

# 垃圾中煤灰与土壤环境

钟 羨 云      吕 春 元

(广州市环境卫生研究所)

当今世界各国处置城市生活垃圾大致有三类方式：焚烧、填埋和堆肥。鉴于我国国情以及垃圾组成成分，在较长的一段时间里，垃圾堆肥仍是处置生活垃圾的一项主要措施。但是，近几年来不少地区相继报导，认为长期使用城市垃圾会引起农田砂化、渣化，降低土壤保水、保肥能力，土壤肥力随之降低。并认为煤灰是导致土壤砂化、渣化的主要原因。因而主张将煤灰从垃圾中区分出来。广州市生活垃圾中煤灰含量目前为 48% 左右\*。即使今后民用燃气普及率提高到 70—90% 时，预测居民生活垃圾中仍有 27.4—9.2% 的煤灰\*\*。若以干物质计算，其煤灰所占的比例将会更高。所以，研究含有煤灰的生活垃圾肥对土壤的农业生产性能的影响，

对制定今后处置垃圾决策是很有价值的。针对这个问题，作者自 1984 年起对广州近郊及东莞、番禺、佛山等县、市施用垃圾肥的农田通过广泛的调查、取样分析、模拟试验等研究手段，获得大量数据和结果，现陈述于后。

## 一、民用燃煤煤灰的一些性质

目前，我市民用燃料——蜂窝煤是用煤质较好的无烟煤制成的，其制作过程是先将煤粉碎过筛，使其直径小于 1mm 的颗粒含量占 75% 以上，最大颗粒直径不超过 12mm，然后添加 8—10% 的红粘土加压制成。据煤建部门测定，蜂窝煤在正常情况下燃烧，其炉温在 600℃ 以上的时间约为 1 小时左右，炉温最高不会超过 900℃。该类无烟煤融熔温

表 1 纯煤灰部分理化性质

测 定 结 果	颗粒粒径 (mm)	>1.00	1.00—0.25	<0.25—0.05	<0.05—0.01	<0.01—0.005	<0.005—0.001	<0.001	<0.01
	含量 (%)	16.25	28.62	17.20	15.91	11.73	10.29	0	22.02
	测定项目	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙 (%)	通气孔隙 (%)	微孔隙 (%)	毛管持水量 (%)	田间持水量 (%)	阳离子代换总量 m.e./100g ±	
	测定项目	0.62	78.8	16.7	1.62	107.0	100.0	6.18	

度一般在 1000—1200℃。也就是说，这种煤燃后的灰渣不可能产生玻璃质化。对燃后的煤灰采用湿筛法测得其颗粒粒径组成见表 1。从分析结果可知，按土壤质地分类标准来

\* 陈荣中等，广州市生活垃圾生物处理研究，环境与卫生(内部刊物)1986年2期。

\*\* 吕春元等，广州市生活垃圾的预测与对策的研究，广州环境科学(内部刊物)1987年2期。

衡量属砂壤土。用手轻轻将煤块压碎后置于底有孔,并垫有滤纸、体积为 1400cm<sup>3</sup> 的容器内,缓缓加水让其充分湿润,再置于 20℃ 的恒温箱内培养 15 天后,测定它的水分物理性质列于表 5, 从表 5 可看出煤灰本身是一个

多孔疏松体,孔隙多而细。所以,它对水分的吸持能力较强。对煤灰的农业化学性质的分析结果列于表 2。从表 2 看出煤灰中含有多种植物生长发育所需要的营养物质,尤其钾、硼、钼多有所含。

表 2 煤灰、垃圾及其他农家肥养分含量

分析项目 样品类型	氮		磷		钾		钼		水溶硼 (ppm)	全铜 (ppm)	全锌 (ppm)
	全量 (%)	速效 (ppm)									
纯煤灰	0.15	5.4	0.18	30	1.67	360	4--5	—	18.1	60.5	67.5
生活垃圾	0.35	17.3	0.21	122	1.62	1100	—	0.47	0.78	80.0	16.5
人粪尿	0.56	—	0.13	—	0.30	—	—	—	—	—	—
猪粪尿	0.48	—	0.32	—	0.38	—	—	—	—	—	—

