

# 山东省耕地重金属元素 污染状况及其评价\*

王文祥 劳秀荣

(山东农业大学)

## 摘 要

本文介绍了山东省重点污染区耕地中铜、锌、铅、镉、铬、砷及汞7种重金属元素的污染现状及其评价。

1983年以来,我们对山东省重点污染区的济南、淄博、惠民、潍坊、青岛和泰安等6地市的47县区的农田环境进行了调查研究。受调查的土壤有潮土、棕壤、褐土和砂姜黑土4个土类、11个亚类。调查点有605个,并采集808个土样,857个粮样和56个菜样。测定了各样品中的铜、锌、铅、镉、铬、砷、汞7种重金属元素及有机氯农药六六六和DDT的含量。测定结果均经PC-1500型计算机处理,应用指数分级法进行土壤重金属含量分级和模糊数学综合评价。统计了土壤、粮食、蔬菜之间元素含量的相关性。分析了污染源与土壤、粮食及蔬菜污染的关系,并提出了治理农田污染的建议。

## 一、耕地中重金属元素的含量

山东省耕地(0—20cm)各元素的含量范围列于表1。

表1 山东省耕地重金属元素含量 (mg/kg)

元素	含 量 范 围	平均值
铜	2.72—54.3	27.37
锌	12.4—398.8	59.16
铅	12.8—1330.0	28.77
镉	0.006—8.33	0.085
铬	22.0—165.5	56.07
砷	3.9—56.5	10.25
汞	0.006—1.13	0.096

就全省范围而言,土壤重金属元素含量一般以市区(近郊)高于远郊和边远的县区。例如,济南市北郊土壤含铜量平均为65.7 mg/kg,而位于山丘,低洼地带的历城县、长清县、章丘3县则分别为23.7、6和25.5 mg/kg;济南北郊土壤平均含锌量为123.8 mg/kg,而3县分别为68.3、58.0、70.3 mg/kg。总之,凡远离污染源的土壤,其重金属含量大致接致土壤本底值。

若以地势、河流而论,土壤重金属元素含量一般以下游高于上游。例如,潍坊市的潍城区、坊子区和寒亭区的白浪河、虞河潍河的下流,土壤中各重金属元素含量通常高于上游的土壤。但地处下游的惠民地区的阳信县、沾化县、无棣县,因远离污染源,加之黄河水对污染物的稀释,其土壤中重金属含量均为本底级,属基本清洁区。

重金属的流域污染和小范围污染随季节变化而异。由于省内的汶河、潍河、胶莱河、白浪河、虞河等均属间歇河,在丰水季节,污染物为大量来水所稀释,因而污染物能对下游和

\*济南市农科所房素兰,青岛市农科所鞠维金等同志参加了部分工作,谨致谢意。

河流两岸约200米范围内土壤地下水有所影响；在平水季节，污染物仅对近污染源的河段及河流两侧约100米以内的土壤地下水有影响；在枯水季节，河床断流，污水以潜流渗入地下，使污染物在近河道内的污染强度加大，若用此水灌溉，作物将绝产，因为其重金属和农药的含量已超标数倍，乃至数十倍。所以在春旱时节，用污染水灌溉对冬小麦有极大的危害。

## 二、耕地重金属元素和污染源的关系

土壤中重金属元素的含量与土壤污染程度有直接关系。重金属元素含量变幅愈大，土壤被污染的可能性就愈大。通常，凡重金属元素含量高的土壤，其附近必有一污染源，几乎无一例外。

