

污泥好氧堆肥的试验研究

李清秀^{1,2}, 张雁秋¹ (1. 徐州生物工程高等职业学校, 江苏徐州 221006; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008)

摘要 [目的] 研究城市污水处理剩余污泥农用的可行性。[方法] 利用自行设计的好氧堆肥装置, 将某污水处理厂的剩余污泥与稻草按体积比1:1、1:2、1:3、1:4进行混合堆肥, 观察堆肥过程中堆肥箱内的温度、含水率、钾含量等参数的变化, 评价堆肥腐熟度。[结果] 污泥与稻草按体积比1:2进行混合堆肥时, 堆肥箱内的温度上升较快, 含水率的下降幅度较大, 有机质含量下降较快, 钾含量较高, 铜含量增加最少, 锌含量降低最明显, 堆肥腐熟度较好, 各项指标均符合腐熟度要求, 实现了污泥的资源化、无害化和稳定化。[结论] 城市污水处理剩余污泥具有农用性, 当污泥与稻草体积比为1:2时, 堆肥的效果较好。

关键词 污泥; 堆肥; 腐熟度

中图分类号 S141.8 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)31-13691-03

Study on the Aerobic Composting Test of Sewage Sludge

LI Qingxiu et al (Xuzhou Higher Vocational University of Bioengineering, Xuzhou, Jiangsu 221006)

Abstract [Objective] The research was to study the feasibility of agricultural utilization of treating the excess sludge by sewage in city. [Method] With self-designed aerobic composting device, the excess sludge from a sewage treatment plant was mixed with rice straw according to different volume ratio of 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 for making compost, the parameters of temperature, moisture content and K content etc. in compost boxes were observed in composting process, and the maturity of compost was evaluated. [Result] When the compost was made according to the volume ratio of sludge and rice straw was 1:2, the temperature in compost boxes was increased rapidly, and the moisture content was decreased greatly, organic matter content was decreased rapidly, K content was higher, the increment of Cu was the least, the decrement of Zn was most obvious, and the maturity of compost was better, all indexes were accord with the requirements of maturity, which could realize the resource, harmless and stabilization of sewage. [Conclusion] Treating the excess sludge by sewage in city had agricultural utilization, and the compost effect was better when the volume ratio of sludge and rice straw was 1:2.

Key words Sludge; Compost; Maturity

随着经济的发展和污水处理率的不断提高, 污水处理后所产生的污泥量也日益增加。据2001年统计^[1], 我国城市污水处理后每年排放干污泥约30万t, 并且还在以每年10%~20%的速度增加, 到2010年干污泥产量将达到80万t。污泥的理化性质很不稳定, 在堆存、运输和处理过程中, 其组成性质会不断发生变化, 若处理不当, 污泥中的病菌、重金属以及腐化过程中产生的废气将会通过多种途径对人畜和环境造成危害。笔者利用自行设计的一套实验室好氧堆肥装置对某污水处理厂生产的剩余污泥进行好氧堆肥, 采用强制通风堆肥的方式, 分别加入一定量的稻草与污泥进行混合堆肥, 探讨了堆肥过程中通风量、通风方式、pH值、有机质及氮、磷含量等参数的变化情况。

1 材料与方

1.1 堆肥物料 生污泥直接取自徐州市污水处理厂污泥脱水车间, 干稻草取自徐州市沛县南京矿附近的农户。

1.2 试验装置 自行设计的堆肥装置为立方体结构(图1), 容量最大控制在15L左右。堆肥箱上面有2个口, 一个用于通风出气, 直径大约为20mm; 另一个是插水银温度计的, 温度计距堆肥表面200mm左右, 以确保测量温度的准确。箱子的底部一侧有2个塑料管: 通风管和曝气泵连接, 开孔直径与塑料管的口径均为6mm, 箱内的塑料管管壁上开有一排均匀小孔, 塑料管的外端超出箱子一点, 用橡皮管连接到气泵上; 另一个是垃圾渗滤液的出口, 靠近最底部在通风管的旁边, 孔径为10mm, 在开始通风时, 可先把该口密封, 在堆肥过程中, 可以经常利用小口倒取里面的渗滤液, 测量重金属、硝酸盐和氨氮的含量等。

