

环境地质

# 济南西部地区不同类型污染源作用下土壤 各类元素含量特征及选择性种植浅析

于晓静<sup>1</sup>,成世才<sup>2</sup>,白新飞<sup>3</sup>

(1.中国冶金地质总局山东正元地质勘查院,山东 济南 250101; 2.中化地质矿山总局山东地质勘查院,山东 济南 250013; 3.山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

**摘要:**通过分析研究区不同类型污染源条件下各类土壤元素含量的顺序,认为重金属在各类污染源土壤剖面中含量的顺序主要为:垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类;水溶性相对较强的 $K^+$ , $Mg^{2+}$ , $Na^+$ , $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ 等离子,受污水排放类污染的影响明显,含量顺序为:污水排放污染类>禽畜粪便污染类>垃圾堆放污染类; $NO_3^-$ 在土壤中含量的顺序为:禽畜粪便污染类>污水排放污染类>垃圾堆放污染类;土壤主要常量养分在土壤中含量的顺序为:污水排放污染类>垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类。选择性种植的观点认为,在土壤肥力充足但重金属元素富集的土地,选择对该重金属元素富集较少的蔬菜(瓜果)进行种植,一方面充分利用了土壤肥力,另一方面较好地规避了重金属对作物的污染。

**关键词:**土壤污染;重金属;水溶性元素;土壤常量养分;选择性种植;济南

**中图分类号:**X53

**文献标识码:**B

**引文格式:**于晓静,成世才,白新飞.济南西部地区不同类型污染源作用下土壤各类元素含量特征及选择性种植浅析[J].山东国土资源,2016,32(11):49-53. YU Xiaojing, CHENG Shicai, BAI Xifei. Analysis on Characteristics of Various Element Concentration in Soil and Selective Cultivation under Different Pollution Sources in Some Areas in Jinan City[J]. Shandong Land and Resources, 2016,32(11):49-53.

农业种植,一方面要考虑土壤中主要营养元素含量,考虑到作物种植的长势产量;一方面要考虑到作物的品质,也就是微量元素的含量;还要考虑到作物的安全,也就是重金属元素的含量。以前对土壤的化学分析方法与角度较多,李非里等在不同酸碱条件下分析同一元素或离子在土壤中的赋存形态<sup>[1-2]</sup>,田媛等用聚类分析方法研究土壤中重金属含量分区并与国家土壤重金属含量标准进行比较<sup>[3]</sup>,但将土壤分为重金属元素、水溶性元素及常量营养元素进行分类比较,然后利用选择性种植<sup>[4]</sup>的观点尝试指导农业种植的想法却不多,该文从这一角度,对不同类型污染源作用下土壤各类元素含量特征及选择性种植进行分析。

## 1 研究区概况

### 1.1 地理地质概况

研究区位于济南市的西部及南部,面积2 000 km<sup>2</sup>。东南部为泰山山脉,西北部为黄河冲积平原,研究区向NE缓倾,总体地势东南高西北低,地形从SE向NW依次为低山丘陵、山前倾斜平原及黄河冲积平原。区内主要河流有黄河、孝里河、南大沙河、北大沙河及玉符河。出露地层由新到老依次有新生代第四系,古生代寒武系,奥陶系及新太古代泰山岩群变质岩系,总体为一单斜构造。

### 1.2 污染源类型及分布

通过对区内40处较典型污染源的调查记录,查明区内污染源主要包括:工业废水、生活污水、生活垃圾、工业废弃物及养殖场禽畜粪便等。该次将区

收稿日期:2016-05-25;修订日期:2016-08-05;编辑:曹丽丽

作者简介:于晓静(1982—),女,山东烟台人,工程师,从事水文环境及地质灾害评估等方面的工作;E-mail:chengshicai2008@163.com

内污染源类型归纳为:污水排放污染、垃圾堆放污染和禽畜粪便污染 3 类(图 1)。总体来看,研究区工业废水和生活污水随意排放的现象较为普遍,污水排放污染多集中在区内三大河流下游,沿河流呈线状分布;生活垃圾堆放污染多呈点状分布于村庄及周边的沟谷低洼处,规模一般较小;养殖场牲畜粪便污染主要分布在调查区中部和南部,规模多为小型,局部地区养殖场集中分布。

