

成都城镇生活垃圾特性及处理方案

银燕春^{1,2} 刘育辰¹ 王莉淋^{1,*} 邓仕槐¹ 张延宗¹ 张世熔¹

(1. 四川农业大学环境学院, 四川省农业环境工程重点实验室, 成都 611130; 2. 重庆市涪陵环境监测中心, 重庆 408000)

摘要 为对成都市区、郊区和农村生活垃圾的处理处置提出有针对性的可行建议,研究了区域生活垃圾的物理组成、含水率、热值、肥效指标(有机质、TN、TP、TK、和C/N)和重金属污染等物化特性。结果表明:成都地区生活垃圾以厨余和塑料为主,郊区和农村灰土较多;混合垃圾均达到焚烧处理热值要求,市区垃圾低位热值最高(5 734~5 955 kJ·kg⁻¹)而郊区垃圾偏低(5 499~5 603 kJ·kg⁻¹);虽部分垃圾样品Cd、Hg和Cu浓度超过农用地土壤环境质量标准,但仍远低于城镇垃圾农用控制标准,并且可堆肥组份占垃圾总量的80%,肥效指标适宜农用。因此,在危废单独处理和可回收垃圾回收处理的前提下,结合成都垃圾焚烧厂建设情况,建议市区和焚烧厂所在郊区及周边农村的生活垃圾混合焚烧;近焚烧厂的8个郊区及周边农村的生活垃圾分为可堆肥垃圾(约80%)和其他垃圾(约17%),前者农用后者运收焚烧;远离焚烧厂的4个郊区及周边农村的生活垃圾以混合农用处理为主。

关键词 成都; 郊区; 生活垃圾处理处置; 资源化利用; 重金属污染

中图分类号 X705 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2016)10-5964-07 DOI 10.12030/j.cjee.201504243

Characteristics and treating method of municipal solid waste in Chengdu, China

YIN Yanchun^{1,2} LIU Yuchen¹ WANG Lilin^{1,*} DENG Shihuai¹ ZHANG Yanzong¹ ZHANG Shirong¹

(1. Provincial Key Laboratory of Agricultural Engineering, College of Environment, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Environment Monitoring Center of Fuling, Chongqing 408000, China)

Abstract In order to provide feasible suggestions for the disposal of the urban, suburban, and rural domestic waste of Chengdu, this study investigated the physicochemical characteristics of domestic waste. These characteristics are physical composition, moisture content, calorific value, fertilizer efficiency indexes (including organic content, TN, TP, TK, and C/N ratio), and heavy metal content. The results showed that kitchen waste and plastics were the main components of the Chengdu domestic waste, with dust being one of the main components of the suburban and rural waste. All the mixed domestic waste of Chengdu area met the requirement for combustion; however, the calorific value of urban waste was the highest (5 734 to 5 955 kJ·kg⁻¹), while that of suburban waste was the lowest (5 499 to 5 603 kJ·kg⁻¹). Although the Cd, Hg, and Cu contents in some samples were above the quality standard of soil, they were still far below the waste control standard for agriculture. Furthermore, the component for compost accounted for approximately 80% of the entire volume of waste, and it was suitable for agriculture because of its good fertilizer efficiency indexes. As a result, based on disposing hazardous waste separately, recycling the suitable waste, and considering the construction situation and the position of waste incineration plants in Chengdu, various suggestions are provided. Urban waste and that of suburban incineration plants and the surrounding rural areas is mixed and collected for combustion. The waste of eight suburban plants and the surrounding rural areas adjacent to the incineration plants is sorted as compost components. As regards the rest, the former (about 80%) is suitable for agriculture in the vicinity, and the latter (about 17%) is collected and transported for combustion. The waste of four suburban areas and the surrounding rural areas far from the incineration plants is mixed waste collected mainly for agriculture.

Key words Chengdu; suburban area; disposal of domestic waste; resource utilization; heavy metal pollution

基金项目: 四川省教育厅青年项目(13ZB0291)

