

文章编号:1003-8701(2009)02-0061-04

中国菜地土壤和蔬菜重金属污染研究进展

汪琳琳,方凤满,蒋炳言

(安徽师范大学国土资源与旅游学院,安徽 芜湖 241003)

摘 要:本文从菜地土壤和蔬菜重金属污染现状、土壤-蔬菜系统中重金属迁移转化规律及影响因素分析、重金属污染控制措施和研究展望4个方面概述了我国菜地土壤和蔬菜重金属污染的研究进展,为下一步开展菜地土壤和蔬菜重金属污染研究提供参考依据和经验借鉴,并结合我国的实际情况提出今后在这一领域的工作重点。

关键词:菜地土壤;蔬菜;重金属污染

中图分类号:X53

文献标识码:A

Processes of Studies of Heavy Metal Pollution of Soil and Vegetables on China's Vegetable Field

WANG Lin-lin, FANG Feng-man, JIANG Bing-yan

(College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241003, China)

Abstract: This paper presents study Progress of studies of heavy metal pollution of soil and vegetables on China's vegetable field was presented in the paper from four aspects, i.e., the present situation of heavy metal pollution of soil and vegetables in vegetable field, heavy metal migration transformation regularity and influencing factor analysis in soil-vegetables system, heavy metal contamination controlling measure and prospect of future researches. These provide reference and experience for studying heavy metal pollution on soil and vegetables of vegetable field afterwards. Key emphasis in this study in the future was proposed based on our country's actual situation.

Key words: Vegetable field soil; Vegetables; Heavy metal pollution

蔬菜是人们日常生活中必不可少的食物,但是随着工业化、城市化的发展,越来越多的污染物质被释放到环境中,特别是重金属可以通过大气和土壤等途径进入蔬菜中,并在蔬菜内富集,最后通过食物链进入人体,对人们的健康产生潜在的危害。更为严重的是这种污染具有隐蔽性、长期性、不可逆性等特点。据报道我国儿童铅中毒发病率大约为51.6%,并且其毒性作用可持续到成人,短期内不可逆转^[1]。因此,开展对菜地土壤和蔬菜重金属污染进行深入研究尤为重要。

收稿日期:2008-12-23

基金项目:“安徽师范大学地表过程与环境响应优秀创新团队设计计划”和安徽省高校青年教师资助计划项目(2007jq1063zd)资助

作者简介:汪琳琳(1983-),女,硕士研究生,主要从事区域环境综合评价与环境规划方向的研究。

1 菜地土壤和蔬菜的重金属污染现状

1.1 菜地土壤和蔬菜的重金属含量水平

我国北京、上海、杭州、成都、西安、南京、天津和南昌等大中城市对菜地土壤和蔬菜重金属污染情况都进行过较详细的调查研究,基本上了解了重金属污染的情况。

陈同斌等从1999年开始先后检测了北京市1500多个土壤和蔬菜样品中的重金属(As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn等)含量,发现与北京市土壤铅背景值相比,北京市蔬菜基地的土壤铅平均积累指数为1.21,As、Cd、Cr的含量明显偏高,积累现象明显。北京市各大类和各品种蔬菜Pb、As、Cd、Cr的平均值与相应的卫生标准相比,铅的综

合超标率为 9.2% ,As、Cd、Cr 也有个别样品含量较高,蔬菜中的重金属对北京市居民的健康存在较大的威胁^[2-5]。姚春霞等对上海市浦东新区非污灌区的 4 个蔬菜园艺场和张江镇 2 个污灌区的土壤及其对应生长的蔬菜中 7 种重金属进行检测。结果表明,4 个蔬菜园艺场符合无公害食品生产的园艺场环境要求,而张江镇污灌区的土壤 Cd 污染严重,其次是 Cu、Zn 和 Hg 污染,其上生长的蔬菜中 Cr 和 Cd 100% 超标^[6]。尽管不同的研究人员所采用的评价标准不同,但是重金属在菜地土壤和蔬菜中的积累是显而易见的,部分已经达到较高的残留水平,有的已经超过了相关的标准,对人们的健康构成了潜在的威胁。

