

# 土壤环境污染与农产品质量

李东坡<sup>1</sup>, 武志杰<sup>1</sup>, 梁成华<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 通过分析土壤污染的原因、特点、我国土壤污染现状以及与农产品质量关系, 提出了协调人与自然关系, 积极研究土壤环境污染的控制方法与修复技术; 加强无污染生产资料的开发技术研究, 减轻土壤环境污染; 走节约资源, 提高效率, 减少污染的绿色农业发展之路, 确保粮食生产和农产品食用安全。

**关键词:** 土壤污染; 农产品质量; 重金属; 化肥; 农药; 绿色农业

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0172-06

中图分类号: S19, F762

## Soil Environmental Pollution and Agricultural Product Quality

LI Dong-po<sup>1</sup>, WU Zhi-jie<sup>1</sup>, LIANG Cheng-hua<sup>2</sup>

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016, China;

2. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

**Abstract:** Recent research conclusions about the causes and characteristics of soil pollution, pollution state in China and its relation to agricultural product quality are summarized. It is suggested that the relationship between people and the nature should be coordinated, controlling measures and remediation technologies should be further studied, and research on green product materials should be strengthened. Moreover, the way of developing green agriculture for saving resources, improving efficiency, and reducing pollution should be persisted in to insure the security of grain production and agricultural products.

**Keywords:** soil pollution; agricultural product quality; heavy metal; chemical fertilizer; pesticide; green agriculture

在农业现代化和集约化生产的今天, 工业污染物和城市垃圾大量向农业环境转移, 农业生产中长期大量不合理使用新型农用化学物质, 畜禽排泄物中兽用药物残留等的增加, 使土壤污染逐年加剧, 直接影响植物正常生长<sup>[1]</sup>和农产品品质。土壤中的污染物可以随水流和风暴迁移到几百甚至上千公里之外, 在地中海东北部的鱼中都检测出重金属<sup>[2-3]</sup>, 污染波及很广。我国土壤污染严重的耕地超过  $2.0 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 占耕地面积的 1/5 以上<sup>[4]</sup>。

工业“三废”污染的农田近  $7.0 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 每年减产粮食  $1.0 \times 10^{10} \text{ kg}$ <sup>[5]</sup>。与以往相比, 土壤污染物的种类和数量发生了很大变化, 主要有重金属、POPs (持久性有机污染物总称) 和生物(病原菌), 放射性污染、酸化等。

土壤污染是土壤环境恶化因素中, 对农产品质量影响最大, 起决定性作用的因素。

## 1 土壤环境污染途径

### 1.1 有机肥及废弃物污染

土壤中大量施入有机肥, 特别是未经无害化处理的有机肥, 含有大量的重金属<sup>[6]</sup>和有毒有害微生物; 河流、池塘的沉积物含有各种重金属、有毒有害有机物等<sup>[7]</sup>作为有机肥, 会污染土壤。

近 20 a 来, 中国养殖业发展迅速, 畜禽粪便排泄量超过  $2.0 \times 10^9 \text{ t}$ , 是工业废弃物的 2.7 倍, 而利用率只有 49%, 其余含有大量的重金属、禽兽用药物残留物、病原微生物等污染物进入土壤, 使得一些地方畜禽粪便污染已远远超过工业污染, 成为土壤重要的污染源, 其中主要有重金属类、抗生素类、激素类、病原菌类物质, 这些物质通过食物链进入人体, 严重影响人体内脏器官的功能。工业排放的“三废”、城市垃圾、固体废物, 污水灌溉<sup>[8]</sup>, 污泥农用, 煤和石油燃烧

收稿日期: 2007-05-10

修回日期: 2007-10-04

资助项目: 农业部国家公益性行业科研专项计划项目“绿色农业科学研究与示范”(2007-3); 中国科学院项目“东北绿色农业清洁规范生产关键技术研究与示范”(C04ADYNB0501); 沈阳市“十五”计划重大资助项目(1021009-3)

作者简介: 李东坡(1964—), 男(汉族), 博士, 副研究员, 主要从事植物营养、新型肥料、土壤生态与食品安全研究。E-mail: lidp@iaeac.cn。

