

# 广东省农村生活垃圾组分及其污染特性分析

段雄伟, 高海硕, 黎华寿, 骆世明, 陈桂葵\*

(华南农业大学农业部华南热带农业环境重点实验室, 广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广州 510642)

**摘要:**对广东省韶关地区的始兴、仁化和江门地区的新会、鹤山4县(市)农村生活垃圾的组分、含水率、肥效指标以及主要重金属含量进行了分析测定。结果表明:调查区域内农村生活垃圾中可堆肥类含量高达62.62%,主要包括厨余尘土和草叶,其次是非堆肥类中的易燃类垃圾(木竹、纸、布、塑料等),平均含量为总量的29.97%,金属、玻璃以及砖瓦石等难以降解类的垃圾含量占6.61%,电池以及农药化肥包装袋等污染类垃圾的含量占0.81%;韶关地区农村垃圾中的可堆肥类组分明显高于江门地区的相应组分,而江门地区农村垃圾中塑料的含量明显高于韶关;可堆肥类垃圾含水率较高,而其他组分含水率相对较低;各区域农村垃圾中N、P、K和有机质的含量都符合垃圾农用的营养元素标准;各区域农村生活垃圾中各项重金属含量均低于垃圾农用控制标准,并可达到《土壤环境质量标准》中的二级标准,说明广东省的农村生活垃圾农用是可行的和安全的。结合各地区自身的实际情况,因地制宜地将农村垃圾回馈农村的生产和生活,如堆肥处理或发酵产生沼气等,不但可减少垃圾污染,而且还可实现农村垃圾的无害化、减量化和资源化。

**关键词:**广东省;农村;生活垃圾;垃圾组分;重金属

**中图分类号:**X705   **文献标志码:**A   **文章编号:**1672-2043(2013)07-1486-07   doi:10.11654/jaes.2013.07.029

## Component Analysis and Pollution Characteristics of Domestic Waste in Rural Area of Guangdong Province, China

DUAN Xiong-wei, GAO Hai-shuo, LI Hua-shou, LUO Shi-ming, CHEN Gui-kui\*

(Key Laboratory of Tropical Agricultural Environment in South China, the Ministry of Agriculture, People's Republic of China; Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to understand the nature of domestic garbage generated in rural Guangdong today, samples were collected from rural families of four counties in Guangdong Province including Shixing, Renhua which is located in Shaoguan City in the north, Xinhui and Heshan which is located in Jiangmen City in the mid-south. The composition, moisture content, total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total potassium (TK) and heavy metal in the waste samples were measured. The results showed that the organic components which could be returned to field through composting such as food waste, kitchen waste and plant residues in the garbage, reached 62.62% of the total weight. The flammable part of the garbage including plastics, paper and cloth was accounted for 29.97% of the total weight. The non-degradable part such as metal, glass and bricks was 6.61%. Hazardous materials such as battery and packing material for pesticide and fertilizer, was only 0.81% of the total weight. The organic part of the garbage from two counties in Shaoguan was significantly higher than that from the two counties in Jiangmen City. The content of waste plastics in garbage from Jiangmen was significantly higher than that from Shaoguan. The moisture content in the organic part was quite high, while moisture contents in other parts were relatively low. The TN, TP, TK, organic matter and the main heavy metal in the organic parts of the waste met the control standards set for the wastes used in agriculture. The heavy metal content in organic part reached the second level standard for soil environment quality. It indicated that agricultural utilization of the organic part of waste in rural Guangdong province is not only feasible, but also safe. To make good use of the rural garbage in different ways such as composting, or biogas generation according to the specific situation of the region not only can reduced pollution caused by garbage, but also can realize the reuse, reduction and recycle of the waste.

**Keywords:** Guangdong Province; rural area; domestic waste; component; heavy metal

收稿日期:2012-12-22

基金项目:广东省科技计划项目(2010B031800005);农业部生态农业重点开放实验室联合探索课题资助

作者简介:段雄伟(1989—),男,硕士研究生,主要从事污染生态、环境生态学研究。E-mail:xiongweiduan@qq.com

\*通信作者:陈桂葵 E-mail:guikuichen@scau.edu.cn

长期以来,我国农村垃圾一直依靠堆积化肥、简易填埋或自然腐烂等方式进入自然循环系统而维系着生态平衡。但有关研究表明,随着我国农村经济社会的快速发展,垃圾产量也在增加<sup>[1]</sup>,而人均垃圾日产量因当地经济状况和生活方式不同而增加程度不同<sup>[2-4]</sup>。目前,虽然农村垃圾的主体依然是厨余、尘土、草叶、秸秆(45%~90%),但是随着农民生活水平和农业技术水平的提高而带来的附属垃圾比重在攀升,如生活中的塑料制品、一次性医疗用品、生产中的大棚薄膜等<sup>[3-5]</sup>。虽然已有大量报道指出,农村垃圾问题已成为新农村建设过程中的一个不可回避的难题,但仍然缺乏相关的基础数据,尤其是各地农村垃圾的组分构成、理化特性以及污染特点等。

