

# 我国蔬菜重金属污染现状及治理措施

孙光闻<sup>1,2</sup>, 朱祝军<sup>1</sup>, 方学智<sup>1,3</sup>, 陈日远<sup>2</sup>, 刘厚诚<sup>2</sup>

(1. 浙江大学农业与生物技术学院园艺系, 杭州 310029; 2. 华南农业大学园艺学院, 广州 510642;

3. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 314000)

中图分类号: S63 文献标识码: B 文章编号: 1001-0009(2006)02-0066-02

重金属是密度大于  $5.0 \text{ g/cm}^3$  的一组金属元素, 其中包括镉(Cd)、汞(Hg)、铅(Pb)、铝(Al)、银(Ag)、锡(Sn)等约 40 多种金属元素。这些元素在岩石形成过程中主要以分散的形式存在。由于工业革命和工业发展对重金属的需求量增加, 导致人为大量重金属释放到生物圈中。重金属是很重要的环境污染物, 它们普遍存在于大气、土壤和水中, 极低浓度就能对生物体造成危害, 而且重金属在食物链中的积累是十分危险的。随着工业的发展和农业生产的现代化, 土壤重金属污染日益严重, 土壤重金属污染来源广泛, 包括采矿、冶炼、金属加工、化工、废电池处理、电子、制革和染料等工业排放的三废及汽车尾气排放、农药和化肥的施用等<sup>[1]</sup>。

蔬菜是人们日常生活中不可缺少的副食品, 而菜地大多集中分布在城镇近郊, 较易受到工、矿“三废”、交通工具、城市生活废弃物、肥料农药等重金属源的污染, 并通过蔬菜影响人们健康。据估计, 人体中的重金属 Cd 70% 来自于食品中的蔬菜, 而蔬菜作物或蔬菜作物的可食用部分中积累的 Cd 主要来源于菜园土壤, 部分来自灌溉水。因此做好菜田及蔬菜可食用部分重金属污染的预防及治理, 对保护人们身体健康具有重要意义。

## 1 蔬菜重金属污染现状

随着工业迅猛发展, 大量的重金属严重污染了农田。我国大多数城市近郊土壤都受到了不同程度的重金属污染, 有许多地方粮食、蔬菜、水果等食物中 Cd、Cr、As、Pb 等重金属含量超标和接近临界值。一些国家和地区已拒绝进口我国被污染的农副产品。颜明娟报道, 福州郊区的部分菜园土受到 Cd 污染, 土壤 Cd 范围在  $0.123 \text{ mg/kg} \sim 0.351 \text{ mg/kg}$ 。空心菜、芥菜、白包菜及日本大葱的 Cd 含量(以鲜重为基数)全部超标, 茄子、芋头、青包菜、萝卜中有部分样品 Cd 含量超标, 最严重的为标准的 15 倍<sup>[2]</sup>。甘肃的白银市中心区是我国重要的有色金属冶炼加工与化工基地之一。城郊农业生产中因污灌, 土壤环境已表现出不同程度的重金属复合污染。北京市污水灌溉影响的耕地面积为  $80 \text{ 万 hm}^2$  (公顷), 占北京市耕地面积的 23%, 其中有 70%~80% 受到轻度污

