

杨凌生活垃圾最佳堆肥方案筛选

苏少林^{1,2}, 呼世斌¹

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 杨凌职业技术学院 农学系, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 以陕西杨凌生活垃圾为主要材料, 在其中添加不同比例的鸡粪和锯末进行堆肥, 并在油麦菜和萝卜上进行了堆肥肥效试验。结果表明, 适合杨凌生活垃圾处理的最佳堆肥材料配方为: 生活垃圾 901.5 g/kg, 鸡粪 37.9 g/kg, 锯末 60.6 g/kg。与不施堆肥处理相比, 施用该配方的堆肥可使油麦菜和萝卜分别增产 91.36% 和 7.85%, 且油麦菜和萝卜中的铅、镉和铬含量均未超标。

[关键词] 生活垃圾; 堆肥配方; 肥效试验; 重金属含量; 杨凌

[中图分类号] X705 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2006)05-0119-04

陕西杨凌示范区是依托农林院校、科研单位发展起来的新兴城市, 总人口 14 万, 日产垃圾 140 多 t。近几年来, 随着城市化的发展和人口的增加, 生活垃圾越来越多。据统计^[1], 杨凌示范区的生活垃圾清运量已由 1999 年的 4.274 万 t 增加到 2003 年的 6.216 t, 年均增长 23.5%, 预计到 2010 年, 日产垃圾将达到 200 t 左右。垃圾成分构成的变化, 呈现出有机物和废品含量增加、无机物比例下降、可利用价值提高的趋势。据统计^[2], 2004 年, 杨凌生活垃圾厨余含量高达 72.15%。

由于杨凌示范区目前仍然采用自然堆放来处理城市生活垃圾, 不仅浪费资源, 侵占土地, 而且污染环境。对城市生活垃圾分拣后进行堆肥化处理, 一方面可以将大量的生活垃圾转化为具有一定肥力且使用安全的有机肥, 达到废弃物无害化和资源化的目的, 减轻环境污染, 改善城市环境; 另一方面, 堆肥产品的应用可以改良土壤, 增加土壤有机质, 对缓解土壤沙化、耕地退化等起到一定的积极作用; 同时还可

以保持水土, 因而具有重要的社会价值和经济价值^[3]。根据作者调查, 城市生活垃圾的资源化利用研究和实践已在北京、上海、广州等大城市广泛开展, 而杨凌尚未见这方面的研究报道。因此, 本试验针对目前杨凌示范区生活垃圾中有机成分含量较高的特点, 将生活垃圾、鸡粪和锯末按不同比例进行堆肥, 并将堆制的肥料在油麦菜和萝卜上进行了肥效试验, 筛选出了一种适合杨凌生活垃圾处理的堆肥方案, 旨在为生活垃圾资源化利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

生活垃圾取自于陕西杨凌示范区安居小区、街道、杨凌职业技术学院、西北农林科技大学, 采用手工分选后取有机废弃物部分; 鸡粪取自于杨凌职业技术学院农场; 锯末取自于杨凌职业技术学院后勤集团木工房。垃圾发酵装置采用静态好氧发酵仓, 有效容积为 100 L。供试材料的理化性质见表 1。

表 1 堆肥原料的理化性质
Table 1 Physical and chemical nature of the composting material

原料 Material	含水量/(g·kg ⁻¹) Water content	总碳/(g·kg ⁻¹) Total charcoal	全氮/(g·kg ⁻¹) Total nitrogen	C/N
生活垃圾 Garbage	611.6	181.2	7.6	23.8
鸡粪 Hen dung	586.5	346.0	23.7	14.6
锯末 Sawdust	266.3	520.5	1.6	331.5

1.2 堆肥试验

影响堆肥的主要因素^[1-6]有 C/N、含水率和 pH

等, 其中适宜的 C/N 为 20~35, 适宜含水量为 500~650 g/kg, 适宜 pH 为 7~8。结合杨凌城市生活垃

[收稿日期] 2005-06-01
[基金项目] 陕西杨凌职业技术学院科研基金项目(A22002002)
[作者简介] 苏少林(1974—), 男, 四川宣汉人, 讲师, 在读硕士, 主要从事固体废弃物再生利用研究。

圾的理化性质,按照上述参数对堆肥进行调配,以期研制出最佳堆肥配方。本试验共设 6 个方案,各方案重复 3 次,采用鸡粪和锯末调节各参数^[7,8],堆肥材料配方如表 2 所示。堆肥试验于 2004-05~07 在杨