改革开放以来,广东省经济发展迅速,已成为全国经济强省,但在其经济快速发展的同时也带来了不容忽视的环境污染问题,近年来农村环境污染问题尤为凸显。广东省第一次全国污染源普查公报显示广东省农业污染源共 189 749 个,其中种植业 1427 个,畜禽养殖业 67 768 个,水产养殖业 120 554 个<sup>[6]</sup>,广东省污染源总数居全国首位,达 60.2 万个<sup>[7]</sup>。广东省农村的环境污染问题已引起了社会各界的广泛关注,其中农村垃圾的合理处置是农村环境污染整治中的一大难题,但有关广东省农村垃圾成分、污染特性等方面的调查尚未见报道。本研究小组前期的调查结果表明,农村垃圾来源复杂,处理方式单一,垃圾无害化处理是广东省当前农村环境卫生改造的首要任务<sup>[8]</sup>。本文继续研究了广东省不同地区农村垃圾的理化特性及其污染状况,试图探索一条适用于该区域的农村生活垃圾处理模式,以期由政府制定有关农村垃圾管理与农村垃圾治理的策略提供科学依据。

## 1 调查与分析方法

### 1.1 调查及采样方法

分别选择韶关地区的始兴县、仁化县和江门地区的新会市、鹤山市 4 县(市)属下的 4 个镇,每个镇选择 1~2 个村作为调查对象,自 2011 年 8 月至 2011 年 11 月以上述村庄的垃圾收集点为对象连续 3 d 进行取样调查。采样参考我国建设部 2009 年颁布的标准方法<sup>[9]</sup>,每天取上述各调查点经混匀的约 100 kg 新鲜生活垃圾进行组分分析,并采样回实验室测定其含水率、元素含量等。

将各点垃圾分别装入容积为 100 L 的白色胶桶中,自然填平,称重,求出容重,然后按要求人工分拣

各类垃圾组分,具体按以下项目分拣:人工挑选出草叶类、木竹类、纸类、织物、布类、塑料类、金属类、玻璃、砖瓦石和电池,将剩下的垃圾过 15 mm 筛,筛上物质记为粒径>15 mm,筛下物质记为粒径<15 mm,将以上垃圾各组分称重,求出各组分含量(%).同时取各组分(玻璃、金属、砖瓦石、电池除外)若干量,置于样品盒中,作含水率测定;另取约 3 kg 粒径>15 mm、粒径<15 mm、草叶类组分的垃圾,晾干后作肥效化学成分含量及重金属含量测定。

### 1.2 垃圾理化性质分析方法

#### 1.2.1 含水率的测定与计算

将样品盒置于烘箱(100±5)℃连续烘 48~72 h,烘干至质量恒定时称取重量,求出各成分含水率,进而计算出综合垃圾含水率<sup>[9-10]</sup>。

综合垃圾含水率(%)计算公式为:

$$C_{(综)} = \sum_{i=1}^n C_i \times W_i(\text{湿})$$

式中: $C_i$  表示垃圾某成分的含水率(%); $W_i(\text{湿})$  表示湿基某成分垃圾的含量(%).

#### 1.2.2 垃圾各成分的组成比例计算

根据文献[9-10]可计算出垃圾各成分的组成比例,公式如下:

湿基某成分含量(%)的计算公式为:

$$W_i(\text{湿}) = \frac{\text{某成分质量}}{\text{样品总质量}} \times 100\%$$

干基某成分含量(%)的计算公式为:

$$W_i(\text{干}) = W_i(\text{湿}) \times \frac{1 - C_i}{1 - C_{(综)}} \times 100\%$$

#### 1.2.3 垃圾肥效化学成分含量的测定

将烘干的各成分垃圾样品粉碎至 100 目,取若干量作有关肥效指标的测定。其中全氮采用浓硫酸和过氧化氢消化,紫外分光光度计法测定;全磷采用浓硫酸和浓硝酸消煮,钒钼黄比色法测定;有机质采用重铬酸钾盐法;全钾采用浓硫酸和过氧化氢消煮,原子吸收法测定<sup>[9-10]</sup>。