染, 5%~10% 受到中度污染。哈尔滨污灌区是我国十大污灌区之一, 有 30 余年污灌历史, 是我国唯一以蔬菜生产为主的都市污灌区。蔬菜的 Pb、As、Cd 均超标。灌区农作物中 Pb、Cd、As 含量与美国、日本、加拿大农作物中 Pb、Cd、As 含量比较后可知: Cd 含量高出日本 1.6~5.0 倍, 高出美国 2.6~3.3 倍; As 含量高出日本 0.3~17.3 倍, 高出美国 0.83~3.71 倍。浙江省乐清市菜地土壤 Cd 污染严重, Cu 污染次之, Zn 污染较轻; 部分种类的蔬菜可食用部分 Cd、Cu 等含量严重超标<sup>[3]</sup>。山西大同是我国重要的能源及化工基地, 大同市蔬菜受 Hg、As、Pb、Cd 污染极其严重, 主要原因是长期使用污水灌溉造成的<sup>[4]</sup>。唐书源等<sup>[5]</sup>报道, 重庆蔬菜, 包括叶菜类、豆类、瓜果类和根茎类已经受到重金属和农药污染。重金属污染以 Sn 和 Pb 为主, 根茎类和瓜果类较为突出; Sn 污染最严重。魏秀国等<sup>[6]</sup>调查表明, 广州市蔬菜地土壤重金属污染状况, 测定 95 份土壤样品中 Pb、Cd、铬、砷、Hg 的含量水平。土壤中 Pb、Cd、铬、砷、Hg 的含量分别在  $6.44 \sim 153.10$ 、 $0 \sim 0.682$ 、 $5.82 \sim 101.60$ 、 $0.04 \sim 45.36$ 、 $0.01 \sim 0.32 \text{ mg/kg}$ 。就污染的普遍性而言, Pb 污染最为普遍, 其次是砷污染; 就污染的程度而言, Cd 污染最严重, 其次为砷、Pb。张超兰等<sup>[7]</sup>研究发现南宁市郊部分菜地土壤已受到 Cd、Cu、Pb、Zn 的污染。冯明祥等<sup>[8]</sup>调查了青岛市郊部分菜地土壤的污染状况, Cd 污染最严重, 其次为砷和 Pb。杭州市郊菜园土中, 重金属元素污染  $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$ , 在调查的 11 个村 80 个样点中其中有 3 个村的所有样点的 Cu、Pb、Zn 均已达到污染程度<sup>[9]</sup>。由此可见, 我国城郊部分菜地土壤重金属污染形势非常严峻, 已不容忽视。

土地受到污染后, 含重金属浓度较高的污染表土容易在风力和水力的作用下分别进入到大气和水体中, 导致大气污染、地表水污染、地下水污染和生态系统退化等其它次生生态环境问题。土壤中的有害重金属积累到一定程度就会对土壤-植物系统产生毒害, 不仅导致土壤的退化、农作物产量和品质的降低, 并可能通过直接接触、食物链等途径危及人类的生命和健康—尤为严重的是有毒重金属在土壤系统中的污染过程具有隐蔽性、长期性和不可逆性的特点。因此, 土壤系统中的金属(特别是有毒重金属)污染和防治一直是国际上的难点和热点研究课题<sup>[1]</sup>。

## 2 菜田污染的治理措施

### 2.1 污染菜田的治理

2.1.1 翻耕、客土与换土 翻耕是把污染重的表层翻至下层, 而把污染轻的下层翻为表层。客土是指在污染土壤上覆盖一层净土。换土则是先将受污染的表土挖走, 然后再填入同等厚度的新土。通常以处理 30 cm 深的土层为宜。这三种方法以换土效果最好, 但采用换土措施会带来如何处置被



第一作者简介: 孙光闻, 女, 1968 年生, 博士, 1993 年吉林农业大学蔬菜学硕士毕业。2001 年 9 月~2004 年 6 月于浙江大学攻读蔬菜学博士学位, 现任华南农业大学园艺学院蔬菜系讲师, 主要从事设施园艺、蔬菜栽培、营养、逆境生理等教学