**(一)铜污染** 较重的有济南市北郊、泰安市泰山区化肥厂尾水污灌区及潍坊市的采矿污灌区，后者的土壤含铜量高出土壤本底值2—20倍。此外，青岛市、张店区、淄川区、博山区均有不同程度的铜污染。

**(二)锌污染** 济南市北郊的产粮区，土壤锌高出本底值1—3倍。滨州市南郊，因小清河污灌和施锌肥过多，土壤锌轻度污染。潍坊市郊，青岛市郊及其城镇，土壤含锌量也较高。此外，莱芜、石横、济南等地用电厂污水灌溉的土壤含锌量普遍偏高。

**(三)铅污染** 济南市北郊，青岛市区及莱芜市郊土壤的含铅量高于清洁区1—2倍。在公路两侧，由于受汽车尾气的影响，距公路5米以内的土壤，铅含量明显的偏高。

**(四)镉污染** 多见于焦化厂、冶炼厂的污染区。例如，莱芜焦化厂、济南钢铁厂及各县的磷肥厂附近以其污水灌溉的土壤镉含量均高于清洁区。但镉污染源较其他元素要相对地少一些。

**(五)铬污染** 多见于用电度、印染厂污水灌溉的土壤上。农药厂污灌区，土壤铬不仅耕层含量高，且波及至80厘米土层。

**(六)砷污染** 最重的是焦化厂和农药厂污灌区。如宁阳农药厂、莱芜钢铁厂的焦化厂，污染土壤砷超标1—1.5倍。另外，高密棉区受农药影响，土壤砷也高。硫酸厂、铝厂、电厂废气和汽车尾气，对土壤砷污染也很明显。

**(七)汞污染** 最重的仍是工矿区。如青岛市娄山、浮山矿等地的耕地，受当地工矿排放的废水、气影响，土壤有轻度汞污染。以莱芜钢铁厂、硫酸厂污水灌溉的土壤，其含汞量高出本底值5—6倍。济南北郊化工厂污灌区土壤为中度汞污染区。平阴县铝厂的废气，致使附近土壤及小麦的含汞量高于本底值2倍，且有受汞、铅、砷复合污染的迹象，对周围作物和人畜造成严重威胁。

## 三、耕地重金属元素污染状况

山东省现有耕地1.08亿亩，笔者调查的耕地为3888万亩，约占总耕地面积的39%。根据调查与测定结果，山东省耕地重金属元素污染状况可分为4级：未受污染、轻度污染、中度污染和重度污染(表2)。

在受调查的耕地中约有96—99%的耕地未受7种重金属元素的污染。在这些耕地中作物生长发育正常，粮棉品质良好，瓜果菜风味纯正，是山东省商品粮、果、菜主要生产基地。泰(安)、莱(芜)、肥(城)、宁(阳)和邹(平)、长(山)、桓(台)等粮食基地，小麦产量高，品

表 2

山东省耕地中7种重金属元素污染面积及分级

元 素	未受污染		轻度污染		中度污染		重度污染	
	面 积 (万亩)	%	面 积 (万亩)	%	面 积 (万亩)	%	面 积 (万亩)	%
铜	3827.74	98.4	58.10	1.49	2.66	0.07	—	—
锌	3859.45	99.3	25.67	0.66	3.04	0.08	0.34	0.009
铅	3743.22	96.3	143.90	3.70	1.03	0.03	0.34	0.009
镉	3801.49	97.8	86.7	2.23	—	—	0.35	0.009
铬	3778.06	97.2	110.33	2.84	0.15	0.004	—	—
砷	3808.29	97.9	77.8	2.00	3.31	0.09	—	—
汞	3814.78	98.1	70.20	1.81	2.78	0.07	—	—

质好，蛋白质含量在12—13%，最高可达15%。明水、北园大米；龙山小米及花生、薯类等，都是山东省外贸、内销的上乘产品。棉花、大豆、葵花籽、烤烟、茧丝、生姜、大麻、玫瑰花以及银瓜、蜜桃、山楂、桑椹、苹果、板栗、西瓜等产品产量高，品质优，风味好。

受7种重金属污染的耕地占调查耕地的1—4%，而且是以轻度污染为主，中度或重度污染的耕地极少。

就每一种重金属元素的污染状况而言，以铅及汞的污染较明显。从地区的污染状况来看，重工业发达的济南、青岛、潍坊和泰安等市县的土壤受重金属元素的污染较重。以青岛市为例，它受铬、铅、砷和铜的污染的面积，分别为65.8，51.6，43.7和35.7万亩。

#### 四、土壤重金属污染评价

土壤重金属污染评是按土壤重金属元素污染分级(表3)，将各元素实测值进行污染指数计算，求其单项污染指数和多元素的综合污染指数，并以此为标准进行污染分级。各地每种元素的污染指数和7种重金属元素综合污染指数列于表4。由表4可见：