#### 1.2.4 重金属含量的测定

将烘干的各组分垃圾样品粉碎至 100 目,取若干量加适量浓硝酸和过氧化氢经微波消解仪消煮至液体澄清,定容后用原子吸收法测定 Cd、Pb、Cr、Zn、Ni 5 种重金属的含量<sup>[9-10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 农村新鲜生活垃圾组分状况分析

广东省韶关(始兴、仁化)和江门(新会、鹤山)地

区农村新鲜生活垃圾的组成见表 1。调查地区农村垃圾中含量较高的是粒径>15 mm 的垃圾与草叶, 分别占 25.67%和 25.09%, 其后依次是塑料类>粒径小于 15 mm>纸类>布>玻璃>砖瓦石>金属类>木竹>农药化肥包装袋>电池类。可利用来进行堆肥处理(厨余尘土、草叶)的垃圾比例平均高达 62.62%, 高于其他 3 类的总和, 其次是易燃类(木竹、纸、布、塑料)的垃圾, 平均含量为 29.97%, 金属、玻璃以及砖瓦石等难以降解类的垃圾含量占 6.61%, 电池以及农药化肥包装袋等污染类的垃圾含量占 0.81%。从调查统计结果不难看出, 农村生活垃圾中可农用部分比例较大, 用于生产有机肥是可行的。同时在其他几类物质中, 塑料的比例较大, 其分解难度大, 易对环境产生污染, 如不能得到适当处理, 也属污染物质, 所以对其进行分类处理十分重要。电池以及农业用化肥农药包装袋等虽然所占比例很小, 约占新鲜垃圾的 0.81%, 但因其对环境危害较大, 更应该重视其回收处理。

从表 1 还可看出不同地区的垃圾成分有所差异, 其中韶关地区农村垃圾中的可堆肥类组分明显高于江门地区的相应组分, 且以草叶为主, 说明韶关地区农村垃圾可农用的比例更大。而江门地区农村垃圾中塑料的含量明显高于韶关, 若不能得到有效分类处理, 其污染的潜在风险更大。

表 1 广东省农村新鲜生活垃圾组成(%)

Table 1 Composition analysis of fresh waste in rural area of Guangdong(%)

| 农村生活垃圾组成 |         |             | 始兴           | 仁化           | 新会          | 鹤山           | 4 县(市)平均 |
|----------|---------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------|
| 可堆肥类     | 厨余尘土    | 粒径<15 mm    | 12.31±2.60ab | 6.85±1.11b   | 13.25±1.32a | 15.02±1.56a  | 11.86    |
|          |         | 粒径>15 mm    | 26.70±5.84a  | 19.75±4.00a  | 26.49±3.48a | 29.73±4.92a  | 25.67    |
|          |         | 草叶          | 34.05±5.65a  | 39.58±12.93a | 8.84±1.37b  | 17.89±5.18ab | 25.09    |
|          |         | 总和          | 73.06        | 66.17        | 48.58       | 62.66        | 62.62    |
| 易燃类      | 木竹      | 0.61±0.19a  | 0.18±0.14a   | 3.32±1.93a   | 0.65±0.16a  | 1.19         |          |
|          | 纸       | 4.45±2.52a  | 10.00±5.39a  | 9.60±3.31a   | 8.60±1.16a  | 8.16         |          |
|          | 布       | 5.45±2.69ab | 8.02±2.62ab  | 13.82±5.26a  | 2.39±0.99b  | 7.42         |          |
|          | 塑料      | 9.37±1.39b  | 6.11±1.63b   | 20.87±1.59a  | 16.44±1.28a | 13.20        |          |
|          | 总和      | 19.89       | 24.30        | 47.61        | 28.08       | 29.97        |          |
| 难降解类     | 金属      | 0.51±0.16a  | 3.91±3.84a   | 0.67±0.20a   | 0.83±0.50a  | 1.42         |          |
|          | 玻璃      | 3.30±1.82a  | 4.42±3.21a   | 0.52±0.31a   | 5.51±1.66a  | 3.47         |          |
|          | 砖瓦石     | 2.56±1.76a  | 0.57±0.33a   | 1.15±0.48a   | 2.60±1.70a  | 1.72         |          |
|          | 总和      | 6.38        | 8.90         | 2.24         | 8.94        | 6.61         |          |
| 污染类      | 电池      | 0.14±0.12a  | 0.04±0.01a   | 0.13±0.05a   | 0.08±0.03a  | 0.10         |          |
|          | 农药化肥包装袋 | 0.54±0.49a  | 0.60±0.55a   | 1.46±0.69a   | 0.25±0.11a  | 0.71         |          |
|          | 总和      | 0.68        | 0.64         | 1.59         | 0.33        | 0.81         |          |