研究工作, 近年先后参加省、市级多项课题的研究工作, 在国内外学术期刊上发表论文 10 多篇。

收稿日期: 2005-11-10

挖掘的受污染土壤的问题,处理不好,就很可能导致二次污染。由于这类物理措施都需要大量的人力物力,通常它们只用于污染较重的土壤。

2.1.2 水洗和淋溶 水洗法是采用清水灌溉稀释或洗去重金属离子,使重金属离子或迁移至较深土层中,以减少表土中重金属离子的浓度;或者将含重金属离子的水排出田外。淋溶法是用试剂和土壤中的重金属作用,形成溶解性的重金属离子或金属络合物,从提取液中回收重金属,并循环利用提取液的技术。应用 EDTA 络合剂去除土壤中的 Cu、Ni、Cd、Zn, 0.01mol/L EDTA 能去除初始浓度为 100mg/kg ~ 300mg/kg 重金属的 80%。这两种技术的运用要慎重,特别注意防止二次污染<sup>[10]</sup>。

2.1.3 施用土壤改良剂 在受重金属污染的土壤中施用石灰性物质,如氢氧化钙、碳酸钙、硅酸钙等来提高土壤 pH,可有效地降低重金属的活性。陈玉成等<sup>[11]</sup>盆栽试验表明,在高污染背景条件下,添加石灰、腐殖酸、硫化钠、亚硒酸钠都能够抑制土壤 Hg、Cd 进入蔬菜,但选用腐殖酸既能增产,又能降低蔬菜 Hg、Cd 含量。邓波儿和刘同仇研究表明,石灰、钙镁磷肥、草炭、粉煤灰、绿肥等几种供试改良剂均不同程度地降低米 Cd 含量,但以施钙镁磷肥最有效。林匡飞等发现,钙镁磷肥和硅肥混合施用可以极显著地提高水稻植株的经济性状和产量,增强抗逆和抗病虫能力,且能有效地降低糙米 Cd 含量,相对下降 72.1%~84.2%。硅肥能抑制水稻对 Cd 吸收,施硅肥后糙米 Cd 含量相对下降 92%以上,稻草 Cd 含量下降 94%。利用石灰、石灰+泥炭、石灰+猪粪等处理,可提高土壤 pH 及有机质含量,降低水稻、花生对 Cd 的吸收<sup>[12]</sup>。石灰和钙镁磷肥也能降低小白菜对 Cd 的吸收<sup>[13]</sup>。张亚丽等<sup>[14]</sup>发现有机肥料的施用明显降低了土壤中有有效性 Cd 的含量,其中猪粪效果优于秸秆类。高贵喜等<sup>[15]</sup>研究表明,经过稀土处理的大白菜,与对照相比,重金属含量显著下降,经过处理的大白菜产量也比对照有较大幅度提高。

2.1.4 调节土壤 Eh 旱改水或淹水栽培是降低土壤 Eh,使土壤处于还原状态的有效措施,从而保证 Cd 变成无机盐沉淀和低有效性状态。当然,含硫少的酸性土壤,施用石灰硫磺合剂,既可降低土壤酸度,又可保证在还原条件下产生更多的 S<sup>2-</sup>来生成 CdS 沉淀。

2.1.5 植物修复 植物修复是一项去除土壤中重金属的新技术。Cunningham 和 Berti 将其定义为用维管植物从环境中去除污染物或使其无害化。与传统的治理重金属污染土壤技术相比有很大的优势。包括可大规模应用推广,高效低耗;植物可以美化污染地点的环境;处理有毒废物只需要少量的设备,并且在处理植物的同时可回收利用重金属。

植物修复技术包括以下几个策略。一是植物萃取(Phytoextraction),即将重金属从土壤中转移到植物可收获的地上部分;二是根系过滤(Rhizofiltration),即植物的根系或幼苗种植在通气的水中来沉淀或集中有毒重金属;三是植物挥发(Phytovolatilization),植物从土壤中吸收挥发性的金属(例如汞和硒)并通过叶片把它们挥发掉;四是植物固定(Phytostabilization),即利用重金属耐性植物减少重金属的移动性。

所有的植物都有从土壤中吸收多种类的金属的特性。大部分植物只吸收对它们生命活动和生长有益的金屬;但有一类特殊的植物却能忍受、吸收和转运对其它生物产生毒害的较高水平的重金属,这样的植物被称为超积累植物。超积

