

苏南某市农田土壤有毒有害元素分布状况及影响因素

安 琼 董元华 王 辉

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 本研究选择工业化与城市化水平较高,且工农业经济发展水平相对较平衡,具有蔬菜种植较长历史的苏南某市为试点区,重点探讨农田土壤重金属污染状况与分布规律,以及土壤利用方式、轮作方式、作物品种及种植年限对土壤重金属污染状况及分布规律的影响。研究结果表明供试区土壤中各种重金属含量离散较大,Hg、As、Pb、Cr、Cd、Cu含量范围分别为0.05~2.35、4.28~42.90、22.50~106.50、49.80~101.70、0.09~2.16和15.00~125.40 mg/kg。试区土壤有毒有害元素Cd、Pb、Cu及Zn比杭州近郊土壤中的含量低,Ni含量较高;除Cu外,试区土壤有毒有害元素含量(均值)As、Cd、Pb和Zn含量均低于香港菜园土;轮作方式和不同作物的种植对土壤中部分有毒有害元素的积累有一定的影响,但影响并不突出;蔬菜种植年限对土壤中有毒有害元素的积累有明显的影响作用,轻度熟化菜园土中有毒有害元素的含量明显高于中等熟化菜园土。

关键词 有毒有害元素;农田;菜地;水稻土;种植年限

中图分类号 X144

多年来由于农药、化肥的大量使用和工农业污染物的排放,农业污染问题已引起公众的日益关注。随着我国进入WTO,农产品输入国对进口农产品标准的提高,及我国人民生活水平的提高,国内市场对无公害农产品也有了更高的要求。因此,对土壤的环境质量现状进行系统的调研、综合分析和分类,对于高品质农产品的生产是至关重要的。

本研究以苏南工业化与城市化水平较高的某市为试验区,对该市农田土壤环境质量和污染状况进行系统的调研,初步揭示土壤环境质量演变状况、污染特点及发展趋势。试区地处长江下游,成土母质为长江冲积物,其中部分重金属背景值较高。成土过程中,母质中的重金属进入土壤中,成为土壤中重金属固有的背景值。

本文侧重探讨供试区土壤中尤其是蔬菜地土壤中有毒有害元素As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb和Zn的分布状况,以及轮作方式、蔬菜种植及种植年限对土壤有毒有害元素分布的影响。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

以网格法在全市农田土壤范围内均匀布点为采样点,并用GPS定位。采得菜地土壤样77个,其中大棚菜地土壤样13个,蔬菜基地土壤样14个,

传统菜地土壤样50个;网格中无菜地者取水稻土,共12个,土壤类型分别为菜园土(肥熟旱耕人为土)和黄泥土(渗育水稻土)。多点采集耕层土壤,混匀,置入布质土样袋。土样风干,磨碎,过100目筛,待用。

1.2 测试方法与质量控制

待测8种有毒有害元素是:As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb和Zn。测试方法均按照相应的中华人民共和国国家标准执行,标准列如下:Pb、Cd的测定—石墨炉原子吸收分光光度法(GB/T17141-1997)^[1];总Cr的测定—火焰原子吸收分光光度法(GB/T17137-1997)^[2];Ni的测定—火焰原子吸收分光光度法(GB/T17139-1997)^[3];总Hg的测定—冷原子吸收分光光度法(GB/T17136-1997)^[4];总As的测定—硼氢化钾-硝酸银分光光度法(GB/T17135-1997)^[5];Cu、Zn的测定—火焰原子吸收分光光度法(GB/T17138-1997)^[6]。使用的重金属标准土壤样品代号为GSS-1,每批样品(约20个)中带标样1~2个,并且随机取20%的测试样品作重复测试样,以此对测试结果的质量作控制。

2 结果与讨论

试区土壤重金属含量情况列入表1。由表1可见:试区土壤中As含量范围为4.3~42.9 mg/kg,

绝大部分样品含量 $<10\text{ mg/kg}$,仅传统菜地个别样品中 As 含量 $>40\text{ mg/kg}$;Cr 含量范围为 $49.8\sim 101.7\text{ mg/kg}$,不同利用方式土壤中 Cr、Hg、Ni、Zn 分布并无明显差异;Cu 含量范围为 $15.0\sim 125.4\text{ mg/kg}$,蔬菜基地和大棚菜地土壤中 Cu 含量略高;传统菜地土壤中的 Pb 略高于其他利用类型土壤;水稻田及传统菜地土壤中的 Cd 含量相近,而蔬菜基地和大