收稿日期: 2015-04-28; 修订日期: 2015-07-21

作者简介: 银燕春(1988—),女,硕士研究生,研究方向: 废弃物处理与资源化。E-mail: 542728538@qq.com

* 通讯联系人, E-mail: lilin_w26@sicau.edu.cn

随着我国农村城市化进程的加快,郊区迅速成长于城市周边,依托且服务于城市,其经济生产结构、市政设施配套及居民生活水平均趋向于城市发展,具备城市和农村的双重环境特征。由于生活垃圾的物理组成受地区的产业结构、经济活动及居民生活水平等因素的影响,可推测郊区生活垃圾特性与城市有着一定的共同点;然而,郊区由于人口密度远低于城市、办公商业区不集中等因素又导致郊区生活垃圾的特性与城市生活垃圾有所差异^[1]。如有研究表明成都市、攀枝花市、绵阳市、内江市和遂宁市城市生活垃圾普遍存在厨余含量最高,其次是塑料、纸张,但尘土少的特点^[2];而郊区则尘土的比例较大,然后是餐厨和塑料^[3-4]。郊区垃圾在处置处理中还可能存在着运收成本较高的特点。农村生活垃圾有机成分和灰土的含量高^[5],与城市生活垃圾相比,产生密度低,高度分散,集中收运困难,如果采用混收后焚烧或填埋技术进行处理,通常会受设施规模的限制,导致技术经济性严重下降^[6]。生活垃圾的特性制约着垃圾处理处置方式的选择,关系着垃圾处理过程的合理性和安全性。如垃圾的物理组成影响着它的可堆肥成分的多寡,其热值指标决定着它是否利于焚烧处理^[5],其污染特性则关系着处理处置方式的安全性。如垃圾填埋处理可产生含高浓度重金属的渗滤液,可能危害土壤和地下水环境^[7-8];垃圾堆肥处理可能会造成土壤和农作物的重金属累积效应^[9-10];垃圾焚烧处理可能排放含大量重金属的焚烧灰分和二噁英等有毒有害烟气,造成大气和土壤环境的二次污染问题^[11-12]。

目前,生活垃圾常用的处理方法有卫生填埋法、焚烧法、堆肥法,我国许多较发达城市已由最初的单一垃圾处理模式逐渐向多元化垃圾处理模式过渡。农村生活垃圾的处理方式也在由最初的随处倾倒向“户集、村收、镇运、县处置”转变。我国已在部分地区开展了生活垃圾分类试点,近几年来,依托餐厨垃圾处理示范站,成都双流县以及新津县初步建成餐厨垃圾收运体系^[13]。四川 2008 年始开展了城乡环境综合整治中,农村生活垃圾是治理重点,至 2015 年,四川省农村生活垃圾处理率从原先的 10% 提高到近 85%,但四川大部分地区生活垃圾仍未经适当分类,以混合收运为主^[14]。为了将垃圾问题由末端处理前移到源头控制、高效合理处理处置生活垃圾以及实现垃圾资源化、减量化、无害化,探明生活垃圾的物化特性,寻找城市、郊区和农村垃圾的合理分类

及处理处置模式至关重要。生活垃圾组分和特性与地区、季节、能源结构、生活水平、生活垃圾的管理等密切相关。城市、郊区和农村生活垃圾可能存在着区域特性差异,应分别研究讨论以确定相应处理处置方式;但由于市镇经济的发展快,市区、郊区、农村难有十分确定的界限,为方便研究讨论,根据经济发展水平和人口密度将成都市划分为市区、郊区和农村:原 5 个主城区(锦江区、青羊区、武侯区、成华区、金牛区)视为市区,近年新纳入辖区的 4 区(温江区、新都区、龙泉驿区、青白江区)、6 县(郫县、双流县、新津县、金堂县、大邑县、蒲江县)和 4 个县级市(邛崃市、崇州市、彭州市、都江堰市)视为郊区,14 个郊区周边的约 240 个乡镇视为农村。商贸金融业和科技产业等是经济发展水平高的市区的典型产业,小型乡镇企业和农家乐旅游业等是农村的典型产业,经济开发区产业和文教服务业等是城市辐射向郊区的典型产业。考虑到区域功能和产业结构,研究以金牛区(科技产业园区)和锦江区(商贸金融服务区)为市区代表,以成都温江区(文教服务区)和郫县(高新技术产业经济开发区)为郊区代表,以永宁镇(乡镇企业示范区)和万春镇(旅游度假区)为农村代表,对比分析了城市、郊区和农村地区生活垃圾的物理组成、含水率、热值、碳氮比等物化性质以及重金属污染特性,以期提出针对地区的生活垃圾处理处置建议。

1 实验材料与方法

1.1 样品采集及预处理

成都市位于成都平原东部,属亚热带湿润季风气候,辖 9 个区,6 个县,4 个县级市,常住人口 1 405 万人,总面积约 12 390 km²。2010 年成都环卫部门监测的结果显示,成都中心市区生活垃圾年产量约 156.95 万 t,14 个郊区生活垃圾年产量约 98.55 万 t^[11];据四川城乡环境综合整治调查中显示,2015 年成都农村生活垃圾年产量约 170 余万 t。