为了让外源鼓风均匀分散, 在距箱子底部50mm高度处

设计一面积为6万mm²的通风筛板, 如图2所示。在筛板和底部间有大约3L的气体容积, 既是通风缓冲层, 也可作为垃圾渗滤液的接收容器。



图1 试验装置外观示意

Fig.1 The appearance of test device



图2 通风筛板装置示意

Fig.2 The ventilation sieve plate device

1.3 方法

1.3.1 试验设计及堆制。 堆肥试验在中国矿业大学校内进行, 将污泥与稻草按1:1、1:2、1:3、1:4体积比配比, 放在堆肥

作者简介 李清秀(1964-), 女, 江苏沛县人, 副教授, 从事生物技术在环境保护中的应用研究。

收稿日期 2008-08-08

箱内。堆肥前调节含水率为70%左右,然后密封好,用曝气泵通风。堆肥15 d。

1.3.2 试样的制备。 风干样:取污泥置阴凉通风处,风干3 d后碾碎,过100目筛。干燥样:取污泥在105℃烘箱中烘干,碾碎,过100目筛,于干燥器中保存。新鲜样泥水浸提液:取10 g污泥新鲜样,按照新鲜污泥:蒸馏水=1:10(W/V)的比例混合,在恒温振荡器中,25℃下恒温振荡2 h,然后在5 000 r/min离心分离15 min,取上清液,测定 NH_4^+-N 含量、pH值。风干泥样水浸提液:取10 g污泥风干样,按照风干的污泥:蒸馏水=1:10(W/V)的比例混合,在恒温振荡器中25℃下恒温振荡2 h,然后在5 000 r/min离心分离15 min,取上清液测定 NO_3^--N 含量。

1.3.3 测定内容。在堆肥的不同时段里,分别从堆体中取堆肥样,进行各种参数的测试。包括温度、pH值、总有机质和有机碳、总磷、总氮、硝酸盐氮、氨氮、重金属等的变化。

2 结果与分析

2.1 堆肥过程中温度的变化 4个堆肥箱中温度变化情况见图3。从图3可以看出:2号箱温度上升的很快,1、4号箱温度上升的较慢。说明添加稻草适中,会促进微生物的发酵,箱内温度就会上升快,并且温度保持性也好;稻草添加过少,污泥容易结块,箱内空气流通性降低,微生物呼吸作用受到抑制,不利于好氧发酵;箱中添加的稻草过多,堆体内的空隙率太大,通风时微生物呼吸产生的热量被空气带走,并且污泥和稻草搅拌导致箱内湿度降低,影响微生物生存所需的水分,进而影响微生物的发酵,也影响了箱内温度的上升,这2个因素均导致温度上升变慢。

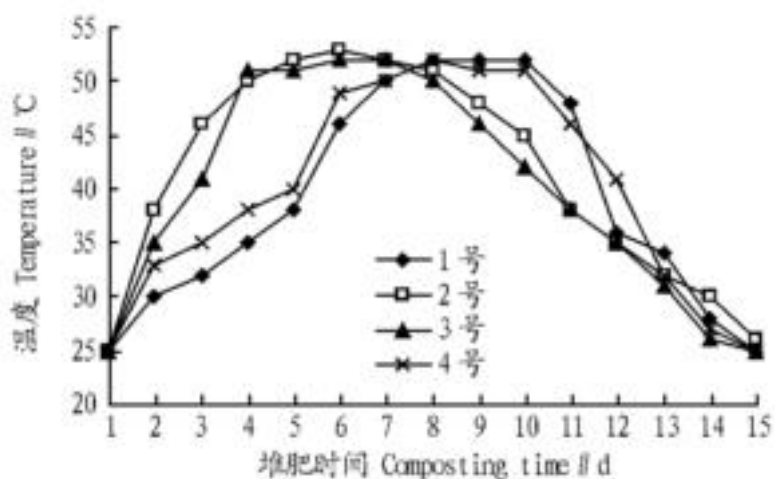


图3 堆肥过程中温度变化的情况

Fig.3 The change situations of temperature during the composting process

2.2 堆肥过程中含水率的变化 4个堆肥箱中含水率的变化见图4。从图4可以看出:经过15 d的时间,4个堆肥箱内的含水率都有不同程度的降低。2、4号箱中的含水率一直处于下降的趋势,从7 d开始,2号箱下降的幅度很大,4号箱下降的幅度较小,而1号箱与3号箱内的含水率有所回升。所以,2号箱比较适中。

