

# 好氧污泥堆肥添加牛粪的资源化处理

张 欢, 王 军 霞

(哈尔滨职业技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150081)

**摘 要:**以污泥、牛粪、玉米秸秆为试材,采用好氧堆肥技术,在污泥堆肥中添加牛粪和玉米秸秆等物料,在合理的 C/N 范围内,对不同配比的物料作为 4 个处理进行试验,以实现城市周边废弃物资源化利用。结果表明:各处理的温度、含水量、pH 值均达到了较理想的效果;种子萌发试验表明,A、B 处理(污泥:牛粪:玉米秸秆为 5:(2~3):4)的种子发芽率大于 80%,达到腐熟效果;最佳配比方式污泥:牛粪:玉米秸秆为 5:2:4。其温度快速升高至 55℃ 以上并持续 18 d 之多,含水量降低 11.7%,总氮降低 0.15%,有机质含量下降 28.3%,种子发芽率为 82.1%,pH 值保持在 6~9;污泥、牛粪加入秸秆进行堆肥,不仅实现了废弃物的资源化,而且有很好的应用前景。

**关键词:**污泥堆肥;牛粪;玉米秸秆;资源化

**中图分类号:**X 705;X 71 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2014)22-0173-04

随着东北地区农业、畜牧业的发展,非点源污染问题也逐步凸显起来。城市周边地区的非点源污染来源主要包括农田大量施用化肥,未经处理的养殖业畜禽粪

便和水土流失。这些污染源经降雨形成的径流为载体,进入地下水,溪流,最终造成水体的污染<sup>[1]</sup>。由于这类污染发生的时空分布没有规律性,人们认识到这个问题的严重性比较晚,因此污染造成的后果难以估量。目前东北畜禽粪便进入水体 COD 值已经超过工业和生活污水的 COD 值,成为污染水体的主要污染源。因此如何能将这些污染物减量化、无害化、资源化,便成了治理污染源的关键问题。

**第一作者简介:**张欢(1981-),女,硕士研究生,讲师,研究方向为环境工程与师资管理。E-mail:zhanghuan\_235@163.com.

**收稿日期:**2014-07-10

[16] 陈宇航,郭巧生,刘丽,等.贮藏年限及药材分级对夏枯草药材品质的影响[J].中国中药杂志,2012,37(7):882-886.

[17] 强静,房克慧,刘训红,等.太子参多糖含量分析及其动态研究[J].时

珍国医国药,2009,20(9):2238-2240.

[18] 徐晓飞,向莹,陈健.不同贮藏条件对于香菇活性成分及感官特性的影响[J].食用菌,2012(4):62-65.

## Preliminary Research on the Quality Change of *Wolfiporia cocos* Stored Under Different Temperature Conditions

XU Lei, LIU Chang-li, LIU He-gang, WANG Wen-jie

(Pharmacy College, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan, Hubei 430065)

**Abstract:** Taking *Wolfiporia cocos* as material, *Wolfiporia cocos* was stored after 1 year with different temperature (room temperature, 1—5℃ and -20℃) conditions, and the effective composition (polysaccharide and triterpene) content regularly was determined. The results showed that under different temperature conditions, the content of effective components showed a downward trend accompanies the extension of storage time. The polysaccharide content decreased rapidly of the first 3 months, thereafter the decreasing amplitude was getting smaller which stored under low temperature condition, but that stored under room temperature condition had a rapid decline after the stable period of 3 months; under different conditions, triterpene compounds content showed the same change trend, first decrease rapidly, rebounded slightly, and rapid decreased again, finally tended to be stable.

