

# 我国农作物的重金属污染及其防止对策

仲维科，樊耀波，王敏健

(中国科学院生态环境研究中心，北京 100085)

**摘要：**在参考国内有关资料的基础上，分析了我国农作物重金属污染的原因，其中，污水灌溉、乡镇企业的“三废”污染、汽车尾气等是造成我国农作物中重金属污染的主要原因；针对不同的污染原因，提出了防止农作物重金属污染的控制对策，保护农业生态环境是防止农作物重金属污染的根本途径。

**关键词：**食品污染；农作物；重金属

**中图分类号：**X53      **文献标识码：**A      **文章编号：**1000 – 0267(2001)04 – 0270 – 03

## Pollution of Heavy Metals on Crops and Its Countermeasures in China

ZHONG Wei-ke, FAN Yao-bo, WANG Min-jian

(Research Center for Eco – Environmental Sciences, Chinese Academy of Science, Beijing 100085 China)

**Abstract:** In the present investigation, the contamination of heavy metals on crops in China is reviewed based on the references collected. Sewage irrigation, wasted gases and solid wastes from township and village enterprise and gases released from vehicle are believed to be the major origin of heavy metal contamination on crops. We also discussed the available countermeasures to control it in this paper. In brief, the protection of the agricultural environment is a fundamental task for cleaner production of agriculture.

**Keywords:** food contamination; crops; heavy metal

环境污染、农村生态环境的破坏造成的农作物重金属污染是食品污染的一个主要方面。虽然有些重金属是人体所必需的微量元素，但当它们的浓度或体内积蓄量达到一定阈值时，就会对人体产生毒害。此外，重金属一旦进入人体，不会发生分解，而是积蓄在体内，对人体造成潜在性的危害，引起致畸、致癌和致突变等。重金属中的 Cr、Co、Ni、Cd、Zn 等，已被证明有致癌作用；Ti、Fe、Ni 的络合物，也有致癌性。日本镉米引起的“痛痛病”是典型的农作物重金属污染事件，曾对受害人群的生命和健康造成了极其严重的后果。

### 1 我国农作物的重金属污染现状

近些年，随着中国工业的发展，城市化进程的加快，特别是乡镇企业的发展，每年有大量的工业废水和生活污水排放到河流和湖泊中。中国又是一个缺水的国家，特别是北方地区，污灌现象比较普遍，如西安市<sup>[1]</sup>，污灌面积已占全市灌溉面积的 59.12%，污灌

地区土壤中重金属含量明显高于土壤背景值，粮食和蔬菜中重金属含量明显增加。表 1 是中国部分地区作物中重金属含量。

从表 1 可以看到，按食品卫生标准评价，我国各大城市蔬菜中都存在不同程度的重金属污染，其中镉、汞、铅的污染尤为明显。如天津市郊蔬菜等食品中

表 1 中国部分地区作物中重金属含量(mg · kg<sup>-1</sup>)

Table 1 Contents of heavy metals in crops from several regions in China

| 城市      | 品种 | Cu    | Zn    | Pb    | Cd    | Cr    | As    | Hg    |
|---------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 沈阳【2】   | 蔬菜 | 1.258 | 7.810 | 3.265 | 0.319 | 0.291 | 0.068 | 0.019 |
|         | 玉米 |       | 17.9  | 0.26  | 0.049 | 0.581 | 0.14  | 0.006 |
| 上海【3,4】 | 水稻 |       | 20.79 | 0.31  | 0.164 | 0.651 | 0.099 | 0.002 |
|         | 大麦 | 5.86  | 25.3  | 0.43  | 0.012 | 0.29  | 0.052 | 0.004 |
|         | 小麦 | 5.62  | 26.33 | 0.44  | 0.015 | 0.29  | 0.057 | 0.005 |
|         | 水稻 | 2.5   | 18.28 | 0.21  | 0.017 | 0.18  | 0.092 | 0.005 |
|         | 青菜 | 0.392 | 3.915 | 0.088 | 0.022 | 0.069 | 0.010 | 0.004 |
| 临沂【5】   | 蔬菜 | 0.890 | 7.214 | 0.215 | 0.024 | 0.145 | 0.006 |       |
| 天津【6】   | 蔬菜 | 0.384 |       | 0.01  | 0.032 |       | 0.042 | 0.008 |
| 长春【7】   | 蔬菜 |       |       | 0.45  | 0.042 |       |       |       |
| 宁波【8】   | 蔬菜 | 0.537 | 2.547 | 0.375 | 0.057 | 0.097 |       |       |
| 成都【9】   | 蔬菜 | 0.80  | 2.71  | 0.45  | 0.04  | 0.057 | 0.032 | 0.004 |
| 国家卫生标准  | 蔬菜 | 10    | 50    | 0.2   | 0.05  | 0.5   | 0.5   | 0.01  |
|         | 粮食 | 10    | 50    | 0.4   | 0.2   | 1.0   | 0.7   | 0.02  |