1.城市近郊区和工矿区的污染指数最高，并常受多种重金属元素的污染。济南市郊镉污染指数为1.04；汞为1.09；个别点铅的污染指数甚至高达2.12。莱芜市工矿区集中受到钢铁、焦化、发电、硫酸等工厂的污染，使铅的污染指数达1.28；砷为1.57；汞为1.03；而个别土壤砷高达2.61。

2.污灌区土壤重金属元素污染指数均高于非污灌区土壤。小清河流域的高青县、博兴县铅的污染指数均高于远离小清河的桓台、惠民等县。白浪河、虞河、潍河及虞河下游的昌邑、寒亭、寿光等地，分别有铅、铬、汞等元素的污染，且污染面广，受污染土层深的特点。在连续干旱的年份，污水还可能潜入地下，污染10至20米地下水，若人畜饮用，将危及健康，甚至造成终生残疾。

3.山东省的山区、丘陵及河流的上游和黄河三角洲的城镇、乡村，土壤的重金属元素的污染指数均在0.7以下。新近开发的黄岛区也在0.21—0.62左右。对此应倍加珍惜，继续保持下去。

最后，顺便简要地提一下烟台、泰安和德州3地区有机氯农药的污染情况。调查结果表明，耕地普遍受六六六和DDT的污染，检出率为100%。但其残留量则逐年下降，并无超标的情况。看来，这两种农药在目前尚不致对耕地造成明显污染。

表 3

山东省土壤重金属元素污染状况 (mg/kg)

土类	铜	锌	铅	镉	铬	砷	汞
褐 土	21.3	68.5	24.9	0.742	50.3	9.80	0.0763
	30.4	97.8	35.5	0.106	71.8	14.0	0.109
	30.4	97.8	35.5	0.106	71.8	14.0	0.109
	100	200	100	1.0	200	20.0	0.35
	300	400	400	3.0	500	35.0	1.30
潮 土	24.6	63.4	15.8	0.0966	50.5	13.2	0.0461
	35.1	90.6	22.5	0.138	72.1	18.9	0.0658
	35.1	90.6	22.5	0.138	72.1	18.9	0.0658
	100	200	100	1.0	200	20.0	0.35
	300	500	400	3.0	500	35.0	1.30
砂 姜 黑 土	15.8	41.2	26.0	0.086	51.1	9.24	0.0644
	22.5	58.8	37.1	0.098	70.3	13.2	0.092
	22.5	58.8	37.1	0.098	70.3	13.2	0.092
	100	200	100	1.0	200	20.0	0.35
	300	500	500	3.0	500	35.0	1.30
棕 壤	20.0	50.1	19.1	0.0693	66.7	10.1	0.0665
	28.5	71.5	27.3	0.099	95.3	14.4	0.095
	28.5	71.5	27.3	0.099	95.3	14.4	0.095
	100	200	100	1.0	200	20.0	0.35
	300	500	400	3.0	500	35.0	1.30

表 4

山东省主要土壤的7种重金属元素综合污染分级和各地区污染顺序

污染级别		各县污染顺序	备 注
未 污 染	I 安全级 (清洁级)	黄岛区 0.51, 胶南县 0.57, 长清县 0.62, 莱西县 0.64, 平度县 0.65, 胶县 0.69,	6 县占总县区数的 12.8%
	II 警 戒 级	桓台县 0.74; 临淄区、周村区 0.75; 张店区、诸城市、 泰山区、泰山郊区 0.76; 昌邑县、五莲县、章丘县、 历城县 0.78; 即墨县、惠民县 0.79; 安丘县 0.80; 阳信县 0.816; 青州市、滨县、0.82; 滕山县、 淄川区 0.84; 昌乐县、0.85; 寒亭区、平阴县 0.87; 邹平县; 0.86; 滨州市 0.879; 新泰市 0.88; 沾化县、 肥城县 0.89; 宁阳县 0.60; 寿光县 0.901; 临朐县 0.902; 博兴县 0.92; 博山区 0.93; 元稹县 0.94; 高青县 0.95; 东平县 0.96	35 个县占总县数的 74.5%
污 染	III 轻污染	济南郊区 1.02; 濰城区、坊子区 1.04; 高密县 1.16; 青岛市区 1.46; 莱芜市 1.38	6 县占总县区 12.8%
	IV 中污染		
	V 重污染		