## 2 样品布设与测试

### 2.1 样品布设

该次工作布设土壤剖面 7 条,按污染源类型将剖面进行划分:污水排放污染类 4 条;垃圾堆放污染类 1 条;禽畜粪便污染类 2 条。

### 2.2 样品采集与测试

探坑挖好后,用竹片去除与金属接触的部分,再分深度分别采集土壤样品,每件采集重量 1 000 g,用棉布袋包装。样品检测由具有岩矿鉴定与岩矿测试甲级资质、CMA 计量认证证书的国土资源部济南矿产资源监督检测中心承担。测试项目分为重金属元素、水溶性元素及营养元素 3 类。

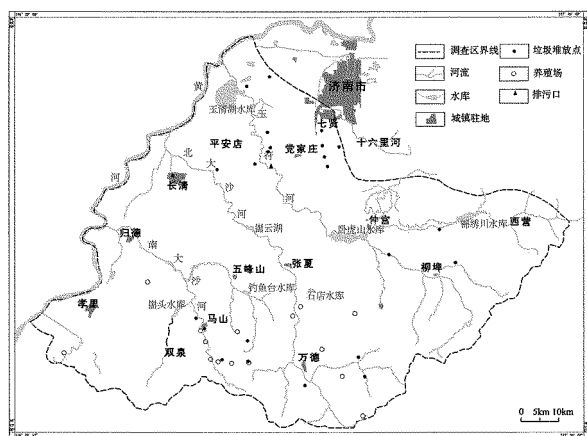


图 1 调查区主要污染源分布图

## 3 结果与讨论

### 3.1 重金属元素含量特征及分析

在环境污染研究中特别关注的重金属主要是生物毒性显著的 Hg, Cd, Pb, Cr 以及类金属 As, 还包括具有毒性的重金属 Cu, Zn 等<sup>[3]</sup>。研究区各污染源类型重金属元素含量统计见表 1。

表 1 各污染源类型重金属元素含量平均值(mg/kg)

污染类型	Cr	As	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
污水排放污染类	63.045	8.439	0.053	0.115	24.266	33.937	92.579
垃圾堆放污染类	92.523	12.344	0.067	0.378	45.470	38.297	235.051
禽畜粪便污染类	68.174	11.012	0.021	0.103	22.127	28.221	77.385

通过比较,垃圾堆放类污染对周边土壤的重金属含量的影响最为明显。7 条土壤剖面中 Cr 含量的顺序为垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类>污水排放污染类;As 含量顺序为垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类>污水排放污染类;Hg 含量顺序为垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类;Cd 含量顺序为垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类;Pb 含量顺序为垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类;Cu, Zn 亦然。可见,研究区土壤剖面中,垃圾堆放类污染造成周边土壤重金属含量明显升高,土壤剖面中重金属含量的顺序主要为:垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类。

垃圾堆放的污染方式主要为固体直接污染和渗滤液入渗污染。根据包丹丹<sup>[5]</sup>等的研究,重金属是垃圾渗滤液的主要成分之一。研究结果表明垃圾场周边农田土壤 Cd 含量超过国家土壤质量二级标准,Hg, As, Pb, Cr 四种元素的含量均高于非污染土壤。随着距离的增加土壤重金属含量呈现出减少趋势,垃圾堆放点对周边大约 150 m 范围内的土壤产生重金属污染。该次调查发现,研究区虽然目前各个村庄都设有垃圾箱和垃圾池,但部分村民固有的乱弃垃圾的习惯,加之垃圾清运不及时,导致垃圾积存。积存的垃圾倾倒入沟谷、河道内,丰水期时被洪水冲走,继续污染下游河道水体。有些垃圾堆放在裸露或半裸露灰岩地区或采矿石坑内,渗滤液直接下渗,污染土壤及地下水。

曲蛟<sup>[6]</sup>等研究发现,葫芦岛市钼矿区选矿厂周边农田土壤重金属含量顺序依次为:Cr>Zn>Ni>Cu>Pb>Mo>As>Cd>Hg。该研究区重金属含量顺序为:Zn>Cr>Cu>Pb>As>Cd>Hg,除 Cr, Zn 顺序有颠倒外,与葫芦岛钼矿区情况基本一致。表明一般情况下重金属含量的顺序在各地都较为普遍。