凌职业技术学院环境工程实验室进行,将分类收集的生活垃圾、锯末和鸡粪,按照表 2 所列配比放入静态好氧发酵仓连续通气发酵 36 d,通气量为 12 L/min。

表 2 6 种堆肥配方试验方案

Table 2 Six experimentation projects of the composting

堆肥方案 Projects	垃圾/ (g · kg ⁻¹) Waste	鸡粪/ (g · kg ⁻¹) Chook dung	锯末/ (g · kg ⁻¹) Sawdust	含水量/ (g · kg ⁻¹) Water content	C/N	pH
1	1 000.0	0	0	611.6	23.8	7.22
2	901.5	37.9	60.6	589.7	26.5	7.45
3	773.7	73.0	153.3	556.8	31.2	7.65
4	649.4	115.0	235.6	527.4	34.8	7.36
5	811.2	90.9	97.9	575.5	27.1	7.86
6	791.7	0	208.3	539.7	39.7	7.08

1.3 肥效试验

试验于 2004-08~12 在杨凌职业技术学院农林

综合实训基地进行,供试土壤采自杨凌职业技术学院农场,其理化性质见表 3。

表 3 供试土壤的营养指标和部分重金属含量

Table 3 Nutrient content of soil and contents of some heavy metals in soil

pH	有机质/ (g · kg ⁻¹) Organic matter	全氮/ (g · kg ⁻¹) Total nitrogen	全磷/ (g · kg ⁻¹) Total phosphor	Pb/ (mg · kg ⁻¹)	Cd/ (mg · kg ⁻¹)	As/ (mg · kg ⁻¹)	Cr/ (mg · kg ⁻¹)
8.14	14.5	10.2	1.4	13.2	0.109	0.52	12.6

1.3.1 油麦菜盆栽试验 选用油麦菜作为试验蔬菜。试验共设 7 个处理,每处理重复 3 次。处理 1~6 分别施用 1.2 堆肥方案 1~6 所堆制的 0.5 kg 堆肥作为基肥,以不施堆肥的处理 7 为对照(CK)。试验采用高 20 cm,内径 15 cm 的塑料花盆,每盆装风干土 2.5 kg,装盆后,稍微振动压实。于 2004-08-14 播种,出苗后,每盆留苗 5 棵,按照油麦菜种植要求进行管理。

1.3.2 萝卜小区试验 试验共设 7 个处理,每处理重复 3 次,各小区规格为 1 m×2.5 m。处理 1~6 分别施用 1.2 堆肥方案 1~6 所堆制的 1.31 kg 堆肥作为基肥,以不施堆肥的处理 7 为对照(CK)。试验时,先按照试验方案整地、挖沟、浇水,称取堆肥作为基肥均匀倒入事先挖好的沟中,铺平,然后盖土并用铁锹推平压实,于 2004-08-20 播种。株行距为 20 cm×20 m,每小区种植 60 株,按照萝卜大田种植要求进行管理。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 堆肥试验 采用文献[9]的方法测定各方案堆制肥料的含水量、体积、有机质、总碳、全氮、全磷、速效钾以及堆肥产品的重金属元素 Cd,Pb,Cr,Hg 和 As 含量。

1.4.2 盆栽试验 从播种后第 10 天开始,于每天 18:00 测量各处理油麦菜叶面积(叶面积=叶长×

叶宽,其中叶长为叶柄到叶顶的长度,叶宽为叶长一半处的叶面宽度),测定各处理油麦菜产量,采用文献[9]的方法测定油麦菜地上(食用)部分的 Cd,Pb,Cr 含量。

1.4.3 小区试验 主要测定各处理的萝卜单个产量和小区产量,并采用文献[9]的方法测定萝卜中 Cd,Pb,Cr 含量。

2 结果与分析

2.1 堆肥的质量

对堆肥成品有机质、总有机碳、全氮、全磷以及重金属镉、铅、汞、铬、砷含量的测定结果如表 4 和表 5 所示。

从表 4 可以看出,生活垃圾堆肥发酵后的有机质含量为 745.9~881.3 g/kg,全氮含量为 4.9~11.4 g/kg,全磷含量为 1.2~3.5 g/kg,速效钾含量为 3.2~4.0 g/kg。从堆肥成品 C/N 来看,以处理 2、处理 4、处理 6 的结果较为理想,这是因为在施用有机肥时 C/N 应控制在 25~30^[10],若 C/N>30,可能出现“争氮现象”,造成土壤缺氮;若 C/N<20,则容易导致“负激发效应”,引起土壤有机质在短时间内大量分解,使土壤有机质含量降低,不利于肥效的正常发挥。同时,在这 6 个处理中,以处理 2 有机质含量最高,因此,综合 C/N 和有机质含量考虑,最佳