**Keywords:** *Wolfiporia cocos*; storage; polysaccharide; triterpene; content

畜禽粪便中含有多种营养物质,将其和污水处理厂的剩余污泥、作物秸秆按一定比例混合堆肥,在微生物的作用下分解有机物,最后可制成有机肥料代替部分化肥使用。这样既可以减少城市周边污染源,还能为污水污泥的处理找到出路,并且可以实现对城市周边的废弃物资源化利用<sup>[2-3]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

污泥:取自黑龙江省某污水处理厂污泥;牛粪以及玉米秸秆取自于哈尔滨市周边农村;污泥、牛粪、玉米秸秆的理化性质见表1。

### 1.2 试验方法

采用人工翻堆方式通气供氧。设计4个堆体,每个堆体比例为1:1:1.2(长:宽:高),堆体形状呈梯形垛,含水量调节为60%。4个处理分别为:A、B、C、CK(对照),见表2。于发酵期每隔3d采集1次样品,每次在堆体内部3个不同地区分别取样1kg,分装于3个无菌袋中,4℃保存待测。

表1 堆肥物料的理化性质

项目	含水量/%	pH值	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	总氮/%	C/N
污泥	81.30	7.30	49.3	4.60	11
牛粪	10.32	8.13	53.5	1.30	24
玉米秸秆	9.60	7.10	73.1	0.75	53

表2 堆肥物料的配比

项目	污泥(湿重)	牛粪	玉米秸秆	C/N
A	5	3	4	26.37
B	5	2	4	26.67
C	5	1	4	27.30
CK	5	0	4	27.58

### 1.3 项目测定

温度:每天于6:00、15:00用水银温度计测量堆体内30cm左右的温度,取平均值作为当日温度。同时用同样方法测量室温。pH值:样品与水按1:10(W:V)比例混合振荡2h,提取液在5000r/min下离心20min,上清液经过滤后测定pH值。含水量:2~5g鲜样在105℃下烘干24h。总氮:采用凯氏定氮法测定。有机质含量:将测完含水率的盛有干样的坩锅转入马弗炉中(550±10)℃灼烧6h以上测定。种子发芽率(Germination index, GI)测定:取鲜样5g加入蒸馏水50mL,振荡1h,静置、过滤,吸取滤液5mL,加到铺有2张滤纸的9cm培养皿中,每个培养皿播20粒大白菜种子,30℃下暗培养48h。每处理3次重复,同时用蒸馏水做空白对照(CK)。测定发芽率、根长,计算种子发芽指数(GI),GI(%)=(堆肥处理的种子发芽率×种子根长)/(对照的种子发芽率×种子根长)。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥温度的变化

堆肥的温度是衡量堆肥质量的重要参数之一,堆体的温度变化是微生物利用堆肥中可溶性有机物进行新陈代谢的结果。一般堆肥过程大致分为3个阶段,即中温阶段、高温阶段、降温阶段。由图1可知,在嗜温微生物的作用下,4个堆体的温度迅速升高,均在5d内达到了50℃。并且堆肥过程中4个堆体在50℃维持时间均超过18d,依据《粪便无害化卫生标准(GB7959-87)》达到了无害化要求<sup>[5]</sup>。其中A、B、C处理的堆体温度在4d时分别达到了65、61、56℃,快于CK处理进入高温阶段,而且持续高温阶段的时间较长,升温较快。这说明添加牛粪对堆肥的发酵有一定促进作用,这可能由于添加牛粪的混合原料改变了堆肥的理化性质。干牛粪可以起到调节剂的作用,其对水的吸附性比较好,可有效的调节堆肥水分,也可以调节堆肥中有效营养的成分<sup>[4]</sup>。在堆肥过程的第10、16、21、25天进行4次人工翻堆通气,这样可以有效的补充氧气、去除水分,使得整个堆体均匀发酵。由图1可知,人工翻堆的缺点是每次翻堆热量损失较大,但很快温度再次升高。堆肥25d后,堆体温度逐渐下降,进入腐熟阶段,堆体温度与环境温度趋于一致。

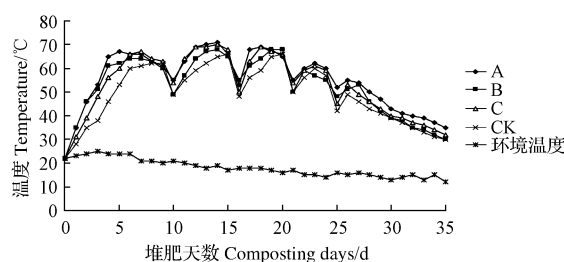


图1 堆肥过程中温度的变化

Fig. 1 The change of temperature in the composting process

### 2.2 堆肥含水量的变化

由图2可知,堆体A、B、C、CK的初始含水率分别为60.2%、61.1%、60.5%、59.8%,由于在发酵过程中微生物新陈代谢产生大量的CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O,因此4个处理的含水率都有明显的下降。其中含水率下降最大的是CK处理