### 3.2 水溶性盐类含量特征及分析

土壤剖面中水溶性盐类含量结果见表 2。

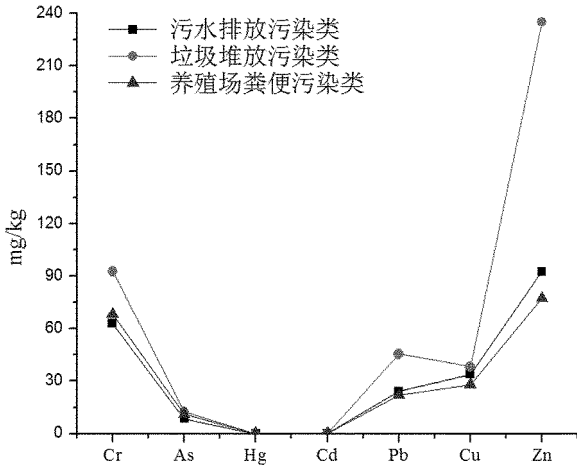


图 2 各污染源类型重金属元素含量平均值对比

表 2 各污染源类型水溶性盐类含量平均值 (mg/kg)

污染源类型	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
污水排放污染类	89.97	26.71	14.95	24.71	28.46	79.71	238.5	78.88
垃圾堆放污染类	99.17	8.93	13.35	30.14	15.31	69.2	310.6	36.93
禽畜粪便污染类	84.36	14.38	14	21.54	14.94	38.03	262.5	95.89

可以看出,土壤水溶性盐类 K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> 在三类污染源影响的土壤中的含量顺序为:污水排放污染类>禽畜粪便污染类>垃圾堆放污染类; Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 在三类污染源影响的土壤中含量的顺序为:污水排放污染类>垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类; Ca<sup>2+</sup> 在三类污染源影响的土壤中的含量,垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在三类污染源影响的土壤中的含量,垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类>污水排放污染类。

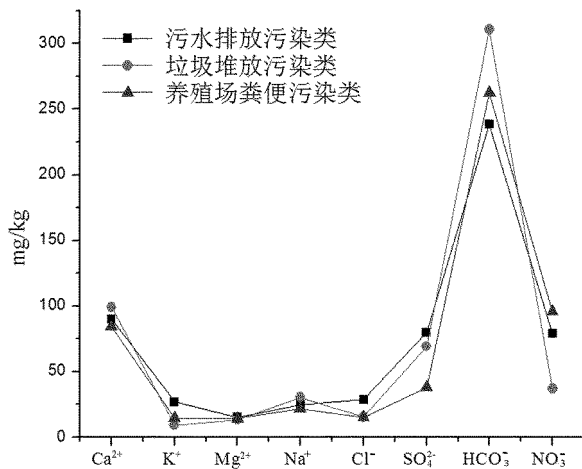


图 3 各污染源类型水溶性盐类含量平均值对比

通过比较发现,水溶性相对较强的 K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 等离子,受污水排放类污染的影响较为明显,分析原因为该类水溶性元素及离子在污水中的含量较高,故以水为载体,通过污水入渗直接进入周边土壤,引起土壤含量升高。研究区 Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在垃圾堆放类污染的土壤中含相对较高可能与调查点堆放多靠近建筑垃圾有直接关系。

养殖类污染造成周边土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量升高的情况最为明显,含量平均值达到 95.89 mg/kg,其次为污水排放类污染,含量平均值达到 78.88 mg/kg,最后是堆放类污染,含量平均值达到 36.93 mg/kg,即, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在三类污染源影响的土壤中含量的顺序为:禽畜粪便污染类>污水排放污染类>垃圾堆放污染类。

Della<sup>[7]</sup> 的研究表明畜禽粪便的淋滤下渗可以导致地下水硝酸盐污染。美国农场每年由于畜禽粪便的堆积而进入环境中的氮约有 650 万 t,而 1kg 粪便会使地下水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 升高 0.16 mg/L,因此农场或养殖场周围地下水硝酸盐均明显超标,是潜在危险较大的污染源。其次为污水灌溉,Haruvy 等<sup>[8]</sup> 的研究结果表明污水灌溉不仅对土壤和农作物造成危害,并且可导致地下水硝酸盐含量的增加。调查发现研究区养殖场产生的污水多直接排放至河道污染地表水体,或排放至地势低洼处,形成臭水坑;产生的粪便直接堆存,使得周边气味难闻,滤液下渗污染土壤及地下水,使得硝酸盐含量升高。

### 3.3 营养元素含量特征及分析

土壤剖面中土壤常量养分含量结果见表 3。

表 3 各污染源类型土壤常量养分含量平均值 (mg/kg)