棚土壤中的 Cd 略高,最高点为 1.67 mg/kg ,出现在蔬菜基地。曾有研究者提出^[7]:土壤利用方式不同,土壤重金属污染有明显差异。水稻土中 Zn、Cd、As,菜园土中 Cu、Pb 及果园土中 Ni、Hg 含量为最高。在本研究中发现,供试区土壤的 4 种不同利用方式对土壤中有毒有害元素积累的影响并不十分突出。

表 1 试区土壤有毒有害元素的含量(mg/kg dw , $n=89$)

Table 1 Contents of harmful chemical elements in the soils of the tested area (mg/kg dw , $n=89$)

		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
总体 ($n=89$)	均值	7.2	0.3	69.8	35.4	0.3	30.8	36.9	49.4
	范围	4.3~42.9	0.1~1.7	49.8~101.7	15.0~125.4	0.1~2.4	22.4~42.6	22.5~106.5	25.8~79.9
	标准差	3.99	0.19	10.47	16.14	0.29	4.06	12.82	12.06
水稻田 ($n=12$)	均值	7.0	0.3	71.7	35.4	0.3	32.0	36.3	52.8
	范围	5.9~8.0	0.2~0.4	54.2~101.7	22.2~59.2	0.2~0.5	22.4~38.5	29.3~52.6	37.4~78.5
	标准差	0.6	0.1	14.7	10.3	0.1	4.9	6.2	14.8
传统菜地 ($n=50$)	均值	7.7	0.3	68.8	32.1	0.3	30.6	38.0	49.1
	范围	4.4~42.9	0.1~0.8	52.1~85.9	17.3~70.7	0.1~2.3	23.0~37.7	22.5~106.5	29.2~79.9
	标准差	5.3	0.1	10.1	9.1	0.4	3.7	16.0	11.2
蔬菜基地 ($n=14$)	均值	6.6	0.4	74.8	42.4	0.3	30.7	35.8	50.1
	范围	4.3~8.8	0.2~1.7	57.3~89.2	15.0~125.4	0.1~0.7	23.8~42.6	23.9~58.4	33.3~72.1
	标准差	1.4	0.4	8.9	27.4	0.2	5.3	9.7	10.1
大棚蔬菜地 ($n=13$)	均值	6.1	0.4	66.8	40.0	0.3	30.7	35.0	48.3
	范围	4.3~8.1	0.2~0.7	49.8~84.8	21.4~111.1	0.1~0.7	24.0~36.0	24.8~43.7	25.8~73.2
	标准差	1.1	0.1	8.8	23.6	0.2	3.1	5.3	15.4

有文章报导^[8],杭州近郊土壤重金属含量 Cd 为 $0.447\sim 6.63\text{ mg/kg}$,均值为 1.35 mg/kg ;Pb 为 $3.6\sim 1127.6\text{ mg/kg}$,均值为 137.3 mg/kg ;Cu 为 $10.5\sim 187.8\text{ mg/kg}$ 均值为 48.8 mg/kg ;Zn 为 $44.9\sim 1127.6\text{ mg/kg}$,均值为 186.2 mg/kg ;Ni 为 $16.2\sim 41.5\text{ mg/kg}$,均值为 26.3 mg/kg 。相比较之下,本试区土壤中 Cd、Pb、Cu 及 Zn 的含量均较低,Ni 含量较高。就蔬菜基地土壤有毒有害元素含量而言,有资料介绍重庆市蔬菜基地土壤重金属含量情况^[9]:As、Cd、Cr、Hg、Pb 的检测范围分别为 $0.97\sim 25.05$ 、 $0.005\sim 1.180$ 、 $21.25\sim 93.8$ 、 $0.028\sim 0.669$ 和 $6.5\sim 45.3\text{ mg/kg}$,均值分别为 7.03 、 0.231 、 47.92 、 0.185 和 21.09 mg/kg 。与本研究相应值比较,试区蔬菜基地土壤中有毒有害元素的检出范围和均值都明显高于重庆,尤其是 Cr、Pb,其主要原因应为经济发达地区污染所致。在香港菜园土壤中 As、Cd、Cu、Pb 和 Zn 含量(均值)分别为 13.5 、 1.27 、 19.8 、 43.3 和 62.4 mg/kg ^[10],与之相比,本试区土壤除 Cu 含

