

广州城市污泥和土壤重金属含量 及其有效性研究

温琰茂 韦照韬*

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

摘要 对广州市大坦沙污水处理厂污泥, 市区、近郊河涌污泥和农业土壤的重金属全量、有效态含量及养分物质进行分析测定, 结果表明: 污水厂污泥有机质和 N、P 含量丰富, 重金属含量在农用标准范围内; 污水厂污泥 Pb、Cr 有效率低, Cd、Zn、Cu、Mn 有效率高; 市区、近郊农业土壤样品 Cd 含量超过农业土壤标准; 市区和近郊农业土壤不宜施用城市污泥。

关键词 广州, 污泥, 土壤, 重金属

土壤都含有重金属 Cd、Pb、Zn、Cu、Cr、Mn 和 Hg, 其中 Zn、Cu、Mn 还是植物的营养元素. 重金属在土壤中含量过高时会使农作物可食部分重金属含量超过卫生标准, 还可能引起农作物中毒减产甚至失收. 城市污泥因受城市污水, 特别是工业污水的影响, 往往含有较高的重金属.

随着城市与工业的迅速发展, 城市污水排放量急剧增加, 水污染不断加重, 对城市水源造成威胁, 也使水生生态系统造成破坏. 为了控制水污染, 城市污水处理厂的建设势在必行. 城市污水处理厂在运转过程中会产生大量的污泥, 如何处置这些污泥又成为人们关注的问题. 污水厂污泥的处置通常有农用、投海、填埋、焚烧等方法. 污泥投海会污染海洋, 已逐渐被禁止; 填埋占用土地, 也可能造成二次污染; 焚烧成本很高^[1]. 城市污水处理厂产生的污泥含有大量的有机质和 N、P 等植物养分元素, 施入土壤后可以提高土壤的肥力, 促进农作物增产; 但污泥中的重金属和其他有害物质也可能对土壤农作物系统甚至人体健康带来不良影响. 国外对污泥农用做过许多研究^[1~4], 国内近年来也发表了一些研究成果^[5,6].

为了探讨广州城市污泥农用的可能性, 本研究采集了广州大坦沙污水处理厂的污泥样品, 以及市区和近郊河涌污泥与农业土壤样品, 进行重金属全量和有效态含量的测定, 同时也测定了这些污泥与土壤的有机质和 N、P、K 等养分物质.

收稿日期: 1995-07-03

* 罗毓珍, 董汉英, 杨秀环, 刘水福参加了污泥、土壤化学分析

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://>

1 样品和测定方法

1.1 采样布点

采集了广州大坦沙污水处理厂污泥样品 1 个, 东濠涌、猎德涌、沙河涌、鸭墩水、石溪涌、大沙头河涌、赤岗河涌等河涌污泥样品 6 个.

采集市区范围和近郊菜园土样品 9 个, 水稻土样品 3 个.

污泥和农业土壤采样布点见图 1.

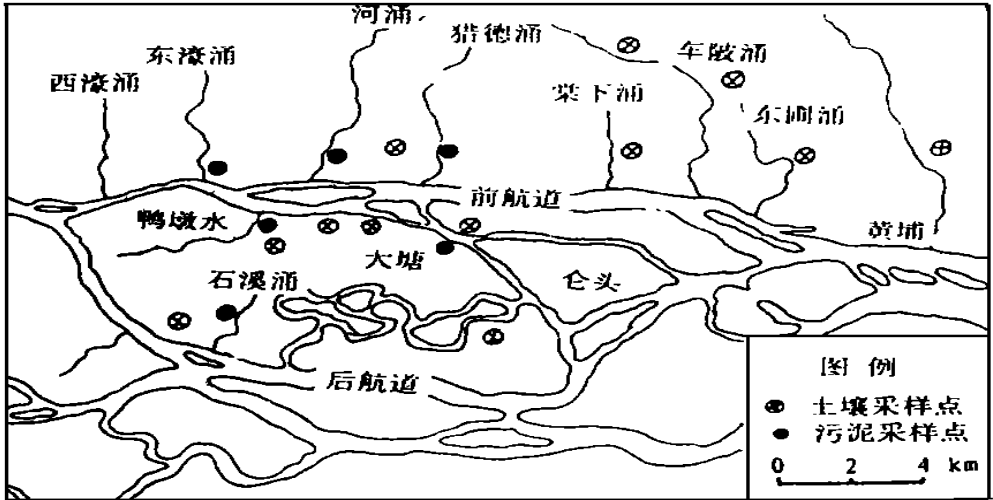


图 1 污泥、土壤采样点分布图

Fig. 1 Sampling location of sewage sludge and soil

1.2 测定方法

(1) 全量测定. 有机质: 重铬酸钾法测定; 全 N: 浓硫酸-高氯酸消化, 蒸馏测定; 全 P: 浓硫酸-高氯酸消化, 流动注射测定; 全 Cu, Cr, Mn: 浓硝酸-氢氟酸-高氯酸消化, 火焰原子吸收分光光度计测定; 全 K, Cd, Pb, Zn: 浓硝酸-氢氟酸-高氯酸消化, ICP-AES 测定; 全 Hg: 浓硫酸-浓硝酸-高锰酸钾消化, 冷原子吸收分光光度计测定.