累植物定义为生长在富含重金属的土壤中,地上部含金属量 > 100 mg/kg Cd; > 1000 mg/kg Ni、Pb、Cu; > 10000 mg/kg Zn、Mn (干重)的植物种类。

由于植物这种超积累重金属能力,使得利用植物修复技术治理重金属污染的环境越来越受到关注。例如,超积累植物 *Thlaspi caerulescens* 清除土壤 Zn 污染的效率分别是油菜的 60 倍和萝卜的 150 倍。Robinson 等证明 *Thlaspi caerulescens* 在治理土壤 Cd 污染方面具有极大的潜力。Chen 等发现香根草(*vetiver*)有很高的从土壤中去 Cd、Pb、Zn 能力。

但这项新技术也有其局限性,目前还不能大规模推广。原因是:现有绝大多数超积累植物只能积累一种重金属,而环境中重金属污染往往都是复合性的;超积累植物生长缓慢而生物量低;超积累植物多为野生植物,对其生物学性状知之不多;对这些植物聚集、转运及地上部积累重金属的生理过程还不很清楚。

此外,应加强对未污染菜田的重金属污染预防工作,严禁用工业废水等污水灌溉菜田,防止污水中的重金属元素进入土壤。菜田禁止施用含有重金属的化肥和农药。对菜田土壤增施有机肥,提高土壤有机质含量,增强土壤对重金属净化能力。充分利用作物对不同重金属元素的选择吸收作用,实施科学轮作,降低土壤中重金属的含量。

#### 参考文献:

- [1] 龙新究,杨肖娥,倪吾钟. 重金属污染土壤修复技术研究的现状与展望[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 757~762
- [2] 黄金煌,王果. 蔬菜对土壤 Cd 富集能力的研究[J]. 福建农业科技, 2001, (3): 17~18
- [3] 赵丽芳,黄鹏武,张作选,等. 乐清市菜地土壤养分及重金属污染状况调查研究[J]. 浙江农业科学, 2001, (3): 124~126
- [4] 杨红霞. 大同市污水灌溉对农作物影响的研究[J]. 农业环境与发展, 2002, (4): 18~19
- [5] 唐书源,张鹏程,赵治书,等. 重庆蔬菜的安全质量研究[J]. 云南地理研究, 2003, 15(4): 66~71
- [6] 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
- [7] 张超兰,白厚义. 南宁市郊部分菜区土壤和蔬菜重金属污染评价[J]. 广西农业生物科学, 2001, (9): 201~205
- [8] 冯明祥,王佩圣,王继青,等. 青岛郊区果园土壤重金属和农药污染研究[J]. 中国果树, 2002, 6(1): 24~26
- [9] 叶兰军,谢正苗,徐建明. 杭州市郊菜园土部分重金属污染状况的调查[J]. 浙江农业科学, 2003, 3: 123~125
- [10] 陈丙义,赵安芳. 重金属污染土壤对农业生产的影响及其可持续利用的措施[J]. 平顶山工学院学报, 2003, 12(2): 31~33
- [11] 陈玉成,赵中金,孙彭寿,等. 重庆市土壤-蔬菜系统中重金属的分布特征及其化学调控研究[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 44~47
- [12] 李瑞美,王果,方玲. 石灰与有机物料配施对作物 Cd、Pb 吸收的控制效果研究[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(3): 293~296
- [13] Chen X T, Wang G, Liang Z C. Effect of amendments on growth and element uptake of Pakchoi in a cadmium, zinc and lead contaminated soil[J]. Pedosphere, 2002, 12(3): 243~250
- [14] 张亚丽,沈其荣,姜洋. 有机肥对镉污染土壤的改良效应[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 212~218
- [15] 高贵喜,赵惠玲,王青,等. 稀土抗大白菜重金属污染栽培研究[J]. 山西农业科学, 2003, 31(4): 59~60