

# 城市垃圾的土壤处理\*

吕春元 袁焕祥 廖英龙

(广东省土壤研究所) (广州市环境卫生研究所)

垃圾通常是指人们在生活中排出来的各种固体废物。随着工业的发展、人口向城市集中和生活水平的提高，城市垃圾的量和质日趋增多和复杂。广州市在1966年以前日平均排出垃圾600余吨，现已达1500吨。它的组分在不同国家、不同地区以及不同时期差异很大。例如，近年垃圾中塑料、橡胶制品，金属罐头桶的数量明显增加，煤灰比重逐渐降低。垃圾的倾倒、堆放、处置对市容环境卫生影响很大。处理不当，对水体、大气、土壤造成污染，甚至影响工农业生产正常进行。因此，城市垃圾的收集与处理，已成为各国市政部门的一大课题，愈来愈引起人们的重视。

## 一、国内外对城市垃圾的处理概况

过去，城市垃圾较少，各地大都采用填坑、掩埋来处理，临近江、河、海的城市，也有排入水体的。这类方式投资较少，易于实施，目前还有一些地方仍在应用。如美国、西德还有相当多的垃圾采用填埋法处理，我国不少城市也是以填埋为主①。该法主要缺点是污染空气和水体（包括地面水和地下水）。近年来，由于城市垃圾数量激增，可供填埋的土地愈来愈少，运输垃圾的距离愈来愈远，所以要求垃圾减量化和再资源化。

当前城市垃圾减量化和资源化的处理方式大致有以下几种类型。

1. 焚烧 即将垃圾中可燃物燃烧，使其体积、重量缩减，同时利用燃烧时释放出来的能量供热、发电。例如意大利有85%垃圾采用焚烧或与填埋相结合，日本在1980年3月已有28座利用垃圾发电的发电厂，法国有35%垃圾是焚烧或焚烧利用余热。

2. 热分解、熔融 热分解是将垃圾中有机高分子物质在隔绝空气或缺氧的条件下高温加热，获得烃类、氢、一氧化碳、乙酸、丙酮、甲醇及含纯碳和聚合高分子的含碳物等。与焚烧相比它排气量少，氮氧化物发生量少，重金属在灰分中残留量高，因此对防止污染是有利的。熔融是将垃圾放入1500℃的旋转炉内，可燃物燃烧热分解而提供燃气使用，不燃物形成熔融炉渣作为建筑材料使用。通常1吨4立方米的城市垃圾熔融后灰分体积约为0.4~0.1立方米。

3. 制取沼气 将垃圾中有机物与粪便混合置于发酵池内发酵获得沼气。目前意大利和我国的青岛、天津、乌鲁木齐等地都有不同程度的采用。

4. 养殖蚯蚓 厦门市利用垃圾中的菜叶、树叶、纸屑等有机物发酵后养殖蚯蚓，为家禽提供高蛋白饲料。

5. 回收“废品” 垃圾中金属、玻璃、废纸、塑料和橡胶等物品回收加工后再利用，该措施在国内外均有不同程度的采用。

\* 文中部分理化性质由本所农化、物理研究室有关同志协助测定，部分重金属元素的分析工作由广州市新技术研究所和苏流坤同志承担。在此一并致谢。

①农牧渔业部环境保护办公室，“中国农业环境质量报告”编写组，中国农业环境质量报告，1980年，第150页。

**6. 堆肥** 城市垃圾中有大量植物生长所需要的有机、无机物质，通过高温堆沤使有机物分解成稳定的腐殖质供农业施用。近年来，日本、英国建有垃圾工厂，生产优质有机混合肥作为商品出售，深受农户欢迎。

上述处理垃圾的方式在实践中有单独采用的，也有几种方式配合实施。例如焚烧、堆肥前回收“废品”，填埋前焚烧，焚烧利用余热，制沼气、养蚯蚓后的残余物供农田用肥等。

目前，我国不少城镇因受自然条件限制，不能采用填坑、填海来处理垃圾；焚烧利用余热、热分解等需要一定的技术设备，投资较大，且垃圾的热值也较低，暂不宜采用；制沼气、养蚯蚓仅能处理垃圾中易腐有机物；用堆肥方式处理垃圾的数量大，投资较少，因此在国内外有扩大使用之势<sup>(1)</sup>。