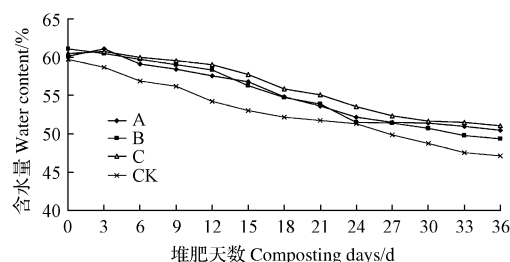


图2 堆肥过程中含水量的变化

Fig. 2 The change of water content in the composting process

为 12.7%, 其次是 B 处理下降 11.7%, A、C 处理分别下降 9.7%、9.4%。这说明添加牛粪一定程度上减小了堆体自由空域(FAS)<sup>[6]</sup>, 降低了堆体的透气性, 阻碍 H<sub>2</sub>O 的挥发。CK 处理的玉米秸秆比例较大, 增大了堆体的通气性, 因此含水率下降较快。堆体的含水率与通风强度与物料孔隙性有关, 因此可以考虑增大通风强度, 并且在翻堆时充分混合物料, 使得物料的粒度均匀, 以增大水和气体的交换<sup>[3]</sup>。

### 2.3 堆肥 pH 值的变化

由图 3 可知, 4 个处理初始 pH 值不同, 但变化趋势基本一致。在中温阶段嗜温微生物主要利用糖类和蛋白质类为基质, 产生有机酸和 CO<sub>2</sub> 等。随着温度升高嗜温微生物逐渐被嗜热微生物所取代, 这一时期半纤维素、纤维素、蛋白质大量分解, 铵态氮也随着生成。降温阶段嗜温微生物又占优势, 腐植酸等物质大量生成<sup>[7]</sup>。因此在发酵前期, 有机酸和铵态氮的中和作用下 pH 值变化不甚明显, 进入高温期后, 随着铵态氮大量生成 pH 值骤然升高, 在 12 d 时达到最高值, 而后逐渐降低。4 个处理的 pH 值变化范围均在 6~9, 适宜堆肥微生物的生长。

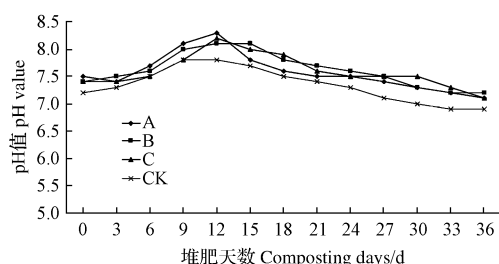


图 3 堆肥过程中 pH 值的变化

Fig. 3 The change of pH value in the composting process

### 2.4 堆肥总氮的变化

由图 4 可知, 4 个堆体的总氮在堆肥的前期损失较大, 前 6 d 处理 A、B、C、CK 的总氮分别减少了 0.13%、0.12%、0.11%、0.12%, 这是因为堆肥进入高温期时, 蛋白质和氨基酸被分解持续性氮的挥发和硝态氮的反硝化作用<sup>[8]</sup>。而后硝化作用增强, 铵态氮转化成硝态氮的