的废弃物也是土壤环境的污染源。中国的固体废弃物每年以10%的速度增长<sup>[9]</sup>,年产量已达 $1.5 \times 10^8$  t,这些废弃物含有大量的无机、有机污染物,甚至放射性元素,是重金属和化学有机污染物的主要释放源,主要有As,Cd,Cr,Cu,Ag,Fe,Hg,Pb,Ni,Zn和多环芳烃类、二恶英类、硝基苯类、胺类、卤代烃类、醚类等。长期施用某些来源于垃圾的肥料,土壤重金属Cu,Pb,Ni,As,Cd可达相应背景值的1~1.9倍,Hg可高达33倍<sup>[10]</sup>;许多石油烃类物质及其产品是另一类重要的有机污染物,在土壤中已从 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 上升到 $\text{mg}/\text{kg}$ 量级,检出率从20%上升到80%以上<sup>[11]</sup>,已成为主要污染物。油漆工业、煤炭燃烧、交通扬尘及排出物等,进入大气中的 $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_x$ 、悬浮颗粒污染物和各种重金属等,经大气沉降和酸雨等大量进入土壤后,造成土壤污染<sup>[12-13]</sup>。

研究表明,交通引起的污染土壤表层(0—25 cm)Cd,Pb含量是非污染区的6.3~9.6和2.5~3.6倍。污泥和污水灌溉可造成各种重金属在土壤中累积。目前,我国污灌面积约 $3.3 \times 10^6$   $\text{hm}^2$ ,有64.8%遭受重金属污染,其中轻度污染约46.7%,中度污染9.7%,重度污染8.4%<sup>[14]</sup>。土壤重金属污染在城郊、工矿区附近和污灌区比较严重,华南地区一些城市50%的农地遭受镉、砷、汞等有毒重金属和石油类物质的污染,长江三角洲地区有的城市有 $600 \text{ hm}^2$ 多连片农田受镉、铅、砷、铜、锌等污染,使10%土壤基本丧失生产力<sup>[5]</sup>,广州市郊约9.5%的土壤遭受Cd,Pb,As的污染;天津市郊土壤以Cd和Hg污染最为严重,分别为背景值的5倍和60倍;沈阳市部分菜地Cd,Pb,Zn分别为背景值的7.06,3.96,3.87倍。重金属一旦污染土壤,就使土壤性质恶化,生产力降低,引起作物中毒<sup>[15]</sup>,并可直接导致对农作物产量和品质的影响,若富集于农产品中,对人体具有致病、致癌、致突变作用。

## 1.2 化肥污染

自从1843年人类开始生产化肥以来,化肥的使用已有165 a的历史,对养活地球上从 $2.0 \times 10^9$ 到 $7.0 \times 10^9$ 的人口起了决定性作用。随着农业的发展,全球化肥施用量将不断增加,2004/2005年,增长了3.9%,达到 $1.53 \times 10^8$  t(纯养分,下同);2005/2006年稳定在 $1.53 \times 10^8$  t;2006/2007年按4.5%的增长率计算,预计将达到 $1.6 \times 10^8$  t;2007/2008年预计增长3%,达到 $1.647 \times 10^8$  t<sup>[16]</sup>。我国自20世纪80年代开始,化肥施用量不断增加,1985年为 $1.7758 \times 10^7$  t,2002年达 $4.3395 \times 10^7$  t,2005年为 $5.4257 \times 10^7$  t,比上年增长13.8%,平均氮施用量超

过 $220 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,一季作物磷肥用量超过 $102 \text{ kg}/\text{hm}^2$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ,预计到2030年将超过 $6.0 \times 10^7$  t。化肥的不合理施用,增加土壤有毒元素含量<sup>[17]</sup>。重金属和一些有机物是化肥的主要污染物,化肥生产过程从原料开采到加工生产,带进一些重金属元素或有害物质,主要是Zn,Ni,Cu,Co,Cr,其中磷肥最多。尿素、氯化钾、硫酸铵、磷酸铵分别含铜0.36,3.0,0.5,3~4  $\text{mg}/\text{kg}$ ;含锌0.5,3.0,0.5,80  $\text{mg}/\text{kg}$ ;含锰0.5,8.0,70,115~200  $\text{mg}/\text{kg}$ ;含钼0.2,0.2,0.1,2.0  $\text{mg}/\text{kg}$ ;尿素、氯化钾含铅分别为4.0,88  $\text{mg}/\text{kg}$ ,含镉分别为1.0,14.0  $\text{mg}/\text{kg}$ <sup>[18]</sup>。化肥中主要有有机污染物是POPs,有邻苯二甲酸酯类、硝基苯类、氯代烯类等,含量897.10~9764.57  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。其次还有醚类、胺类、多环芳烃、氯代烷类等,含量138.02~241.53  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ;在21种肥料中,邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸正丁酯和邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯几乎全部被检出,含量为0.98~617.98  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,六氯环戊二烯和2,6-二硝基甲苯在大部分肥料中被检出,含量为3.86~189.68  $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>[19]</sup>。化肥中的有机污染物可能是原料带入,其生产过程中的副产品,或在包装和储运过程中的污染。