## 二、城市垃圾的土壤处理

将城市垃圾堆沤后施于农田，可使垃圾有广阔的出路，但对农业生产、农业环境的影响如何，这方面的报道还不多，笔者以广州市为例，做了一些调查研究工作，现将资料总结如下。

**1. 广州市的城市垃圾成分及排放情况** 广州市有东山、越秀、荔湾、海珠等四个城区，每天排出垃圾总量平均为1500吨，瓜果、蔬菜供应旺季和节假日，可增加数倍乃至一倍。按垃圾来源可分为集团垃圾和居民垃圾。集团垃圾主要来自饮食服务业，水果、蔬菜业，农贸市场和部分小型企事业单位。垃圾的成分（表1）复杂，随季节和节假日有些变化。居民垃圾以煤灰为主要成分，集团垃圾则以含水量大的瓜果、蔬菜废弃物为主。城市垃圾能充当肥料的只是“垃圾”和“煤灰”两部分（以下这两部分统称垃圾），它们占垃圾总量的80%左右\*。玻璃、金属、塑料、纸张、橡胶、砖瓦等废品杂物，除少部分在集运过程中被清理出来外，目前大部分被运至农村。

表 1 广州市的垃圾成分组成（%）（1983年）

垃圾类型	垃圾	煤灰	纸	玻璃	塑料	砖瓦	金属	橡胶	布块	其他
居民垃圾	32.4	61.6	1.08	0.65	0.4	1.25	1.45	0.29	0.74	0.14
集团垃圾	78.61	13.7	1.14	0.38	0.25	5.16	0.21	—	0.13	0.42

注：垃圾主要是指厨房废弃物（包括腐烂变质食品、瓜果废弃物）；煤灰除指燃尽的煤渣外，还包括尘埃、脏土。

**2. 施用城市垃圾对农田土壤肥力的影响** 农田施用垃圾肥的数量一般较大，平均每亩每年施用五千——一万五千斤，除种水稻及其他水生作物时不施外，一般连年施用，因而它对农田土壤的理化性状影响是较明显的。

（1）对土壤物理性质的影响：垃圾中煤灰常占60~70%。煤灰的颗粒较粗（表2），粒径大于1毫米的颗粒在16%以上，1~0.01毫米的物理性砂粒达60%以上，小于0.01毫米的物理性粘粒仅为22%左右。因此，农田土壤质地一般随着施用垃圾的数量和年限增长而逐渐变粗。如沙河区登峰乡的一块农田，五十年代属在残丘上发育的中壤质赤红壤，自六十年代初施用垃圾肥以来，上部27厘米厚的土壤质地已变为重石质轻壤土，土壤的容重及水分物理性质等也随之变化（表3）。粘质或中壤质的土壤中掺入适量的垃圾肥，能逐渐变为轻壤质，其保水、保肥性能、宜耕性能，通气透水性能均有利于作物生长发育。

\* 在消除城市垃圾中的废品杂物时，比较粗放，估计有20%以上的废品杂物不能进入农田。

表 2 纯煤灰的颗粒组成

样品	各粒级含量(%) (粒径: 毫米)							
	> 1	1.00—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01
纯煤灰	16.25	28.62	17.20	15.91	11.73	10.29	0	22.62

表 3 施用垃圾肥对土壤理化性质的影响

土地利用状况	容重 (克/厘米 <sup>3</sup> )	毛管孔隙 (%)	田间持水量 (%)	饱和持水量 (%)	有机质 (%)	全磷 (%)	速效磷 (ppm)	缓效钾 (ppm)	速效钾 (ppm)
施垃圾的旱地(耕层)	0.97	52.8	42.7	63.0	7.33	0.157	50.4	290	70
"    (亚表层)	1.55	38.3	21.4	27.3	0.87	0.018	2.5	60	20
未施垃圾的旱地(耕层)	1.38	42.6	30.7	36.4	1.5	<0.025	10.0	200	40

表 4 垃圾和纯煤灰中营养元素含量

垃圾类型	有机碳 (%)	氮 素		磷 素		钾 素		
		全 氮 (%)	水解氮 (ppm)	全 磷 (%)	速效磷 (ppm)	全 钾 (%)	缓效钾 (ppm)	速效钾 (ppm)
城市垃圾	13.0	0.41	22.5	0.144	99.4	1.49	380	1170
集团垃圾	7.23	0.42	19.4	0.242	86.3	1.42	460	1070
居民垃圾	11.0	0.35	17.3	0.210	122	1.62	360	1110
纯煤灰	—	0.15	5.4	0.18	30.0	1.67	580	360