注:(1)草叶包含蔬菜、果皮、花草等;布包含破布、化纤布;塑料包含各种颜色的塑料、橡胶、泡沫等,但不包含各种化肥农药的塑料包装。下同。

(2)表中数据后的不同字母表示同一行(即不同地区之间)存在着显著性差异( $P<0.05$ )。下同。

## 2.2 农村新鲜生活垃圾含水量状况分析

新鲜生活垃圾中各组分的含水率见表 2。可堆肥类垃圾含水率很高, 而其他组分含水率相对较低。100 kg 新鲜生活垃圾烘干后只有 60.52 kg, 可堆肥(可农用部分)类组分也从 62.40 kg 下降至 51.24 kg。以干重计算, 可堆肥类垃圾下降了约 11.2%, 易燃类上升了 5.4%。

表 2 新鲜生活垃圾中各类物质的含水率及其占干重百分比  
( $n=16$ )

Table 2 The moisture content of each component and the percentage of its dry weight( $n=16$ )

| 生活垃圾成分    |      |          | 含水率/%      | 占干重百分比/% |
|-----------|------|----------|------------|----------|
| 可堆肥类      | 厨余尘土 | 粒径<15 mm | 42.30±3.57 | 11.11    |
|           |      | 粒径>15 mm | 47.55±1.79 | 22.25    |
|           | 草叶   |          | 56.87±1.66 | 17.88    |
| 易燃类       | 木竹   |          | 24.21±4.83 | 1.49     |
|           | 纸    |          | 27.36±3.36 | 9.57     |
|           | 布    |          | 34.25±4.63 | 7.74     |
|           | 塑料   |          | 24.03±2.32 | 16.57    |
| 综合垃圾含水率/% |      |          | 39.48      |          |

## 2.3 农村新鲜生活垃圾营养元素含量分析

根据《城镇垃圾农用控制标准》(GB 8172—1987)规定, 垃圾农用的营养元素的含量须达到以下标准:

有机质(以 C 计) $\geq 10\%$ ,总氮(以 N 计) $\geq 0.5\%$ ,总磷(以  $P_2O_5$  计) $\geq 0.3\%$ ,总钾(以  $K_2O$  计) $\geq 1.0\%$ <sup>[11]</sup>。从测定结果(表 3)看,广东省韶关和江门地区农村新鲜生活垃圾的可堆肥类组分的全氮、全磷、全钾和有机质含量均达到控制标准,全氮、有机质的含量远高于控制标准,符合垃圾农用的营养元素标准。

从表 3 中还可看出各组分之间的元素含量有所差异,如全氮含量的顺序为粒径大于 15 mm>草叶>粒径小于 15 mm,全磷含量为粒径大于 15 mm>粒径小于 15 mm>草叶,全钾和有机质含量为草叶>粒径大于 15 mm>粒径小于 15 mm。根据地区差异比较,新会农村垃圾中粒径小于 15 mm 垃圾的全氮、全磷及有机质均小于其他地区,其他成分中各元素含量地区间无显著差异。

## 2.4 农村新鲜生活垃圾重金属污染分析

综合《城镇垃圾农用控制标准》(GB 8172—1987)和《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—1984)中对于重金属含量的规定,垃圾农用的重金属含量标准为: Cd $<3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、Pb $<100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、Cr $<300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、Zn $<500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、Ni $<100\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ <sup>[11-12]</sup>。本调查的分析结果表明(表 4),除了始兴地区的粒径 $<15\text{ mm}$ 的垃圾中 Ni 含量( $95.755\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )略接近于控制标准,其他地区农村新鲜生活垃圾中各项重金属指标均远低于垃圾农用控制标准,可用于垃圾堆肥处理,但需要调节堆肥原料的配比,严格控制重金属在堆肥过程中的浓缩效应。