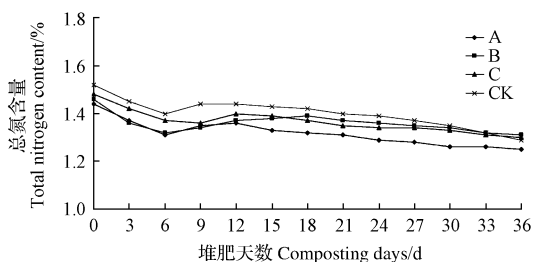


图 4 堆肥过程中总氮的变化

Fig. 4 The change of total nitrogen in the composting process

量不断增加, 总氮的减少不再剧烈。由于堆肥过程中微生物代谢使大量的有机物被分解, 放出 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 等物质使物料质量降低, 因此总氮浓度有一定的上升。随着堆肥的腐殖质形成, 堆肥物质逐步进入稳定化状态, 总氮的损失量变的很小。在堆肥结束时, 4 个堆体的总氮分别减少了 0.19%、0.15%、0.18%、0.23%。其中 B 处理减少的总氮最少, A、B、C 处理的总氮减少量均高于 CK 处理, 这说明添加牛粪有一定的保氮效果。

### 2.5 堆肥有机质含量的变化

由图 5 可知, 由于堆肥过程中大部分有机物在微生物的作用下, 转化并释放出大量的 CO<sub>2</sub><sup>[9]</sup>, 4 个堆体的有机质含量都呈下降趋势。在堆肥前期的有机质含量变化不大, 随着堆体温度的升高, 有机质迅速分解。这主要是因为简单的、易分解的有机物在这个时期快速的矿化, 部分的有机碳转化成 CO<sub>2</sub> 释放出, 导致有机质的减少<sup>[10]</sup>。在 24 d 以后有机质的降低率减小, 这是因为堆肥处在高温阶段的内源呼吸期, 腐殖质等难以降解的物质逐渐形成, 堆肥物质逐渐稳定。堆肥结束时, A、B、C、CK 处理有机质含量降低率分别为 34.3%、28.3%、26.9%、28.0%。

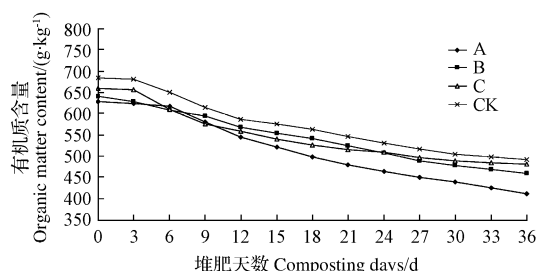


图 5 堆肥过程中有机质含量的变化

Fig. 5 The change of organic matter content in the composting process

### 2.6 种子发芽率的变化

利用种子发芽率来检测堆肥的毒性, 是验证堆肥腐熟度和无害化的有效方法。Zucconi 等<sup>[11-12]</sup>认为, 当 GI>50% 时, 堆肥基本没有毒性; 当 GI>80% 时, 堆肥已经腐熟, 并且对植物没有毒性。由图 6 可知, 4 个处理的

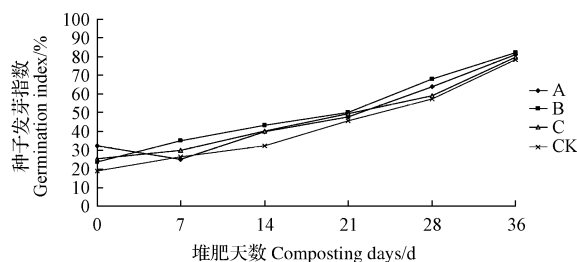


图 6 种子发芽率的变化

Fig. 6 The change of seed germination rate in the composting process

GI 总体呈上升趋势,表明随着堆肥的进行,堆肥物质对植物种子的毒性逐渐减弱,堆肥物质逐渐无害化。在堆肥初期大白菜种子受到铵态氮等毒素抑制的抑制,GI 均低于 35%。在堆肥进行的 21 d 内,GI 的增长比较缓慢,A 处理甚至有所下降。在 21 d 以后 GI 迅速升高,因为堆肥中铵态氮等有毒物质逐渐消除,堆肥进入腐熟阶段<sup>[13]</sup>。堆肥结束,A、B、C、CK 处理的 GI 分别达到 81.2%、82.1%、79.6%、78.2%。所有处理的 GI>50%,均达到了无害化。其中 A、B 处理的 GI>80%,达到了腐熟的要求。