采样时间为 2012 年 12 月和 2013 年 7 月,分别代表冬夏两季,采样地点为成都市区(金牛区和锦江区)、郊区(温江区和郫县)和农村(永宁镇和万春镇)的生活垃圾中转站。在某一采样区的中转站等待多辆垃圾运输车到达,经询问来源后,等量采集并混合多辆垃圾车上的新鲜垃圾形成能代表一个采样区垃圾情况的样品。参照生活垃圾采样和物理分析方法(CJ/T 313-2009)采集样品,样品中大粒径物品

破碎至 100 ~ 200 mm 摊铺在地面充分混合搅拌,再用四分法缩分 2 ~ 3 次,至 25 ~ 50 kg 样品,获得一次样品,置于密闭容器运至实验室。难以全部破碎的可预先剔除,在其余部分破碎缩分后,按缩分比例将剔除的垃圾破碎加入样品中。一次样品用于物理组成和含水率等指标的测定。各组分置于通风处自然晾干后,在低于 70 °C 的烘箱中烘干,然后将各物理组分进行缩分、粉碎、研磨、混配,得到二次样品,用于碳、氮、磷、钾和重金属等项目的测定。

1.2 样品的制备与测定

取二次样品 10 g 在烘箱内(105 ± 5) °C 烘干并称之恒重,用氧弹式量热计(GR3500 型,长沙奔特仪器有限公司)进行混合样品和厨余组分热值的测定。按重铬酸钾氧化法测定垃圾二次样品中的有机碳,按《城市生活垃圾全氮的测定——半微量开氏法》(CJ/T 103-1999)测定氮,《城市生活垃圾全磷的测定——偏钼酸铵分光光度法》(CJ/T 104-1999)测定磷,《城市生活垃圾全钾的测定——火焰光度法》(CJ/T 105-1999)测定钾。二次样品经高氯酸-浓硝酸法消解后,采用原子吸收分光光度计(M6,赛默飞世尔科技有限公司)测定重金属元素(Pb、Cd、Cr、Cu、Zn、Mn 和 Ni) 的含量^[15]。将一定量王水加入二次样品中,于沸水浴中消解 2 h,冷却后用 5% 盐酸转移至 50 mL 容量瓶中,定容后过滤,用双道原子荧光光度仪(AFS-930,北京吉天仪器有限公司)测定 As、Hg 和 Se 的含量^[16]。所有分析中每种样品做 2 个平行,同时做空白以对照。

2 结果分析与讨论

2.1 物理组成、含水率及热值分析

从表 1 可以看出,冬夏两季,市区、郊区和农村区域的生活垃圾平均含水率在 50% 以上,物理组成

中所占比例最大的均是厨余垃圾。冬季厨余垃圾含量高于夏季,市区和农村高于郊区。除厨余垃圾外,市区生活垃圾的主要组分依次是塑料和餐纸,郊区和农村为灰土和塑料。这与北京市区和郊区生活垃圾的物理组成类似,北京城八区厨余占的比例最大(63. 4%),其次依次为塑料(12. 7%)、纸类(11. 1%)和灰土(5. 9%),郊区则是灰土的比例最大,为 57. 5%,其次才是厨余(26. 3%)和塑料(5. 5%)^[4]。厨余、塑料和纸类成为生活垃圾的主要成份是由于居民生活水平不断提高,对食物的数量和品质需求也越来越高,从而产生了大量厨余垃圾;市场经济中丰富商品的各种包装耗费了大量的塑料和纸张等,从而产生了大量塑料和纸类垃圾。郊区垃圾有着厨余相对低,灰土相对高的特点。这是因为郊区人口密度较城市低且作物较农村少,因而餐厨垃圾较少;而郊区迅速向城市化发展,因新建、改扩建等建设活动较多且环卫清扫不如城市到位,致使灰土较高。农村由于农田风蚀飞灰,燃烧飞灰以及道路等基础设施建设落后等原因,导致生活垃圾中灰土含量高,此外冬季大棚菜种植多用农膜等塑料,以致农村塑料垃圾较多。

垃圾焚烧处理法具有用地少、减量化大(可使垃圾体积减小 50% ~ 95%)、无害化效果好等特点,并且余热可发电或供暖,资源效益极为可观。在我国填埋场容量已接近饱和以及填埋二次污染难以控制的背景下,焚烧实为一项有效的垃圾减量并资源化的处置技术。由于厨余组分在生活垃圾中所占比例最大,本文分别测定了 3 区混合垃圾和挑选出来的厨余组分的高低热值。根据《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》规定,焚烧的垃圾进炉平均低位热值需不低于 5 000 kJ · kg⁻¹。从表 2 可见,无论冬夏,垃圾的热值均为市区 ≥ 农村 > 郊区。这

