

文章编号:1004-3888(2002)05-0476-05

我国城郊菜地土壤和蔬菜重金属污染研究现状与展望^{*}

周建利¹, 陈同斌²

(1. 湖北农学院农学系, 湖北 荆州 434025; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:对我国城郊菜地土壤和蔬菜重金属污染现状、重金属污染研究以及重金属污染土壤的治理对策进行了论述,并结合我国国情提出了今后这一领域的研究工作重点。

关键词:菜地土壤;蔬菜;重金属污染;中国

中图分类号:X5

文献标识码:A

土壤是环境要素的重要组成部分,它承担着环境中大约90%的来自各方面的污染物。在土壤-植物系统中,重金属污染具有多源性、隐蔽性、一定程度上的长距离传输性和污染后果的严重性^[1]。蔬菜是人们日常生活中必不可少的食物,也是十分重要的经济作物。随着现代工业的发展,环境污染加剧,工业“三废”的排放及垃圾等废弃物和含金属的农药、化肥的不合理使用,导致菜地土壤受重金属的污染,进而污染蔬菜,再通过食物链进入人体而给人体健康带来潜在的危害。因此,开展城郊蔬菜及其土壤重金属污染的研究具有重要的现实意义。

1 我国城郊菜地土壤和蔬菜的重金属污染现状

20世纪90年代初期对上海市蔬菜及菜区土壤的研究结果表明,上海市蔬菜受到重金属污染,尤以Cd和Pb污染为甚,超标率分别为13.29%和12.0%^[2]。上海市宝山区菜区土壤受到不同程度的重金属污染,Cd和Hg为主要污染元素^[3]。戴军等^[4]1995年报道,广州市约有9.5%的菜区土壤受重金属污染,其中Cd、Pb和As的含量分别为广东省土壤背景值的2.77、2.97和1.40倍。80年代末期,周艺敏等^[5]的调查结果表明,天津市菜地土壤的8种重金属元素(Cu、

Zn、Pb、Cr、Ni、Cd、Hg、As)含量均高于本市农业土壤背景值的1倍以上,尤以Cd和Hg最为严重,分别为背景值的5倍和60倍。

90年代中期的调查结果表明,沈阳市蔬菜也受到程度不同的重金属污染,超标率较大的元素是Pb和Hg,其次是Zn和Cd;蔬菜综合超标率为36.1%,污染面积为3600 hm²^[6]。而沈阳市菜地土壤重金属含量与其土壤背景值相比,Cd、Pb、Zn的平均值分别为背景值的7.06、3.96和3.87倍^[7],表明了沈阳市菜地土壤已受到多种重金属的复合污染。最近,马往校等^[8]对西安市郊区蔬菜的可食部分中重金属元素监测的结果表明,Pb是西安市郊区蔬菜的主要污染元素,超标率为48.0%,最高超标6.91倍;Cr和Cd的污染仅表现在个别蔬菜中,超标率分别为4.0%和2.0%,最高超标分别为5.20倍和1.32倍。由此可见,我国城郊土壤和农产品(尤其是蔬菜)已受到重金属的污染,而多以Pb、Cd和Hg这3种元素为主。

2 蔬菜和菜地土壤重金属污染研究概况

2.1 不同蔬菜种类的重金属含量

同一植物种类对不同的重金属元素的吸收富集能力不同,不同种类的植物对同一种重金属元素的吸收、富集能力也不同^[9]。不同种类的蔬菜

* 收稿日期:2002-07-08

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(6990002);中国科学院领域前沿资助项目

第一作者简介:周建利(1971-),男,广西横县人,农学硕士,湖北农学院农学系教师。

对重金属元素的吸收也不相同^[2, 5, 6, 10~16]。周根娣等^[2]对上海市农畜产品的调查结果表明,叶菜类较其他类别的蔬菜污染严重。Zurera-Cosano等^[11]研究发现,蔬菜品种间重金属含量呈极显著差异($P < 0.01$)。王丽凤等^[6]的调查结果表明,沈阳市蔬菜中重金属含量大小顺序为:叶菜类 > 根茎类 > 瓜果类,与 Jinadasa 等^[13]对悉尼市 29 种市售蔬菜的分析结果以及冯恭衍等^[16]的研究结果相一致。