各种形态的氮肥施入土壤后,都会形成 $\text{NO}_3^-$ -N,长期大量频繁使用氮肥,土壤中的硝酸和亚硝酸盐过量积累,导致土壤逐渐酸化,土壤理化性质恶化,促使土壤中一些有毒有害污染物的释放和增加;尿素中所含的缩二脲也会污染土壤。目前大棚土壤肥料的投入为大田的4~10倍,是蔬菜需要量的6~8倍,因此造成硝酸盐的大量积累。山东省一些大棚表层土硝酸盐为大田的2~95倍,并且积累是全剖面性的,在80~100 cm深土层,大棚土壤硝酸盐为大田的4~27倍<sup>[20]</sup>。长期单一施用生理碱性肥料会出现土壤孔隙堵塞,板结,降低微生物活性,从而使肥力下降,作物产量降低,产生加大施肥量的恶性循环,致使土壤和水体富营养化,使土壤环境污染。

在磷肥生产中因磷矿石中含有一定量的重金属污染物镉、铀、砷、铬、镭、钋、铅等<sup>[21]</sup>及稀土元素锶、钡、钍等<sup>[22]</sup>,使磷肥中含有较多的As,Cr,Cd,Pb,Hg及Cu等重金属物质和F及稀土元素,利用废酸生产的磷肥中含有三氯乙醚、三氯乙酸、三氯乙醛等有机污染物<sup>[23]</sup>。特别是镉的含量比土壤高数百倍,如美国的过磷酸钙含镉86~114  $\text{mg}/\text{kg}$ ,磷铵含镉7.5~156  $\text{mg}/\text{kg}$ ,商品二级过磷酸钙镉含量一般在91  $\text{mg}/\text{kg}$ 以上,是农用污泥中镉的最高允许含量5~20  $\text{mg}/\text{kg}$ 的4~8倍,施入土壤中会使镉含量比一般土壤高数十倍,甚至上百倍,长期积累将造成镉污

染<sup>[24-25]</sup>。我国每年施用过磷酸钙带入土壤中的 Zn, Ni, Cu, Co, Cr 的量分别为 200, 11.3, 20.8, 1.3, 12.3 g/hm<sup>2</sup>;我国每年随磷肥带入土壤 Cd 量在 37 t 以上,连续 17 a 施用过磷酸盐 45 kg/(hm<sup>2</sup>·a),土壤累积镉增加量 87 g/hm<sup>2</sup>;长期使用硝酸铵、磷酸铵、复合肥,土壤砷含量达 50~60 mg/kg<sup>[18]</sup>;磷肥的大量使用,尤其是低浓度磷肥的长期大量施用,会造成重金属元素的富集而污染土壤。

一般认为钾肥不会直接对环境造成危害,但当氯化钾或硫酸钾用量过多时,Cl<sup>-</sup>或 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>在土壤中过量积累,造成 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>等盐基离子的交换与淋失,使土壤板结,破坏土壤结构,长期施用氯化钾因作物选择性吸收而使土壤变酸<sup>[26]</sup>。如 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的过量施用,造成 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>富集,在酸性土壤中生成硫酸,在中性和石灰性土壤上生成硫酸钙,使土壤酸化或引起硫化物、硫酸盐的污染,土壤酸化可活化有害重金属元素,如锰、镉、汞、铅、铬、铝、铜等,导致土壤中有毒物质释放,这些金属离子过高的活性对作物生长有毒害作用。施用钾肥可导致土壤 F<sup>-</sup>等污染,氯化钾中不可避免地会含有 Br<sup>-</sup>和少量的 I<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>,在硫酸钾、硝酸钾生产的原料氯化钾或氯化物中含有 Br<sup>-</sup>和少量的 I<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>等物质,因此无论使用氯化钾还是施用硫酸钾都会将 Br<sup>-</sup>和少量的 I<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>等物质带入土壤中,在硫酸钾、硫酸钾镁等肥料中常混有氯化物,长期施用也会在土壤中积累<sup>[27]</sup>,加重土壤环境污染物的负荷量。