表 1 成都地区生活垃圾湿基物理组成及含水率

Table 1 Physical components and water content of wet domestic waste in Chengdu

%

地点	季节	可堆肥类					易燃类				可回收金属	危废 废弃药物	难降解类 碎玻璃	含水率
		厨余	树叶	灰土	餐纸	总和	包装纸	织物	塑料	总和				
城市	冬季	63.9	3.9	6.7	8.6	83.1	3.8	1.5	11.7	17.0	—	0.1	0	57.2 ~ 62.9
	夏季	58.2	2.5	14.6	6.3	81.6	7.6	0.7	9.9	18.1	0.1	0.3	—	60.9 ~ 63.1
郊区	冬季	49.5	2.3	21.8	5.1	78.7	3.9	1.2	11.2	16.3	4.7	0.2	0.3	47.8 ~ 54.1
	夏季	48.0	4.8	18.5	5.9	77.2	11.3	0.0	10.9	22.2	0.1	0.5	—	54.0 ~ 59.8
农村	冬季	63.1	6.9	5.4	6.7	82.1	3.8	4.0	11.3	19.1	0.7	—	0.6	51.9 ~ 56.9
	夏季	39.7	4.5	31.1	6.5	81.8	3.5	0.6	7.9	11.9	5.6	0.7	—	59.4 ~ 64.2

表 2 混合垃圾和厨余垃圾的热值和含水率

Table 2 Calorific values and water content of domestic waste and kitchen waste

项目	干基高位热值/(kJ·kg ⁻¹)		湿基高位热值/(kJ·kg ⁻¹)		湿基低位热值/(kJ·kg ⁻¹)		含水率/%	
	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
市区垃圾	15 134	16 289	6 052	6 190	5 734	5 955	57.2~62.9	60.9~63.1
郊区垃圾	11 970	13 648	5 874	5 878	5 499	5 603	47.8~54.1	54.0~59.8
农村垃圾	12 079	15 782	6 172	6 030	5 724	5 801	51.9~56.9	59.4~64.2
市区餐厨	11 178	10 370	4 881	4 528	4 697	4 359	52.6~60.1	62.4~63.7
郊区餐厨	10 212	9 674	4 843	4 587	4 673	4 423	52.5~52.6	59.6~63.7
农村餐厨	8 332	8 762	4 257	4 477	4 014	4 320	45.6~52.2	56.5~59.1

可能是郊区比之市区,餐纸、办公废纸、包装塑料等高热值垃圾较少;比之农村,可燃植物等有机垃圾较少的缘故。成都市区、郊区和农村冬夏季的生活垃圾混合样的湿基低位热值均高于 5 000 kJ·kg⁻¹,符合焚烧条件,而厨余的湿基低位热值均低于 5 000 kJ·kg⁻¹,若将厨余从运收焚烧处置的垃圾中剔除,可预见其余垃圾单位质量的热值将升高。

焚烧厂建设和运行投入大,多见于处置中大型城市的生活垃圾。因其在减量化、资源化方面的优势,焚烧应作为中大型城市生活垃圾处置处理的主要方式。目前,成都周边已建成大面、洛带、九江、祥福、崇州 5 座垃圾焚烧厂,日处理量依次为 800、1 200、1 800、1 800、900 t。据估计 2015 年,成都市区、郊区和农村生活垃圾日产量分别约 5 500、3 500 和 4 700 t,总垃圾日产量 13 700 余 t,合 500 余万 t·a⁻¹。现有垃圾焚烧厂日处理量约 6 500 t,每年发电约 6 亿 kWh,尚不能满足成都三区垃圾焚烧需求。2015 年 3 月,设计处理量为 2 400 t·d⁻¹的万兴乡焚烧厂已然动工,预计 2016 年底投入使用,但仍有约 4 700 t 垃圾无法焚烧处理。考虑到成都人均生活垃圾年增长率高达 8%~10%^[17],成都 3 区未来生活垃圾的焚烧处置还有较大缺口。

出于生活垃圾收集运输成本、便利性和热值情况考虑,焚烧处理的垃圾份额(约 8 900 万 t·d⁻¹,占垃圾总量的 65%左右)首先分配给市区及焚烧厂临近的郊区和农村。根据六座焚烧厂所在地理位置及其吞吐量,市区垃圾由第一绕城高速周边的大面、洛带、九江、祥福焚烧厂处理,此情况下,这 4 座焚烧厂处理能力基本饱和;郊区和农村垃圾须主要依靠第二绕城高速周边的崇州和万兴焚烧厂处理,而此 2 座焚烧厂最大日处理量共 3 300 t,仅能处理郊区和农村垃圾总产量的 40%左右。由以上情况,依据

