

延安市区生活垃圾可堆腐物中的重金属污染分析^{* *}

刘晓红^{1, 2}, 刘延萍^{3a}, 高 歌^{3b}, 张增强¹

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 延安大学 化学与化工学院, 陕西 延安 716000;

3 杨凌职业技术学院 a 学报编辑部; b 基础课部, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 对延安市区生活垃圾可堆腐物中的重金属元素 Pb、Cr、Cd、Hg、As 的含量进行了为期 1 年的监测研究, 得到上述元素在不同采样时间的含量, 并与各类标准相对比, 通过分析重金属元素的污染程度及其含量的变化趋势, 计算出各个元素的等标污染负荷比, 得出不同采样时间的主要污染物, 并分析了污染元素的主要来源。结果表明, 延安市区生活垃圾可堆腐物中的重金属元素 Pb、Cr、Cd、Hg、As 的污染轻微, 其中, Pb 和 Cd 是主要的污染元素; 可堆腐物中的塑料和纸类碎片以及粘附的尘土可能是污染的主要来源。建议将对可堆腐物的堆肥处理作为其他处理方式的必要环节, 以生产优质的精堆肥。

[关键词] 延安市区; 生活垃圾; 可堆腐物; 重金属污染

[中图分类号] X132

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)07-0143-04

生活垃圾堆肥是在控制条件下, 利用微生物对垃圾中可降解有机物的代谢作用, 使其成为稳定性良好的腐殖质, 用于农肥或改良土壤^[1]。由于垃圾堆肥处理可以使原生垃圾减容 1/3~1/4, 对环境影响较小, 并可提高作物单产, 促进物质循环和改善生态环境^[2], 因此, 垃圾堆肥技术日益受到重视。但堆肥产品除了必须满足一定的养分条件外, 还必须对其中的有害重金属元素的含量进行控制, 使其满足农用标准后才可施用^[3]。因此, 对生活垃圾可堆腐物中重金属元素的含量进行监测和评价, 对重金属的来源进行分析, 就显得尤为重要。

延安市区日产生活垃圾 165 5 t, 年产 6 04 万 t。近年来, 垃圾产量逐年递增^[4]。如果考虑在垃圾分类收集的基础上, 对其中的有机物进行堆肥处理, 就需要对垃圾中可堆腐物的基本参数进行测定。刘晓红等^[4]的研究表明, 延安市区生活垃圾可堆腐的有机物中, 全氮含量为 12.22 g/kg, 全磷 8.18 g/kg, 全钾 10.61 g/kg, 有机质 792.5 g/kg, 符合垃圾堆肥的养分条件^[1]。为了对堆肥产品的安全性进行控制, 则需要测定可堆腐有机物中重金属的含量。

1 采样与分析方法

1.1 采 样

2002-11~2003-11, 在延安市区的师范路、王家

坪、百米大道、市政府和二道街确定了 5 个采样点, 分别代表居民区 1、清扫区、居民区 2、事业区和商业区的垃圾分布状况。采样频率为每 2 个月采样 1 次。采样时对原生垃圾进行破碎, 用四分法缩分至 25~50 kg 样品, 送回实验室分析。

1.2 重金属元素含量的分析方法

首先, 人工分选出大块塑料和无机物, 然后对剩余垃圾进行筛分(15 mm), 筛上部分作为可堆腐的有机物, 筛下部分即为混合物(包括部分有机物和无机物), 另作分析。

对筛上可腐有机物破碎, 用四分法缩分至 200 g 样品, 在低于 70 °C 的烘箱中烘干, 再用制样机制成粒径小于 0.5 mm 的微粒。参照国家建设部的标准(CJ/T97~105-1999)方法进行消化, 用原子吸收分光光度计测定 Cr、Hg、Cd、Pb 的含量, 用 Ag-DDTC 法测定 As 元素含量^[5]。

1.3 重金属元素等标污染负荷比的计算方法

假定各功能区的生活垃圾日产量为 100 t/d, 根据各个功能区垃圾中可堆腐物的含量^[4], 以城镇垃圾农用控制标准为污染标准浓度, 计算各重金属元素在不同采样时间的污染负荷比 k_i ^[6]。根据计算所得的 k_i 值的大小排列主要污染元素顺序, k_i 值越大, 表示对环境的污染贡献越大。 k_i 值的计算公式如下:

* [收稿日期] 2004-11-02

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(2003K02-J13)

[作者简介] 刘晓红(1972-), 女, 陕西延安人, 讲师, 在读博士, 主要从事固体废弃物资源化和环境生物物理研究。

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{C_{ij}}{C_{oi}} Q_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{C_{ij}}{C_{oi}} Q_{ij}} \quad (1)$$