### 1.3 农药污染

我国农药年产量达 7.517 × 10<sup>5</sup> t,农药总施用量达 1.30 × 10<sup>6</sup> t,平均施用量 14 kg/hm<sup>2</sup>,比发达国家高 1 倍,水稻过量施用达 40%,棉花达 50%,蔬菜和瓜果类作物较粮食作物高 1~2 倍<sup>[5,28-29]</sup>,长江流域保护地蔬菜用药量一般在 30~45 kg/hm<sup>2</sup>,有的高达 75 kg/hm<sup>2</sup>,其中 90%是高毒高残留农药,低毒的生物农药仅占 2%~3%;而北方保护地蔬菜用药量更大,甲胺磷、敌敌畏、敌百虫、乐果和氧化乐果 5 种剧毒农药就占总药量的 44.7%<sup>[11]</sup>。而农药的利用率只有 10%~20%,比发达国家低 10%~20%,残余部分直接对土壤造成污染,尤其是毒性大,难降解,高残留类农药,严重破坏生态环境<sup>[30-31]</sup>。超负荷连年使用农药,残留量远远超过土壤的自净和降解能力,导致土壤生产能力、调节、自净和载体功能受到严重损害。尽管我国已禁止使用有机氯农药,如 DDT、六六六近 20 a,但由于 20 世纪 80 年代的大量使用和低利用率,加上其化学性质稳定,残留时间长,脂溶性强,在土壤中仍大量残留,依然威胁着土壤环境质量。2000

年太湖流域农田土壤中,15 种多氯联苯同系物检出率为 100%,六六六、滴滴涕超标率为 28%和 24%<sup>[5]</sup>。目前我国有 1.0 × 10<sup>7</sup>~1.6 × 10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup><sup>[11-31]</sup>耕地受到农药污染。

农药可经多种途径污染土壤,农田喷施农药的 25%~30%以及土壤杀菌剂、地下害虫防治剂和除草剂直接落入土壤,附着在农作物上的,残留在农作物中的,飘浮在大气中的农药因风吹雨淋、农作物秸秆还田腐烂和降雨进入土壤,使得施用农药总量的 80%~90%最终进入土壤环境<sup>[32]</sup>,形成对土壤的污染,对农药包装物处置不合理,也会造成土壤污染。

### 1.4 其它污染

农用塑料薄膜污染。农膜是高分子有机物,在土壤中主要残余成分是聚烯烃类化合物,不易降解,降解周期可达数百年。我国地膜一般分子量在 2 万以上,至少需要 200 a 才能降解;农膜的一些添加物质对作物有毒害,农田大量使用农膜,清理不彻底造成农膜残留污染土壤。我国有 2.0 × 10<sup>7</sup> t 地膜用于 6.0 × 10<sup>7</sup>~7.0 × 10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup> 作物种植和农业生产的其它用途,回收率不足 30%,每年土壤中农膜残留量达 1.0 × 10<sup>7</sup> t,约 45 kg/hm<sup>2</sup>,而京、津、沪、哈等大城市郊区残留量高达 90~135 kg/hm<sup>2</sup>,新疆平均残留量 37.8 kg/hm<sup>2</sup>,最高可达 268.5 kg/hm<sup>2</sup><sup>[5,28-29]</sup>。用地膜 5 a 的土壤,残留量可达 325.05 kg/hm<sup>2</sup>,作物减产 24.7%;土壤中残膜达 877.5 kg/hm<sup>2</sup> 时,蔬菜减产 14.6%~59.2%<sup>[28]</sup>。随着地膜用量的不断增加和连年使用,在土壤中不断积累,破坏土壤结构,使微生物活性受到影响,阻碍植物根系生长发育和水肥运移,严重影响植物的正常生长,造成农作物减产,成为土壤污染的极大隐患。

人类直接向土壤环境中施加多余的生物而引起土壤的生物污染。大量排放的人、畜禽排泄物、废弃物、城市垃圾、生活污水、医院污水等含有大量的微生物、病原菌,造成土壤生物污染。有机肥施入不当,会造成许多寄生虫、病原菌存留于土壤中,也会造成生物污染。

随着工业的发展,排入大气中的致酸污染物增加,随酸雨进入土壤,导致土壤酸化。

## 2 土壤环境污染对农产品质量影响

没有洁净的土壤,就没有洁净的食品、水体和清新的空气。目前,全国大约 10%的粮食,24%的农畜产品和 48%的蔬菜存在质量问题<sup>[33]</sup>;污染环境养殖的母鸡,在其鸡蛋中可以检测出铅、汞、铊、二氧(杂)芑和 DDT 等污染物<sup>[34]</sup>。土壤环境的各种类型