广东省韶关(始兴、仁化)和江门(新会、鹤山)地区农村新鲜生活垃圾中各成分的同种重金属元素含

量分布普遍为粒径大于 15 mm>粒径小于 15 mm>草叶。仁化新鲜垃圾中粒径 $<15\text{ mm}$ 的 Cd、Pb 含量远高于其他 3 个地区;始兴新鲜垃圾中粒径 $<15\text{ mm}$ 的 Cr、Ni 含量最高,约为其他 3 个地区的 2~3 倍;Zn 含量最高的为新会。参考《土壤环境质量标准》GB 15618—1995<sup>[13]</sup>之规定,4 个地区 Cd、Cr、Zn 的含量均达到二级标准,始兴和鹤山的 Pb 含量达到一级标准,其他两地达到二级标准,各地区 Ni 的含量都达到一级标准。上述结果表明,4 个地区可农用垃圾部分的重金属含量尚未超过规定的二级标准。但是在垃圾采集过程中发现一些潜在的重金属污染风险,如电池、金属块的随意丢弃,如不能及时回收或做出合理的处理,势必会影响周围环境质量,给当地带来巨大的潜在风险。

## 3 讨论

我国是农业大国,庞大的人口基数带来的农村垃圾问题不可忽视。相比城镇集中的居住方式,绝大多数农村住户都相对比较分散,垃圾收集较为麻烦,很难做到像城镇中那样集中分类、回收和处理<sup>[14]</sup>。不同地区的调查结果表明农村垃圾主要是以秸秆、牲畜粪便等易腐有机物质为主,有别于城市垃圾(高燃值的化工合成品、金属等)<sup>[14-17]</sup>。相比之下,在进行适当的垃圾分类以后,城市垃圾适合通过焚烧处理,而农村垃圾处理的主导方式更倾向于堆肥处理,这样有利于养分回田回地,节省肥料的生产成本,有一定规模的沼气池还能解决区域内的能源问题。张静等<sup>[17]</sup>对海南某地区进行实地实验,把当地的垃圾混合收集并进行一

表 3 广东省农村新鲜生活垃圾的肥效指标( $n=16$ )

Table 3 Some index on fertilizer efficiency of the fresh waste in rural area of Guangdong( $n=16$ )

| 元素           | 垃圾成分               | 始兴                   | 仁化                   | 新会                   | 鹤山                   | 4 县(市)平均 |
|--------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 全氮/%         | 粒径 $<15\text{ mm}$ | 1.501 $\pm$ 0.101ab  | 1.271 $\pm$ 0.072ab  | 1.145 $\pm$ 0.116b   | 1.819 $\pm$ 0.186a   | 1.410    |
|              | 粒径 $>15\text{ mm}$ | 1.761 $\pm$ 0.121b   | 1.498 $\pm$ 0.084b   | 2.085 $\pm$ 0.209b   | 2.841 $\pm$ 0.515a   | 1.921    |
|              | 草叶                 | 1.811 $\pm$ 0.106a   | 1.667 $\pm$ 0.130a   | 1.878 $\pm$ 0.101a   | 1.910 $\pm$ 0.094a   | 1.789    |
| 全磷/%         | 粒径 $<15\text{ mm}$ | 0.510 $\pm$ 0.102ab  | 0.677 $\pm$ 0.070a   | 0.321 $\pm$ 0.033b   | 0.550 $\pm$ 0.041ab  | 0.544    |
|              | 粒径 $>15\text{ mm}$ | 0.600 $\pm$ 0.107a   | 0.547 $\pm$ 0.080a   | 0.787 $\pm$ 0.230a   | 0.921 $\pm$ 0.234a   | 0.673    |
|              | 草叶                 | 0.614 $\pm$ 0.059a   | 0.418 $\pm$ 0.036b   | 0.499 $\pm$ 0.046ab  | 0.463 $\pm$ 0.084ab  | 0.494    |
| 全钾/%         | 粒径 $<15\text{ mm}$ | 1.065 $\pm$ 0.268a   | 0.952 $\pm$ 0.243a   | 1.428 $\pm$ 0.149a   | 1.642 $\pm$ 0.102a   | 1.195    |
|              | 粒径 $>15\text{ mm}$ | 1.428 $\pm$ 0.242a   | 1.138 $\pm$ 0.197a   | 1.552 $\pm$ 0.474a   | 1.155 $\pm$ 0.183a   | 1.295    |
|              | 草叶                 | 2.155 $\pm$ 0.301a   | 1.477 $\pm$ 0.153a   | 1.628 $\pm$ 0.125a   | 1.929 $\pm$ 0.470a   | 1.771    |
| 有机质(以 C 计)/% | 粒径 $<15\text{ mm}$ | 47.355 $\pm$ 8.699ab | 42.900 $\pm$ 3.307ab | 29.558 $\pm$ 2.206b  | 65.669 $\pm$ 18.163a | 45.829   |
|              | 粒径 $>15\text{ mm}$ | 56.230 $\pm$ 3.856a  | 62.530 $\pm$ 6.014a  | 64.445 $\pm$ 6.481a  | 67.095 $\pm$ 7.803a  | 61.990   |
|              | 草叶                 | 74.387 $\pm$ 2.301a  | 67.649 $\pm$ 5.033a  | 60.264 $\pm$ 11.974a | 67.409 $\pm$ 5.294a  | 68.100   |