式中, k_i 为第 i 种元素的等标污染负荷比; C_{ij} 为第 j 个污染源中第 i 种污染物的排放浓度 (mg/L); C_{oi} 为第 i 种污染物的评价标准 (mg/L); Q_{ij} 为第 j 个污染源中第 i 种污染物的排放流量 (t/d)。

表 1 延安市区生活垃圾可堆腐物中重金属元素含量的测定结果

Table 1 Heavy metal content in compostable refuse in Yan'an city		mg/kg				
采样月份 Sampling time	采样地点 Sampling site	Pb	Cd	Hg	Cr	As
1~2	居民区 1 Community 1	24.72	0.174	0.030	24.96	1.049
	清扫区 Sweeping district	46.80	0.966	0.472	49.90	3.702
	居民区 2 Community 2	16.00	0.398	-	37.00	4.927
	事业区 Cause district	36.10	0.519	0.162	23.60	1.371
	商业区 Commercial district	30.20	1.141	0.380	42.44	1.640
3~4	居民区 1 Community 1	41.30	0.340	0.141	24.80	1.076
	清扫区 Sweeping district	67.16	1.277	0.370	58.27	2.665
	居民区 2 Community 2	38.90	0.482	0.062	30.05	6.965
	事业区 Cause district	42.40	0.640	-	31.14	0.900
	商业区 Commercial district	25.00	1.080	0.230	39.00	3.460
5~6	居民区 1 Community 1	20.16	0.260	0.106	27.79	0.820
	清扫区 Sweeping district	49.46	0.588	0.311	59.51	2.690
	居民区 2 Community 2	23.60	0.390	0.013	36.60	2.060
	事业区 Cause district	61.20	1.029	0.090	27.55	1.325
	商业区 Commercial district	40.37	0.545	0.260	43.70	1.629
7~8	居民区 1 Community 1	11.00	0.221	-	29.10	2.170
	清扫区 Sweeping district	44.36	0.806	0.022	51.10	5.451
	居民区 2 Community 2	34.10	0.157	0.190	18.80	1.880
	事业区 Cause district	52.40	0.285	0.210	15.00	2.764
	商业区 Commercial district	36.70	0.633	0.151	19.20	3.385
9~10	居民区 1 Community 1	35.00	0.398	0.005	29.65	2.952
	清扫区 Sweeping district	52.66	0.110	0.260	45.00	1.932
	居民区 2 Community 2	39.40	0.230	-	28.60	3.040
	事业区 Cause district	55.50	0.710	0.080	29.40	1.634
	商业区 Commercial district	28.06	0.572	0.310	60.07	3.499
11~12	居民区 1 Community 1	17.50	0.440	0.167	25.88	1.602
	清扫区 Sweeping district	38.00	0.843	0.195	44.02	3.255
	居民区 2 Community 2	20.08	0.270	0.220	33.62	12.24
	事业区 Cause district	57.70	0.650	0.540	27.19	10.91
	商业区 Commercial district	14.00	0.767	0.280	36.40	5.017

注：“-”表示未测得数据。
Note:“-”Stand for the solids weren't be founded

表 2 延安市郊区土壤重金属含量背景值及其他重金属含量标准值

Table 2 Heavy metal background value of soil in Yan'an suburb and other heavy metal standard values mg/kg					
项目 Item s	As	Pb	Hg	Cr	Cd
延安市郊区土壤背景值 Background value of soil in Yan'an suburb	10.4	11.6	0.0516	55.3	0.0948
土壤环境质量标准 Quality standard of soil environment	30	300	0.30	200	0.30
城镇垃圾农用控制标准 Agricultural control standard of town refuse	30	100	5	300	3

由表 1 和表 2 可以看出, 除 7~8 月居民区 1 样品中的 Pb 含量小于土壤背景值, 其余样品的 Pb 含量均高于土壤背景值, 但所有样品的 Pb 含量均未超过城镇垃圾农用控制标准及土壤环境质量标准

2 结果与讨论

2.1 可堆腐物中重金属元素含量的变化特点
将表 1 中列出的重金属元素含量与郊区土壤背景值及各类标准值^[7] (表 2) 相比较, 分析重金属元素含量的变化特点。

表 1 延安市区生活垃圾可堆腐物中重金属元素含量的测定结果

11~12 月居民区 2 和事业区垃圾样品中的 As 含量分别超过了土壤背景值 17.7% 和 4.9%, 其余样品的 As 含量均未超过土壤背景值; 3~4 月和 5~6 月的清扫区样品及 9~10 月商业区样品中的