污染均会引起农产品质量下降,是影响农产品质量的重要源。

## 2.1 重金属污染对农产品质量影响

在大田作物中,农产品主要污染物为重金属类。植物根系分泌物可以活化或有效化存在于土壤中的惰性污染物,使作物吸收大量的污染物<sup>[35]</sup>,由于重金属在环境中移动性差,不能或不易被生物体分解转化,只能沿食物链逐级传递,在生物体内浓缩放大,当累积到较高含量时,就会对生物体产生毒性效应。2000年监测表明,我国7个城市农产品重金属污染超标率达30%以上,全国 $3.0 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>基本农田保护区粮食抽样重金属超标率大于10%。初步统计,北京、上海、江苏、广东、海南、宁波、厦门等地每年重金属污染的农产品达 $6.77 \times 10^8$  kg。

### 2.1.1 重金属污染对蔬菜品质影响

蔬菜受到的重金属污染主要来自土壤。我国各大城市郊区蔬菜中重金属超标率高达23.5%~50%,有的超标浓度高达50多倍,以Cd、Hg、Pb的污染最为明显<sup>[11]</sup>。西安市郊区蔬菜、茶叶中Pb超标率为48%,最高达卫生标准的6.9倍。南宁市郊区蔬菜中Cd超标率达91%,最高为卫生标准的6.2倍;沈阳市镉污染土壤大白菜中镉超标率为100%,番茄为85%,菜豆为80%,黄瓜为65.9%,污染土壤中蔬菜吸收镉的数量与高有机质和低pH值土壤镉生物有效性高有关<sup>[7]</sup>。污染土壤种植的菠菜Zn、Pb和Cd含量显著高出世界卫生组织的标准<sup>[36]</sup>,菠菜叶片中的As含量随土壤污染程度的增加而升高,呈指数关系。土壤中As含量变化对菠菜体内As含量的影响达到极显著水平<sup>[37]</sup>。豆角中Cr、Cu、Mn、Ni、Zn的含量明显高于其它蔬菜的根、茎、叶和果肉,苦瓜也是如此。蔬菜种子明显具有比茎、叶甚至根更强的富集重金属的功能,根对重金属等元素的吸收积累量高于茎和叶<sup>[38]</sup>,因此,以种子类为目的食用蔬菜、以根部为食用目的的蔬菜更应该保证种植土壤免受重金属污染。在津巴布韦用污泥施肥或污水灌溉芥菜叶中Cd含量超过欧盟允许标准的18倍,Cu超过5倍,Pb超过22倍,Zn超过4倍。豆、辣椒和甘蔗重金属含量也都在允许值以上<sup>[39]</sup>;在羽扇豆植物中,重金属锰、镍和锌可通过木质部传递到嫩芽,镍、锌可以通过韧皮部从老叶再分配到幼叶<sup>[40]</sup>,根对钴和镉有极强的保持力。

### 2.1.2 重金属污染对粮食品质影响

用含有重金属的工业废水和污泥灌溉或施入土壤,可引起植物染色体失常、雄蕊丝变性<sup>[8]</sup>,粮食作物籽粒中重金属含量显著增加<sup>[41-42]</sup>。稻谷中Cd、Pb含量主要取决于土壤中Cd、Pb浓度。沈阳市张士灌区经过20a余的污灌,水稻超标率13%,稻米含Cd 0.4~1.0 mg/kg,最高达3.4 mg/kg,水稻糙米含镉量与土壤镉浓度呈极

显著正相关关系,相关系数可达0.961~0.992<sup>[43]</sup>。在机动车尾气导致Cd、Pb污染的土壤上生产的水稻,其糙米、粗米糠和精米中的Cd、Pb含量都显著高于非污染区,土壤铅浓度与水稻产量存在着极显著的负相关关系。土壤中含汞量为70 mg/kg时,稻谷产量比对照降低32%;土壤中含砷量大于12 mg/kg时,水稻糙米中砷含量超过粮食允许标准1 mg/kg;土壤中锌、铜过高都会降低稻谷中蛋白质含量。利用污水灌溉的小麦、玉米,小麦籽粒Hg、Cd分别增加23%和162%,玉米籽粒Hg、Pb、Cd、Cu和As较清水分别增加9.8%、14.8%、20.5%、26.6%和52.9%<sup>[44]</sup>;受到矿区污染的土壤玉米籽粒中Pb、Cd严重超标,超标率13.6%,比食品卫生标准高15~20倍和4.5~8.7倍,说明土壤中重金属严重影响粮食品质。