表 4 广东省农村新鲜生活垃圾中的重金属含量( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )Table 4 The heavy metal content of fresh waste in rural area of Guangdong( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

| 元素 | 垃圾成分     | 始兴                | 仁化               | 新会               | 鹤山                |
|----|----------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Cd | 粒径<15 mm | 0.647±0.011ab     | 1.044±0.172a     | 0.447±0.197ab    | 0.248±0.198b      |
|    | 粒径>15 mm | 0.382±0.133ab     | 0.845±0.141ab    | 0.449±0.011ab    | 0.125±0.125b      |
|    | 草叶       | 0.249±0.011b      | 0.436±0.173ab    | 0.149±0.099b     | 0.550±0.100ab     |
| Pb | 粒径<15 mm | 16.680±3.022a     | 75.109±46.517a   | 49.230±25.121a   | 10.619±4.481a     |
|    | 粒径>15 mm | 18.239±5.487a     | 33.301±16.797a   | 33.316±9.015a    | 8.413±2.288a      |
|    | 草叶       | 10.640±4.521a     | 20.842±7.706a    | 24.258±18.157a   | 24.321±4.521a     |
| Cr | 粒径<15 mm | 271.643±85.441a   | 124.110±37.494ab | 182.320±16.181ab | 110.846±41.036ab  |
|    | 粒径>15 mm | 175.211±27.382ab  | 82.739±17.795b   | 130.752±31.002ab | 68.124±17.676b    |
|    | 草叶       | 156.233±102.215ab | 57.856±10.979b   | 110.134±19.757ab | 83.979±12.422b    |
| Zn | 粒径<15 mm | 139.212±34.481ab  | 213.377±62.942ab | 277.540±45.411a  | 184.947±67.282ab  |
|    | 粒径>15 mm | 113.117±17.611bc  | 158.383±28.965ab | 244.603±38.266ab | 197.310±114.441ab |
|    | 草叶       | 67.440±7.597c     | 107.684±26.311bc | 182.611±25.276ab | 94.525±19.076bc   |
| Ni | 粒径<15 mm | 95.755±35.779a    | 30.484±5.584b    | 53.522±37.928ab  | 14.072±4.691b     |
|    | 粒径>15 mm | 59.921±15.473ab   | 25.339±2.698b    | 27.998±18.617b   | 7.813±1.588b      |
|    | 草叶       | 34.438±19.826b    | 19.857±2.326b    | 18.875±6.375b    | 8.219±1.981b      |

定的分拣,然后就地处理,结果表明减量化可达 50%、100%无害性、堆肥质量也符合国家要求,并且当地村民十分支持。Suryawanshi 等在总结了前人大量研究成果的基础上提出:热带地区废物处理的首选方式是中温厌氧发酵,他们认为利用生物可降解废弃物进行厌氧消化生成沼气是一个可持续的道路,因为它可以用于农舍及动物居所中水和空间的加热、食品加工厂的供热、发电,除此之外还可减少这些废物的污染及其潜在危险性,而许多国家都处在温带区域,中温厌氧发酵可为其舒适生活、农业和工业生产提供长时间持续的能量供应<sup>[18]</sup>。

广东省属热带和亚热带季风气候区,最冷月份的均温可达 10℃,年均温约为 22℃,非常适合废物生物降解菌的生长。本研究在实地调查时也发现很多区县农村普遍采用生物沼气池进行有机垃圾和养殖业垃圾的处理。Zhu Min 等认为易腐有机垃圾生物处理适用好氧堆肥工艺,处理规模较大时,也可采用厌氧产沼工艺<sup>[19]</sup>。而且,易腐有机垃圾的分类分流处理还可以削减后续填埋处置 80%左右的污染负荷<sup>[20]</sup>,或提高焚烧垃圾的低位热值 1 倍左右<sup>[21]</sup>。Skourides 等研究了塞浦路斯(Cyprus)城乡区域可降解生活垃圾的来源及其主控因素,结果发现家庭厨余垃圾的数量主要受社会经济(如家庭大小、收入、小孩数)和行为(如是否使用厨余垃圾喂养家畜,是否消费已加工好的食物)的影响,而园林垃圾处理量的主要控制因子是园子的大小、蔬菜的种类、家庭堆料的循环利用<sup>[22]</sup>。