(2) 有效态含量测定. 有效态 Cd, Pb, Zn, Cu, Cr, Mn 用 0.1 mol/L 盐酸浸提, 测定方法、仪器与全量相同.

2 结果与讨论

2.1 污泥与农业土壤重金属全量

广州城市污泥和农业土壤重金属全量测定结果列于表 1.

(1) 广州市污水厂污泥和河涌污泥 Cd 的全量都不高, 与污泥农用 Cd 的标准 25 mg/kg 还有很大的距离; 但菜园土和水稻土中 Cd 的全量则相当高, 平均值不仅大大超过广州市土壤 Cd 的背景值 (0.144 mg/kg), 也超过农业土壤 Cd 的临界标准值 (2.0 mg/kg), 这可能与这些土壤长期灌溉受 Cd 污染的河涌水有关.

表 1 广州城市污泥、土壤重金属和养分含量*

Tab. 1 The concentration of heavy metals and nutritions of the municipal sewage sludge and arable land in Guangzhou

项目	形态	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Mn	Hg	N	P	K	有机质
污水处理厂 污泥	全量	3.98	89	2257	179	228	422	1.74	4.28	2.11	1.09	12.84
	有效态含量	0.55	0.65	758	37.9	3.15	210					
	有效率(%)	13.8	0.7	33.6	21.1	1.4	49.7					
河涌污泥	全量	3.50	612	329	5.72	6.54	371	0.30	0.273	0.275	1.63	3.87
	有效态含量	0.40	19.5	87.7	2.4	0.34	134					
	有效率(%)	11.4	3.2	26.7	42	6.2	36.2					
菜园土	全量	3.25	120	178	7.32	5.51	353	1.13	0.399	0.289	1.32	5.08
	有效态含量	0.21	26.1	48.4	2.21	0.05	75.1					
	有效率(%)	6.5	21.7	27.1	29	0.9	21.3					
水稻土	全量	3.01	101	61.6	3.4	4.97	298	0.43	0.228	0.143	1.82	2.88
	有效态含量	0.18	16.3	12.0	0.33	0.025	93.7					
	有效率(%)	6.0	16.7	19.5	9.7	0.5	31.4					
广州市土壤背景值 ^[7]		0.144	47.1	62	21.8	60.4	304	0.161	0.124	0.087	0.6 ~ 2.5	2.60
农业土壤重金属临界 标准 ^[8]		2.0	500	800	400	500	/	1.5				
污泥农用重金属含量 标准 ^[9]		25	1000	2500	1000	1000	/	10				

* N, P, K, 有机质含量单位为 (%), 其余元素为 mg/kg

(2) 污水厂污泥 Pb 全量低, 河涌污泥则较高, 平均值为 612mg/kg, 但仍在污泥农用标准 1000mg/kg 范围内; 菜园土和水稻土 Pb 的全量虽比广州市土壤 Pb 的背景值 49.1mg/kg 高出 1 倍多, 但比农业土壤 Pb 的临界指标 500mg/kg 低得多。

(3) 污水厂污泥 Zn 的全量是很高的, 达 2257mg/kg, 但仍在农用污泥 Zn 的临界标准 2500mg/kg 范围内; 河涌污泥的全量为 329mg/kg, 比污水厂污泥的 Zn 要低得多; 菜园土 Zn 全量为 178mg/kg, 约为广州市土壤 Zn 背景值的 3 倍; 水稻土中的 Zn 与背景值很接近。

(4) 污水厂污泥中 Cu 的全量是比较高的, 达 179mg/kg, 但与污泥农用标准 1000mg/kg 比起来并不高。河涌污泥 Cu 全量很低, 约为污水厂污泥 Cu 全量的 1/30; 菜园土和水稻土 Cu 全量也低, 平均值都大大小于广州市土壤 Cu 的背景值。

(5) 污水厂污泥 Cr 的全量比较低, 为 228mg/kg; 河涌污泥、菜园土和水稻土 Cr 的全量却很低, 都远未达到广州市土壤 Cr 的背景值的水平。

(6) 污水厂污泥和河涌污泥 Mn 的全量都不高, 与菜园土和水稻土 Mn 的全量差异不大, 与广州市土壤 Mn 的背景值也差异不大。

(7) 污水厂污泥 Hg 的全量为 1.74mg/kg, 比农用污泥 Hg 的临界标准 10mg/kg 低得多; 河涌污泥 Hg 全量是很低的, 具有 0.30mg/kg; 菜园土 Hg 全量为 1.13mg/kg, 是广州市土壤背景值的 7 倍, 但仍在农业土壤 Hg 的临界标准 1.5mg/kg 以下; 水稻土的 Hg 含

量是比较低的.

2.2 污泥和农业土壤重金属的有效性

重金属在污泥和土壤中, 只有一部分能被植物吸收进入生物循环, 其余被固定在污泥和土壤中. 能被植物吸收的这一部分称为有效态. 广州城市污泥和土壤中重金属有效态含量列于表 1. 从表 1 可以看出污泥和土壤中重金属的有效性特征.