1.2 菜地土壤和蔬菜重金属污染的空间分布规律

从全国范围来看,中国不同的区域菜地土壤重金属含量及其分布规律各异。其中 Cu、Zn、Cd、Hg 的含量以东部地区较高,Cr、Pb、As 的含量以中部地区较高,而西部地区菜地土壤的重金属含量则普遍较低^[7]。

从某个城市内部来看,城市不同功能区形成了不同的耕作方式,土壤和蔬菜的重金属污染程度也不同。陈亚华等对南京地区不同功能区农田重金属的含量检测,发现分别有 12%、56%、18%、58% 的土壤中 Pb、Cu、Zn、Cd 的含量超过国家土壤环境质量二级标准限值(GB15618-1995)。矿区周边农田污染最为严重,其次为污灌地和公路沿线农田,部分农产品基地存在轻度 Cd 污染,工厂周边农田土壤污染相对较小。同样以矿区周边污染农田的青菜样本重金属含量最高^[8]。城市重金属污染的另一个特征就是沿交通干线两侧呈现出带状污染,如黄绍文等研究发现河北省定州市北城区东关村城郊公路边菜田土壤 Cu、Zn、Pb 和 Cd 总量和韭菜可食部分 Pb 含量总体上均随距公路距离的增加呈降低的趋势^[9]。

2 土壤 - 蔬菜系统中重金属迁移转化影响因素分析

重金属在土壤 - 蔬菜系统中的迁移转化机制十分复杂,除了与蔬菜种类有关外,还与土壤环境条件、组成物质、重金属本身性质、含量以及重金属在土壤中的存在形态、复合污染、土壤的类型等有关。

2.1 蔬菜种类和器官

不同的蔬菜由于生物学特性不同,对重金属

的吸收积累量有明显的差异。朱兰保等的研究发现,蚌埠市蔬菜中重金属含量大小顺序为:叶菜类 > 茄果类、豆类 > 瓜类^[10]。但同种蔬菜的不同器官中重金属含量也有所不同。李非里等对 Cd 在辣椒中不同部位含量的调查结果显示,根对 Cd 具有明显的富集作用,其次为茎叶,果实中含量仅为茎叶的 0.42~0.51 倍^[11]。

2.2 土壤环境条件

目前绝大多数的研究认为,pH 值对土壤中重金属的生物有效性影响较大。由于土壤胶体带负电荷,而绝大多数金属离子带正电荷,所以土壤 pH 值越高,金属离子被吸附的越多,进入蔬菜体内也越少。廖凌发现通电和加入 KCl 处理的情况下,污泥的 pH 值降低,提高了野芋对 Cu、Zn 的吸收^[12]。

氧化还原电位可直接改变重金属的氧化状态,从而影响溶解、吸附、解吸、沉淀和土壤中的其它相互作用^[13]。对不同的重金属元素影响不同,在还原条件下,很多重金属元素已形成难溶的硫化物,降低蔬菜对其吸收。在氧化条件下,Fe、Mn 形成氧化物难于被蔬菜吸收,但 As、Se 等易形成络合阴离子,其进入蔬菜的活性增强。

2.3 土壤的物质组成

土壤有机质吸附重金属主要集中于腐殖质,因为腐殖质能提供大量的螯合基团,对很多重金属元素有较强的固定作用,使进入蔬菜中的重金属减少。土壤对重金属的吸附量随着土壤有机质含量的增加而增加^[14]。除此以外土壤质地对其重金属的吸附也有较大的影响,一般来说,黏粒对重金属的吸附力比砂粒强,降低了重金属向蔬菜体内迁移转化的能力。

2.4 重金属的种类、含量以及在土壤中的存在形态

不同的重金属具有不同的物理化学性质,因而在土壤 - 蔬菜系统中迁移转化机制也有所不同。一般对同一类蔬菜而言,Cu、Cd、Zn 为高富集元素,Hg、As、Cr 为中等富集元素,V、Pb 为低富集元素^[15]。