2.3 堆肥过程中有机质含量的变化 通常认为,堆肥过程中有机质含量的下降是堆肥腐熟的一个重要标志^[2]。堆肥过程中有机质含量的变化见图5。从图5可以看出:经过15 d的时间,4个堆肥箱内的有机质含量都有不同程度的降低。

2.4 堆肥过程中有机碳含量的变化 从图6可以看出:经过15 d的堆肥,有机碳的含量有所降低,这是由于有机质的

分解引起碳的挥发损失,从而使有机碳含量不断下降。

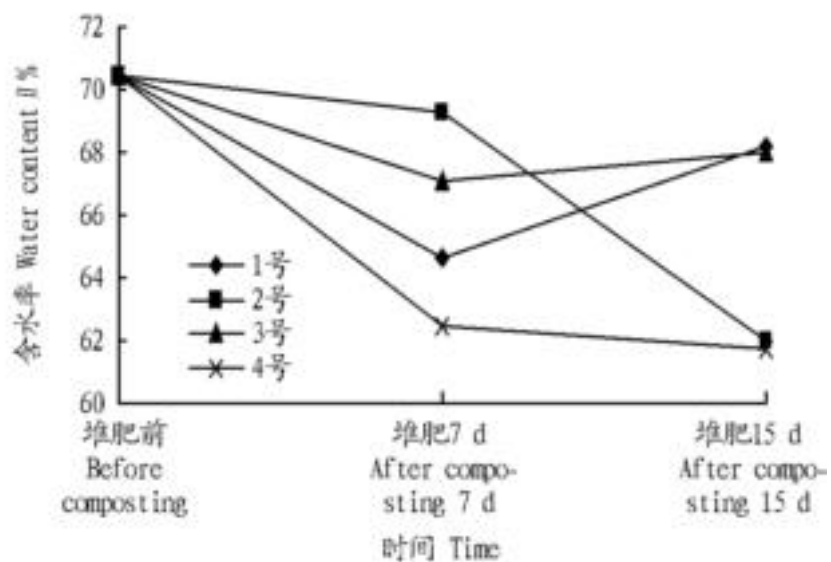


图4 堆肥过程中含水率的变化

Fig.4 The changes of water content during the composting process

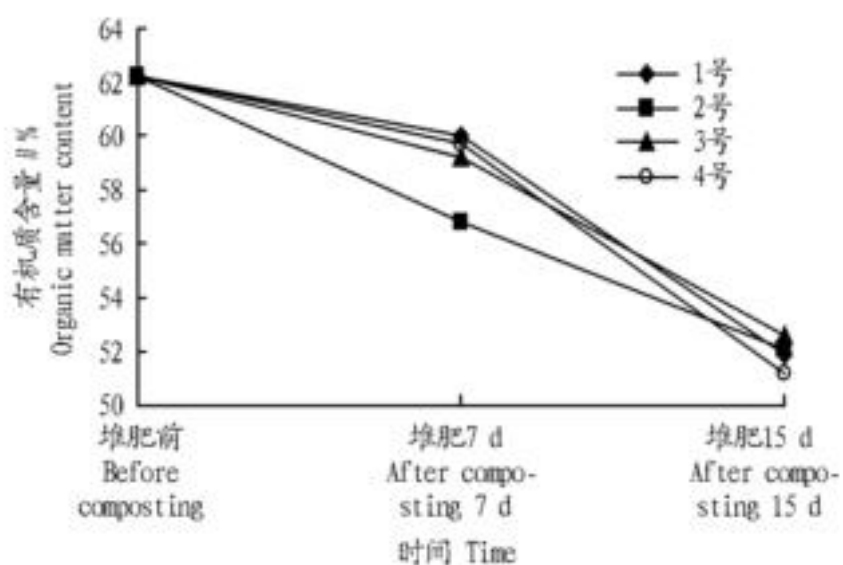


图5 堆肥过程中有机质含量的变化

Fig.5 The changes of organic matter content during the composting process

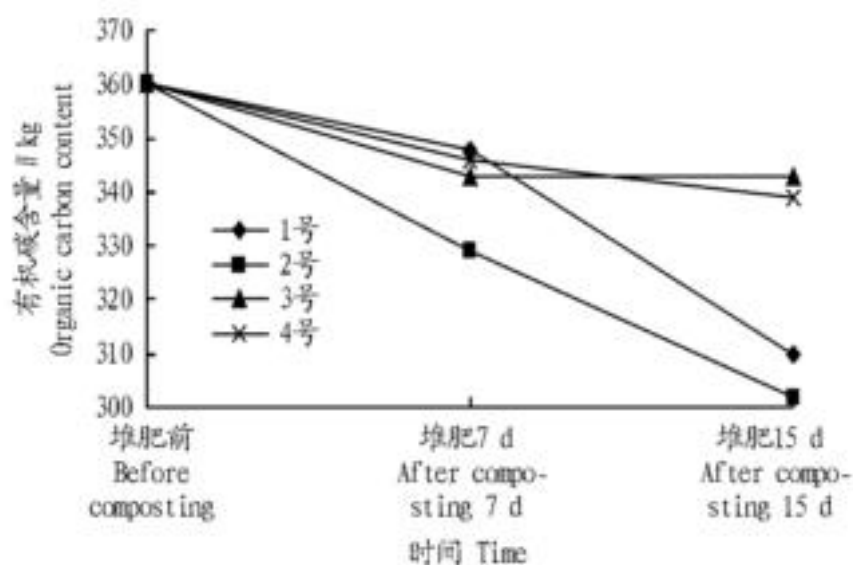


图6 堆肥过程中有机碳含量的变化

Fig.6 The changes of organic carbon content during the composting process

2.5 堆肥过程中pH值的变化 堆肥过程中pH值的变化见表1。