收稿日期：2000 – 07 – 05

基金项目：国家“九五”攻关课题(编号 96 – 120 – 80 北京市食品污染及其控制对策研究)

作者简介：仲维科(1965—)，男，现为中国科学院高能物理研究所博士后。

的镉污染;沈阳市郊蔬菜等食品中的镉、汞污染;长春市郊蔬菜等食品中铅污染等都存在严重超标现象。

## 2 食品重金属污染因子分析

污水灌溉是导致重金属污染的重要原因之一。随着工业生产的迅速发展,特别是乡镇企业的发展,一些工矿废弃物未经处理便进入农田,导致了农业生态环境的污染和破坏,使污染物污染农田和农作物,并通过食物链影响人类健康。1995 年中国工业废水的总排放量为 222 亿 t, 达标率仅为 55%。工业废水中含有大量的重金属等污染物, 全年共排放汞 13.44 t, 镉 202.34 t, 六价铬 330.93 t, 铅 1250.54 t, 砷 1086.17 t。其中约有 152 亿 t 工业废水直接排放到江河湖泊中。据统计全国污染的耕地约 2 000 万  $\text{hm}^2$ , 占总耕地的 21%。尤其我国北方地区严重缺水, 北京、天津、沈阳、西安、长春等工业城市周边农田污灌较为普遍。大量的工业“三废”及生活污水在未经处理的情况下排放, 造成地面、地下水都不同程度地受到了某些污染物的污染。

乡镇企业的飞速发展, 加快了农村环境的迅速恶化, 据统计<sup>[2]</sup>, 沈阳市大约有 30% 的乡镇企业的工业“三废”直接排入渗坑、渗井中, 造成农田的直接污染。工矿企业附近的农作物受污水污染的同时, 各工厂特别是一些冶炼厂排放的废气飘尘也是农作物受污染的原因之一。废气飘尘中一般含有大量的镉、铅、锌、铜等重金属元素, 其影响的范围在主风向可达 10 km, 严重污染范围约为 1 100 m。湖南省衡阳市铅锌冶炼厂附近, 在污染源的主风向, 距污染源 1 156 m 范围内的农田生产的糙米其 Pb 含量达  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 超过食品卫生标准允许的浓度, 在 10 168 m 范围内生产的糙米中 Cd 含量大于  $0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 超过食品卫生标准允许量, 而在 1 096 m 范围内, 生产出含镉  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的“镉米”<sup>[10]</sup>。

公路和铁路两侧附近农田的铅、镉污染是造成部分蔬菜等食品重金属污染的重要因素<sup>[11,12]</sup>。这主要是由于汽车废气铅污染以及铁路沿线抛弃的垃圾污染造成的。由于中国人多地少, 土地利用率高, 公路两旁很少有其他植物作缓冲, 农作物不可避免的受到汽车尾气的污染。城市蔬菜生产地多数在近郊, 靠近交通繁忙的公路, 菜园生产的蔬菜经常处于汽车尾气的污染之中。汽车尾气是公路两旁蔬菜中铅的主要污染源, 汽车尾气中 50% 的铅尘飘落在距公路 30 m 的范围内, 铅含量高达数百  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。一些铅尘落入菜园