优先处理 2 座焚烧厂附近的垃圾以及将郊区和农村垃圾分类减量化后运收并焚烧处理的原则,焚烧厂所在地郊区龙泉驿区和崇州及其周边农村的垃圾以焚烧处理为主,焚烧厂方圆 30 km 以内的 8 个郊区(温江区、新都区、青白江区、郫县、双流县、新津县、金堂县、大邑县)及其周边农村垃圾经分类减量后,择其轻便热值高的组分运收焚烧;而远离焚烧厂的 4 个郊区(邛崃市、彭州市、都江堰市和蒲江县)及周边农村的垃圾则不考虑焚烧。

2.2 垃圾营养成分分析

垃圾农用处理是实现垃圾变废为宝的又一有效途径,表 1 中我们发现若将厨余、树叶、卫生纸、灰土作为可堆肥组分^[18],则可堆肥组分质量可达到生活垃圾总量的 80%。由于郊区和农村(尤其是郊区)生活垃圾热值较城市低,居民居住分散垃圾收集难度大且可堆肥组分又有量大、含水率高、热值偏低的特点,可考虑把焚烧厂周边 30 km 内的 8 个郊区及其周边农村的可堆肥垃圾单独收集做农用处理。这一方面可减少郊区混合垃圾运收总量(减量可达 80%)及运收费用,减缓焚烧垃圾量大的压力;另一方面可提高单位质量其余垃圾的热值。

垃圾农用处理需符合垃圾农用的营养成份标准。经测定,成都地区的混合及厨余垃圾中的有机质、全氮、全磷和全钾含量均符合《城镇垃圾农用控制标准》^[19],见表 3。厨余组分的有机质和全氮含量更远高于混合垃圾并且碳氮比混合垃圾更接近于微生物对有机质分解作用的适宜碳氮比(25:1),具有生化处理性能好的特点,适于农用。所以非焚烧厂所在地的 12 郊区的可堆肥垃圾均建议分散式农业处理。

2.3 垃圾重金属含量分析

除了营养成分的要求外,生活垃圾农用处理还

应考虑其污染特性。经检测,成都市区、郊区和农村生活垃圾均含不同浓度水平的重金属 Pb、Cd、Cr、Cu、Zn、Mn、Ni、As、Hg 和 Se,详见银等的研究^[20]。考虑到生活垃圾农用处理可能造成的污染风险,以《土壤环境质量标准》农业用地(水田)^[21]和《城镇垃圾农用控制标准》为参照依据,发现仅 Cd、Hg 和 Cu 3 种重金属浓度超过该《土壤环境质量标准》,但所有重金属浓度均远低于《城镇垃圾农用控制标准》^[19],故农用处理可行。

为描述垃圾堆肥处理带来的潜在土壤污染风险,采用单因子倍数法对垃圾中某种重金属的污染程度进行标准化,其计算公式为 $P_i = C_i/S_i$ 。式中, C_i 为重金属元素 i 的实测值, S_i 为污染物 i 在土壤环境质量标准中的值。从图 1 可以看出,成都生活垃圾 Cd 和 Cu 污染风险较大,是农用地土壤环质量标准的 1~3 倍;而 Hg 污染风险仅存在于夏季郊区。Cd、Hg 和 Cu 的浓度均是夏季显著高于冬季,这与 LONG 等^[22]对浙江省 8 个城市的生活垃圾重金属含量研究结果一致。可能的原因之一是气温和饮食结构使各种废塑料、废包装纸等组分增加,而这些组分重金属含量较高^[23-24];二是夏季气温高微生物生命活动剧烈,其分解有机质过程中会产生脂肪酸和醋酸等酸性物质^[22],使垃圾中的金属未被回收前已被腐蚀而发生离解吸附于其余垃圾组分之上;三是夏季降雨多,湿度大且西南地区的降水偏酸性,经雨水淋洗后,垃圾中的重金属同样易于沥出。

前面论述中考虑远离焚烧厂的郊区垃圾中的可堆肥组分做农用处理,且生活垃圾中的重金属夏季污染风险较大,所以夏季可堆肥组分中的重金属浓度则更需关注。图 2 比较了混合垃圾、餐厨、灰土和