## 2.2 化肥污染对农产品质量影响

化肥中无机与有机污染物的含量与工业“三废”和城市垃圾等其它污染物相比尽管较低,但其生物有效性却相对较高,更容易被植物吸收而积累于体内,影响农产品品质。

施氮适量时植株蛋白质含量随施氮量增加而逐渐增加,硝态氮含量增加缓慢,当施氮量达到一定限量再增加时,则蛋白质含量下降,而硝态氮含量大幅度上升<sup>[45]</sup>;施氮量超过100 kg/hm<sup>2</sup>,蔬菜体内蛋白质含量下降,硝酸盐从0.11%~0.19%猛增到0.78%~1.43%,增加近10倍。土壤中过量施用氮肥,会导致蔬菜硝酸盐或亚硝酸盐积累,与不施氮相比,小白菜、油菜和菠菜中硝态氮含量可提高80~126倍;菠菜、小白菜、水萝卜、小茴香、韭菜体内硝酸盐的积累量与施氮量显著正相关;在芹菜生产中,施3450 kg/hm<sup>2</sup>与375 kg/hm<sup>2</sup>标氮同时施75000 kg/hm<sup>2</sup>有机肥相比,芹菜中硝酸盐含量高出2063 mg/kg;大白菜和青豆施3150 kg/hm<sup>2</sup>和750 kg/hm<sup>2</sup>标氮与1125 kg/hm<sup>2</sup>和150 kg/hm<sup>2</sup>标氮同时配施30000~45000 kg/hm<sup>2</sup>有机肥相比,硝酸盐含量分别增加1488.1 mg/kg和1503.6 mg/kg<sup>[46]</sup>。随着氮素水平的提高,蔬菜营养品质下降,氨基酸总量及谷氨酸、脯氨酸等氨基酸、非蛋白氮与总氮比值升高,蔬菜体内维生素C、可溶性糖含量下降,可滴定酸度呈直线增加,N含量逐渐增加,而P、K含量逐渐减少,硝酸盐污染加剧<sup>[24]</sup>。土壤中氮肥过多,稻米外观和食味变差。过量使用磷肥使农产品中锌、镉、铅等重金属严重超标<sup>[47]</sup>;有毒磷肥,如三氯乙醛磷肥,施入土壤后三氯乙醛转化为三氯乙酸,二者对植物产生毒害,作物受害严重时颗粒无收。

## 2.3 农药污染对农产品质量影响

存在于土壤中的农药,除挥发和径流损失外,其

余可被农作物直接吸收,在作物体内积累,这是农药进入植物体的主要途径之一。土壤中农药可造成农产品中硝酸盐、亚硝酸盐、重金属及其它有毒物质大量积累于农产品中,危害时间长。中国有机氯农药禁用约 20 a 后,在各种农产品中仍有残留,茶叶、水果中六六六和滴滴涕检出率高达 100%,蔬菜达 86.8%;40%茶叶存在有机氯农药超标,西洋参和三七也存在有机氯超标问题。马铃薯、胡萝卜等作物的地下部分被有机氯农药污染严重,大豆、花生等油料作物污染较重,说明蔬菜对六六六、滴滴涕有较强的富集能力。农药污染土壤生产的苹果、脐橙、茶叶农药含量严重超标。2000 年国家监测表明,蔬菜中农药污染超标率高达 31.1%,2001 年第 3 季度蔬菜中农药残留超标率达 47.5%,有逐年加重之趋势。2000—2001 年江苏省大米、小麦、面粉农药检出率 100%,超标率 30%~80%,青菜、菠菜等 28 种蔬菜中农药呋喃丹、乐果、甲拌磷等超标率 50%,农药污染对人畜禽具有潜在的威胁。

#### 2.4 其它污染物对农产品质量影响

土壤中大量残留的地膜,使作物的叶绿体合成减少,导致产量下降,品质变差;农膜中的增塑剂含有邻苯二甲酯类的有毒物质,可以通过土壤进入食物链,并有富集特性。受到生物污染的土壤,生产出的农产品会带有病原菌,可能导致人畜疾病的发生和传播,尤其是种植蔬菜、水果类的土壤受到生物污染,其产品质量受到有毒有害生物的严重威胁。酸化的土壤中,有许多原已处于稳定或无效态的重金属和部分有机污染物被有效化,成为植物能吸收利用的物质,加重了污染物对作物生长和农产品质量的影响。