污染源类型	P	有机质	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	全 N	有效 P	硝态氮	铵态氮
污水排放污染类	792.864	1.435	4.181	897.565	33.087	13.634	7.255
垃圾堆放污染类	734.700	1.059	5.294	627.656	16.436	5.586	4.662
禽畜粪便污染类	535.125	0.797	4.590	673.213	15.984	12.381	4.440

从表 3 中可以看出,土壤主要常量养分 P 在三类污染源影响的土壤中的含量,污水排放污染类>垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类;有效 P 在三类污染源影响的土壤中的含量,污水排放污染类>垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类;全 N 在三类污染源影响的土壤中的含量,污水排放污染类>禽畜粪便污染类>垃圾堆放污染类;硝态氮在三类污染源影响的土壤中的含量,污水排放污染类>禽畜粪便污染类>垃圾堆放污染类;铵态氮在三类污染源影响的土壤中的含量,污水排放污染类>垃圾堆放污

染类>禽畜粪便污染类。故一般情况下,土壤营养元素受污水排放污染影响最为明显。

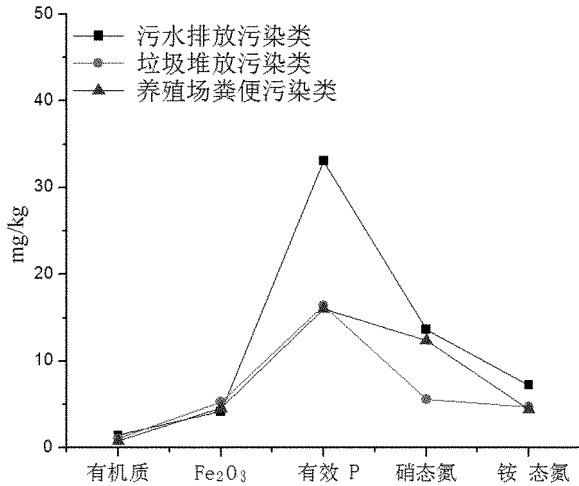


图4 各污染源类型土壤常量养分含量平均值对比

田媛等<sup>[3]</sup>研究认为,污水排放可以为植物生长发育提供相应的营养元素,增强土壤肥力,但是超过一定限度和量度会引起重金属积累,从而造成土壤污染。污水排放后,通过与地表水体直接混合或者渗入地下的方式污染地表、地下水,污染影响范围广,影响速度快。

### 3.4 选择性种植研究

不同种类的蔬菜对土壤中重金属元素的富集具有差异性<sup>[9-10]</sup>,由植物自身的生化特性决定。选择性种植的概念<sup>[4,11-12]</sup>,就是考虑土壤中重金属含量特征蔬菜对重金属的富集以及土壤的肥力,在查明规划种植区土壤重金属含量水平的情况下按照蔬菜对重金属富集的差异性来选择将来种植蔬菜对象。即在土壤肥力充足但某一种或几种重金属元素富集的土地,选择对该重金属元素富集较少的蔬菜(瓜果)进行种植,可以一方面充分利用土壤肥力,另一方面较好的规避重金属对作物的污染。如寿光地区Pb在各类蔬菜中含量依次为西红柿>茄子>尖椒>油菜>甘蓝>白菜<sup>[13]</sup>,则在该土壤含Pb较高的地区种白菜可较其他瓜果更好的规避重金属Pb污染,从而获得品质更好的蔬菜。

## 4 结论

(1)研究区土壤剖面中,垃圾堆放类污染造成周边土壤重金属含量明显升高,土壤剖面中重金属

含量的顺序主要为:垃圾堆放污染类>污水排放污染类>禽畜粪便污染类。

(2)通过比较发现,水溶性相对较强的 $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ 等离子,受污水排放类污染的影响较为明显,分析原因为该类水溶性元素及离子在污水中的含量较高,故以水为载体,通过污水入渗直接进入周边土壤,引起土壤含量升高。

(3)研究区禽畜粪便类污染造成周边土壤 $NO_3^-$ 含量升高的情况最为明显。 $NO_3^-$ 在三类污染源影响的土壤中含量的顺序为:禽畜粪便污染类>污水排放污染类>垃圾堆放污染类。

(4)土壤主要常量养分在三类污染源影响的土壤中含量的顺序为:污水排放污染类>垃圾堆放污染类>禽畜粪便污染类。

(5)污染源中的各类污染元素的扩散一般都是以水为载体。排放的污水可以直接下渗,垃圾和粪便通过水的溶解和淋滤作用形成渗滤液,渗滤液入渗,污染周边土壤进而污染地下水。

