

参 考 文 献

- [1] 姜礼燮, 动物学杂志, 3, 39 (1978).
 [2] 姜礼燮, 浙江化工, 1, 70—75 (1978).
 [3] 姜礼燮, 环境污染与防治, 2, 38 (1980).
 [4] Fava, A. et al., *Transaction of the American Fisheries Society*, 105(3), 361—502 (1976).
 [5] Wilber, C. G., *The Biological Aspects of Water Pollution*, pp. 61—62, Springfield, Illinois, 1971.
 [6] Hose, J. E. et al., *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 25(6), 929—935 (1980).
 [7] Jones, J. R., *Fish and River Pollution*, pp. 66—81, Butterworths, London, 1964.
 [8] Folmar, L. C., *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 19(3), 312—318 (1978).
 [9] Sprague, J. B., *J. Water Pollution Control*, 36, 990—1004 (1964).
 [10] Stott, B. et al., *J. Fish Biol.*, 14, 135—146 (1979).

张士灌区镉、铅等重金属迁移 分布规律及其治理途径

张学询 吴燕玉 陈 涛 孔庆新 王连平 宋胜焕

(中国科学院林业土壤研究所)

张士灌区位于沈阳市西郊, 为水稻种植区, 污灌面积 42,000 亩, 污灌历史已有 15—25 年之久, 镉等重金属在土壤中累积使作物遭到不同程度的污染。

灌渠全长 12 公里, 与市内卫工明渠相接, 流量为 3.4—4.0 立方米/秒。在 5—9 月的生长季节, 配合浑河水 1.0—2.0 立方米/秒, 由灌渠通水灌溉, 秋季则排入细河, 其灌溉水质中重金属含量如表 1。

表 1 张士灌区灌溉水质重金属含量 单位: ppm

项目 含量	pH	镉	铅	铜	锌
平均含量	6.3	0.037	0.119	0.19	2.5
灌溉水质标准	5.5—8.0	0.005	0.1	0.1	3.0

据 1977—79 年对水质重金属的测定, 其变化范围, 镉为 10—40ppb; 铅 80—300ppb; 铜 0.1—0.5ppm; 锌 1—7ppm, 其中镉在污水中年际变化较大, 有明显下降, 1980 年降至

10ppb 左右, 仅超出灌溉水质标准的一倍。

污灌农田多分布在浑河高河滩地及第一阶地上, 土壤为草甸水稻土, 呈微酸性反应, 耕层有机质含量 1—2%, 在污灌条件下, 重金属易在土壤中累积, 并能增强其活性, 因此, 研究镉、铅等重金属在污灌区迁移分布, 弄清在环境中的相互作用, 才能进行有效的防治与治理措施。

一、重金属在污灌农田土壤中迁移分布

重金属在污灌区的迁移, 主要通过水介质而发生运动, 并在不同地形条件下进行富集与扩散。本区地形平坦, 重金属在区域内的水平分布具有一定的规律性。一般处于灌渠上游、污灌年限长、含量较高。经由同一渠道, 逐年污灌的田块, 大抵以渠首至渠末逐渐减低。在局部地区, 由于土壤沙粘性的差异, 则呈现不均匀的分布。