配方即为处理 2。

表 4 不同配方堆肥成品的主要营养成分及其含量测定

Table 4 Main nutrition ingredients and their contents in the different allocated proportions compost

处理 Treat- ment	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	总碳/ (g·kg ⁻¹) Total charcoal	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total nitrogen	C/N	全磷/ (g·kg ⁻¹) Total phosphor	C/P	速效钾/ (g·kg ⁻¹) Quick result kalium
1	784.4	211.8	11.4	18.58	3.5	60.92	3.3
2	881.3	232.7	8.6	27.06	2.9	69.23	3.5
3	787.4	216.3	6.4	33.80	2.8	78.38	3.9
4	745.9	212.6	7.7	27.61	2.4	87.21	3.6
5	794.2	200.6	4.9	40.94	1.2	167.5	3.2
6	771.5	206.5	7.1	29.08	2.2	92.87	4.0

从表 5 可以看出,虽然在堆肥发酵后各处理均含有某些有害重金属元素,但其含量远远低于国家城镇垃圾农用控制标准——GB8172—87,因此均可作为肥料安全使用。

表 5 不同配方堆肥成品中重金属含量的测定

Table 5 Heavy metals content in the different allocated proportions compost mg/kg

处理 Treatment	Cd	Pb	Hg	Cr	As
1	0.11	7.92	0.04	6.05	0.51
2	0.24	21.18	0.05	11.0	0.65
3	0.26	29.41	0.04	8.6	0.53
4	0.35	19.82	0.03	10.4	0.78
5	0.4	31.32	0.04	13.3	0.86
6	0.38	12.96	0.04	18.7	0.81
国标 Standard	≤3	≤100	≤5	≤300	≤30

2.2 堆肥对油麦菜生长的影响

由表 6 可知,在堆肥施用量相同的条件下,各施肥处理的油麦菜叶面积均极显著地高于对照,其中施用堆肥 2 的油麦菜平均叶面积最高,其与其他各处理间的差异均达极显著水平。在堆肥施用量相同

的条件下,各施肥处理的油麦菜产量均极显著地高于对照,其中施用堆肥 2 的油麦菜产量最高,单株增产率达到 91.36%,与其他处理间的差异达极显著水平。以上研究结果表明,在同等条件下,按照堆肥方案 2 所堆制肥料的肥效最佳。

表 6 施用不同配方堆肥对油麦菜叶面积和产量的影响

Table 6 Influence of different allocated proportions compost on Lettuce leafage area and output

处理 Treat- ment	叶面积 Leafage			产量 Production			
	平均叶面积/cm ² Average leafage area	F _{0.05}	F _{0.01}	平均产量/ (g·株 ⁻¹) Average weight	增产率/% Increase rate	F _{0.05}	F _{0.01}
1	57.30	c	B	4.96	12.73	d	D
2	84.65	a	A	8.42	91.36	a	A
3	63.69	bc	B	6.05	37.50	c	C
4	63.92	bc	B	6.28	42.73	b	BC
5	58.52	c	B	5.54	25.91	e	E
6	65.61	b	B	6.35	44.32	b	B
CK	25.67	d	C	4.40		f	F

2.3 堆肥对萝卜生长的影响

从表 7 可以看出,与对照相比,在施用量相同的情况下,不同配方堆肥均能促进萝卜增产,其中以处理 2 的增产幅度最高,达到 7.85%;其次为处理 4 和处理 6;处理 3 最低。通过对试验结果(平均产量)的显著性分析可知,处理 2,4,6 间产量的差异不显著,处理 2 与处理 1,3 及对照的差异达极显著水平。另外,处理 2 单个萝卜平均鲜重与其他各处理间的