一般情况下,蔬菜从土壤中吸收重金属的量和土壤中重金属的总含量密切相关,但土壤重金属的总含量并不是蔬菜吸收程度的一个可靠指标^[16]。胡斌等对焦作市朱村矿蔬菜及土壤中重金属含量对比分析发现,土壤污染与蔬菜污染的情况并不一致。土壤中 Pb 超过国家标准的情况很少,但在蔬菜中发现普遍存在着 Pb 污染超标的情况,土壤 Zn 超标严重,但蔬菜中 Zn 超标并非最为严重^[17]。说明土壤重金属含量只是影响蔬菜重金属含量的

一个因素,重金属在土壤-植物系统的迁移转化过程是非常复杂的。一般来说,蔬菜中的重金属含量与土壤中重金属有效含量有较好的相关性。温玉辉对佛山市各种蔬菜食用部分 Cd 含量与土壤的全量、交换态量、铁锰态量呈极显著正相关,其中与土壤交换态量的相关系数最高^[18]。

2.5 重金属复合污染

复合污染与单个重金属元素污染对蔬菜体内的重金属含量的影响是不同的。易秀等研究表明,在 Cr 单独处理中,随着 Cr 浓度增加会刺激植物对 Cr 的吸收,在交互处理中 As 的加入阻止了植物对 Cr 的吸收,且随着 As 浓度的增大阻碍作用越明显^[19]。

2.6 土壤类型的影响

不同的土壤类型,其有机质含量、孔隙度、酸碱度、酶活性、CEC 等理化特性不同,直接影响重金属在土壤中的迁移与固定,从而影响蔬菜对其吸收与富集^[20]。岳振华等对蔬菜在湖南省长沙市、邵阳市等的灰菜园土、红菜园土、潮菜园土上重金属含量的研究表明,在 3 类菜园土中灰菜园土对重金属的吸收和化学固定作用最强,潮菜园土最弱,红菜园土居中^[21],一定程度上使得生长在这 3 类不同土壤类型中的蔬菜重金属含量不同。

3 土壤-蔬菜系统中重金属污染控制措施

3.1 改良土壤重金属污染的途径

如果土壤的重金属污染程度较低,可以在土壤中加入石灰、矿渣和碱性磷酸盐等碱性物质调节土壤的 pH 值,使重金属生成难溶的氢氧化物沉淀和磷酸化合物,从而降低重金属进入生物链的能力,使蔬菜对重金属吸收减少。杜彩艳等的盆栽试验结果表明,施用石灰后,土壤中碳酸盐结合态 Pb、Cd 和 Zn 含量明显减少,Fe、Mn 氧化物结合态和有机物结合态 Pb、Cd 和 Zn 含量明显增加^[22]。

但是对于土壤重金属污染比较严重的地区,使用化学措施往往不理想,可以采用客土、换土、去表土等工程措施。汪雅谷等对重金属污染的菜区进行客土改良试验,结果表明,青菜体内的重金属残留量平均下降了 50%~80%^[23]。但是该方法工程量大,投资高,易导致土壤肥力下降,只适用于小面积的土壤污染。

近几年,植物修复技术,特别是超富集植物的筛选成为研究热点。从 1998 年开始,陈同斌和韦朝阳在我国湖南、广西等地发现对 As 的超富集植

物蜈蚣草,能够抵抗受含 As 量为 3% 的高污染环境^[24]。植物修复技术是一种新兴高效、绿色廉价的生物修复途径,成本低,经济效益高。以上 3 种措施各有利弊,所以在实际应用中可以将单一措施进行组装配套,以便提高对土壤和蔬菜重金属污染的控制效果。

3.2 控制蔬菜重金属污染的对策

要控制蔬菜重金属污染,首先要选择一个适宜蔬菜健康生长的无污染环境。其次,根据不同蔬菜种类和不同器官对重金属富集和吸收的差异,合理进行蔬菜的生产布局。在重金属污染的地区尽量减少对易富集重金属的叶菜类蔬菜的种植,比如,小白菜、苋菜等,相反,应该有针对性地栽种对重金属有较强抗性的瓜果类蔬菜品种,比如,番茄、黄瓜等。汪雅谷等研究发现,相对于普通作物来说,种植低富集作物可使污染田块的蔬菜含 Cd 量降低 50%~80%,同时明显提高了蔬菜的产量^[25]。最后,大量施用无害有机肥。利用有机肥中的有机质增加土壤对重金属的吸附作用,从而有效减少蔬菜对重金属的富集量。除此以外,要严格控制工业“三废”的排放,对菜田进行污水灌溉、污泥施用前应该要严格监测其重金属浓度。