本文的研究结果表明:广东省农村垃圾中可农用部分比例大,垃圾肥效指标均高于国家农用控制标准,各项重金属指标均低于垃圾农用控制标准。因此,广东省农村垃圾中的大部分可进行生物堆肥或发酵处理,以实现农村垃圾处理的资源化和无害化。针对广东省地区间经济发展不平衡的特点,各地所采用的终端处理模式也许会有所差异,在经济条件发展较好的农村可建造大型堆肥厂和沼气发酵池以处理有机垃圾和养殖业垃圾,在庭院养殖比较普遍的粤北山区以及粤东粤西的两翼山区农村,由于农户较分散,可以采用户用沼气池进行垃圾处理。对秸秆杂草主要采用直接还田或纳入沼气池进行发酵处理,对塑料以及农业地膜等高热值垃圾应统一收集后送至定点焚烧厂进行焚烧处理,剩余少量的垃圾集中收集后送至县(市)填埋场进行填埋处理。

#### 4 结论

(1)统计分析结果表明,广东省农村垃圾各组分比例从大到小依次是可农用成分、易燃物质、难以降解的物质,分别占 62.62%、29.97%、6.61%。

(2)被调查的 4 个地区的农村垃圾肥效指标均高于国家农用控制标准,且可农用部分的含水量在 11.11%~22.25%之间,符合垃圾堆肥控制标准。

(3)农村新鲜生活垃圾中可堆肥类组分的各项重金属指标均低于垃圾农用控制标准,达到土壤环境标准的二级标准以上,达到保障农业生产,维护人体健

康的土壤限制值。

(4)地区不同,农村新鲜生活垃圾的组分、肥效指标及重金属污染特性也有所差异,经济较发达的江门地区农村垃圾中塑料的含量明显高于经济较落后的韶关地区,说明随着经济发展水平的提高,垃圾组分比例会发生显著的变化,需要因地制宜地组合选用各种垃圾处理处置技术。

(5)垃圾处理的第一要务是进行分类,政府部门应在各地区宣传垃圾分类的重要性。然后根据当地的经济条件和交通状况,进行定期的垃圾回收。对于城镇化或者居住相对集中的村落,可建大型的堆肥厂或沼气发酵池;而对居住相对分散或交通闭塞的村落,政府可扶持建立简易的家庭式沼气池,并指导其规范操作使用。

