

北京市城区、近郊区生活垃圾成分调查及可农用性分析

刘克锋¹, 石爱平¹, 王红利¹, 刘悦秋¹, 刘采玲¹, 刑汝明²

(1. 北京农学院园林系, 北京 102206; 2. 北京市环境卫生研究所, 北京 100026)

摘要:对北京市城区和近郊区的新鲜城市生活垃圾进行了分类调查和理化性质测定。结果表明:(1)新鲜生活垃圾可农用部分占 84.04%, 冬季可农用部分所占比率高;(2)垃圾肥料有机质含量在 12.50%—19.70% 范围, 全氮在 0.53%—0.87% 范围;(3)垃圾肥料重金属含量和残毒含量符合国家卫生标准和城市垃圾农用控制标准。建议垃圾肥料与处理过的禽畜粪便混合, 可生产出优质有机肥料。

关键词:生活垃圾; 农业利用; 垃圾成分; 垃圾肥料

中图分类号:X705 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0267(2002)03-0232-05

Survey and Utilization of Municipal Garbage in Urban and Suburb of Beijing

LIU Ke-feng¹, SHI Ai-ping¹, WANG Hong-li¹, LIU Yue-qiu¹, LIU Cai-ling¹, XING Ru-ming²

(1. Department of landscape Architecture, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, P. R. china; 2. Environment Hygiene Research Institute, Beijing 100026, P. R. china)

Abstract: In this study, a survey was conducted to have classed municipal garbage in urban and suburb of Beijing and their physical and chemical properties were tested. The results showed that: 1. 84.04% of the fresh municipal garbage was available use on agriculture with the highest amount in winter; 2. The organic matter contents in the garbage compost were in a range of 12.50% to 19.70%, while total nitrogen of 0.53%—0.87%; and 3. The heavy metals contents in the garbage compost were lower than the official limits. It may be suggested that the mixture of the composted garbage and manure of livestock and poultry be produced for a qualified organic fertilizer.

Keywords: municipal garbage; agricultural utilization; garbage composting

随着生产的发展和水平的提高,北京市的垃圾排放量不断增加,垃圾构成及性状也不断变化,使得垃圾处理现状明显落后,环境压力逐年增大。2001年建设部、国家环保总局和科学技术部联合发布了《城市垃圾处理及污染防治技术政策》,提出了应按照减量化、资源化、无害化的原则,加强对垃圾产生全过程的监控,从源头减少垃圾产生^[1]。实现生活垃圾处理“三化”,开展对生活垃圾源头调查和分析十分必要。本调查研究在北京市崇文、宣武、东城、西城、丰台、海淀、朝阳等7个区进行。对新鲜生活垃圾在不同区位、不同时间的组分比率进行调查分析,并对可农

用部分进行分析探讨,期望为推进垃圾农用资源化和北京市经济、社会、环境的可持续发展提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 调查地点和材料

在北京市来广营、阿苏卫、小武基、和义、北天堂生活垃圾转运站、堆放场、卫生填埋场对来自朝阳、海淀、东城、西城、崇文、宣武、丰台7个区的新鲜城市生活垃圾进行分类调查,并在北天堂、来广营垃圾消纳场进行生活垃圾堆沤、理化性质的调查分析。

1.2 调查方法

自1996年春至1999年春分别对7个区进行不同区位、不同时间的连续调查,在来广营对朝阳区按不同车型随机取样,每半个月一次,每次2—4次重

收稿日期: 2002-01-24

基金项目:北京市教委课题“生活垃圾、禽畜粪便无害化发酵技术及高效有机肥料的研究”的部分内容,还得到北京市委组织部、北京市科干局的资助

作者简介:刘克锋(1955—),男,在读硕士,高级实验师。

复,每车 500 kg。在阿苏卫对来自东城、西城、海淀区的生活垃圾进行分别调查,每两月一次,每区重复 3 次,随机取样,每次 4 500 kg。在小武基、和义、北天堂对来自崇文、宣武、丰台 3 区的生活垃圾进行分类调查,每两月一次,每个区 6 个点,每次 6 车,每车抽样 200 kg,每次共 18 车,年累积 108 车。在朝阳、丰台、宣武、崇文 4 区进行平房、楼房生活垃圾分类调查;在朝阳区进行企业、商店、宾馆、饭店生活垃圾分类调查;在来广营和北天堂进行垃圾水分、颗粒组成、养分状况调查;重金属测定采样在朝阳区进行,送中国农科院进行测定。