根据美国环保局(USEPA)的规定,污泥与调理剂的pH值应在6~9^[3]。从表1可以看出:在堆肥前泥样微显碱性,堆肥7 d后,pH值均有所降低。1号箱降低的较多,2号和3号箱中的微生物有可能已开始分解有机氮,产生了 NH_4^+ ,导致了pH值的回升,4号箱pH值也较高。在7~15 d温度已逐渐降低,适宜硝化细菌进行硝化反应, NH_4^+ 转化成 NO_2^- 和 NO_3^- ,产生大量的 H^+ ,pH值有所降低。

表1 堆肥过程中pH值的变化

Table 1 The changes of pH value during the composting process

| 堆肥箱 Composting box | 堆肥前 Before composting | 堆肥7 d After composting 7 d | 堆肥15 d After composting 15 d |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1号 | 7.6 | 6.2 | 5.7 |
| 2号 | 7.6 | 6.8 | 5.7 |
| 3号 | 7.6 | 6.6 | 5.9 |
| 4号 | 7.6 | 6.7 | 5.8 |

2.6 堆肥过程中总氮含量的变化 从图7可以看出,堆肥7 d时,1号箱和4号箱温度才到达较高的水平,开始分解有机质,此时硝化反应还未进行。7 d后温度开始降低,硝化细菌开始进行硝化反应,总氮量持续上升。而2号箱和3号箱在堆肥7 d时硝化反应已开始进行,总氮量上升的较快,7 d后总氮量发生减少,可能是因为堆肥箱内的环境比较适宜微生物的生存,氧气供应不足,导致箱内缺氧,发生了反硝化反应,总氮以氨气或氮气的形式散失,故总氮量降低。