#### 参考文献:

- [1] 王德宝,胡莹.我国生活垃圾组成成分及处理方法分析[J].环境卫生工程,2010,18(1):40-44.  
WANG De-bao, HU Ying. Analysis of components and treatment methods of domestic waste in China[J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2010, 18(1):40-44.
- [2] 王洋,曾强,刘洪亮,等.天津市农村地区垃圾与污水现状调查与对策研究[J].现代预防医学,2008,35(19):3687-3689.  
WANG Yang, ZENG Qiang, LIU Hong-liang, et al. Prevalence survey and counter measures study on garbage and sewage in rural areas of Tianjin[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2008, 35(19):3687-3689.
- [3] 王可新.辽宁省生活垃圾现状调查及处理对策研究[J].环境卫生工程,2012,20(3):33-34.  
WANG Ke-xin. Status investigation and its countermeasures of domestic waste in Liaoning province[J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2012, 20(3):33-34.
- [4] 乔启成,顾卫兵,花海蓉,等.南通市农村生活垃圾现状调查与处理模式研究[J].江苏农业科学,2008(3):283-286.  
QIAO Qi-cheng, GU Wei-bing, HUA Hai-rong, et al. Current situation and disposal model of rural domestic waste in Nantong city[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2008(3):283-286.
- [5] 付美云.衡阳市农村垃圾现状调查与处置对策[J].农业环境与发展,2008(5):13-16.  
FU Mei-yun. Current situation and disposal model of rural domestic waste in Hengyang county[J]. *Agro-Environment & Development*, 2008(5):13-16.
- [6] 广东省环境保护厅,广东省统计局,广东省农业厅,广东省海洋与渔业局.广东省第一次全国污染源普查公报[R].2010年6月4日:6-7.  
Environmental Protection Hall of Guangdong Province, Statistics Bureau of Guangdong Province, Department of Agriculture of Guangdong province, Guangdong Provincial Oceanic & Fishery Administration. The first national census commune of pollution sources in Guangdong province. June 4, 2010:6-7.
- [7] 中华人民共和国环境保护部,中华人民共和国国家统计局,中华人民共和国农业部.第一次全国污染源普查公报[R].2010年2月.  
Ministry of environmental protection of the People's Republic of China, National bureau of the People's Republic of China, Ministry of agriculture of the People's Republic of China. The first national census commune of pollution sources. 2010, Feb.
- [8] 高海硕,陈桂葵,黎华寿,等.广东省农村垃圾产生特征及处理方式的调查分析[J].农业环境科学学报,2012,31(7):1445-1452.  
GAO Hai-shuo, CHEN Gui-kui, LI Hua-shou, et al. Composition of solid waste and its disposition methods in rural area of Guangdong province, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(7):1445-1452.
- [9] 中华人民共和国建设部.CJ/T 313-2009生活垃圾采样和物理分析方法[S].  
Ministry of Construction of the People's Republic of China. CJ/T 313-2009 Sampling and physical analysis methods for domestic wastes[S].
- [10] 宋立杰,赵天涛,赵由才.固体废物处理与资源化实验[M].北京:化学工业出版社,2008:1-12.  
SONG Li-jie, ZHAO Tian-tao, ZHAO You-cai. The reference for solid waste treatment and recycling[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2008:1-12.
- [11] 中华人民共和国国家环境保护部.GB 8172-87城镇垃圾农用控制标准[S].  
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. GB 8172-87 Control standards for urban wastes for agricultural use[S].
- [12] 中华人民共和国国家环境保护部.GB 4284-84农用污泥中污染物控制标准[S].  
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. GB 4284-84 Control standards for pollutants in sludges from agricultural use[S].
- [13] 中华人民共和国国家环境保护部.GB 15618-1995土壤环境质量标准[S].  
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. GB 15618-1995 Environmental quality standards for soils[S].
- [14] 何晶晶,张春燕,杨娜,等.我国村镇生活垃圾处理现状与技术路线探讨[J].农业环境科学学报,2010,29(11):2049-2054.  
HE Pin-jing, ZHANG Chun-yan, YANG Na, et al. Present situation and technical treatment route of rural domestic waste treatment in China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(11):2049-2054.
- [15] 于晓勇,夏立江,陈仪,等.北方典型农村生活垃圾分类模式初探——以曲周县王庄村为例[J].农业环境科学学报,2010,29(8):1582-1589.  
YU Xiao-yong, XIA Li-jiang, CHEN Yi, et al. A case study on classification pattern of household solid wastes in a typical northern rural village China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(8):1582-1589.
- [16] Hiramatsu A, Hara Y, Sekiyama M, et al. Municipal solid waste flow and waste generation characteristics in an urban-rural fringe area in

- Thailand[J]. *Waste Management & Research*, 2009, 27(10):951-960.
- [17] 张 静, 仲跻胜, 邵立明, 等. 海南省琼海市农村生活垃圾产生特征及基地处理实践[J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(11):2422-2427.
- ZHANG Jing, ZHONG Ji-sheng, SHAO Li-ming, et al. Characteristics of rural household solid wastes and in situ treatment: A case study in Qionghai city of Hainan Province[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(11):2422-2427.
- [18] Suryawanshi P C, Chaudhari A B, Kothari R M. Mesophilic anaerobic digestion: first option for waste treatment in tropical regions[J]. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2010, 30(4):259-282.
- [19] ZHU Min, LU Fan, HAO Li-ping, et al. Regulating the hydrolysis of organic wastes by micro-aeration and effluent recirculation[J]. *Waste Management*, 2009, 29(7):2042-2050.
- [20] SHAO Zheng-hao, HE Pin-jing, ZHANG Dong-qing, et al. Characterization of water-extractable organic matter during the biostabilization of municipal solid waste [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 164(2-3):1191-1197.
- [21] ZHANG Dong-qing, HE Pin-jing, SHAO Li-ming. Potential gases emissions from the combustion of municipal solid waste by bio-drying [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 168(2-3):1497-1503.
- [22] Skourides I, Smith S R, Loizides M. Sources and factors controlling the disposal of biodegradable municipal solid waste in urban and rural areas of Cyprus[J]. *Waste Management & Research*, 2008, 26(2):188-195.