土壤中, 形成铅的化合物, 给蔬菜带来二次污染。中国有些交通繁忙的公路两侧蔬菜, 其铅含量已超过正常值的 10 倍<sup>[11]</sup>。随着中国汽车数量的增加, 其污染有增加的趋势。

未处理的城市、工矿企业的垃圾农用也是造成农作物被污染的原因之一。工业生产污泥和城市生活垃圾农用大大增加了农田受重金属污染的机会, 这是由于工业生产产生的污泥及城市生活垃圾中往往含有大量的未经处理的重金属, 在我国污泥及城市垃圾农用及堆肥还很普遍, 这应当引起重视。上海某乡<sup>[13]</sup>, 由于距日辉港较近, 早在六七十年代就曾施用过日辉港的污泥肥料, 每年高达 4 万 t, 施用污泥 10 年以上。调查结果表明, 其中一个村的 Cd 含量是: 粮食  $0.048\text{—}3.300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 平均  $0.450 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , (其中米、麦平均  $0.210 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 豆类平均  $0.920 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 蔬菜  $0.0008\text{—}0.730 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 平均  $0.250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (其中青菜  $0.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 苜蓿  $0.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 韭菜  $0.470 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 已成为上海有名的重污染区之一。

## 3 重金属污染的控制

控制农作物区新的污染源产生, 新建厂矿必须执行“三同时”和有关防治新污染的规定。对于重点污染源, 加强管理, 严格执行“三废”排放标准, 保护农业生态环境是防止农作物受重金属污染的根本途径。为防止铜、锌、铅、镉、铬等重金属的污染, 处理污水, 使其达到排放标准是首要的。

目前比较成功的治理污染土壤的方法是施用消石灰调节土壤 pH 值, 降低重金属有效成分的有效性, 一般每公顷施 750 kg 消石灰, 土壤有害重金属有效态可降低 15%; 通过旱田改水田降低土壤氧化还原电位, 降低有害重金属的有效性; 对于毒性大的重金属(如镉)严重污染的土壤可采用客土改造、深翻、施用抑制剂等措施。

在现有生态环境条件下, 调整污灌区作物结构, 可有效地减少作物中的重金属污染。从污染菜田继续用作农田种植蔬菜的实际出发, 根据蔬菜种类较多, 而且各种蔬菜的重金属富集强弱不一的特点, 合理安排蔬菜轮茬, 使生产的蔬菜达到或接近食用卫生标准, 降低重金属进入食物链量。应用蔬菜重金属低富集轮作最明显的优点是不需要投资, 方法简便, 效果较好, 有利于重金属污染菜田应用。通过土壤、蔬菜重金属污染状况调查和富集特性研究, 基于不同种类蔬菜对重金属富集的差别, 在以镉为主不同程度污染的

菜田进行生产队范围的蔬菜重金属低富集轮作试验,结果表明,低富集轮作与普通轮作相比,可使污染田块的蔬菜镉含量降低 50%—80%,有明显减少镉进入食物链的效果。不仅如此,还可以明显提高蔬菜产量和产值。对一些污染较重的地区,或一时还无法从根本上治理的地区,可种植苗木或其他经济作物,湖南省的某污染区,在污染区种植桑树,既避免了重金属对作物的污染,又没有降低农民的收入。

公路灰尘和城市灰尘是污染空气中铅的一种载体,对铅的富集可以高到惊人的程度,因此,灰尘能够比较具体、稳定地反映出气源污染物中铅在当地区域的污染发展和积累程度。大气铅的污染量 93% 来自汽车废气,污染市区空中铅浓度在  $1\text{—}1.5\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,交通拥挤区为  $14\text{—}25\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。公路两侧的土壤、蔬菜及公路灰尘铅污染情况表明,公路两侧 30 m 范围内蔬菜受铅污染影响是明显的。汽车尾气排放的铅经扩散沉积在路边土壤中,主要积蓄在表层土壤,即 0—20 cm,深度超过 20 cm,含量则大幅度降低,趋近土壤铅背景值。调整作物布局,提倡发展远离公路蔬菜基地。公路两旁改种其它非食用植物如苗木、花卉、棉花等是一项非治理性的合理措施。另外,在公路两旁菜田周围种上篱笆等植物墙也是减少铅污染的一项有效措施。