(6)在土壤肥力充足但某一种或几种重金属元素富集的土地,选择对该重金属元素富集较少的蔬菜(瓜果)进行种植,可以一方面充分利用土壤肥力,另一方面较好的规避重金属对作物的污染。

(7)建议在查明地区土壤各类元素含量的情况下,按重金属污染程度对工作区进行分区,依据污染程度的不同,选择不同类型的蔬菜种植,严格施肥,控制农残,以达到绿色蔬菜、无公害蔬菜的标准。

## 参考文献:

- [1] 李非里,刘华强.土壤中重金属形态的化学分析综述[J].中国环境监测,2005,21(4):22-27.
- [2] 庞绪贵,战金成,宋海林,等.山东黄河下游地区局部生态地球化学评价方法与技术[J].山东地质,2005,21(9):35-39.
- [3] 田媛,杨昕.城市周边生活污水排放对绿地土壤环境质量的影响[J].生态学报,2008,28(2):742-748.
- [4] 庞绪贵,成世才,张春荣,等.生态地质环境对山东鱼台地区蔬菜重金属污染的影响及选择性种植研究[J].江西农业学报,2010,22(2):139-141.
- [5] 包丹丹,李恋卿,潘根兴,等.垃圾堆放场周边土壤重金属含量的分析及污染评价[J].土壤通报,2011,42(1):185-189.
- [6] 曲蛟,袁星,丛俏,等.铅矿区选矿场周边农田土壤重金属污染状况分析与评价[J].生态环境,2008,17(2):677-681.
- [7] 张维理,冀宏杰,KolbeH.,等.中国农业面源污染形势估计及控制对策II.欧美国家农业面源污染状况及控制[J].中国农业科学,2004,(7):17-25.

- [8] 张维理,徐爱国,冀宏杰,等.中国农业面源污染形势估计及控制对策Ⅲ.中国农业面源污染控制中存在问题分析[J].中国农业科学,2004,(7):26-31.
- [9] 柳勇,何江华.广州市蔬菜地重金属剂量对蔬菜重金属的影响:以菜心为例[J].生态环境,2003,12(3):273-276.
- [10] 庞绪贵,陈钰,刘汉栋,等.山东半岛蓝色经济区土壤地球化学基准值与背景值[J].山东国土资源,2014,30(8):25-27.
- [11] 高宗军,成世才.山东省鱼台地区蔬菜重金属污染现状及选择性种植研究[J].安徽农业科学,2010,38,(7):3685-3687.
- [12] 赵西强,张贵丽.章丘地区土壤硒的含量分布及影响因素[J].山东国土资源,2015,31(3):46-49.
- [13] 徐晓慧.山东寿光地区蔬菜重金属赋存现状研究[J].安徽农业科学,2010,(28):1340-1342.

## Analysis on Characteristics of Various Element Concentration in Soil and Selective Cultivation under Different Pollution Sources in Some Areas in Jinan City

YU Xiaojing<sup>1</sup>, CHENG Shicai<sup>2</sup>, BAI Xinfei<sup>3</sup>

(1. Shandong Zhengyuan Geological Exploration Institute of Chinese Metallurgical Geology Bureau, Shandong Jinan 250101, China; 2. Shandong Geological Prospecting Institute of China Chemical Geology and Gine Bureau, Shandong Jinan 250013, China; 3. No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** By analysis on various soil element concentration order under different pollution sources in the study area, it is concluded that: the order of heavy metal concentration in the soil profile is dumping pollution>sewage disposal pollution>livestock and poultry stool pollution; water-soluble salts like  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , affected by sewage pollution significantly, the concentration order in the soil is sewage disposal pollution>livestock and poultry stool pollution>dumping pollution. The concentration order of  $NO_3^-$  in the soil is livestock and poultry stool pollution>sewage disposal pollution>dumping pollution; the order of soil constant nutrient concentrations is sewage disposal pollution>dumping pollution>livestock and poultry stool pollution. On the view of elective cultivation, in the land that heavy metal is accumulated, but soil is fertility, the vegetables (or fruits) that accumulate less heavy metal can be planted. On one hand, the advantage of soil fertility can be realized; while on the other hand, it is better avoidance of heavy metal pollution on crops.

**Key words:** Soil pollution; heavy metal elements; water-soluble elements; soil constant elements; selective cultivation