Cr 含量分别超过了土壤背景值 5.4%, 7.6% 和 8.6%, 其余样品的 Cr 含量均小于土壤背景值; 所有样品的 Cd 含量均大于土壤背景值, 小于城镇垃圾农用控制标准。其中, 除 1~2 月和 5~6 月居民区 1、7~8 月居民区 1、居民区 2、事业区, 9~10 月清扫区、居民区 2, 11~12 月居民区 2 样品中的 Cd 含量小于土壤环境质量标准, 其余样品的 Cd 含量均超过了土壤环境质量标准。1~2 月清扫区、商业区, 3~4 月清扫区, 5~6 月清扫区, 9~10 月商业区, 11~12 月事业区样品中的 Hg 含量大于土壤环境质量标准, 分别超过土壤环境质量标准 57.3%, 26.7%, 23.3%, 3.7%, 3.3% 和 80%。1~2 月居民区 1、5~6 月居民区 2、7~8 月清扫区、9~10 月居民区 1 样品中的 Hg 含量小于土壤背景值, 其余样品的 Hg 含量都超过了土壤背景值; 但所有样品的 Hg 含量均小于城镇垃圾农用控制标准。

从不同采样时间分析各重金属元素的含量大小排序, Pb 为 3~4 月> 9~10 月> 5~6 月> 7~8 月> 1~2 月> 11~12 月; As 为 11~12 月> 7~8 月> 3~4 月> 9~10 月> 1~2 月> 5~6 月; Cr 为 5~6 月> 9~10 月> 3~4 月> 1~2 月> 11~12 月> 7~8 月; Cd 为 3~4 月> 1~2 月> 11~12 月> 5~6 月> 7~8 月> 9~10 月; Hg 为 11~12 月> 1~2 月> 3~4 月> 5~6 月> 9~10 月> 7~8 月。根据延安市的季节特点, 除 As 元素浓度随季节变化无明显规律外, 其余元素浓度随季节变化的规律如下: Pb 为春> 秋> 夏> 冬; Cr 为春> 秋> 冬> 夏; Cd 为春> 冬> 夏> 秋; Hg 为冬> 春> 秋> 夏。可见, 春季的重金属含量高于其他季节, 而夏季的重金属含量普遍较低, 其中原因有待

于进一步研究。

不同功能区重金属元素含量的特点表现为, 事业区和清扫区的 Pb 含量显著高于其他功能区, 清扫区和商业区的 Cr 含量显著高于其他功能区, 各功能区 Cd、Hg 和 As 元素的含量差异不显著, 但 3~4 月和 11~12 月的居民区 2、7~8 月清扫区样品的 As 含量稍高于其他功能区, 这与任福民等^[8]的研究结果相近。郑曼英^[9]研究表明, 在生活垃圾中, 尘土的重金属含量远远高于其他垃圾组分。在有机类垃圾中, 纸、布和塑料组分重金属含量占垃圾中重金属总量的 15%~60%, 其中又以塑料的重金属含量最高。而在受到水分浸沥后, 有机类物质重金属元素的浸出率一般高于其他组分。由于延安市区内清扫区的垃圾成分以尘土为主, 事业区的垃圾中以出版物为主的纸类成分及可回收废品的含量较高^[4], 成为 Pb 元素的主要来源。商业区以塑料为主要组分的有机类垃圾含量显著高于其他功能区^[4], 这可能是造成商业区垃圾可堆腐物中 Cr 含量偏高的一个主要原因。

2.2 采用等标污染负荷比分析主要重金属污染物

由公式(1)计算得到各重金属元素的污染负荷比 k_i , 结果见表 3。由表 3 可以看出, 除 11~12 月外, 其余月份 Pb 和 Cd 的污染负荷比之和均大于 0.65, 显著高于其他元素的污染负荷比, 其中 Pb 的污染负荷比最大, 表明 Pb 和 Cd 是可堆腐垃圾中的主要重金属污染物。11~12 月, As 的污染负荷比上升到 0.32, 成为最主要的污染元素。Hg 的污染负荷比值始终小于 0.1, 全年变化不大, 表明 Hg 对环境的污染影响轻微。

表 3 延安市区生活垃圾不同重金属元素的污染负荷比(k_i)

Table 3 Pollution load ratio of different heavy metals of M SW in Yan'an city

月份 Month	Pb	Cd	Hg	Cr	As
1~2	0.39	0.28	0.05	0.16	0.12
3~4	0.41	0.30	0.04	0.13	0.11
5~6	0.48	0.24	0.05	0.17	0.07
7~8	0.50	0.20	0.02	0.12	0.15
9~10	0.50	0.18	0.03	0.17	0.12
11~12	0.28	0.20	0.06	0.13	0.32