量(均值 35.4 mg/kg)相对较高外,其他几种元素均低于香港菜地土壤的相应值。

供试区土壤中 Cu 含量较高的原因可能有多方面,其中之一应是小化工厂的排污所至;当地农田土壤中重金属含量偏高的另一个可能的主要原因是大量施用 Cu 和 Zn 等重金属含量很高的有机肥。欧洲的报道指出,有机肥、化肥和农药的大量使用,是土壤中 Cu 和 Zn 污染的主要途径^[11]。由于畜禽饲料及其添加剂中往往含有大量的 Zn 和 Cu,其难以被完全吸收而排出,由畜禽粪便制成的复合肥,Zn 和 Cu 含量通常较高,长期大量施用有机肥无疑会提高土壤重金属含量,因而由肥料造成的土壤有毒有害元素污染应引起必要的关注。我国施用有机肥有着悠久的历史和丰富的经验,从对环境的污染看,无论是化肥还是有机肥,只要施用不当,均会出现污染。过量施用化肥是有害的,但有机肥若用量过大,腐熟不全,施用季节不当,也会对土壤和其他环境产生污染。特别应注意的是,目前有机肥来源

已发生了质的变化,尤其是集约化畜禽养殖场的畜禽粪便已成为有毒物质集中的“毒品”库。在畜禽饲料中,由于大量添加 Cu、Fe、Zn、Mn、Co、Se 和 I 等元素,使得许多未被畜禽吸收的微量矿物元素又从畜禽粪便中排出体外,严重污染环境。据报道,我国饲料厂和养殖场普遍采用高 Cu、高 Fe 和高 Zn 等微量元素添加剂。据我们 2002 年对江苏省近百家大中型畜禽养殖场的调查研究资料,饲料中重金属污染较严重,除 Cu、Zn 含量较高外,Pb、Cr 和 Cd 也超标;因生物富集作用,粪便中重金属含量较饲料要高出数倍以上,Zn 为 1.0-6.6 倍,Cu 为 1.0~4.4 倍,Pb 为 1.0~3.0 倍,Cd 为 2.0~4.0 倍,Cr 为 2.0~10.0 倍,粪便中部分重金属含量超标数倍。当前农业上使用的有机肥有不少是来自含化学激素或重金属等饲料饲养的畜禽排泄物,不少企业制造的商品有机肥的原料也不纯净。因此,有机肥也会变成引发土壤污染的根源。

轮作方式对土壤中部分重金属的积累有一定的影响,如图 1 所示:水稻-油菜轮作土壤中,Pb、Cr、Cu、Ni、Zn 略高于其他轮作方式,其原因可能是为保证油菜产量,通常要向土壤中施入大量的专用肥,由此有毒有害元素随之进入土壤。此外,在棉花-荷兰豆轮作的土壤中,As 含量较高。我们认为,就成土母质而言,该地区 As 含量很低,但在 20 世纪 80 年代前,棉花种植过程中曾使用过含 As 农药(以拌种为主),致使 As 在土壤中积累。此外,除种葱、韭、蒜及叶菜的土壤中 Pb、Cu、Zn 略高外(图 2),在传统蔬菜地和露天蔬菜基地土壤中,未发现不同蔬菜的种植对重金属积累有明显的影响。而在大棚土壤中发现常年种植茄果类的土壤中部分有毒有害元素含量略高于种植西瓜的土壤(图 3)。

张民等人^[12]曾提出:一般连续种植 30 年以上并且施用了较多有机肥的菜园土,原母质得到极大改变,多发育成厚熟菜园土;连续种植 20~30 年的多为中度熟化菜园土;种植 10~20 年的多为轻度熟化菜园土,在分类上仍属于原母质的土类。按此分类,本供试区种植 10 年左右的传统菜地为轻度熟化菜园土,而种植 20 年以上的为中等熟化菜园土,供试区轻度熟化菜园土中有毒有害元素的含量明显高于中等熟化菜园土(图 4)。究其原因,可能为:种植年限>20 年的蔬菜地大多为老的自留地,处于农舍附近,少有重金属类污染物进入,而种植 10 年左右的蔬菜地,多在城镇附近,其产品主要为满足市场