1.3 可农用性垃圾理化分析方法

含水量:烘干法;垃圾肥颗粒粒级分析,> 1 mm 粒径用标准筛法,<1 mm 用比重计法;有机质测定:重量法;全氮测定:氮磷联合消煮,凯氏定氮法;全磷测定:氮磷联合消煮,钒钼黄显色 721 分光光度计法;全钾测定:火焰光度计法^[2,3];重金属测定,按中华人民共和国国家标准分析方法测定^[4]。

2 结果分析

2.1 7 个区新鲜生活垃圾组分状况及分析

7 个区新鲜生活垃圾组分分析结果见表 1。

表 1 7 个区新鲜生活垃圾组分(%)

Table 1 Composition of fresh municipal garbage from 7 districts of Beijing City (%)

地点	可农用部分			生物废品类			难分解物质类			化学合成物类			污染类/%	
	菜叶 果皮	灰土	纸类	粮食	木竹	棉毛	皮革	玻璃	砖石	金属	化纤	塑料		泡沫 塑料
崇文区	33.12 ±14.08	37.08 ±17.35	9.11 ±4.66	0.94 ±0.69	1.65 ±1.23	0.57 ±0.44	0.32 ±0.35	1.81 ±1.28	3.75 ±6.89	0.51 ±0.46	0.70 ±0.49	9.77 ±3.46	0.35 ±0.33	0.32 ±0.35
Σx		80.24				2.54			6.07			10.83		0.32
宣武区	32.01 ±12.11	37.66 ±14.85	8.62 ±3.1	1.18 ±1.2	1.78 ±1.55	0.72 ±0.58	0.54 ±0.48	1.69 ±0.95	3.39 ±2.63	0.76 ±0.86	0.64 ±0.53	10.08 ±3.47	0.39 ±0.34	0.54 ±0.48
Σx		79.47				3.04			5.81			11.11		0.54
丰台区	28.29 ±11.4	40.46 ±15.63	7.53 ±2.81	0.98 ±0.91	1.44 ±1.09	1.00 ±1.26	0.28 ±0.37	2.99 ±3.04	3.82 ±4.04	1.23 ±1.34	1.00 ±0.85	9.81 ±5.13	0.39 ±0.34	0.28 ±0.37
Σx		77.26				2.72			8.04			11.70		0.28
朝阳区	64.85 ±9.16	20.54 ±14.08	2.01 ±1.39	1.47 ±1.52	0.78 ±0.49	0.75 ±0.71	0.10 ±0.05	0.65 ±0.35	2.56 ±1.37	0.26 ±0.23	0.50 ±0.70	5.18 ±2.54	0.14 ±0.07	0.21 ±0.08
Σx		88.87				1.63			3.47			5.82		0.21
东城、西城、 海淀区	33.86 ±6.97	45.15 ±9.81	3.26 ±0.35	2.00 ±1.59	1.55 ±0.85	1.20 ±0.23	1.87 ±0.37	1.27 ±0.18	1.70 ±0.98	0.25 ±0.15	1.47 ±0.28	5.42 ±0.11	0.72 ±0.23	0.28 ±0.14
Σx		84.27				4.62			3.22			7.61		0.28
7 个区平均	43.28 ±18.73	34.70 ±12.72	4.56 ±3.4	1.50 ±0.49	1.32 ±0.47	0.91 ±0.25	0.78 ±0.95	1.36 ±0.76	2.64 ±0.98	0.45 ±0.33	0.92 ±0.50	6.83 ±2.65	0.47 ±0.30	0.28 ±0.09
Σx		84.04				3.01			4.45			8.22		0.28