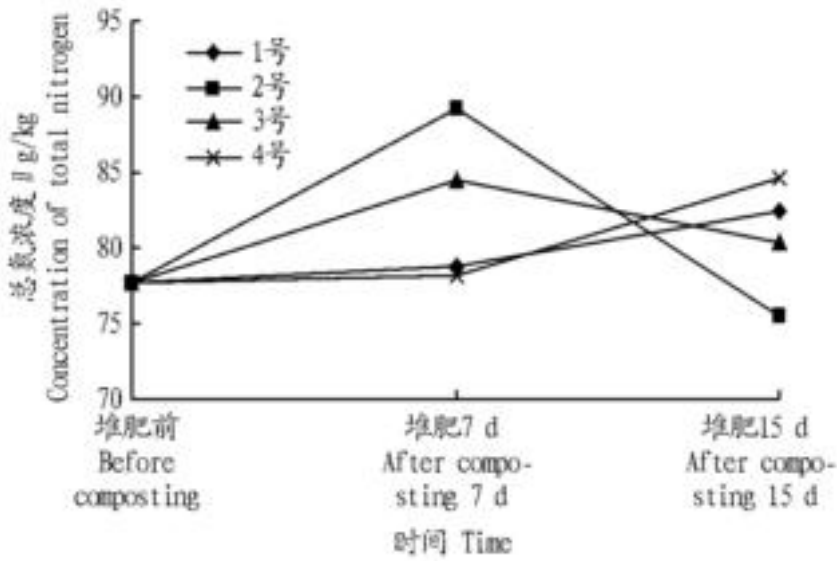


图7 堆肥过程中总氮的变化情况

Fig.7 The change situations of total nitrogen during the composting process

2.7 堆肥过程中总磷含量的变化 从图8可以看出,在整个堆肥过程中,总磷含量是一个增加的趋势。这是因为有机质的分解,导致堆料体积和重量不断减少,养分浓缩,使总磷含量增加;另一方面是因为添加了填充料的结果。

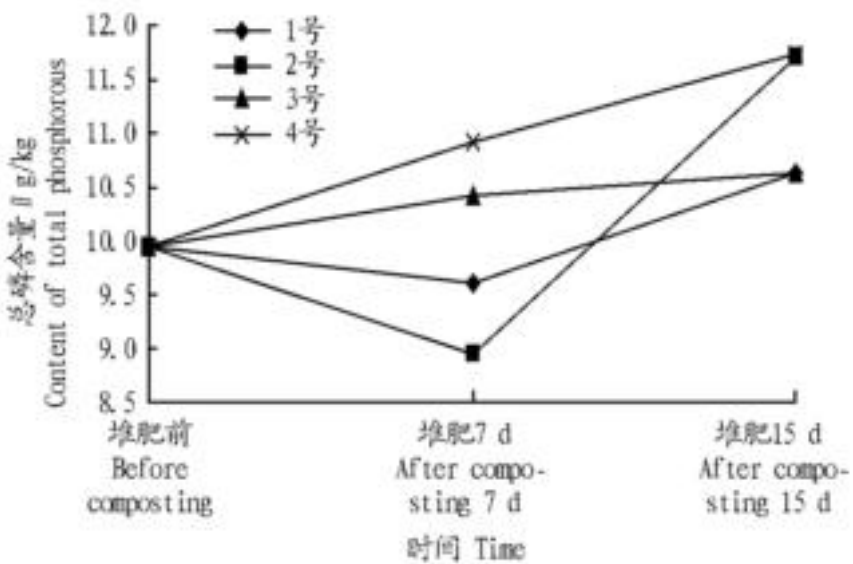


图8 堆肥过程中总磷的变化情况

Fig.8 The change situations of total phosphorous during the composting process

2.8 堆肥过程中钾含量的变化 从图9可以看出,4个堆肥箱中钾的含量都有不同程度的增加。2号堆肥箱中的钾含量较高,说明污泥和稻草的搅拌比例适中,适合微生物的生长,