污泥、内河疏浚底泥、城市垃圾等作肥料应慎重,严格控制城镇垃圾和农用污泥的使用量,确保重金属等有害作物不致造成对土壤、水系及农畜产品的污染,以减少重金属等有害物的污染。对已受重金属污染的土地,短时间内难以净化,治理可考虑采用以下措施:增施有机肥,促进土壤对重金属的吸收螯合,减少植物对重金属的吸收量。研究表明羊粪减缓土壤镉污染危害的作用比泥炭强。这是由于羊粪是一种未腐熟有机肥,和泥炭这样炭化了的有机肥相比,羊粪易分解,产生较多的腐植酸,从而增强了土壤固定  $\text{Cd}^{2+}$  的能力,使作物根系吸收镉量减少,从而减轻了镉对作物的危害。因此,增施有机肥可以作为防治土壤镉等重金属污染的一项有效方案。控制土壤的 pH,使土壤 pH 增大以降低重金属的活性,可以有效地减少作

物吸收。施加抑制剂,提高土壤 pH 值,降低重金属的溶解度,形成氢氧化合物沉淀,减少污染。

总之,把农业环保工作纳入法制轨道,依法治理农业环境,加强防范,控制和消除污染源是防治农产品污染的根本途径。加强菜区以防为主的环境监测,加强生产、科研和环境监测等有关部门的共同协作,开展对蔬菜中有害物残留情况的定期、定点、定品种监测与分析研究,掌握污染发生的原因、规律,提出改良措施,并及时应用于农业生产。对新建菜区要进行农业生态的环境论证,统一规划、合理布局,对老菜区要实行监督保护,控制污染源,减轻污染程度。大力推广已证明具有明显环境效益、社会效益和经济效益的无公害蔬菜生产方法。

#### 参考文献:

- [1] 王堪甲,等. 西安市市灌区农业生态环境问题及解决途径[J]. 农业环境保护,1995,**14**(2):89—91.
- [2] 许宇飞. 沈阳市主要农产品污染调查及防治途径的研究[J]. 农业环境保护,1996,**15**(1):32—35.
- [3] 庞金华. 上海市土壤和粮食中有害物质含量的三年观察[J]. 农业环境保护,1991,**10**(6):265—269.
- [4] 汪雅谷,王 玮. 上海地区主要蔬菜中重金属元素含量背景水平[J]. 农业环境保护,1994,**13**(1):34—40.
- [5] 侯绪友. 临沂地区蔬菜主要有毒物质的调查[J]. 农村生态环境,1995,**11**(1):63—64.
- [6] 潘 洁,陆文龙. 天津市郊蔬菜污染状况及对策[J]. 农业环境与发展,1997,**14**(4):21—24.
- [7] 陈琦昌,任立松,高晓伟,姜 荃. 塑料大棚蔬菜镉铅污染的调查分析[J]. 中国公共卫生,1994,**10**(9):415—419.
- [8] 赵 玲,等. 宁波市蔬菜污染状况及防治对策[J]. 上海环境科学,1996,**15**(1):42—44.
- [9] 傅绍清,等. 成都平原菜园土壤及主要蔬菜作物重金属背景值的研究[J]. 西南农业学报,1992,**5**(1):34—37.
- [10] 王凯荣,等. 衡阳市铅锌冶炼厂废气飘尘污染及其对农田土壤和水稻污染的危害[J]. 1991,**12**(增刊 1):51—54.
- [11] 张 毅. 北京北郊安立公路两侧的土壤、蔬菜及公路灰尘的铅污染研究[J]. 环境科技,1994,**2**:5—8.
- [12] 龚 涛. 食品在铁路装运中的污染及其防止措施[J]. 铁道医学,1989,**17**(3):176—179.
- [13] 庞金华. 污泥对生态环境的影响[J]. 热带亚热带土壤科学,1994,**3**(1):41—47.

## 更 正

本刊 2001 年第 3 期第 169 页“作者简介:黄红英(1967—),女,”应为“作者简介:黄红英(1967—),男”,特向作者致歉。