2.2 蔬菜对重金属的吸收

植物的根系可以从土壤中吸收重金属元素,有些元素还可以通过叶片从空气中吸收,如 Pb、Hg、Zn 等^[17~21]。郑路等^[17]认为,生长在污染空气中的蔬菜,50%以上的铅是通过叶片从大气中吸收的;叶面积大、叶面粗糙的蔬菜吸收铅的能力强,含量较高,而叶细窄、表面呈腊质状的蔬菜铅含量较低。Zheljazkov 等^[18]对保加利亚某有色金属冶炼厂附近的薄荷进行调查发现,在薄荷中的 Cd 含量为:根 > 叶 > 根状茎 > 茎;Pb 含量为:根 = 叶 > 根状茎 = 茎;Cu 含量为:根 > 叶 = 根状茎 = 茎;Zn 含量为:叶 > 根 > 根状茎 = 茎。所以,他们认为叶中 Pb、Zn 的含量较高是由于叶从空气中吸收 Pb、Zn 的缘故。因为这些地方的土壤和空气都受到重金属污染。Lindberg 等^[22]研究发现,植物叶片的汞含量比其他组织高,从而认为植物主要是通过叶片从大气中吸收汞。

2.3 重金属在土壤剖面中的分布

一些学者对重金属在土壤中的剖面分布进行了研究。结果表明:重金属元素主要积累在土壤耕作层。夏增禄等^[23]对北京地区重金属在土壤中的垂直分布和迁移的研究表明:在污染土壤中,重金属进入土壤后,由于土壤对它们的固定,不易向下迁移,多集中分布在表层。在旱作农田中,重金属一般集中分布在耕作层,向下迁移的深度大约在 20~60 cm。丁中元^[24]的研究也表明,重金属(Cu、Pb、Cd)主要富集在土壤耕作层,而且其可给态含量较高,Cd、Pb、Cu 分别占其全量的 60.1%、38.8%、30.1%。张民等^[25]对我国菜地土壤中某些重金属元素的分布进行了研究,结果表明:重金属元素(Cu、Pb、Zn)在菜地土壤剖面中的分布以表层含量最高,向下递减。冯恭衍等^[3]的研究表明,土壤中的重金属元素一般在上层聚积,主要在 0~20 cm 的土层中,尤以 0~10 cm 的

表层为最高。重金属元素主要分布在土壤耕作层的现象,对作物的生长及其卫生品质都带来了不利影响。

2.4 蔬菜和菜地土壤重金属含量之间的关系

汪雅谷等^[26]对客土改良试验中土壤和蔬菜重金属含量的相关分析表明:青菜中的 Cd、Zn、Cu 含量与土壤 Cd、Zn、Cu 含量相关显著。不过,在大田条件下,由于蔬菜吸收土壤 Cd 受到多种因子的影响,其相关程度要比盆栽试验小得多^[27]。汪雅谷等^[27]用富集系数(即蔬菜中某污染物含量占土壤中该污染物含量的百分率)来评价蔬菜对重金属 Cd 的吸收能力:第一类是低富集的蔬菜(富集系数 < 1.5%),包括黄瓜、豇豆、冬瓜等;第二类是中富集的蔬菜(富集系数 < 4.5%),包括茼蒿(茎)、萝卜、葱、番茄等;第三类是高富集的蔬菜(富集系数 > 4.5%),包括菠菜、芹菜、小白菜等。冯恭衍等^[16]的研究结果也表明,除 Pb、Cr 外,蔬菜中其他重金属元素的含量与土壤有一定的相关性;各元素的富集系数以 Cd 最高,Zn、Cu 次之,Pb、Cr 居后。这与各重金属元素的迁移性强弱顺序相一致,Cd、Zn、Cu 等元素较易为植物所吸收。但是,富集系数的大小取决于很多影响因素,因而这些结论只能作为一种大致的趋势分析和判断。

3 重金属污染土壤的治理对策研究

由于土壤污染的潜在性、不可逆性、长期性和后果的严重性,土壤污染的治理应立足于防重于治的基本方针^[28]。一旦污染后再去治理,将是十分困难的。目前,大多数治理方法尚处于试验阶段,再加之考虑到治理费用等问题,真正能够在工程实际中应用的成熟方法很少。总结各类土壤重金属污染治理方法大体上可分以下 4 类^[1, 29, 30]。