堆肥效果较明显。

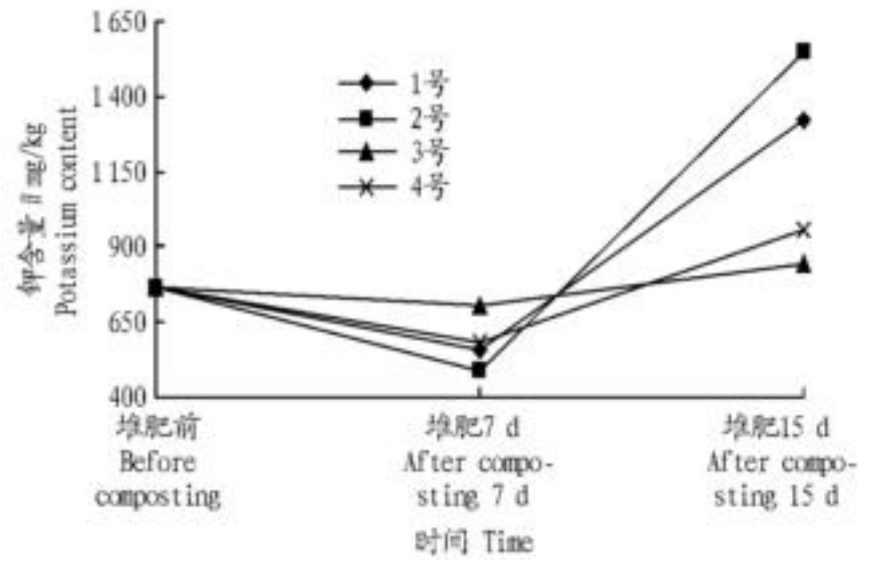


图9 堆肥过程中钾含量的变化情况

Fig.9 The change situations of potassium content during the composting process

2.9 堆肥过程中硝酸盐氮的变化 从图10可以看出:硝酸盐氮的含量一直在升高。虽然硝酸盐氮含量增加,但仍没有达到试验所要求的数值。原因在于风量的计算上可能存在问题。

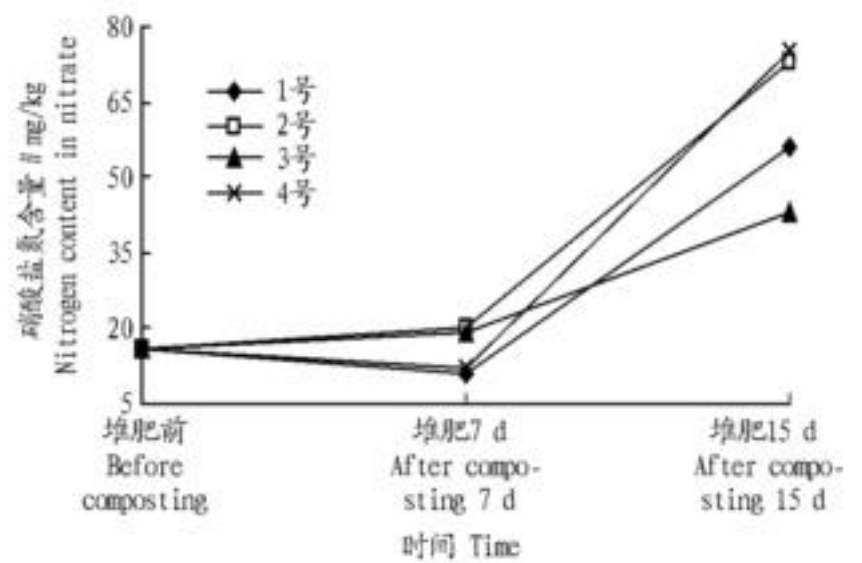


图10 堆肥过程中硝酸盐氮含量的变化

Fig.10 The changes of nitrogen content in nitrate during the composting process

2.10 堆肥过程中NH₄⁺-N含量的变化 从图11可以看出:3,4号箱中NH₄⁺-N含量降低了,而1号和2号箱中NH₄⁺-N的含量却增大了。可能是因为通风量不足,导致箱内处于半厌氧状态,抑制了硝化细菌的活性,使NH₄⁺-N含量有所增加。