### 3 结论

在堆肥发酵过程中 4 个处理的温度、含水量、pH 值均达到了较好的效果。结果表明,添加牛粪有提高堆肥保氮效果的作用,其中 B 处理的总氮损失量为 0.15%,是 4 个处理中最小的。虽然高伟等<sup>[15]</sup>认为有机质的降低有助于堆肥的腐熟,但是堆肥产品最终要成为肥料对土地施用,因此有机质的损失不宜过大,因此 C 处理降低率最低(26.9%)。种子发芽率的试验结果表明,4 个处理均已达到无害化处理的目的,但是 A、B 处理达到了腐熟的标准。综上所述,该试验污泥、牛粪、玉米秸秆堆肥的最佳比例为污泥:牛粪:玉米秸秆=5:2:4。

由于污泥的含水量较高,在堆肥初期调节物料的含水量显得十分重要。牛粪不仅可以作为一种营养物质,而且干牛粪对水的吸附能力很强,还可以起到调节水分的作用。该试验通过堆肥技术处理污泥、牛粪、玉米秸秆,达到了对这些污染物减量化、无害化、资源化的目的<sup>[14]</sup>。

### 参考文献

- [1] 钱易,张杰,李圭白,等. 东北地区水污染防治对策研究[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 边炳鑫,赵由才. 农业固体废物的处理与综合利用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 尹军,谭学军. 污水污泥处置与资源化利用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [4] 许民,杨建国,李宇庆,等. 污泥堆肥影响因素及辅料的探讨[J]. 环境保护科学,2004,10(30):37-40.
- [5] 国家卫生部. 粪便无害化卫生标准 GB7959-87[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [6] 高伟,陈同斌,郑国砥,等. 城市污泥堆肥过程中 H<sub>2</sub>S 的释放动态及控制策略[J]. 环境科学学报,2005,25(11):1470-1475.
- [7] 花莉. 城市污泥堆肥资源化过程与污染物控制机理研究[D]. 杭州:浙江大学,2008;52-53.
- [8] 贺亮. 城市污泥快速高效好氧堆肥技术研究[D]. 重庆:西南大学,2006;17-32.
- [9] 张园,耿春女. 堆肥过程中有机质和微生物群落的动态变化[J]. 生态环境学报,2011,20(11):1745-1752.
- [10] 张永涛. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007;40-54.
- [11] Zucconi F, Pera A, Forte M, et al. Evaluating Toxicity of Immature Compost[J]. Biocycle,1981,22(2):54-57.
- [12] Zucconi F, Forte M, Monac A. Biolo G. Ical evaluation of compost maturity[J]. Biocycle,1981,22:27-29.
- [13] Garcia C, Hernandez F, Costa F, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis,1992,23(13-14):1501-1512.
- [14] 吴学伟. 基于两级液态调质理论的污泥处理处置技术[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [15] 高伟,郑国砥. 堆肥处理过程中猪粪有机物的动态变化特征[J]. 环境科学,2006,27(5):986-990.

## Resourceful Treatment of Aerobic Sludge Compost Adding Cattle Manure

ZHANG Huan, WANG Jun-xia

(Harbin Vocational and Technical College, Harbin, Heilongjiang 150081)

**Abstract:** Taking sludge, cattle mature, corn stalk as test materials, aerobic compost technology was used in this research, by adding cattle manure and corn stalk in sludge compost. In a reasonable range of C/N, the different proportions of materials were designed with four treatments which tested at the same time, to realize resource utilization of peri-urban waste. The results showed that the temperature, moisture and pH value of every treatment achieved desired results. The data of seed germination test showed that germination index of the treatment A and treatment B (sludge: cattle mature: corn stalk of 5:(2~3):4) were both higher than 80% implied that the compost became maturity. The results in comparison showed that the optimum proportion of sewage sludge, cattle manure, and corn stalk was 5:2:4. The data demonstrated that the temperature of compost achieved above 55°C fast and continued 18 days, the moisture was decreased 11.7%, total nitrogen was reduced 0.15%, organic matter content was decreased 28.3%, germination index was 82.1% and pH value was maintained at 6 to 9. Composting of cattle manure and sludge added straw not only realized resource utilization but also had more application prospects.

**Keywords:** sludge compost; cattle manure; corn stalk; resource utilization