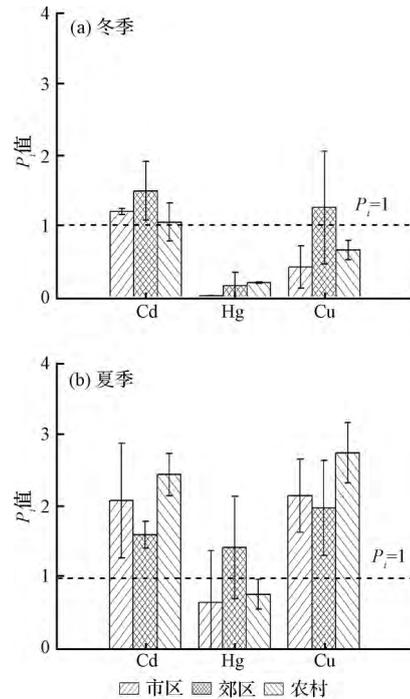


图 1 生活垃圾中主要重金属污染程度比较
Fig. 1 Comparison of main heavy metal pollutants in domestic waste

餐纸组分中重金属 Cd、Hg 和 Cu 的浓度。图中显示,市区仅灰土组分中 3 种重金属浓度显著高于混合垃圾 ($p < 0.05$);郊区餐厨中的 Cd 及灰土中的 Cd 和 Cu 浓度显著高于混合 ($p < 0.05$);农村餐厨中的 Cd 及灰土中的 Hg 浓度显著高于混合 ($p < 0.05$)。Cd 在餐厨和灰土中含量较高是由于成都地区土壤受 Cd 污染严重^[25],土壤中的重金属经作物吸收富集导致^[26];同时土壤扬尘 Cd 含量高造成灰土垃圾中 Cd 含量也较高。但是可堆肥各组分中重金属浓度均远低于垃圾农用控制标准中相应重金属的限制

表 3 混合垃圾和厨余垃圾的有机质、TN、TP、TK 含量
Table 3 Content of organic matter, TN, TP, TK in domestic garbage

项目	有机质/% (以 C 计)		TN/% (以 N 计)		TP/% (以 P ₂ O ₅ 计)		TK/% (以 K ₂ O 计)		C/N	
	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
市区混合	36.6	35.3	1.6	1.7	0.6	0.4	1.5	3.9	23.4	21.2
郊区混合	35.6	34.1	1.4	1.5	0.3	0.3	1.3	2.1	26.2	23.3
农村混合	34.8	37.0	1.6	1.8	0.5	0.2	1.5	1.5	21.6	20.7
市区厨余	54.6	55.9	1.9	2.0	0.6	0.8	1.7	1.5	28.8	28.0
郊区厨余	55.5	54.1	2.0	2.1	0.5	0.5	1.7	2.6	27.6	26.3
农村厨余	51.8	55.8	2.0	2.0	0.4	0.3	1.0	1.7	25.7	27.4
城镇垃圾农用控制标准	≥10		≥0.005		≥0.3		≥1.0		—	

值(如 $Cd \leq 3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $Hg \leq 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 所以可堆肥组分农用是相对安全的, 远离垃圾焚烧厂的郊区的可堆肥垃圾农用处理可行。然而, 可堆肥垃圾农用同时, 也需定期检测 Cd、Cu 和 Hg 在土壤中的总量和有效量, 控制重金属长期积累所带来的潜在土壤污染风险。

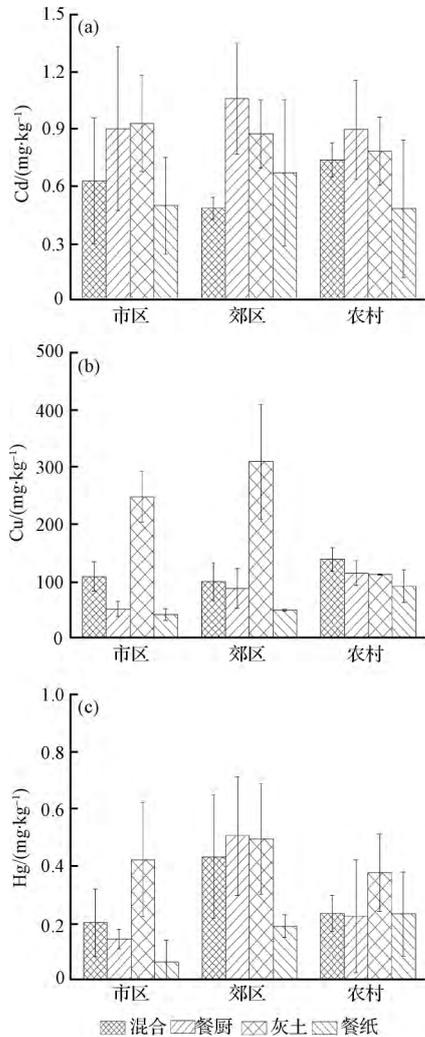


图 2 混合垃圾与堆肥组分中重的金属浓度
Fig. 2 Heavy metal content in domestic waste and its components for compost