3.1 工程措施

工程措施包括客土、换土、翻土、去表土等。此种方法效果好、稳定,适用于大多污染物和多种条件。汪雅谷等^[26]对上海市宝山区和川沙县 2 种重金属污染土壤进行客土深度的试验结果表明:经客土处理,土壤表层重金属元素含量大大降低,同时可使青菜体内镉等重金属残留量平均下降 50%~80%。但是,该方法投资大,且易导致土壤肥力下降。

3.2 化学措施

施用改良剂、抑制剂等降低土壤污染物的水溶性、扩散性和生物有效性,从而降低污染物进入生物链的能力,减轻对土壤生态环境的危害。例如:在某些重金属污染的土壤中加入石灰、矿渣等碱性物质,使重金属生成氢氧化物沉淀,或添加膨润土、合成沸石等交换容量较大的物质来钝化土壤中的重金属。化学措施虽然操作简便,在污染不太严重的地区能获得良好的改良效果;但是在比较严重的污染地区,该方法很难将粮食、蔬菜等作物可食部分的重金属含量降低到可以接受的水平^[31, 32]。

3.3 生物措施

生物措施是利用特定的动、植物和微生物吸收或降解土壤中的重金属元素,以达到净化土壤的目的。早期生物治理采用的主体生物类群多为微生物。最近,植物修复正成为生物治理措施中的一个前沿领域。植物对污染点的修复有 3 种方式:植物固定、植物挥发和植物吸收。超富集植物(hyperaccumulator)已成为环境保护工作者追寻、筛选的目标。我国对植物修复和超富集植物的研究已有良好的开端^[33, 34]。但是植物修复的研究多集中在超富集植物上,而野生超富集植物有其自身不可克服的缺陷:生长速度缓慢、植株矮小、生物量低。这为生产上实际应用带来很大的困难^[33, 35]。但是,陈同斌等^[36]最近发现的砷超富集植物蜈蚣草,则具有生物量大、生长快、吸收能力强、生态适应性强等特点,在工程应用中具有较好的实际应用价值,并且已经在湖南郴州市建立亚洲地区的第一个植物修复基地。

3.4 生态措施

无论是工程和化学措施,还是生物措施,其追求的目标都是希望彻底改良土壤,消除污染物的危害,恢复作物的最佳生长环境。但是,生态措施并不刻意追求对环境进行根本性的改造或改良。它的基本特征是:充分利用生物(植物)的抗逆性,使生物最大限度地适应污染环境,同时辅以适当的工程、化学措施,以降低环境对生物的胁迫作

用,协调生物与环境的相互关系,获取符合要求的产品和生产效益^[37]。生态措施的最终目标是实现污染土壤的安全与高效利用。汪雅谷等^[38]在上海宝山区进行重金属富集能力的蔬菜轮作试验,他们根据各种蔬菜对重金属的富集能力不同的特点,合理安排蔬菜轮作茬口。试验结果表明,与种植普通植物相比,种植对重金属富集较弱的植物可使污染田块的蔬菜含镉量降低 50%~80%,具有明显减少镉进入食物链的效果,而且还可明显提高蔬菜产量和产值。这是典型的土壤重金属生态治理措施。

4 未来的研究任务与展望

我国加入 WTO 后,作为劳动密集型的蔬菜生产将是我国的优势行业,可以出口创汇,而西方国家为了维护其自身利益,必然对我国设立绿色贸易壁垒。20 世纪 80 年代以来,对我国各大城市的调查表明,我国城郊菜地土壤和蔬菜已受到不同程度的重金属污染。所以,这种状况不仅影响蔬菜的出口创汇,而且威胁我国人民的身体健康。因此,以下几方面将是我国菜地土壤和蔬菜重金属污染研究的重点。

(1)系统和全面地开展菜地土壤重金属污染的调查和研究,结合 GIS(地理信息系统)、RS(遥感)、GPS(全球定位系统)等信息技术手段,研究菜地土壤的区域土壤环境质量的时空变异与分布规律,研究蔬菜重金属含量及其与农艺措施和蔬菜品种的关系。