(1) 污水厂污泥和河涌污泥 Cd 的有效态含量分别为 0.55 和 0.40 mg/kg, 有效率分别为 13.8% 和 11.4%, 比菜园土和水稻土 Cd 的有效态含量和有效率都高得多.

(2) 污水厂污泥 Pb 的有效态含量和有效率都很低; 河涌污泥 Pb 的有效率也不高, 但因其全量大, 有效态含量还是很高; 菜园土和水稻土 Pb 的有效态含量和有效率都比较高.

(3) 两种污泥 Zn 的有效态含量和有效率都很高, 特别是污水厂污泥; 菜园土 Zn 的有效态含量也比较高; 水稻土 Zn 的有效态含量和有效率相对较低.

(4) 污泥和土壤中 Cu 的有效率差异比较大, 最高的是河涌污泥, 有效率达 42%, 最低的是水稻土, 为 9.7%; 有效态 Cu 含量最高的是污水厂污泥, 达 39.9 mg/kg.

(5) 广州污泥和土壤中 Cr 的有效性都比较差, 河涌污泥 Cr 的有效率最高, 也只有 6.2%.

(6) 污泥和土壤中 Mn 的有效率都很高, 均在 20% 以上, 污水厂污泥 Mn 的有效态含量和有效率都是最高的, 为 210 mg/kg 和 49.7%.

2.3 污泥和农业土壤有机质和 N, P, K 等植物营养成分

广州污泥和土壤有机质, N, P, K 含量状况有如下特点:

(1) 污水厂污泥有机质含量很高, 达 12.48%, 为广州土壤有机质含量的 2.5~5 倍; 污水厂污泥 N, P 含量也很高, 分别为 4.28% 和 2.11%, 为广州市土壤背景值的数倍至 30 倍以上; 但污水厂污泥 K 的含量比土壤低.

(2) 河涌污泥有机质, N, P, K 含量与土壤无明显差异.

(3) 菜园土有机质和 N, P 含量比水稻土和广州市土壤背景值高得多, 但 K 无明显差异.

(4) 水稻土有机质与广州土壤背景值差异不大, 但 N, P 则分别高出 76% 和 64%.

3 结 论

(1) 广州大坦沙污水处理厂污泥含有丰富的有机质和 N, P 等植物营养物质, 具有较好的农用价值.

(2) 污水厂污泥重金属含量在污泥农用含量标准范围内.

(3) 污水厂污泥 Pb, Cr 的有效率较低; Cd, Zn, Cu, Mn 的效率高, 可进入生态系统进行循环的比例较大, 在污泥农用时应予以考虑.

(4) 市区和近郊菜园土 Cd 的含量很高, 被测定样品的平均值已超过土壤临界标准, 表明已受到明显的镉污染, 不宜施用污水厂污泥, 并应对其灌溉水源 Cd 的污染源进行积极的治理.

(5) 应对市区和近郊菜园土和生产的蔬菜的 Cd, Hg 等重金属进行深入的监测研究,

以进一步估价其污染状况及其对居民健康的影响。

(6) 因近郊菜园土、水稻土 Cd, Hg 等重金属含量已较高, 不宜施用污泥。

参 考 文 献

- 1 宋敬阳译. 城市污水污泥的农田施用. 国外环境科学技术, 1993(3): 29~ 32
- 2 徐颖. 污泥用作农肥处置及其环境影响. 环境污染与防治, 1993(4): 24~ 27
- 3 Davis R D et al. Distribution of Metals in grassland soils following surface applications of sewage sludge. Environmental pollution, 1988, 49(2): 99~ 115
- 4 Robert L Jones et al. Nitrate in waters from sewage- sludge Amended lysimeters. Environmental pollution, 1988, 51(1): 19~ 30
- 5 耿嘉斌. 剩余活性污泥农业利用的可行性. 环境保护科学, 1988(1): 28~ 36
- 6 钟熹光. 城市污泥直接施用对农田的生态效应研究初报. 热带亚热带土壤科学, 1992(2): 91~ 98
- 7 广东省环境监测中心站等. 广东省土壤环境背景值, 1990
- 8 叶嗣宗. 土壤环境背景值在容量计算和环境质量评价中的应用. 中国环境监测, 1993(3): 52~ 53
- 9 林春野等. 污泥农用对土壤及作物的影响. 农业环境保护, 1994(1): 23~ 25

The Concentration and Availability of Heavy Metals in Municipal Sewage Sludge and Soil in Guangzhou

Wen Yanmao* Wei Zhaotao

Abstract The concentrations and available contents of heavy metals in sludge and agricultural soils in Guangzhou city are studied. The concentrations of organic matter N P in sewage sludge of Datansha sewage treatment plant are high and fertile. The concentrations of heavy metals in sewage sludge are under the criteria for agricultural use. The availabilities of Pb and Cr in sludge are low, but that of Cd Zn Cu and Mn are high. The mean concentration of Cd in arable soil samples is higher than the criteria for agriculture.

Keywords heavy metals, sewage sludge, soil, Guangzhou

* Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275