据 1978—79 年对区域内重金属测定的结果表明, 在本区一闸和二闸地区, 土壤中镉的平均含量达 5—7ppm, 高出对照区的 30 余

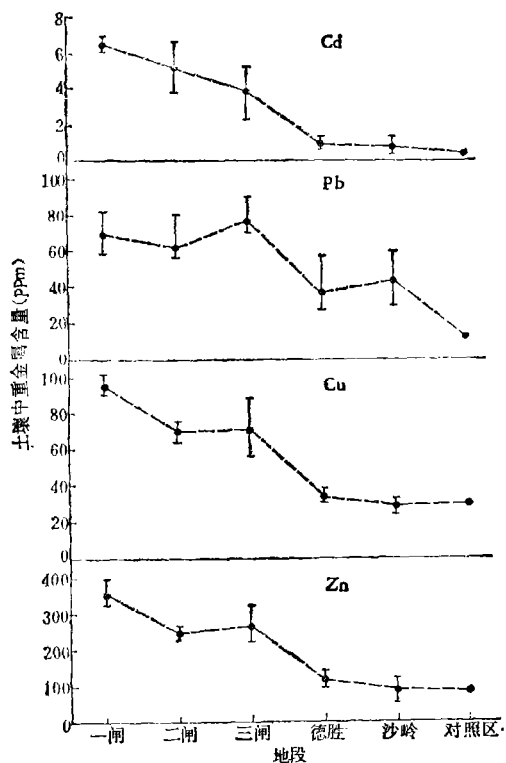


图1 灌区不同地段土壤重金属分布状况及变化范围

倍。在二闸地区约为 3 ppm, 为对照区的 17 倍。而在下游德胜、沙岭地区, 仅为 1 ppm 左右, 稍高于对照区。其他重金属的含量分布也具有同样的趋势。唯在三闸间, 土壤质地不均, 含量变化大, 尤以铅表现明显。

在田间小区域内, 重金属的含量不均匀。其分布特点: 沿灌溉水口沉积物多, 含量高。中央部分含量较低, 田间地埂的土壤往往具有较高的含量。因此, 重金属对本区土壤的污染, 是普遍存在的。

当污水灌入水田后, 其中悬浮物在静水中沉积于土表, 水体中各种金属离子与土壤有机-无机胶体发生吸收代换作用, 使镉、铅、铜、锌绝大部分存留于耕层中, 保持率达 80% 以上, 即使在长期污灌条件下, 很少向下淋溶, 从而使耕层成为重金属的富集层。

灌区土壤多呈微酸性反应, 随着微酸性水质的多年灌溉, 土壤逐渐酸化。这促使土

表2 水田土壤铜含量的分布状况 单位: ppm

不同位置含量 采样点	水口1	中央	水口2	地埂
杨 士	5.22	4.75	5.88	4.30
张 士	4.80	2.60	4.30	6.30
宁 官	0.56	0.40	0.63	0.25
德胜营子	0.45	0.34	0.60	0.62

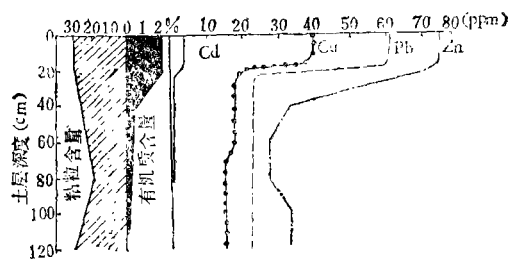


图2 几种重金属在土壤剖面中的分布

壤可溶态重金属含量相对增高, 其中以镉的可溶态最高, 近 80% 以上, 铅的可溶态略低于镉, 而铜、锌分别占全量的 44.4% 和 26.1%。可见本区土壤中镉、铅的形态, 大部为有效性, 能为植物吸收。

表3 土壤中重金属全量与可溶态 (0.1NHCl) 之关系 (ppm)

项 目	镉	铅	铜	锌
全 量	5.20	70.4	66.3	270.8
可 溶 态	4.40	58.2	29.6	70.1
可溶态占全量的%	86.5	82.1	44.4	26.1

二、重金属在作物体内含量与分配

灌区作物是以水稻为主, 田间地埂间作大豆, 局部水田改为菜地及少量苞米地。根据在重污染区土壤含镉量 5 ppm, 镉在不同作物体的吸收与分配见图 3。

作物各部位对镉的吸收与分配, 以根 > 茎叶 > 颖壳 > 籽实; 各植株吸收总量以向日葵 > 苞米 > 水稻 > 大豆; 就籽实中含量对比来看, 以大豆 > 向日葵 > 水稻 > 苞米。