从表 1 可见,7 个区平均后,菜叶果皮占新鲜生活垃圾比率最高,为 43.28%,依次是灰土>塑料类>纸类>砖石类>粮食类>玻璃>木竹>化纤>棉毛>皮革>泡沫塑料>金属>电池。7 个区新鲜生活垃圾可农用部分占 84.04%,高于生物废品类、难分解物质类、化学合成物类和电池类的总和,所以用其生产有机肥料是可行的。化学合成类所占比率又大于另三类非农用部分的总和,特别是塑料类高达 6.83%,比 1998 年全国 143 个城市的塑料所占比率 4.31%—5.83% 要高得多^[5],应引起高度重视。电池类所占比率最小,只有 0.28%,但其污染危害严重。

从表 1 还可看出,7 个区新鲜生活垃圾中可农用部分比率,朝阳区最高,达 88.87%。其他依次是东

城、西城、海淀区>崇文区>宣武区>丰台区。丰台区比朝阳区相差 10% 以上。可农用部分的菜叶果皮类和灰土为主要成分,7 个区平均 43.28%,这比徐海方等人调查统计北京、上海、天津生活垃圾有机物占 60.02% 相差很多^[6],只有朝阳区最高,菜叶果皮类所占比率达 64.85%,其它几个区即使把所有生物废品加在一起,也还不能达到 60.02%,其主要原因是这些地区灰土含量较高。除朝阳区外,另 6 个区灰土含量均大于菜叶果皮含量,特别是丰台区灰土比率达 40.46%,菜叶果皮类只占 28.29%。东城、西城、海淀和朝阳区的宾馆、饭店、餐饮业较发达,弃食达 1.47%—2%,较南城三区明显高。但纸类(不包含纸箱)则相反,南城三区较北城 4 个区高得多。

2.2 不同来源新鲜生活垃圾组分分析

从表2可以看出,混合区的混合型新鲜生活垃圾中可农部分比率最高,达91.52%,依次是混合区>企业商店区>宾馆饭店区>平房区>楼房区。从可农部分的主体菜叶果皮类看,宾馆饭店区所占比

率最高,达72.68%,依次是宾馆饭店区>企业商店区>混合区>楼房区>平房区。而灰土类,则以平房为最高,达44.07%,依次是平房区>楼房区>混合区>企业商店区>宾馆饭店区。混合区即有宾馆饭店区特点菜叶果皮高,又有平房区特点灰土多,造成其

表2 不同来源新鲜生活垃圾组成(%)

Table 2 Component of fresh municipal garbage from different places (%)

来源	可农部分				生物废品类			难分解类			化学合成物类			污染类
	菜叶果皮	灰土	纸类	粮食类	木竹	棉毛	皮革	玻璃	砖石	金属	化纤	塑料	泡沫塑料	
楼房	43.97	27.03	7.40	1.16	2.48	0.73	0.63	2.44	2.45	0.82	0.78	0.95	0.58	0.13
			79.56			13.84			5.71			11.01		
平房	34.05	44.07	5.59	0.75	1.16	0.62	0.20	1.15	3.78	0.52	0.61	7.14	0.27	0.11
			84.46			1.98			5.45			8.02		
企业商店	70.61	10.83	3.70	1.00	1.00	1.15	0.02	0.90	3.55	0.63	1.00	5.53	0.10	0.01
			86.14			2.15			5.08			6.63		
宾馆饭店	72.68	4.31	3.53	4.51	0.28	1.00	0.10	0.89	1.41	0.40	0.98	9.70	0.21	0.01
			85.03			1.38			2.70			10.89		
混合区(朝阳)	64.48	23.48	1.95	1.61	0.50	0.46	0.11	0.77	3.02	0.17	0.48	2.69	0.26	0.04
			91.52			1.07			3.96			3.43		

农部分最高。纸类物质可能是企业商店和宾馆饭店系统回收好,较平房区和楼房区均明显少。粮食类宾馆饭店明显高。生物废品类以楼房区所占比率最高,这与消费结构生活质量有关^[7]。难分解类物质也以楼房区所占比率为最高,这可能与近年家庭装修混入部分建筑垃圾有关。化学合成物类所占比率依次是楼房区11.01%>宾馆饭店区10.89%>平房区8.02%>企业商店区6.63%>混合区3.43%。此类物质中以塑料为主体,特别是塑料袋类物质使用很普遍,宾馆饭店区同样产生大量塑料类物质,可见塑料类物质与人的生活关系十分密切。