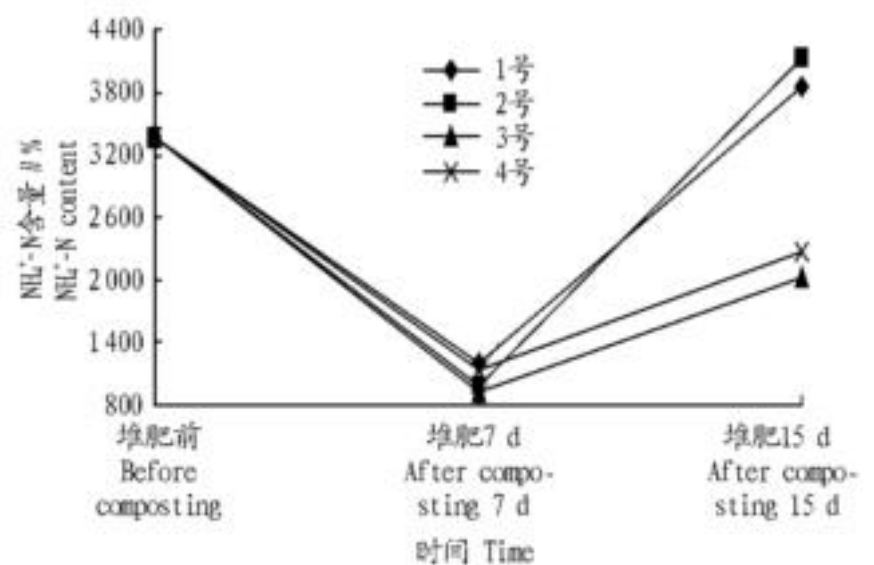


图11 堆肥过程中NH₄⁺-N含量的变化

Fig.11 The changes of NH₄⁺-N content during the composting process

表2 正交试验结果 $L_9(3^4)$ Table 2 The results of $L_9(3^4)$ orthogonal test

| 因素 Factor | A | B | C | D | 提取率 Extraction rate % |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| 1 | 1 20 | 10 | 80 | 40 | 1.561 |
| 2 | 1 20 | 13 | 100 | 60 | 1.543 |
| 3 | 1 20 | 16 | 120 | 80 | 1.136 |
| 4 | 1 25 | 10 | 100 | 80 | 1.778 |
| 5 | 1 25 | 13 | 120 | 40 | 1.481 |
| 6 | 1 25 | 16 | 80 | 60 | 1.607 |
| 7 | 1 30 | 10 | 120 | 60 | 1.413 |
| 8 | 1 30 | 13 | 80 | 80 | 1.611 |
| 9 | 1 30 | 16 | 100 | 40 | 1.342 |
| K_1 | 1.413 | 1.584 | 1.593 | 1.461 | |
| K_2 | 1.622 | 1.545 | 1.554 | 1.521 | |
| K_3 | 1.455 | 1.362 | 1.343 | 1.508 | |
| R | 0.209 | 0.222 | 0.250 | 0.060 | |

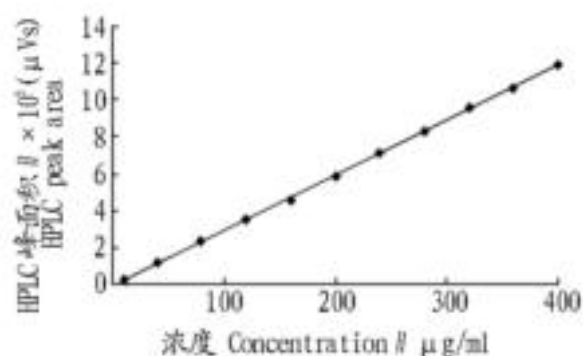


图1 薯蓣皂苷元标准曲线

Fig.1 The standard curve of dosgerin

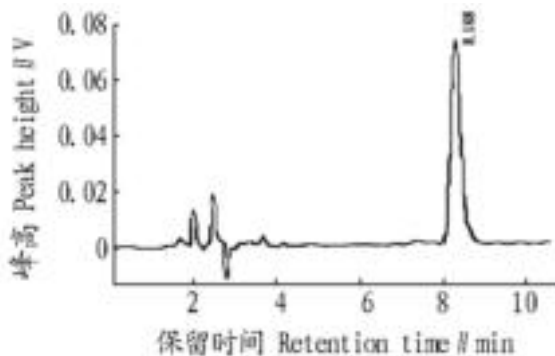


图2 薯蓣皂苷元标准品色谱图

Fig.2 The chromatogram of standard dosgerin

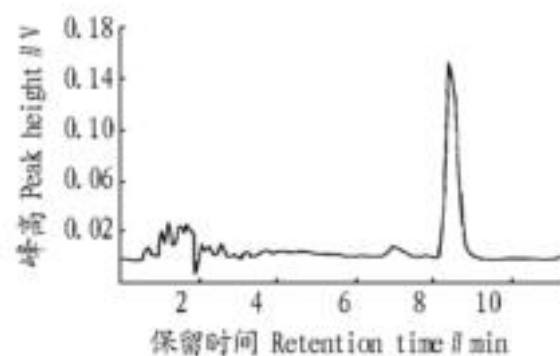


图3 正交试验薯蓣皂苷元粗品色谱图

Fig.3 The chromatogram of crude dosgerin by the orthogonal test

参考文献

- [1] 王俊儒. 天然产物提取分离与鉴定技术[M]. 西安: 西北农林科技大学出版社, 2006: 84-85.
- [2] 张东方, 信颖. 中药现代分离技术[M]. 沈阳: 辽宁大学出版社, 2006: 12.
- [3] 宋小妹, 唐志书. 中药化学成分提取分离与制备[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 382-386.