(2)加强蔬菜对重金属吸收积累的基因型差异研究,选育对重金属吸收能力较弱且产量较高的蔬菜品种,减少重金属进入食物链,为跨越发达国家设立的绿色贸易壁垒提供技术保障。

(3)加强重金属在土壤-蔬菜-人类中和食物链中的传递规律研究,研究消费者从食物中过量摄取重金属的慢性毒害机理及其控制措施。

(4)开展土壤环境质量标准的研究和制定工作,加强各地无公害蔬菜生产基地建设,采取各种积极措施严格控制蔬菜的重金属污染。

参考文献:

- [1] 王慎强,陈怀满,司友斌.我国土壤环境保护研究的回顾与展望[J].土壤,1999,(5):255~260.
- [2] 周根娣,汪雅谷,卢善玲.上海市农畜产品有害物质残留调查[J].上海农业学报,1994,10(2):45~48.
- [3] 冯恭衍,张炬,吴建平.宝山区菜区土壤重金属污染的环境质量评价[J].上海农学院学报,1993,11(1):35~

42.

- [4] 戴军,刘腾辉. 广州菜地生态环境的污染特征[J]. 土壤通报, 1995, 26(3):102~104.
- [5] 周艺敏,张金盛,任顺荣. 天津市园田土壤和几种蔬菜中重金属含量状况的调查研究[J]. 农业环境保护, 1990, 9(6):30~34.
- [6] 王丽凤,白俊贵. 沈阳市蔬菜污染调查及防治途径研究[J]. 农业环境保护, 1994, 13(2):84~88.
- [7] 宋菲,郭玉文,刘孝义. 镉、锌、铅复合污染对菠菜的影响[J]. 农业环境保护, 1996, 15(1):9~14.
- [8] 马往校,段敏,李岚. 西安市郊区蔬菜中重金属污染分析与评价[J]. 农业环境保护, 2000, 19(2):96~98.
- [9] 尚爱安,刘玉荣,梁重山,等. 土壤中重金属的生物有效性研究进展[J]. 土壤, 2000, (6):294~300, 314.
- [10] 汪雅谷,章家骥,张国强. 上海菜区土壤青菜镉含量的监测和控制[J]. 上海农业学报, 1985, 1(1):19~26.
- [11] Zurera-Cosano G, Moreno-Rojas R, Salmeron-Egea, *et al.* Heavy metal uptake from greenhouse border soils for edible vegetables[J]. J Sci Food Agric, 1989, 49:307~314.
- [12] Guidi G V, Petruzzelli G, Vallini G, *et al.* Plant productivity and heavy metal contamination[J]. Biocycle, 1990, 31(6):46~48.
- [13] Jinadasa K B P N, Milham P J, Hawkins C A, *et al.* Heavy metals in the environment-survey of cadmium levels in vegetables and soils of Greater Sydney, Australia[J]. J Environ Qual, 1997, 26:924~933.
- [14] 窦争霞,胡荣梅. 土壤中的铅对三种蔬菜的影响[J]. 环境科学学报, 1987, 7(3):367~370.
- [15] Carate A, Ramos I, Manzanares M, *et al.* Cadmium uptake and distribution in three cultivars of *Lactuca* sp[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1993, 50:709~716.
- [16] 冯恭衍,张炬,吴建平. 宝山区蔬菜重金属污染研究[J]. 上海农学院学报, 1993, 11(1):43~50.
- [17] 郑路,常江. 合肥市菜园蔬菜和土壤的铅污染调查[J]. 环境污染与防治, 1989, 11(5):33~37.
- [18] Zheljzkov V D, Nielsen N E. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint[J]. Plant and Soil, 1996, 178:59~66.
- [19] Zwarich M A, Mills J G. Heavy metal accumulation by some vegetable crops grown on sewage-sludge-amended soils[J]. Can J Soil Sci, 1982, 62:243~247.
- [20] Shaw B P, Panigrahi A K. Uptake and tissue distribution of mercury in some plant species collected from a contaminated area in India: Its ecological implications[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 1986, 15:439~446.
- [21] 孔令韶. 植物对重金属元素的吸收积累及忍耐、变异[J]. 环境科学, 1983, 4(1):65~69.
- [22] Lindberg S E, Jackson D R, Huckabee J W, *et al.* Atmospheric emission and plant uptake of mercury from agricultural soils near the Almaden mercury mine[J]. J Environ Qual, 1979, 8:572~578.
- [23] 夏增禄,李森照,穆从如. 北京地区重金属在土壤中的纵向分布和迁移[J]. 环境科学学报, 1985, 5(1):105~112.
- [24] 丁中元. 重金属在土壤—作物中分布规律研究[J]. 环境科学, 1989, 10(5):78~84.
- [25] 张民,龚子同. 我国菜园土壤中某些重金属元素的含量与分布[J]. 土壤学报, 1996, 33(1):85~93.
- [26] 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.
- [27] 汪雅谷,章国强. 蔬菜区土壤镉污染及蔬菜种类选择[J]. 农业环境保护, 1985, (4):7~10.
- [28] 高拯民. 我国环境保护科学研究现状与展望[J]. 土壤学报, 1989, 26(3):262~272.
- [29] 余贵芬,青长乐. 重金属污染土壤治理研究现状[J]. 农业环境与发展, 1998, 15(4):22~24.
- [30] 张乃明. 土壤—植物系统重金属污染研究现状与展望[J]. 环境科学进展, 1999, 7(4):30~33.
- [31] 何电源,王凯荣,胡荣桂. 农田土壤污染对作物生长和产品质量影响的研究[J]. 农业现代化研究, 1991, 12(增刊):1~28.
- [32] 吴燕玉. 张士灌区镉污染及其改良途径[J]. 环境科学学报, 1984, 4(3):275~283.
- [33] 沈振国,刘友良. 重金属超量积累植物研究进展[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(2):133~139.
- [34] 孙波,骆永明. 超量积累植物吸收重金属机理的研究进展[J]. 土壤, 1999, (3):113~119.
- [35] 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):1196~1203.
- [36] 陈同斌,韦朝阳,黄泽春,等. 砷超富集植物蜈蚣草及其对砷的富集特征[J]. 科学通报, 2002, 47(3):207~210.
- [37] 王凯荣. 我国农田镉污染现状及其治理利用对策[J]. 农业环境保护, 1997, 16(6):274~278.
- [38] 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.