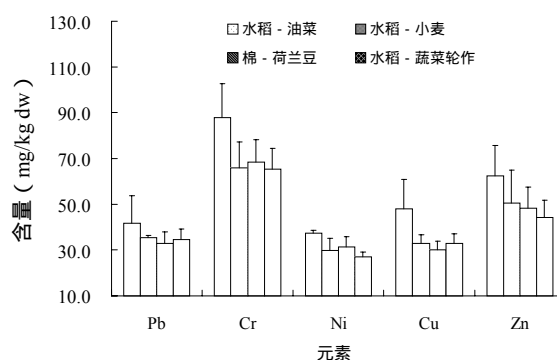


图 1 不同轮作方式土壤中部分重金属的分布

Fig. 1 Distribution of some heavy metals in the soils under different crop rotation patterns

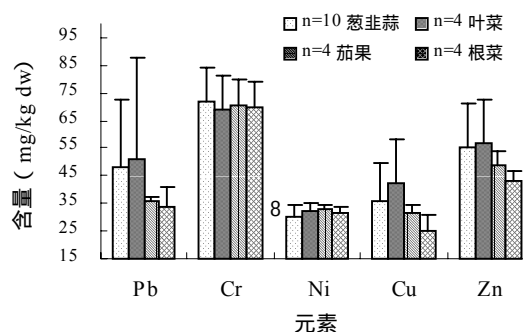


图 2 种植不同蔬菜的传统菜地土壤中重金属分布

Fig. 2 Distribution of some heavy metals in soils growing different varieties of vegetables

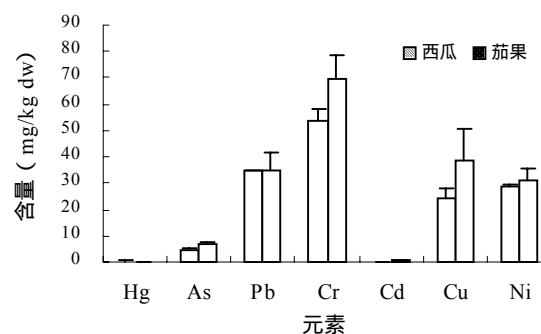


图 3 种植不同作物的大棚土壤中有毒有害元素含量情况

Fig. 3 Contents of some harmful elements in greenhouse soils growing different varieties of vegetables

需要,因此化肥的投入量大,且承受的工业污染较重,因此土壤中有毒有害元素含量更高。

按照 GB/T18407.1-2001《农产品质量安全:无公害蔬菜产地环境要求》中所列各种有毒有害元素在土壤中的最高允许值对供试区土壤环境质量现状进行评价,发现试区土壤中 Cd 含量超标点位最多,

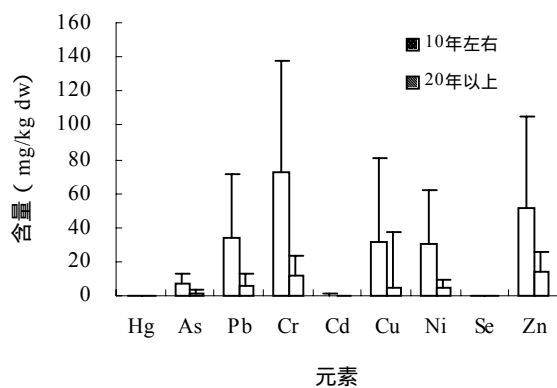


图 4 种植年限不同的传统蔬菜地土壤中有毒有害元素含量

Fig. 4 Contents of some harmful elements in vegetable soils
Different in duration of cultivation