版社, 2004: 382-386.

- [4] 姜大成, 王永生, 翁丽丽, 等. 常用中药光谱鉴定[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 177-234.
- [5] 都述虎, 王晓华, 夏仲道. RP-HPLC法测定穿龙薯蓣总皂甙中薯蓣皂甙元的含量[J]. 中国药科大学学报, 2001, 32(1): 37-40.

(上接第13693页)

2.11 堆肥过程中其他物质含量的变化

通过试验得出: 随着堆肥时间的延长, 箱中 PO_4^{3-} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 的含量有所升高, 表明经过15 d左右的好氧堆肥, 污泥中营养元素的含量增加, 可以满足植物生长的需要。

2.12 堆肥过程中重金属含量的变化

金属铜的含量有所增加, 增加最明显的是4号箱, 而2号箱金属铜的含量增加最少; 金属锌的含量有所降低, 降低最明显的是2号和4号箱, 而1号箱有所上升, 但不是很明显; 金属镉的含量有所增加, 而金属铬和铅的含量却有所降低, 说明在堆肥过程中, 大部分重金属得到钝化, 含量有所降低, 其他重金属元素含量有不同程度的增加。通过和农用污泥中污染物控制标准(GB4284-84)对照, 发现堆肥后的重金属只有Cu的含量高于土地的最高容许量, 其他的重金属如Cr、Pb的含量均在最高容许含量的范围之内, 而Zn、Cd的含量只稍高于标准。

2.13 堆肥腐熟度的评价

按照物理和化学指标的检测方法对堆肥中的各项指标进行了分析, 来判断堆肥的腐熟情况。对于物理指标如温度、颜色、气味变化等, 虽然操作简便, 但只是定性的分析, 从感官上进行判断, 有一定的局限

的薯蓣皂苷元有效成分与标准品一致。同时, 其峰面积为1 860.28 ($\mu V \cdot s$), 对应薯蓣皂苷元标准曲线, 可计算提取率为1.837%。

3 结论

试验表明, 微波萃取法提取盾叶薯蓣皂苷元的最佳条件是固液比1:20, 提取时间10 min, 提取温度100℃, 粒度60目, 提取率可达1.837%。微波萃取法具有选择性高、提取时间短、有效成分提取率高等优点, 这是微波特殊的工作原理所致。由于溶剂及细胞液吸收微波能量, 细胞内部温度升高, 压力增大, 细胞壁破裂, 使皂苷元分子从细胞中释放出来, 传递转移到溶剂周围被提取出。因此, 微波萃取技术作为一种天然产物成分提取的优势技术, 必将获得更大的发展。

性。最为准确的就是化学指标的检测, 它可以定量地判断堆料的腐熟情况。

该试验通过氮、磷、钾、有机质、有机碳、硝酸盐氮等指标判断堆料腐熟度, 结果发现, 2号箱中的堆料腐熟度较好, 各项指标都符合腐熟度的要求。

3 小结

笔者对城市污水处理厂的剩余污泥进行堆肥研究。在堆肥过程中, 对它的一些指标进行测量和分析, 评价它是否具有使用性和可行性。经过测量和分析, 发现徐州污水处理厂生产的剩余污泥具有农用性, 可以用作堆肥研究。

经过15 d的好氧堆肥发现, 污泥: 稻草=1:2(体积比)混合堆肥的效果较好。堆肥过程可以顺利升温, 营养物质的含量较高, 重金属含量降低的较多, 腐熟度也较好, 最终实现了污泥资源化、无害化和稳定化。

参考文献

- [1] 李季, 吴为中. 国内外污水处理厂污泥产生、处理及处置分析[C]// 污泥处理处置技术与装备国际研讨会, 上海, 2003.
- [2] INANNONI D A, GREBUS M E, TOHBL E, et al. Oxygen respiratory to assess stability and maturity of composted municipal solid waste[J]. Environ Qual, 1994, 22: 1177-1183.
- [3] 冯磊, 李润东, 阚宁格. 城市污水污泥堆肥处理的实验研究[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2005, 22(5): 75-78.