## 二、含煤灰的垃圾肥对土壤农业理化性质的影响

农田施用垃圾肥的数量一般较大,平均每亩每年施 2500—7500kg。因而它对农田

土壤的理化性状的影响是较明显的。

1. 对土壤物理性质的影响 对不同土壤和种植不同的作物,施垃圾肥后,其物理性质的变化见表 3。从表 3 所列结果看出,农田土壤无论是粘性土,还是砂质土,施含煤灰的

表 3 煤灰垃圾对土壤水分物理性质的影响

地 点	作 物	土 质	测 定 项 目 施肥情况	容 重 (g/cm <sup>3</sup> )	总 孔 隙 (%)	毛管持水孔隙 (%)	田间持水孔隙 (%)	通 气 孔 隙 (%)	微 孔 隙 (%)	毛管持水量 (%)	田间持水量 (%)	田间作物产量 (kg/亩)
东莞市	柑 桔	粘 土	施垃圾肥	1.31	60.0	51.5	51.0	9.0	5.1	39.3	38.9	4000
			未施垃圾肥	1.43	46.6	40.9	40.8	5.8	10.4	28.6	28.5	3000
			施垃圾肥	1.23	55.2	40.8	40.0	15.2	7.8	33.2	32.5	
			未施垃圾肥	1.54	43.7	37.7	36.2	7.5	11.1	24.5	23.5	
南海县	柑 桔	粘 土	施垃圾肥	1.25	52.2	39.9	39.6	12.6	5.4	31.9	31.7	
			未施垃圾肥	1.57	44.6	37.8	35.8	8.8	7.1	24.1	22.0	
			施垃圾肥	0.91	61.0	46.0	45.6	15.0	2.7	50.6	50.1	
			未施垃圾肥	1.20	51.7	43.9	42.0	10.7	5.4	36.6	35.1	
番禺县	番 西 瓜	砂 质 土	施垃圾肥	1.20	48.6	40.7	40.6	8.0	0.75	32.7	32.6	2000
			未施垃圾肥	1.29	47.3	38.1	36.9	10.3	0.37	29.5	28.6	1500
			施垃圾肥	1.15	52.6	48.3	45.2	7.4	1.05	39.6	36.0	3500
			未施垃圾肥	1.49	49.5	42.5	40.8	8.7	0.37	28.5	27.4	2500

垃圾肥后,土壤容重降低,孔隙,特别是毛管孔隙、通气孔隙显著增加,持水能力提高。尤以粘质土效果明显。这是因为煤灰本身属砂壤质,它使粘质土壤中骨架颗粒,物理性砂粒增加,故孔隙状况也随之改变。同理,在砂质土中,施了煤灰,增加了土体中粉质颗粒,堵塞了大孔隙,从而改变了孔隙孔径的组成。

2. 对土壤农化性质的影响 长期使用垃圾肥的农田土壤,有机质含量增加,磷、钾、硼等尤为明显(表4)。这主要与垃圾中煤灰有关。所以,长期施用含煤灰的垃圾肥,叶类蔬

菜腐烂病减轻,瓜类蔬菜结瓜期长\*。

3. 对土壤酸碱度的影响 广东省农田土壤属酸性或偏酸性者居多。还有一些地方受埋藏在地下的红树林影响而成为咸酸田。这对大多数农作物的生长发育是不利的。过去多用石灰来改良和调整土壤的酸碱度。含煤灰的垃圾 pH 值常为 7.5—8.5,平均为 8.0 左右。经常施用垃圾肥的农田土壤一般呈中性,甚至偏碱。所以常有一些地方群众将施用含煤灰的垃圾肥充当一项改良咸酸田的有效措施(见表4)。