4 研究展望

4.1 完善我国土壤环境质量标准体系和蔬菜食品卫生标准

近几年,很多国家都对土壤环境质量标准作了大量研究,并制定出完备的土壤标准体系。但我国现有的相关标准缺乏普遍适用性,和国际同类标准相比,Cd、Hg 的限量可能过于严格,而 Pb 的标准又可能过宽。因此,需要加强相关标准的修订,建立符合我国国情的土壤环境质量标准体系。另外,蔬菜食品卫生标准体系也不完善,这必将影响我国蔬菜的出口创汇和人民的身体健康。

4.2 加强蔬菜重金属吸收积累的基因型差异研究和驯化超积累植物的力度

通过调查研究选育对重金属低富集且产量较高的蔬菜品种,并研究其低富集的遗传原理,进一步推进抗重金属污染的基因型蔬菜品种的培育步伐。另外,对筛选出来的自然界中的超积累植物,用控制植物生长的方法一方面促进超积累植物的生长,另一方面使其体内的重金属含量不降低,起到驯化栽培作用。

参考文献:

[1] 孙冬韦,刘丽,郝滨. 孕妇与儿童铅中毒研究进展[J].

- 中华妇幼保健, 2001, 16(6):386-387.
- [2] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铅含量及其健康风险评估[J]. 中国农业科学, 2006, 39(8):1589-1597.
- [3] 宋波, 高定, 陈同斌, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铬含量及其健康风险评估[J]. 环境科学学报, 2006, 26(10):1707-1715.
- [4] 宋波, 陈同斌, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜镉含量及其健康风险分析[J]. 环境科学学报, 2006, 26(4):1343-1353.
- [5] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市蔬菜和菜地土壤砷含量及其健康风险分析[J]. 地理学报, 2006, 61(3):297-310.
- [6] 姚春霞, 陈振楼, 张菊, 等. 上海市浦东新区土壤及蔬菜重金属现状调查及评价[J]. 土壤通报, 2005, 36(6):884-887.
- [7] 曾希柏, 李连芳, 梅旭荣. 中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11):2507-2517.
- [8] 陈亚华, 黄少华, 刘胜环, 等. 南京地区农田土壤和蔬菜重金属污染状况研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3):356-360.
- [9] 黄绍文, 韩宝文, 和爱玲, 等. 城郊公路边菜田土壤和韭菜中重金属的空间变异特征[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊):152-157.
- [10] 朱兰保, 高升平, 盛蒂, 等. 蚌埠市蔬菜重金属污染研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(12):2772-2773.
- [11] 李非里, 刘丛强, 杨元根, 等. 贵阳市郊菜园土—辣椒体系中重金属的迁移特征[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(4):52-56.
- [12] 廖凌. 通电和 KCL 处理对野芋吸收城市污泥重金属 Cu、Zn 的影响[J]. 广东农业科学, 2008(5):78-81.
- [13] 利锋, 张学先, 戴睿志. 重金属有效态与土壤环境质量标
- *****
- (上接第 60 页)
- 6 种套袋果实的 Vc 含量与对照相比均有不同程度的降低, D-1 和 D-6 降低的很少, D-3、D-4 和 D-5 降低的较大, D-2 降低的最多, 比对照降低了 25%。
- 不论哪种果袋, 套袋果实 Vc 含量比对照略有下降。张红菊等^[10]认为, 这是果实长期处在遮光条件下生长, 光合作用受到一定程度限制, Vc 合成受到影响的缘故。

3 结 论

3.1 苹果梨果实套袋可提高果实的外观品质, 本试验所用的 6 种果袋, 均使苹果梨果实的果皮光洁度得到改善, 着色好, 果点减少, 但不同质地的果袋对单果质量影响不同, 有的提高, 有的降低。