(2) 对土壤农化性质的影响：城市垃圾中含有较多的植物生长所必需的营养元素，速效磷、钾尤为丰富(表 4)，长期以垃圾为主要肥源的广州近郊农业土壤的水分物理性质一般较好，养分含量较高(表 3)，因而种植的瓜豆收摘期较长，烂菜现象较轻，蔬菜亩产一般稳定在一万斤以上，登峰乡施用垃圾较早亦较多，蔬菜亩产达二万斤左右，最高可达三万斤。

3. 施用城市垃圾对农业环境的污染 农田施用的垃圾虽经挑选，但很难清理干净，常有不少对农业生产无用的，甚至有害的杂物带入农田，对农业环境造成不同程度的污染。

(1) 物理方面的污染：垃圾中煤灰、砾石等颗粒较粗的物质较多，因此随着施用垃圾数量增加，土壤质地变粗，砾质化加剧。进入土体的金属、塑料等增加耕作困难和农机具的磨损，对土壤水分运行，作物根系，特别是块根、块茎生长发育都带来不利因素。土壤中石砾、物理性砂粒比例过大，还会导致土壤保水、保肥性能变差，肥力下降。

另外，带入土体的玻璃、金属等碎片、利器常会刺伤、划破在田间劳动人的肢体，引起感染等疾病。

(2) 化学方面的污染：垃圾中常含有各种化学制品的废弃物，从对垃圾、施用垃圾后的农田土壤及相应的农产品内重金属含量的分析结果(表 5、6)表明，纯煤灰一般是较“清洁”的，垃圾中重金属含量略高。土壤中重金属含量随施用垃圾的数量增加而增加，尤以锌、铅、镉等显著，其上生长的水稻谷粒中重金属含量也有增加趋势，虽目前还未发现因施垃圾肥而引起农作物生态不正常，果实中重金属含量超过食品卫生标准和食用后出现重金属中毒等现象，但这一趋势应引起重视[2]。

农民常将运回的城市垃圾置于田头、村边让其自然腐熟，垃圾中的易腐有机物处于嫌气环境下产生大量氨、硫化氢、有机酸、酮、醛、粪臭素等还原性物质，干旱季节还易产生尘埃，使空气遭受污染。

(3) 生物方面污染：城市垃圾中除有腐败变质的食品外，常还含有一些小型诊疗所，医务室及家庭抛弃出来的病人排泄物，它们多未经消毒处理，故含有大量病原菌、寄生虫卵等。据调查，使用垃圾肥多的乡村群众中患肝炎、皮肤感染、肠胃及呼吸道疾病的比较大，这可能与使用垃圾有关。

表 5 垃圾及土壤中重金属含量 (ppm)

样 品	镉	汞	铬	铅	砷	铜	锌
垃圾	1.34	0.431	26.0	94.8	26.1	80.5	16.5
纯 煤 灰	1.25	0.008	9.5	35.0	37.5	60.5	67.5
施垃圾肥多的农田耕层	0.95	0.23	28.7	103	28.0	89.0	202
施垃圾肥中等农田耕层	0.83	0.37	15.3	70.0	26.7	108	102
施垃圾肥少的农田耕层	0.81	0.38	9.8	67.7	21.8	44.0	65.1
施垃圾肥多的农田表土	1.30	0.51	18.5	98.8	15.0	73.0	188
施垃圾肥多的农田心土	1.20	0.45	10.5	92.5	31.5	85.0	202
施垃圾肥多的农田底土	1.00	0.076	12.5	55.0	22.5	22.5	32.5
施垃圾肥中等的农田表土	1.30	0.29	19.8	78.8	19.0	52.0	137
施垃圾肥中等的农田心土	1.30	0.076	12.5	52.5	20.0	30.5	93.5
施垃圾肥中等的农田底土	1.60	未检出	10.0	38.8	32.5	35.0	90.5
施垃圾肥少的农田表土	0.65	0.87	10.0	41.5	14.0	31.2	70.0
施垃圾肥少的农田心土	1.85	0.96	10.0	45.0	9.0	25.0	70.0

表 6 施用垃圾肥对土壤、稻谷中重金属含量的影响 (ppm)

处 理	镉	汞	铬	铅	镍	铜	锌
施垃圾肥的土壤	1.5	0.07	12.0	82	—	—	92
未施垃圾肥的土壤	0.8	0.05	12.0	24	—	—	20
施垃圾肥的稻谷	0.033	<0.008	<0.01	0.27	6.27	3.0	16.2
未施垃圾肥的稻谷	0.007	<0.008	<0.001	0.18	0.18	2.7	19.0