3 结论与建议

成都市区、郊区和农村生活垃圾的物理组成、热值、肥效指标以及污染物特征等研究结果表明:

1) 成都 3 区生活垃圾均以厨余组分含量最多, 占 50% 左右, 其次是灰土和塑料; 可堆肥组分共占垃圾总量的 80% 左右。

2) 成都 3 区混合垃圾热值均达到焚烧标准, 尤

以市区垃圾热值最高。

3) 成都 3 区混合及厨余垃圾的营养指标均符合垃圾农用标准, 尤以厨余垃圾生化处理性能佳; 可堆肥各组分所含重金属浓度均远低于垃圾农用标准。

4) 结合成都地区垃圾产量和焚烧厂建设情况, 建议在市区和焚烧厂所在地郊区及周边农村, 将生活垃圾按可回收组分, 危废和其他组分分为 3 类, 危废单独处理, 其他组分混合焚烧; 在焚烧厂方圆 30 km 内 8 个郊区及周边农村, 生活垃圾多分出可堆肥类垃圾(约垃圾总量的 80%) 就近农用, 去除可堆肥类后的其余组分(约 17%) 运收就近焚烧; 在远离焚烧厂的 4 个郊区及周边农村, 生活垃圾仍分为可回收组分, 危废和其他组分 3 类, 其中其他组分以农用处理为主。

参考文献

- [1] 徐礼来, 闫祯, 崔胜辉. 城市生活垃圾产量影响因素的路径分析: 以厦门市为例. 环境科学学报, 2013, 33(4): 1180-1185
XU Lilai, YAN Zhen, CUI Shenghui. Path analysis of influencing factors on municipal solid waste generation: A case study of Xiamen City. Acta Scientiae Circumstantiae, 2013, 33(4): 1180-1185 (in Chinese)
- [2] 黄明星, 刘丹. 四川省城市生活垃圾的组成及特性. 中国环境监测, 2012, 28(5): 121-123
HUANG Mingxing, LIU Dan. Characteristic and composition of municipal solid waste in Sichuan province. Environmental Monitoring in China, 2012, 28(5): 121-123 (in Chinese)
- [3] 潘玲阳, 齐涛, 崔胜辉, 等. 半城市化地区家庭生活垃圾特征及低碳对策: 以厦门市集美区为例. 环境科学学报, 2011, 31(10): 2319-2328
PAN Lingyang, LIN Tao, CUI Shenghui, et al. Characteristics of generation and low-carbon management strategies for household waste in peri-urban area: A case study of Jimei District, Xiamen. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(10): 2319-2328 (in Chinese)
- [4] 张宏艳. 循环经济的“3R”原则在城郊生活垃圾领域的运用. 生态经济, 2010(2): 405-407
ZHANG Hongyan. Application of 3R principles of cyclic economy on the waste area of suburb. Ecological Economy, 2010(2): 405-407 (in Chinese)
- [5] 张伟倩, 杨天翔, 陈雅敏, 等. 基于生命周期评价的城市固体废弃物处理模式研究进展. 环境科学与技术, 2013, 36(1): 69-73
ZHANG Weiqian, YANG Tianxiang, CHEN Yamin, et al. Life cycle assessment of municipal solid waste treatment: A comparative literature review. Environmental Science & Technology, 2013, 36(1): 69-73 (in Chinese)