Situation and Prospect of Research on Heavy Metal Pollution in Vegetables and Soils for Vegetable Cultivation in Urban Areas of China

ZHOU Jian-li¹, CHEN Tong-bin²

(1. Department of Agronomy, Hubei Agricultural College, Jingzhou, Hubei 434025, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract : The present situation of heavy metal pollution in vegetables and soils for vegetable cultivation in urban areas of China was reviewed. The research and the remedial methods for soil heavy metal contamination were discussed. And the directions for further research on heavy metal pollution of vegetables and soils in urban areas of China were pointed out.

Key words : soils for vegetable cultivation; vegetables; heavy metal pollution; China

(上接 475 页)

- [37] 沈立荣,张传溪,程家安. 抗昆虫蝎毒素及其转基因技术的研究与应用进展[J]. 昆虫知识, 2001, 38(5): 321~325.
- [38] 向红琼,冯志新,罗永俊. *Pluerotus ostreatus* 毒素产生的影响因素及粗毒素的杀线虫活性[A]. 中国植物保护学会农药分会. 第二届全国植物农药暨第六届药剂毒理学术讨论会论文集[C]. 西安:陕西科学技术出版社, 2001. 468~469.
- [39] 董锦艳,张克勤,赵智娴,等. 杀线虫菌物毒素的研究进展(I) [J]. 中国生物防治, 2001, 17(2): 92~95.
- [40] 王开运,姜兴印,仪美芹. 梅岭霉素对 3 种叶螨和 2 种害虫的毒力评价[A]. 中国植物保护学会农药分会. 第二届全国植物农药暨第六届药剂毒理学术讨论会论文集[C]. 西安:陕西科学技术出版社, 2001. 346~349.

Research Advance on Biological Pesticides

ZHANG Guo-zhou

(Department of Environment Engineering, Hubei Agricultural College, Jingzhou, Hubei 434025, China)

Abstract : After reviewing the present researching situation, biological pesticides was thought to be having a bright prospect. The developing direction and major project of biological pesticides in China were suggested as well.

Key words : biological pesticides; biological control; research advance