而且超标点位多位于河流旁边。我们分析此状况认为：土壤中有毒有害元素主要来源之一应是灌溉水。

试区因成土母质为长江冲积物，部分有毒有害元素的背景值较高。随着人类活动的增强，尤其是小型电镀厂、金属加工厂的“三废”无序排放，最终使相当部分重金属进入农田土壤。而劣质肥料的使用也是重金属进入农田土壤的一个重要途径。有毒有害元素是土壤环境中一类具有潜在危害的污染物，在土壤中一般不易随水淋滤，不可生物分解，一些元素还可生物富集，某些重金属如 Hg 在土壤中还转化为毒性更大的甲基化合物。与其他污染物一样，由于有毒有害元素对土壤污染的隐蔽性，使人们不易觉察或注意，并且一旦其毒害作用表现出来就难以消除。对一些严重的点位，可采取适当的修复技术，对土壤进行治理，以防止通过食物链进入人体。

3 结论

(1) 试区土壤有毒有害元素 Cd、Pb、Cu 及 Zn 比杭州近郊土壤中的含量低，Ni 含量较高；与香港菜园土壤相比，试区土壤有毒有害元素含量(均值)除 Cu 外，As、Cd、Pb 和 Zn 含量均低于香港菜园土；

(2) 轮作方式和不同作物的种植对土壤中部分有毒有害元素的积累有一定的影响，但影响程度并

不突出；

(3) 蔬菜种植年限对土壤中有毒有害元素的积累有明显的影响作用，轻度熟化菜园土中有毒有害元素的含量明显高于中等熟化菜园土。

参考文献

- 1 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-铅、镉的测定: 石墨炉原子吸收分光光度法(GB/T17141-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 2 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-总铬的测定: 火焰原子吸收分光光度法(GB/T17137-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 3 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-镍的测定: 火焰原子吸收分光光度法 (GB/T17139-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 4 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-总汞的测定: 冷原子吸收分光光度法(GB/T17136-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 5 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-总砷的测定: 硼氢化钾-硝酸银分光光度法(GB/T17135-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 6 中华人民共和国国家标准. 土壤质量-铜、锌的测定: 火焰原子吸收分光光度法(GB/T17138-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 7 苏年华, 张金彪, 王玉. 福建省重金属污染及其评价. 福建农业大学学报, 1994, 24(4): 434 ~ 439
- 8 王美青, 章明奎. 杭州市城郊土壤重金属含量和形态的研究. 环境科学学报, 2002, 22 (5): 603 ~ 608
- 9 李其林, 黄昀, 赵中金, 骆东奇. 重庆市蔬菜基地土壤重金属含量情况. 土壤, 2001, 33 (3): 159 ~ 162
- 10 陈同斌, 黄铭洪, 黄焕忠, 周海云. 香港土壤中的重金属含量及其污染现状. 地理学报, 1997, 52 (3): 228 ~ 236
- 11 Stanners D, Bourdeau P. Europe's environment the Dobris assesment. Copenhagen: European Environment Agency, 1995, 146 ~ 171
- 12 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. 土壤学报, 1996, 33 (1): 85 ~ 93

DISTRIBUTION OF HARMFUL CHEMICAL ELEMENTS IN AGRICULTURAL SOIL OF SOUTH JIANGSU, CHINA

AN Qiong DONG Yuan-hua WANG Hui

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract The focus of this research is to discuss distribution of some harmful chemical elements in farmland, as affected by soil utilization, crop rotation, variety of crops or vegetation and duration of cultivation. Results show that contents of harmful chemical elements vary greatly in the test fields from 0.05 to 2.35 for Hg, 4.28 to 42.90 for As, 22.50 to 106.50 for Pb, 49.80 to 101.70 for Cr, 0.09 to 2.16 for Cd and 15.00 to 125.40 mg/kg for Cu. The contents of Cd, Pb, Cu and Zn in the test fields are lower than in that, respectively, in the vegetable soil in Hangzhou, but the content of Ni is the opposite. Compared with those in vegetable soil in Hong Kong, the average contents of As, Cd, Pb and Zn are lower, but Cu is an exception. Crop rotation and crop diversity has a definite but insignificant influence on accumulation of some toxic heavy metals in soil, whereas duration of cultivation has a much obvious one. Contents of harmful chemical elements in vegetable soils low in mellowness are obviously higher than in those moderate in mellowness.

Key words Harmful chemical elements, Farm, Vegetable land, Paddy, Duration of cultivation