3.2 苹果梨果实套袋能降低果实的内在品质, 本试验所用的 6 种果袋, 有 5 种果袋的果实硬度降低, 6 种果袋果实的可溶性总糖、可溶性固形物和 Vc 含量都下降, 只有可滴定酸含量与不套袋果相同或略有提高。

3.3 本试验采用的 6 种果袋, 经过综合分析认为, D-1 (山东果树所产外灰里红双层袋) 和 D-5

- 准制订[J]. 广东微量元素科学, 2008, 15(1):7-10.
- [14] 景丽洁, 王敏. 不同类型土壤对重金属的吸附特性[J]. 生态环境, 2008, 17(1):245-248.
- [15] 施泽明, 倪师军, 张成江. 成都城郊典型蔬菜中重金属元素的富集特征[J]. 地球与环境, 2006, 34(2):52-55.
- [16] 陈英旭, 朱祖祥, 何增耀. 土壤中铬的有效性 with 污染生态效应[J]. 生态学杂志, 1995, 15(1):79-84.
- [17] 胡斌, 王芳, 马光, 等. 焦作市朱村矿蔬菜及土壤中重金属污染分析[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊):27-29.
- [18] 温玉辉. 佛山市菜园地土壤及蔬菜重金属污染状况及治理[D]. 湖南, 湖南农业大学, 2005:21-22.
- [19] 易秀, 谷晓静, 辛玉玲. 铬砷及其交互作用对其土壤-植物系统迁移的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2):62-65.
- [20] 梁称福, 陈正法, 刘明月. 蔬菜重金属污染研究进展[J]. 湖南农业科学, 2002(4):45-48.
- [21] 岳振华, 张富强, 胡瑞芝, 等. 菜园土中重金属和氟的迁移积累及蔬菜对重金属的富集作用[J]. 湖南农学院学报, 1992, 18(4):929-937.
- [22] 杜彩艳, 祖艳群, 李元. 施用石灰对 Pb、Cd、Zn 在土壤中的形态及大白菜累积的影响[J]. 生态环境, 2007, 16(6):1710-1713.
- [23] 汪雅谷, 王玮, 卢善玲, 等. 客土改良菜区重金属污染土壤[J]. 上海农业学报, 1990, 6(3):50-55.
- [24] 韦朝阳, 陈同斌. 高砷区植物的生态与化学特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26(6):695-700.
- [25] 汪雅谷, 卢善玲, 盛沛麟, 等. 蔬菜重金属低富集轮作[J]. 上海农业学报, 1990, 6(3):41-49.
- *****
- (山东小林纸袋厂产外灰里红双层袋) 给苹果梨果实套袋效果较好。

参考文献:

- [1] 郭永臣, 鲁世杰, 高玉江. 苹果梨果实套袋技术的研究[J]. 吉林农业科学, 1998(4):73-75.
- [2] 王少敏, 高华君, 孙山. 套袋对绿宝石、玛瑙梨果实品质的影响[J]. 山东农业科学, 2001(2):21-22.
- [3] 张振铭, 张绍铃, 乔勇进, 等. 不同果袋对杨山酥梨果实品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(4):510-514.
- [4] 吴文勇, 皱波. 金秋梨果实套袋对品质的影响[J]. 中国南方果树, 2008, 37(1):68.
- [5] 陈在新, 杨玉华, 田应兵. 大果水晶梨果实套袋试验[J]. 长江大学学报(自科版)农学卷, 2007, 4(3):22-25.
- [6] HONG K H, KIM J K, JANG H I, et al. Effect of paper sources for bagging on the appearance of fruit skin in Oriental pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Gam chonbae and Yeongsanbae) [J]. J Korean Soc Hort Sci, 1999, 40(5):554-558.
- [7] 常有宏, 蔺经, 李晓刚. 套袋对梨果实品质和农药残留的影响[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(2):150-153.
- [8] 姜汉平, 李凤光, 吴丽敏. 早酥梨套袋对果实品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 2006(3):78-79.
- [9] 吴友根, 陈金印. 套袋对翠冠梨果实氨基酸含量及品质的影响[J]. 中国果树, 2004(2):17-20.
- [10] 张红菊, 赵怀勇, 张东星, 等. 成龄密植苹果梨套袋技术研究[J]. 北方园艺, 2006(3):84-86.