### 3 结论

应清醒地看到,现代农业发展面临着土壤污染和农产品质量安全的严重问题。土壤污染和农产品质量安全问题将一直成为人类高度关注的问题。只有清洁的土壤,人类才能有安全的食品。由于土壤环境污染具有高度的隐蔽性,同时也是水体和大气次生污染的重要源,必须引起高度重视。应坚持走农业可持续发展道路,协调人与自然的关系;在加强行政管理、监督、监察、监测的同时,加强规范人类生产和生活对土壤环境造成危害的行为;对重点地区、重点行业、加强监管,确立优先控制区及控制对象;积极研究土壤环境污染的控制与修复技术<sup>[48-49]</sup>。限品种、限量、限时间地使用化学肥料、农药、禽兽药、饲料添加剂;加强无公害、绿色、有机农产品生产所用生产资料的开发技术研究。如研制与应用新型环保缓释、控释、复合肥料;研制与生产适合当地农业生产需要的各种专用肥;研制与开发低毒高效农药、易降解塑料地膜;注

重污染土壤对生产力的影响以及农作物生态毒理效应和致毒机理的研究。使农业发展走向节约资源,提高效率,少污染,生产安全无公害农产品的绿色农业发展之路,确保粮食生产安全和农产品食用安全。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Tanushree B D K, Banerjee Brij G. Heavy metal uptake by *scirpus littoralis* Schrad. From fly ash dosed and metal spiked soils [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 121:363—380.
- [2] Veado M, Arantes I A, Oliveira A H, et al. Metal pollution in the environment of Minas Gerais State-brazil [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 117:157—172.
- [3] Cogun H Y, Yuzereroglu T A, Firat O, et al. Metal concentrations in fish species from the Northeast Mediterranean Sea [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 121:431—438.
- [4] 王晓蓉,郭红岩,林仁漳,等. 污染土壤修复中应关注的几个问题[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2):277—280.
- [5] 徐明岗,李菊酶,张青. 从土壤环境改善和新型肥料研发看食品安全[J]. 腐植酸, 2005(4):11—26.
- [6] Dach J, Starmans D. Heavy metals balance in Polish and Dutch agronomy: Actual state and previsions for the future [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 107:309—316.
- [7] Huang B, Shi X Z, Yu D S, et al. Environmental assessment of small-scale vegetable farming systems in peri-urban areas of the Yangtze River Delta Region [J] (China). Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 122:391—402.
- [8] Cabrera G L, Rodriguez D M G. Genotoxicity of soil from farmland irrigated with wastewater using three plant bioassays [J]. Mutation Research, 1999, 426:211—214.
- [9] 李桂林,陈杰. 城市边缘带土地利用特征与土壤资源压力[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(5):579—583.
- [10] Benckiser G, Simarmata T. Environmental-impact of fertilizing soils by using sewage and animal wastes [J]. Fertilizer Research, 1994, 37(1):16—22.
- [11] 项虹艳,李廷强. 加强农业环境保护,确保农产品安全 [J]. 广东农业科学, 2004, 35(3):238—241.
- [12] Hjortenkrans D, Bergback B, Haggerud A. New metal emission patterns in road traffic environments [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 117:85—98.
- [13] Hakan P. Heavy metal pollution assessment in sediments of the Izmit Bay, Turkey [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 123:219—231.
- [14] 谢建治. 保定市郊土壤重金属污染现状调查及其评价 [J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(1):38—41.