2.3 可堆腐有机物中重金属来源分析

任福民等^[8]研究发现, 在各种垃圾组分中, 尘土的重金属含量最高, 塑料中的 Cd、Pb, 报纸中的 Cd、Cr、Cu, 电池中的 Hg、Zn 元素的含量高于其他垃圾组分相应元素的含量。由此分析市区生活垃圾可堆腐物中重金属的可能来源是: 超标的 Pb 来源于塑

料和尘土, 超标的 Cd 来源于尘土、塑料和印刷制品。由于在采样时只是剔除了大块的砖石等无机物以及大块的塑料, 因此, 在可堆腐物中还残留着许多塑料和纸类的碎片。当垃圾的含水率较高, 湿度较大时, 尘土往往粘附在其他垃圾组分上难以彻底分离, 因此, 也不排除这部分尘土对可堆腐物中重金属污

染程度的影响。

3 结论与建议

1) 延安市区生活垃圾可堆腐物中的重金属元素 Pb、Cr、Cd、Hg、As 的污染轻微, 其中, Pb 和 Cd 是主要的污染元素, 可堆腐物中的塑料、纸类碎片以及粘附的尘土是污染的主要来源。根据以上检测结果, 同时考虑养分条件, 认为可以对垃圾中的可堆腐物进行堆肥处理。

2) 在进行堆肥处理时, 如果要生产优质的精堆肥, 就应当将重金属的污染水平降到尽可能低的程

度。因此, 在垃圾收集时应该将尘土、塑料、纸类、电池以及厨余分类收集、分别处理, 主要对厨余类垃圾进行堆肥。

3) 受当地自然气候条件和垃圾特点(根据研究得到, 延安市区生活垃圾中可堆腐物的平均含量为 31.38%^[4]) 的影响, 对市区的全部生活垃圾进行堆肥处理一时难以实现。但根据上述检测结果, 可以先将垃圾中的可堆腐有机物进行堆肥处理, 作为垃圾综合处理或其他处理方式的必要环节, 用以生产优质的农用精堆肥。

[参考文献]

- [1] 赵由才. 固体废物污染控制与资源化[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002 635- 636
- [2] Bartone C. Economic and policy issues in resource recovery from municipal solid wastes[J]. Resources, Conservation and Recycling, 1990, 4: 7- 23
- [3] Schreck P. Environmental impact of uncontrolled waste disposal in mining and industrial areas in central germany[J]. Environmental Geology, 1998, 35(1): 66- 72
- [4] 刘晓红, 张增强, 王 琼, 等. 延安市区生活垃圾可焚烧性的调查分析[J]. 延安大学学报, 2004, 23(2): 51- 56
- [5] 国家建设部. 城镇环境卫生标准汇编[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 102
- [6] 张 从. 环境评价教程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002 24- 25
- [7] 卖永彬, 顾芳乔, 薛澄泽, 等. 农业环境背景值研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997
- [8] 任福民, 汝宜红, 许兆义, 等. 北京市生活垃圾重金属元素调查及污染特性分析[J]. 北方交通大学学报, 2001, 25(4): 66- 69
- [9] 郑曼英. 垃圾各组分中重金属对环境二次污染的贡献值[J]. 环境卫生工程, 2003, 11(1): 31- 32

Analysis on heavy metal pollution in Yan'an compostable refuse

L IU Xiao-hong^{1,2}, L IU Yan-ping^{3a}, GAO Ge^{3b}, ZHANG Zeng-qiang¹

(1 College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Chemistry & Chemical Eng., Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000, China;

3 a Editorial Department of Journal; b Department of Basic Curriculum, Yangling Polytechnic Institute, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The content of heavy metal Pb, Cr, Cd, Hg in compostable refuse were researched with one-year monitoring in Yan'an city, which could be contrasted to different standard values. Pollution degree and variant tendency the heavy metals of above were analyzed. Equal standard pollution load ratio of different elements was calculated. Then the main pollution elements were found, and the main sources of pollution elements were analyzed. The results showed that the degree of heavy metals (Pb, Cd, Cr, Hg, As) pollution in Yan'an domestic refuse was low. Pb and Cd were main pollution elements. Plastics, paper and stick dust in compostable refuse were probably main sources. Finally organic matter in domestic refuse could be composted as necessary part in treatment of other domestic refuse so as to produce refined compost.

Key words: Yan'an city; domestic refuse; compostable refuse; heavy metal pollution