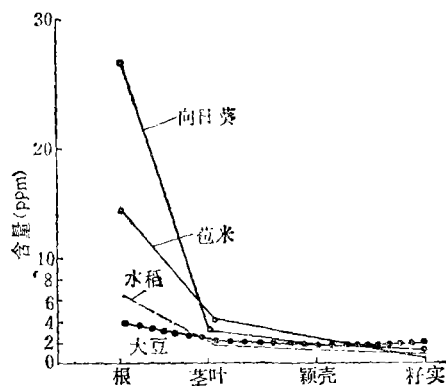


图3 镉在不同作物体内各部位含量

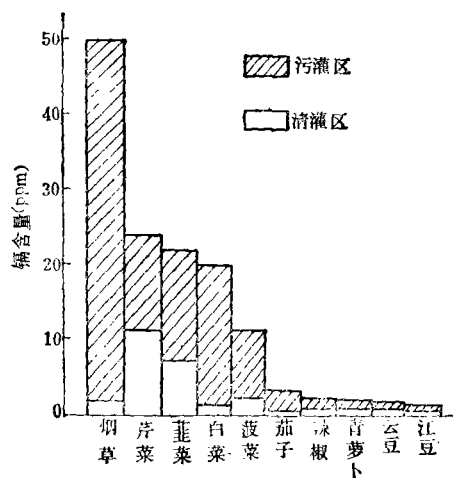


图4 污灌及清灌区烟草与蔬菜镉含量对比

在具有同样含量的水田土壤上,改种蔬菜及烟草,目前虽采用清水灌溉,各类蔬菜食用部分的重金属含量,也具有明显的差异,其中以烟草含镉量最显著,为清灌区的100余倍。在菜类中,以叶菜最高,果菜次之,而根菜及豆角类不明显。如以叶菜鲜重含镉计算,也在0.8—3.0毫克/公斤。

在栽培水稻条件下,不同重金属元素含量有很大差异(见表4)。镉易为水稻吸收,向籽实转移而进入食物链,但对铅的吸收较低,而铜、锌在一般情况下,则为植物生长所必需的微量元素。

表4 土壤及糙米中重金属含量 单位:ppm

地 点	Cd		Pb		Cu		Zn	
	土壤	糙米	土壤	糙米	土壤	糙米	土壤	糙米
一 闸	6.89	0.76	94.0	0.38	96.8	2.40	85.3	17.8
二 闸	5.13	0.22	74.5	0.84	70.6	1.18	83.1	16.8
三 闸	4.85	0.14	101.1	0.38	72.3	2.55	72.5	21.5
沙 岭	0.83	0.07	29.7	0.23	27.0	1.25	57.1	17.9

本区土壤呈微酸性反应,土壤中可溶态镉与大米中镉含量之间存在着一定相关性(见图5)。

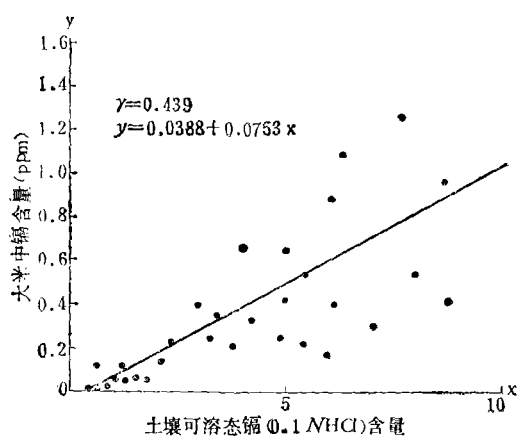


图5 土壤与大米中镉含量关系

由统计结果表明,土壤含镉量在2—5ppm之间,易产生0.4ppm镉米。土壤含镉量在5ppm以上,易产生1ppm镉米。根据日本制订的糙米中0.4ppm为污染区,1ppm为严重污染区来看,本区一闸为重污染区,二闸、三闸为中度污染,下游德胜及沙岭地区则为轻度污染。

土壤中铅的含量与大米中的含铅量,无相关性,变化范围较大。一般进入到土壤中的铅易与有机物络合,很多植物吸收铅,大多集中在根部。进入植物体的途径,除根吸收外,也可被叶吸收,特别在市郊地区,空气中往往含有丰富的铅,外部污染也是一个因素。