差异均达极显著水平,由此可知堆肥处理 2 的肥效最好。

2.4 施用堆肥后油麦菜、萝卜中的重金属含量分析

国家食品卫生标准^[11]中规定的重金属含量范围为: Cd≤50 μg/kg, Cr 为 6.7~8.3 μg/kg、Pb≤0.5 mg/kg。本研究试验结果表明,油麦菜和萝卜中的重金属含量均不超标,其中油麦菜的 Cd,Cr,Pb 含量分别为 0.22~0.86,2.44~5.02,3.56~8.95

μg/kg;萝卜的 Cd,Cr,Pb 含量分别为 0.36~1.56, 3.24~5.78,4.36~10.45 μg/kg。

表 7 不同配方堆肥对萝卜产量的影响

Table 7 Influence different allocated proportions compost on radish output

处理 Treat- ment	单重 Single weight			产量 Production			
	平均鲜重/ (g·个 ⁻¹) Average weight	F _{0.05}	F _{0.01}	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average production	增产率/% Increase production	F _{0.05}	F _{0.01}
1	238.9	c	C	26 514	3.24	b	BC
2	359.6	a	A	27 699	7.85	a	A
3	218.7	d	D	26 458.5	3.02	b	BC
4	257.7	b	B	27 324	6.39	a	AB
6	258.2	b	B	27 157.5	5.74	a	AB
CK	211.2	e	E	25 683		c	C

3 讨 论

本试验结果表明,采用堆肥方案 2 所堆制堆肥的肥效最好,其配方为生活垃圾 901.5 g/kg,鸡粪 37.9 g/kg,锯末 60.6 g/kg。施用该配方的堆肥时,油菜菜单株产量可提高 91.36%,萝卜产量可提高

7.85%。但需要说明的是,本试验中采用的调节剂(鸡粪和锯末)容易受到材料来源不足的限制,如果能够用其他农牧废弃物(猪粪、牛粪和作物秸秆等),代替鸡粪和锯末来调节垃圾的 C/N 和含水量,则可避免这一问题,但是不同材料的最优堆肥配方还有待进一步试验研究。

[参考文献]

- [1] 韩联社. 杨凌示范区城市垃圾管理现状调查及对策[EB/OL]. [2003-09-16] <http://61.150.65.202/-info/fazhanyanjiu/content-4028.htm>.
- [2] 苏少林,强 秦,王 帆,等. 杨凌城市生活垃圾处理现状、问题与对策[J]. 杨凌职业技术学院学报,2005,4(2):35-37.
- [3] 杜欣莉. 垃圾的综合处理[J]. 节能与环保,2003(5):27-29.
- [4] 陈志强,吕炳南,于春晓,等. 城市垃圾堆肥处理的几个关键问题[J]. 城市环境与城市生态,2002,15(6):45-46.
- [5] 黄国锋,吴启堂,黄焕忠. 有机固体废弃物好氧高温堆肥化处理技术[J]. 中国生态农业学报,2003,11(1):160-161.
- [6] 庄伟强,尤 峥. 固体废物处理与处置[M]. 北京:化学工业出版社,2004:78-79.
- [7] 张相锋,王洪涛,聂永丰,等. 高水分蔬菜废物和花卉、鸡舍废物联合堆肥的中试研究[J]. 环境科学,2003,24(2):147-151.
- [8] 李国学,李玉春,李彦富,等. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环境科学学报,2003,22(2):252-256.
- [9] 刘凤枝. 农业环境监测实用手册[M]. 北京:中国标准出版社,2001:97-158.
- [10] 马耀华,刘树庆. 环境土壤学[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998:36-49.
- [11] 中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编[M]. 北京:中国标准出版社,1992.

Riddling the best proportioning of compost in Yangling

SU Shao-lin^{1,2}, HU shi-bin¹

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

² Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking compost from Yangling, Shaanxi as the main material and adding the different proportions of the hen dug and the sawdust to it, experiment of the compost fertilizer effectiveness on Lettuce Plant and radish was carried out. The result indicates that the best proportioning of compost material in Yangling is: municipal solid waste (901.5 g/kg), hen dug (37.9 g/kg) and sawdust (60.6 g/kg). Compared with non-compost processing, employing this proportion of compost is possible to increase the production of Lettuce and the radish by 91.36% and 7.85% respectively. Furthermore the contents of the lead, cadmium and chromium in Lettuce and radish have not exceeded the allowed figure.

Key words: municipal solid waste; proportioning of compost; fertility experiment; heavy metal content; Yangling