- [6] 张静,何晶晶,邵立明,等.分类收集蔬菜垃圾与植物废弃物混合堆肥工艺实例研究.环境科学学报,2010,30(5):1011-1016
ZHANG Jing, HE Pinjing, SHAO Liming, et al. Co-composting with sorted vegetable waste and green waste: A case study. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(5): 1011-1016(in Chinese)
- [7] TRIPATHI A., MISRA D. R. A study of physico-chemical properties and heavy metals in contaminated soils of municipal waste dumpsites at Allahabad, India. International Journal of Environmental Sciences, 2012, 2(4): 2024-2033
- [8] BISWAS A. K., KUMAR S., BABU S. S., et al. Studies on environmental quality in and around municipal solid waste dumpsite. Resources, Conservation and Recycling, 2010, 55(2): 129-134
- [9] FEKRI M., KAVEH S. Heavy metal accumulation in soil after application of organic wastes. Arabian Journal of Geosciences, 2013, 6(2): 463-467
- [10] RAWAT M., RAMANATHAN A. L., KURIAKOSE T. Characterisation of municipal solid waste compost (MSWC) from selected Indian cities: A case study for its sustainable utilization. Journal of Environmental Protection, 2013, 4(2): 163-171
- [11] PAN Yun, WU Zhiming, ZHOU Jizhi, et al. Chemical characteristics and risk assessment of typical municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash in China. Journal of Hazardous Materials, 2013, 261: 269-276
- [12] ZHANG Haiying, ZHAO Youcai, QI Jingyu. Characterization of heavy metals in fly ash from municipal solid waste incinerators in Shanghai. Process Safety and Environmental Protection, 2010, 88(2): 114-124
- [13] 王科林, 徐威. 成都市餐厨垃圾产量分析预测及监管体系建设研究. 四川环境, 2012, 31(1): 91-96
WANG Kelin, XU Wei. Prediction of food waste production and management system research in Chengdu. Sichuan Environment, 2012, 31(1): 91-96(in Chinese)
- [14] 罗海霞, 庄超, 陈文清, 等. 四川省城市生活垃圾处理现状及存在问题. 四川环境, 2013, 32(1): 51-55
LUO Haixia, ZHUANG Chao, CHEN Wenqing, et al. Situation and problems of municipal solid waste treatment in Sichuan province. Sichuan Environment, 2013, 32(1): 51-55(in Chinese)
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [16] 王晶, 肖娅萍, 梁晓庆, 等. 氢化物发生-原子荧光法测定不同产地绞股蓝及其根际土壤中As、Hg、Se. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(3): 813-816
WANG Jing, XIAO Yaping, LIANG Xiaoqing, et al. Determination of arsenic, mercury and selenium in gynostemma pentaphyllum and rhizospheric soil samples collected from different regions by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(3): 813-816(in Chinese)
- [17] 申帅. 成都市城区生活垃圾处理政府管理分析. 成都: 西南交通大学硕士学位论文, 2012
SHEN Shuai. The analysis of municipal solid waste process in Chengdu urban area. Chengdu: Master Dissertation of Southwest Jiaotong University, 2012(in Chinese)
- [18] 段雄伟, 高海硕, 黎华寿, 等. 广东省农村生活垃圾组分及其污染特性分析. 农业环境科学学报, 2013, 32(7): 1486-1492
DUAN Xiongwei, GAO Haishuo, LI Huashou, et al. Component analysis and pollution characteristics of domestic waste in rural area of Guangdong province, China. Journal of Agro-Environment Science, 2013, 32(7): 1486-1492(in Chinese)
- [19] 农科院土壤所. GB 8172-1987 城镇垃圾农用控制标准. 北京: 中国标准出版社, 1987
- [20] 银燕春, 王莉淋, 肖鸿, 等. 成都市区、城郊和农村生活垃圾重金属污染特性及来源. 环境工程学报, 2015, 9(1): 392-400
YIN Yanchun, WANG Lilin, XIAO Hong, et al. Characteristics and sources of heavy metal pollution in urban, suburban and rural domestic waste of Chengdu, China. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(1): 392-400(in Chinese)
- [21] 国家环境保护总局. GB 15618-2008 土壤环境质量标准. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [22] LONG Yuyang, SHEN Dongsheng, WANG Hongtao, et al. Heavy metal source analysis in municipal solid waste (MSW): Case study on Cu and Zn. Journal of Hazardous Materials, 2011, 186(2/3): 1082-1087
- [23] 王爱华. 城市生活垃圾焚烧重金属研究分析. 北方环境, 2013, 29(5): 38-39
WANG Aihua. Heavy metal analysis of city life garbage incineration. Inner Mongolia Environmental Sciences, 2013, 29(5): 38-39(in Chinese)
- [24] 杨淑英, 刘晓红, 张增强, 等. 杨凌城市生活垃圾中重金属元素的污染特性分析. 农业环境科学学报, 2005, 24(1): 148-153
YANG Shuying, LIU Xiaohong, ZHANG Zengqiang, et al. A pollution characteristics of heavy metals in municipal solid waste of Yangling city. Journal of Agro-Environment Science, 2005, 24(1): 148-153(in Chinese)
- [25] 李冰, 王昌全, 谭婷, 等. 成都平原土壤重金属区域分布特征及其污染评价. 核农学报, 2009, 23(2): 308-315
LI Bing, WANG Changquan, TAN Ting, et al. Regional distribution and pollution evaluation of heavy metal pollution in topsoils of the Chengdu plain. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2009, 23(2): 308-315(in Chinese)
- [26] ADJIA R., FEZEU W. M. L., TCHATCHUENG J. B., et al. Long term effect of municipal solid waste amendment on soil heavy metal content of sites used for periurban agriculture in Ngaoundere, Cameroon. African Journal of Environmental Science and Technology, 2008, 2(12): 412-421