- [15] 聂继云,董雅凤. 果园重金属污染的危害与防治[J]. 中国果树,2002(1):44—47.
- [16] 张桂敏. 国际肥料工业协会预计:全球化肥需求量将达1.647亿t[N]. 农资导报,20071023.
- [17] Zheng G Z, Yue L P, Li Z P, et al. Assessment on heavy metals pollution of agricultural soil in Guanzhong District [J]. *J. Geographical Sciences*, 2006,16(1):105—113.
- [18] 肖军,秦志伟,赵景波. 农田土壤化肥污染及对策[J]. 环境保护科学,2005,31(50):32—34.
- [19] 莫测辉,李云辉,蔡全英,等. 农用肥料中有机污染物的初步检测[J]. 环境科学,2005,26(3):198—202.
- [20] 李文庆. 大棚土壤硝酸盐状况研究[J]. 土壤学报,2002,39(2):283—287.
- [21] Othman I, Al-Masri M S. Impact of phosphate industry on the environment: A case study[J]. *Applied Radiation and Isotopes*, 2007,65:131—141.
- [22] Otero N, Vitoria L, Soler A, et al. Fertiliser characterization: major, trace and rare earth elements[J]. *Applied Geochemistry*, 2005, 20:1473—1488.
- [23] 朱金兰,王华为. 合理使用化肥与防止污染[J]. 安徽农学通报,2005,11(3):45—46.
- [24] 黄国勤,王兴祥,钱海燕,等. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 生态环境,2004,13(4):656—660.
- [25] 毛建华. 正确认识化肥的重要作用[J]. 天津农业科学,2005,11(2):1—3.
- [26] 李淑芬,纪易凡. 化肥施用与环境效应研究进展[J]. 南京农专学报,2003,19(2):59—67.
- [27] 资学民,杨建中. 硫酸钾生产出现问题的机理分析及改进建议[J]. 磷肥与复肥,2003,18(1):47—49.
- [28] 崔峰. 浅谈农业面源污染的危害与治理[J]. 山西水土保持科技,2006(2):7—9.
- [29] 李子田,郝瑞彬,沈方. 我国农业可持续发展面临的生态环境问题及对策[J]. 农机化研究,2006(1):21—23.
- [30] 刘长江,闻万杰,刘彦军,等. 农药对土壤的污染及污染土壤的生物修复[J]. 农业系统科学与综合研究,2002,18(4):291—297.
- [31] 陆维国. 浅论农业面源污染及防治对策[J]. 环境研究与监测,2004,17(4):42—44.
- [32] 方晓航. 农药在土壤环境中的行为研究[J]. 土壤与环境,2002,11(1):95—96.
- [33] 董元华,张桃林. 基于农产品质量安全的土壤资源管理与可持续利用[J]. 土壤,2003,35(3):182—186.
- [34] Overmeire V I, Pussemier, Hanot L V, et al. Chemical contamination of free-range eggs from Belgium[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2006, 23(11):1109—1122.
- [35] 徐建明,何艳. 根—土界面的微生态过程与有机污染物的环境行为研究[J]. 土壤,2006,38(4):353—358.
- [36] Singh S, Kumar M. Heavy metal load of soil, Water and vegetables in peri-urban Delhi[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2006,120:79—91.
- [37] 张永志,李劲峰,王钢军. 土壤中的砷在菠菜中的富集规律研究[J]. 广东微量元素科学,2005,12(12):23—27.
- [38] 李秋霞,黄玉源,赵玉环,等. 几种蔬菜及其土壤吸收灌溉污水污染物的研究[J]. 生态科学,2006,25(3):216—221.
- [39] Muchuweti, Abirket J W T, Chinyauya R, et al. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implication for human health[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2006,112(1):41—48.
- [40] Valerie P, Laure W, Urs F. Heavy metals in white lupin: Uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the Plant [J]. *New Phytologist*, 2006, 171:329—341.
- [41] Glani Mahmood S R, Javed T M S, et al. Assessment of Chromium and Nickel in common members of cereals[J]. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 2003,25(3):248—253.
- [42] He J Y, Zhu C, Ren Y F, et al. Genotypic variation in grain cadmium concentration of lowland rice[J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2006,169(5):711—716.
- [43] 杜永,王艳,徐敏权,等. 重金属污染源及对水稻生长与发育的影响[J]. 耕作与栽培,2004,2:13—61.
- [44] 孟祥琴,王焕明,郭永辰. 利用 WLP S 系统净化污水技术研究示范[J]. 南水北调与水利科技,2006,4(4):38—59.
- [45] 葛鑫,戴其根,霍中洋,等. 农田氮素流失对环境的污染现状及防治对策[J]. 耕作与栽培,2003(1):45—47.
- [46] 陆正松,赵玲,张硕,等. 土壤污染、施肥对水稻和蔬菜品质的影响[J]. 土壤肥料,2001(4):13—16.
- [47] 王圣瑞,颜昌宙,金相灿,等. 关于化肥是污染物的误解[J]. 土壤通报,2005,36(5):799—802.
- [48] Gao G L, Zhou Q X, Lene Q M. Availability and assessment of fixing additives for the insitu remediation of heavy metal contaminated soils[J]. *A Review. Environmental Monitoring and Assessment*, 2006, 116:513—528.
- [49] Long X X, Yang X E. Difference of uptake and accumulation of Zinc in four species of sedum[J]. *Acta Botanica*. 2002,44(2):152—157.