2.3 7个区新鲜生活垃圾成分周年变化

从表3可以看出,7个区新鲜生活垃圾中,可农部分所占比率以10月份为最高,达87.60%,依次为10月>2月>12月>6月>8月>4月,秋冬季节

表3 新鲜生活垃圾组分周年变化(%)

Table 3 Variance of fresh municipal garbage component annually (%)

调查项目	2月	4月	6月	8月	10月	12月	全年平均
可农部分	85.203	73.800	80.983	79.864	87.620	83.847	81.886
生物废品	2.136	4.031	1.679	2.234	2.011	2.957	2.508
化学合成物	9.557	13.368	9.919	9.920	6.300	8.958	9.550
难分解物	3.065	8.290	7.312	7.880	4.010	4.108	5.776
电池	0.061	0.132	0.114	0.114	0.070	0.059	0.092

表4 新鲜生活垃圾各类物质含水量(%)

Table 4 Water contents of various substances in the fresh garbage (%)

菜叶果皮	灰土	纸类	粮食	砖石	生物废品	化学合成物类	平均含水量
81.39 ± 21.32	14.01 ± 10.21	25.91 ± 56.0	14.91 ± 12.21	7.50 ± 2.50	12.50 ± 7.50	7.50 ± 2.50	42.98 ± 14.32

明显高一些。4月份比10月份所占比率少13.82%。生活废品类所占新鲜生活垃圾比率以4月为最高,达4.03%,依次为4月>12月>8月>2月>10月>6月。化学合成物类所占比率也以4月份为最高,达13.37%,依次为4月>8月>6月>2月>12月>10月。难分解利用部分同样以4月份所占比率为最高,达8.29%,依次为4月>8月>6月>12月>10月>2月。电池类为4、6、8月份所占比率高,分别为0.13%、0.11%和0.11%。秋冬季明显少,10月、12月和2月分别为0.07%、0.06%和0.06%。在生产垃圾有机肥时,因冬季可农部分所占比率高,可考虑利用秋冬季垃圾堆肥,会有较高的产率。春夏季化学合成物类、难分解类及电池类含量较高,堆沤前可考虑进行分别堆沤或提前分选等其它措施。在塑料类含量高时,焚烧应考虑对环境的污染。

2.4 7个区新鲜生活垃圾可农性分析

2.4.1 新鲜生活垃圾中各类物质干重及含水量状况分析

从表4可见,新鲜生活垃圾可农部分的菜叶果皮含水量很高,从较干的树叶蒜皮40%到白菜叶、青草96%,平均达81.39%。纸类达25.91%,1cm直径的非农类垃圾和可农性垃圾年平均含水量

42.98%。如果我们把新鲜垃圾以干重进行计算,7个区的生活垃圾组分结果变化很大。

从表 5 可见,100 kg 新鲜生活垃圾可农用部分占 84.04%,烘干后仅占 42.54%,下降了 41.5%。从占

干基比率看,可农用部分下降了 10%,而非可农用部分上升了 10%。新鲜生活垃圾一年平均自身带水约 42.98%,进行垃圾发酵比较适宜^[8]。由于新鲜生活垃圾一般在室外堆放,一年四季含水量受外界影响很

表 5 新鲜生活垃圾组分干重比率(%)

Table 5 Components of the fresh garbage in dry weight (%)

项目	菜叶果皮	纸类	粮食类	灰土类	难分解类	生物废品类	化学合成物类	电池
100 kg 新鲜垃圾烘干后重量	8.05	3.38	1.28	29.83	4.12	2.48	7.60	0.28
		Σ X = 42.54				Σ X = 14.48		
占干基百分比	14.12	5.93	2.24	52.31	7.23	4.36	13.33	0.49
		Σ X = 74.60				Σ X = 25.40		

大,最终会影响生活垃圾的发酵过程。实际新鲜生活垃圾在 1—3 月份含水量为 34.07% + 2.75%, 4—6 月份为 38.22% + 5.63%, 7—9 月份为 52.66% + 3.41%, 10—12 月份为 46.8% + 3.63%。不同含水量影响发酵速度和质量。

2.4.2 生活垃圾肥粒级分析及不同季节养分状况

我们对通过二次筛选过 1 cm 筛孔的腐熟垃圾肥

料进行粒级分析,结果见表 6。

从表 6 可以看出:

