种植植物 3 季,每季收获干物质 40 t/hm²,共种植 10a,植物收获物在填埋场进行处理,在美国的条件下所需费用为 279 000 美元/hm²,而用挖掘和填埋方法处理的费用为 1 620 000 美元/hm²,用土壤淋洗法处理的费用为 790 000 美元/hm²。(2) 不破坏土壤生态环境。能使土壤保持好的结构和肥力状态,无需进行二次处理,即可种植其他植物。(3) 通过对植物的集中处理,造成二次污染的机会较少。对一些植物内的金属还可回收利用,特别是贵金属。超量积累植物焚烧后的灰分一般具有较高的重金属含量。(4) 植物修复是一个自然过程,易为公众所接受。