综合以上土壤、作物的分析,重金属在土壤中的累积,大部超过了对照区的数倍或数

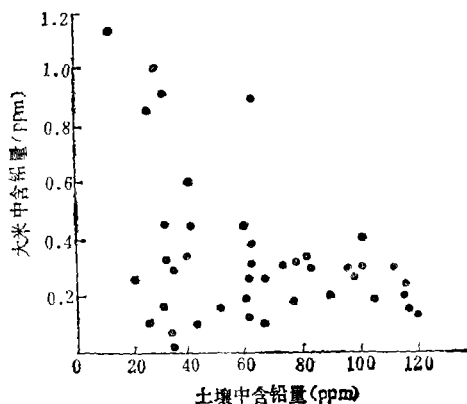


图6 土壤中含铅量与大米中含铅量的关系

十倍,其中以镉的影响最为明显,主要集中在灌区水源附近的中、上游地区。但生产的稻米及叶菜类,一般都超过或接近食品卫生标准。

本区的污水利用,一般采用封闭的灌溉方式。田间排水,仍进行循环使用。由于土壤粘重,大部重金属集中于耕层,污水灌入扣去作物吸收,大部重金属仍残留于土壤中。即使改用清水灌溉,重金属靠作物逐年吸收,要使其在土壤中降低到对照区水平,那就需经历漫长的年月。

三、污灌区土壤的治理改良途径

当前对这一地区污染源的根治、污水的处理与利用以及土壤改良等一系列问题,急待解决。其中杜绝污染源是改造土壤的前提,掌握灌溉水质标准,进行合理灌溉,才能有效的防止土壤进一步污染。对已污染土壤的治理,应采取多途径改造,主要以改良分区办法:

1. 高度富集区: 主要为低洼蓄水的沉积污泥,沿干渠两岸清淤填方的覆土,含镉量40—100ppm 目前应停止作污泥施用,以防止次生污染。可覆盖新土,种植柳林。对干渠清淤填方的底泥,可利用区内优势植物东方

蓼 (*Polygonum orientale* L.)、狼把草 (*Bidens tripartita* L.) 扩大繁殖,通过吸收富集,降低其含镉量。

2. 重污染区: 面积约6,000亩,污灌历史较长,土壤含镉量约5ppm以上,已不能作为水田用地,可改种其他非食用作物。

3. 中度污染区: 面积约9000亩,土壤含镉量2—4ppm。对这一区的措施,主要施用石灰改良剂,提高土壤pH,降低镉对作物的吸收。灌溉水质应限制在农灌水质标准内。根据我们在1978—79年对镉土的改良试验,土壤含镉量在4—10ppm中度和重度污染区,亩施石灰150—250斤,在污灌水质含量为10ppb情况下,可使水稻籽实含镉量降至0.4ppm左右。土壤污染水平在4ppm以下的中度和轻度污染区,亩施石灰150斤,可使水稻籽实含镉量降至0.1ppm以下,同样对铅也有一定抑制作用。

由于水稻籽实对镉的吸收,主要在生育后期,特别是在灌浆期。因此,在水稻抽穗后,采取浅水勤灌,防止落干,也可减少水稻对镉的吸收。镉在水稻植株的分配,以根的富集量较大,在水稻收割后,应挖除稻根,不宜实行稻草还田。

4. 轻度污染区: 面积2万余亩,土壤含镉量在1ppm左右。在这一地区,必需严格掌握灌溉水质标准,定额灌溉。同时搞好水利工程措施,对主要干、支渠防止渗漏。

参 考 文 献

- [1] 吴燕玉等,土壤通报,1,4—7 (1980).
- [2] 陈涛等,环境科学,1(5),7 (1980).
- [3] Johnson, M. S., and J. W. Eaton, *J. Environ. Qual.*, 9(2), 175 (1980).
- [4] Kitagishi, K., *Heavy Metal Pollution in Soils of Japan*, pp. 66—103, Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 1981.