(1) <5—2.5 mm 粒径范围的大颗粒含量高达 31.41%,其次是 <1.0—0.1 mm 粒径范围的颗粒含量达 38.65%。

(2) 粒径 <0.01 mm 物理粘粒只有 4.33%,粒径 <0.001 mm 的胶粒仅有 0.88%。

表 6 堆腐后垃圾肥颗粒分布

Table 6 Distribution of granule of composted garbage

粒径/mm	<10—5	<5—2.5	<2.5—1.2	<1.2—1.0	<1.0—0.5	<0.5—0.25
百分含量/%	3.80	31.41	7.09	5.37	12.73	15.24
粒径/mm	<0.25—0.1	<0.1—0.05	<0.05—0.01	<0.01—0.005	<0.005—0.001	<0.001
百分含量/%	10.68	6.54	2.81	1.94	1.51	0.88

垃圾肥料质地较粗,直接使用适宜在较粘性的土壤中,长期使用会引起土壤砂化。我们经过烘干、球磨机粉碎后,加入 5% 的硅藻土或普通过磷酸钙,可以粘结造粒成直径在 3—5 mm 的颗粒肥料,可施用任何质地的土壤中。

2.4.3 生活垃圾肥化学成分状况

对所生产的生活垃圾肥料进行了化学成分测定,结果见表 7。

对堆沤筛选后的垃圾肥料进行养分测定,有机质

在 12.50%—19.70%,全氮在 0.53%—0.87% 范围,4 月和 12 月份两养分指标最高。10 月份有机肥产出高,但两养分指标最差。全磷(P₂O₅) 在 0.28%—0.58%,全钾(K₂O) 在 0.99%—1.88% 范围,均以 2 月份最佳,10 月份为最差。重金属含量和其它指标完全符合国家规定的农用标准^[9,10],与处理过的禽畜粪便混合,可生产优质有机肥料。该肥料施于农作物,增产效果明显,产出农产品符合食品卫生要求^[10]。

表 7 说明,生活垃圾经堆腐筛选后的垃圾肥,完全

表 7 新鲜生活垃圾堆沤前后化学成分与我国城市垃圾农用控制标准比较*

Table 7 Chemical component of the composted garbage and in comparison with National Standards on use in agriculture

项目	杂物 /%	粒度 /mm	蛔虫死亡率 /%	大肠杆菌值	Cd /mg·kg ⁻¹	Hg /mg·kg ⁻¹	Pb /mg·kg ⁻¹
农用标准	≤3	≤12	95—100	10 ⁻¹ —10 ⁻²	≤3	≤5	≤100
堆沤前	—	—	53	2.5 × 10 ¹¹	3.00	0.014	121
堆沤后	1.43—2.70	≤10	100	<0.011	2.67—3.00	0.006—0.012	73—96
项目	Cr /mg·kg ⁻¹	Ag /mg·kg ⁻¹	有机质(C 值) /%	全氮(N) /%	全磷(P ₂ O ₅) /%	全钾(K ₂ O) /%	
农用标准	≤300	≤30	> 10	> 0.5	> 0.3	> 0.1	
堆沤前	84.5	4.25	19.3	0.58	0.27	0.96	
堆沤后	82.5—86.2	3.28—4.80	12.5—19.7	0.53—0.87	0.28—0.58	0.99—1.88	

* 国家环境分析测试中心测定。

符合国家农用标准,其中杂物含量 $\leq 3\%$,粒度 $\leq 10\text{mm}$,蛔虫卵死亡率为100%,大肠杆菌值 < 0.011 ,重金属含量小于标准值,养料含量有机质超标6.3%—9.3%,全钾超标0.12%—0.78%,全氮和全磷含量达标。

3 结论

(1) 北京城区和近郊年产234万t新鲜生活垃圾,菜叶果皮所占比率最高为43.28%,依次是菜叶果皮>灰土>塑料类>纸类>砖石类>粮食类>玻璃类>木竹类>化纤类>棉毛类>皮革类>泡沫塑料类>金属类>电池类。可农用部分占新鲜生活垃圾的84.04%。化学合成物类物质大于另三类非可农用部分的总和。电池类所占比率仅0.28%,但城区近郊区一年的新鲜垃圾中含6552t电池,危害较大。