### 三、对广州市今后处置垃圾的意见

广州地区利用农田处置城市垃圾受到农民群众欢迎，但按目前方法处理还存在一些问题。根据这次调查研究，对广州市今后垃圾肥的利用提出以下几点意见。

1. 改善城区煤、菜供应，减少城市垃圾数量 目前广州市的煤灰及蔬菜废弃物在垃圾中占一半以上，若市区能增加石油气、煤气的供应量，并提高供应的蔬菜质量，则对城市垃圾减量化有着显著的作用。

2. 加强垃圾分选工作，重视“废品”回收 应尽量将垃圾中玻璃、金属、塑料、橡胶、纸张等废品和大于五厘米的杂物分选出来，并组织“废品”回收，以减轻对农业环境的污染。

3. 建立垃圾处理场，进行无害化处理 垃圾处理场除对垃圾进一步清除杂物外，主要是将垃圾进行好气性高温堆沤，使垃圾在60~70℃的环境下充分腐解后，再供农业使用。据广州市卫生防疫站实验：垃圾经20~30天的高温堆沤，每百克垃圾中细菌总数由十一亿个减少到七十万个，病原微生物(伤寒、痢疾、霍乱、结核、大肠菌)经过培养，也不见发育；所有蚊蝇幼虫、寄生虫卵和非芽胞形成性微生物均被杀死堆，沤后垃圾中含有有机质18~21%，全氮0.54~0.75%，

全磷0.25~0.35%，全钾0.2~0.3%<sup>①</sup>。从实验结果看出，垃圾经高温堆沤后，不仅将大部分病原菌、细菌杀死，还因垃圾处于好气条件下腐解，从而避免产生有恶臭的还原性终产物对大气的污染。垃圾处理场可由全市统一建立，各区、乡、村也可就地设置、就地处理，就地使用，减少重复运输。

4. 垃圾肥应与氮素肥料配合使用 垃圾肥的碳氮比值一般较高，磷、钾素含量也相对较高，施入农田对作物生长不利<sup>[3]</sup>。因此，除在垃圾堆沤过程中要加入一些水肥（粪便）或其他氮素化肥外，施用时还应配合适量的氮素肥料。

5. 适当施用垃圾肥，充分发挥改土肥田作用 土壤接纳垃圾肥有一定的容量，超过这一容量，土壤肥力就会下降。据调查，一般含有垃圾的土层厚度以25~30厘米为宜，即每亩可施20~25万斤垃圾肥，一般每年每亩可施一万斤左右，如果原来土壤质地属轻、沙壤的，或砾石含量较多者，施用量应相应减少。若土质过于粘重，可在头几年多施些，加快改土进程。

6. 注意垃圾质量，防止土壤遭受污染 从表5看出，施用垃圾肥后土体中重金属含量有增加趋势，估计今后垃圾成分会更复杂，为使农业环境免受破坏，必须注意施用的垃圾肥、施垃圾肥的农田土壤及其农作物中毒物含量的变化，发现问题及时处理。

因垃圾肥中混有玻璃、陶瓷及金属碎屑等，目前仅局限于旱作农田施用，今后应在水稻及其他水生作物上进行垃圾肥的试验工作，逐渐扩大施用范围。

#### 参 考 文 献

- [1] 陈秋华译，意大利的废物处理。环境科学情报，第4期，第33页，1982。
- [2] 刘晓光译，日益提高的生态学知识决定了废弃物的管理。环境科学情报，第4期，第38页，1982。
- [3] 高桥和司著（杨国治译），城市废物的特性和农业利用。环境质量，第3期，68~69页，1980。

① 广州市卫生防疫站，关于垃圾无害化处理问题，油印本第5页，1957年。

（上接第229页）

- [6] Freney, J. R., Leuning, R., Simpson, J. R., Denmead, O. T. and Muirhead, W. A., Soil Sci. Soc. Amer. J., 49: (in press), 1985.
- [7] 朱兆良、陈荣业、徐永福、徐银华、张绍林：苏州地区平田黄泥土氮素供应过程的特点及其与氮肥施用的关系。土壤学报，16:218—233，1979。
- [8] 朱兆良、蔡贵信、俞金洲：稻田中<sup>15</sup>N标记硫酸铵的氮素平衡的研究初报。科学通报，22: 503，1977。
- [9] Cao, Z. H., De Datta, S. K., and Fillery, I. R. P., Soil Sci. Soc. Amer. J., 48: 196—203, 1984.
- [10] Mikkelsen, D. S., De Datta, S. K. and Obcemea, W. N., Soil Sci. Soc. Amer. J., 42:725—730, 1978.
- [11] 史南君、陈万才、曹志洪：碳酸氢铵粒肥深施的经济效益分析。土壤，16: 180—182, 1984。