表 4 煤灰垃圾对土壤农业化学性状的影响

处 理 内 容			pH	有机质 (%)	全 氮 (%)	全 磷 (%)	全 钾 (%)	水溶硼 (ppm)
土 壤	作 物	施肥情况						
砂质土	西瓜	施煤灰垃圾肥	8.5	1.335	0.080	0.079	0.40	
		未施煤灰垃圾肥	5.8	0.808	0.038	0.027	0.22	
	蕃薯	施煤灰垃圾肥	7.7	3.000	0.109	0.057	0.38	
		未施煤灰垃圾肥	5.8	2.276	0.092	0.048	0.38	
中壤土	莙菜	施煤灰垃圾肥 8 年	7.45	3.070	0.101	—	0.99	0.20
		施煤灰垃圾肥 16 年	5.6	4.240	0.123	—	1.60	0.40
粘质土	柑桔	施煤灰垃圾肥	7.25	3.109	0.137	0.068	1.10	
		未施煤灰垃圾肥	5.2	1.335	0.092	0.032	0.54	
咸酸田	蔬菜	施煤灰垃圾肥	7.4	4.250	0.176	—	2.6	
		未施煤灰垃圾肥	4.9	2.788	0.105	—	2.8	

4. 对土壤保水保肥性能的影响

土壤保水保肥性能是土壤的农业生产性能优劣的一项重要指标。为了揭示煤灰对土壤保水保肥能力的影响,作者选用一般认为保水保肥能力强的粘土——粘质砖红壤和漏水、漏肥严重的砂质土,分别掺入 10%、20% 和 30% 的纯煤灰,经充分搅拌均匀后,并加水让其充分湿润,然后置于恒温箱内保持 20℃ 培养 15 天,取出测定它们的农业理化性质,列于表 5。从该模拟试验结果看出,粘

质土掺入煤灰后,土壤通透性能显著改善,从而有利于养分的分解、释放。对衡量土壤持肥能力大小的指标之一——土壤阳离子代换总量虽略有降低,但仍在正常范围之内。煤灰使砂土中大孔隙减少,微孔隙略有增加,所以使其持水、持肥能力均有所提高。

三、对施用垃圾肥后引起土壤砂化、渣化原因的分析

\* 陈荣中等,广州市生活垃圾生物处理研究,环境与卫生(内部刊物)1986年2期。

表 5 粘、砂质土掺入煤灰后的农业理化性质

土 质		测定项目	容 重 ( $g/cm^3$ )	总 孔 隙 (%)	通 气 孔 隙 (%)	微 孔 隙 (%)	毛 管 持 水 量 (%)	田 间 持 水 量 (%)	阳 离 子 代 换 总 量 (m.e./100g 土)
粘质土	掺煤灰 10%		0.96	65.6	7.8	6.2	61.6	60.2	9.98
	掺煤灰 20%		0.90	66.7	8.5	5.3	64.6	62.4	9.92
	掺煤灰 30%		0.81	68.0	9.2	3.3	76.3	72.6	8.53
	纯粘质土		1.06	61.5	4.8	7.7	54.2	53.5	10.2
砂质土	掺煤灰 10%		1.37	55.6	16.9	0.8	29.2	28.2	2.19
	掺煤灰 20%		1.15	57.8	14.9	1.06	43.2	41.6	2.31
	掺煤灰 30%		1.03	60.1	10.1	1.20	49.6	48.5	2.25
	纯砂质土		1.60	50.3	19.1	0.40	19.6	19.5	1.13
纯 煤 灰			0.62	78.8	16.7	1.62	107.0	100.0	6.18

作者对不同地区、不同土壤类型、使用垃圾肥年限不同的地块的调查,发现施用垃圾肥后,土体中砂砾、砖瓦碎块很多。表 6 列举的就是施用 30 余年垃圾肥的农田土壤质地状况。该农田处于珠江三角洲残丘之上,在花岗岩上发育而成的粘质红壤土。现在表层 27cm 土层质地已和其母质截然不同。耕层

土壤中大于 1mm 的颗粒比未受垃圾肥影响的底层增加 12%。但若仔细分捡一下,可以发现大于 1mm 的颗粒中,底层中多属母岩碎片及其半风化体和少量侵入体;耕层中则以砖瓦、陶瓷及玻璃碎片,干电池碳芯、电木、金属纽扣等杂物为主,未见大于 3mm 的煤灰渣。这是因为目前城市生活垃圾收集时