(2) 混合区的混合型新鲜生活垃圾中可农用部分所占比率最高,为91.52%,依次是企业商店>宾馆饭店>平房区>楼房区。平房区灰土所占比率最高,为44.07%,宾馆饭店所占比率最少为4.31%,相差10倍。

(3) 7个区在不同季节所产生的新鲜生活垃圾组成变化很大,10月份可农用部分所占比例最大,为87.60%,秋冬季明显高于春夏季节。非可农用的几类物质所占比率均以4月份为最高,而可农用部分所占比率最低,为73.80%。电池类所占比率春夏季高,秋冬季低。可农用部分中春夏季菜叶果皮所占比率高,灰土相对少。而冬季相反,灰土所占比率明显高于春夏季,秋季二者都高。

(4) 100kg新鲜垃圾烘干后只有57.02kg。用于

基法算,可农用部分所占比率74.60%。实际生产过程中,100kg新鲜生活垃圾最多能生产47.60kg垃圾肥料。用生活垃圾生产有机肥料要有约50%的产出率,秋冬季产量要高一些,但质量差一些,春夏季则相反。

(5) 不同来源生活垃圾其化学成分也不同,但多在国家监控标准范围内,生产有机肥料是可行的。

(6) 简易堆沤约需5—12个月,堆后的垃圾肥料完全符合国家农用标准。堆沤筛选后的肥料质地较粗,经加工后可以生产出直径在3—5mm的颗粒商品肥料。

参考文献:

- [1] 杨鲁豫. 中国城市生活垃圾处理对策研究[J]. 中国城市环境卫生, 2001, (4): 7—11.
- [2] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1985.
- [3] 南京农业大学. 土壤农业化学分析(第二版)[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
- [4] 中华人民共和国《城市垃圾农用控制标准》编制组. 城市生活垃圾农用控制标准分析方法. 1986.
- [5] 徐振渠. 试论中国城市生活垃圾处理的系统整合问题[J]. 中国城市环境卫生, 2001, (4): 17—21.
- [6] 徐海云. 中国大城市垃圾问题研究[J]. 中国城市环境卫生, 2001, (4).
- [7] 北京市环境卫生科学研究所. 城市垃圾粪便无害化处理及其综合利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988.
- [8] 杨国清. 固体废物处理工程[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 石爱平, 刘克锋. 北京市城市生活垃圾利用研究[J]. 北京农学院学报, 1998, 13(3): 38—42.
- [10] 刘悦秋, 石爱平, 等. 北京市城市生活垃圾利用研究 II[J]. 北京农学院学报, 1998, 13(3): 31—35.

(上接第217页)

(2) 浸提剂 $0.005\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{DTPA}+1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{HCO}_3$, pH7.68可浸提出对滤食性动物和根系植物有效的底泥重金属部分。其浸提态Cu、Mn能较好地反映滤食性动物河蚬的吸收和积累, 浸提态Cu、Mn浓度和生物积累浓度间的关系分别由回归方程 $y=0.32x+22.35$ 和 $y=0.062x+11.07$ 表达; 该浸提剂浸提出的底泥Cu、Zn、Mn量与水生根系植物镉草积累含量间有相关关系, 相关系数在0.9290以上, Cu、Zn、Mn的浸提浓度与生物浓度间的回归方程分别为 $y=0.03x+7.86$ 、 $y=0.59x+37.67$ 、 $y=$

$2.66x+261.89$ 。

参考文献:

- [1] Campbell PGC, et al. Biologically Available Metals in Sediments (NRCC), 1988. 298—306.
- [2] Gunn A M, et al. Hydrobiologia, 1989, 188—189; 487—496.
- [3] Ray S, et al. Bull Environ Contam Toxicol, 1981, 26: 315—322.
- [4] Ravera O. Effects of heavy metals on the fresh water snail: biomphalaria glabrata[J]. Gastropoda Pulmonata Malacol, 1977, 16: 231—236.
- [5] Lyngby J E and Brix H. Aquat Bot, 1982, 14(59): 196—204.
- [6] Walsh K, et al. Arch Environ Contam, Toxicol, 1994, 26: 367—373.