表 6 施用垃圾肥后土壤质地状况

颗粒含量 (%)	颗粒直径 (mm)								
	>10	10-3	3-1	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001
0-16	6.61	7.79	11.16	41.16	9.09	2.93	3.72	12.67	4.82
16-27	7.06	6.80	10.42	41.53	5.03	7.52	5.30	11.32	4.92
27以下	2.44	4.46	5.47	28.10	18.17	6.13	6.13	14.01	17.04

并没有实行分类分别收集,垃圾中含有较多的无机杂物、废品和砖、瓦、砂砾等建筑垃圾(表 7)。农民在使用垃圾肥之前也不进行分捡和筛分,仅用锄耙将较大的废品杂物清除

出去,所以很多无机物,特别是小于 10mm 的无机颗粒很难被清除。它们随着施肥作业进入农田土体内。久而久之,土壤砂化,渣化不断加剧。这才是使用垃圾肥引起土壤砂化、

表 7 广州市区居民生活垃圾组成成分 (单位: %)

项 目 年 份	动植物性 垃圾	无机物(煤灰、砖、瓦、陶瓷)				废 品					
		粒 径 (mm)			小计	纸	纤维	塑料	金属	玻璃	小计
		<15	15-50	>50							
1985 年	36.3	48.3	8.6	2.0	58.9	2.0	1.4	1.3	0.7	1.0	6.4
1986 年	28.3	53.6	7.5	3.0	64.1	2.0	1.0	2.2	0.8	1.6	7.6

渣化的真正原因。

### 三、小 结

1. 煤灰颗粒组成属粉砂质, 即使有一些大颗粒, 也是暂时的。它在干湿、冷热等作用下, 很快崩解成为较细小的颗粒。煤灰颗粒结构为蜂窝状、松散、多孔, 有较强的持水能力, 含有多种植物所需要的营养元素, 钾、硼、钼更为突出。

2. 在粘土及砂土中施用含煤灰的垃圾肥, 不仅能使土壤中无机营养元素含量增加, 而且改善了土壤农业物理性状, 作物增产。施于其他类型土壤同样会获得相当效果。

3. 施用含煤灰的垃圾肥, 导致土壤砂化、渣化的真正原因并非煤灰所致, 而是因施用的垃圾肥中含有较多的废品和较粗大的无机物, 施用前没有筛分, 也没有仔细分检。

(收稿日期: 1987 年 5 月 25 日)

## 生物监测的若干概念及几个值得探讨的问题\*

杞 桑

(暨南大学生物系)

对水质进行理化分析是判明水体是否受污染及污染程度的常用手段, 其优点在于可提供具体数据。但也不能不承认这样的事实: 任何先进的分析仪器, 尚不能同时显示出污染物(或其浓度)对生物或人体是否有害。而分析结果若缺乏这方面的信息, 水质管理就成了无的放矢, 失去其根本目标。只有通过生物对污染物的反应才能得知污染物是否有害及其危害程度。现行的各种水质标准, 是以生物反应为基础而制定的。遗憾的是, 这个重要的前提, 往往在一些具体工作中被人们所忽略。因此, 有必要再三强调水污染生物监测的重要性, 它应该成为主管部门

制定管理法规的重要依据之一。 Cairns 和 Schalie 认为目前是“生物监测革命”时代, 它与农业上为着使千百万人免受饥饿而进行的“绿色革命”具有同等战略意义, 为的是使千百万人免受环境污染的危害<sup>[8]</sup>。

生物监测包括水、土、气污染三大部分。在水污染生物监测方面, 有关学者已作了较全面的综述<sup>[3,8,10,15,17]</sup>。本文所讨论的则仅限于水污染造成生态效应的监测问题, 但一些基本概念, 可能也适用于其他方面的生物监测。

\* 本文曾在 1986 年全国生物监测与生物净化技术交流会上宣读, 现作了部分修改补充。