

高效复合微生物菌群在垃圾堆肥中的应用

席北斗¹, 刘鸿亮², 孟伟², 李捍东², 王庆生² (1. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084, E-mail: xibeidou @263 .net; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 利用高效复合微生物菌群对生活垃圾和污泥混合堆肥, 通过测定堆肥过程中总菌数、温度、有机物、C/N 比等, 较系统地研究了高效复合微生物菌群在生活垃圾、污泥混合堆肥系统中的作用。试验证明: 在生活垃圾和污泥共堆肥系统中, 调节堆料比为厨房垃圾: 污泥: 粉煤灰土: 成熟堆肥污泥: 干草 = 41.6: 27.8: 13.8: 11.1: 5.5, 有机物约为 60%, 总氮 14%, 全磷 0.69%, 全钾 1.25%; 初始含水率为 58.5%, 初始 C/N 比 = 30; 供气量控制在 0.8 L/min·kg 挥发性有机物, 处理 1、处理 2、处理 3 堆料中分别接种 2%、3%、5% (质量分数) 的高效复合微生物菌群, 与加入 3% 灭活菌的对照组进行对比实验。对照组、处理 1、处理 2 和处理 3 堆肥系统垃圾腐熟时间分别为 30d、24d、18d 和 12d; 说明高效复合微生物菌群可以加速生活垃圾和污泥的降解, 保证堆肥过程的顺利进行。处理 3 与对照组相比, 堆腐时间缩短了 18d, 同时成品堆肥中含有大量具有生物活性的微生物, 是一种良好的生物活性有机肥料。

关键词: 高效复合微生物菌群; 堆肥; 温度; C/N 比; 有机物

中图分类号: X172, X705 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2001)05-04-0122

Composting Process of Municipal Solid Waste with High Effective Complex Microbial Community

Xi Beidou¹, Liu Hongliang², Meng Wei², Li Handong², Wang Qingsheng² (1. Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; E-mail: xibeidou @263 .net; 2. Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100084, China)

Abstract: The effects of high effective complex microbial community (HECMC) in a combination composting process of municipal solid waste (MSW) and sludge were examined through inspecting biomass, temperature, organic matter, the carbon, nitrogen ration (C/N). Composting was performed under such conditions: The ratio of MSW:sewage:sawdust:composting of 45:25:15:15 (W/W) and organic matter of 60%, total N of 1.4%, total P of 0.69%, total K of 1.25%, original moisture of 58.5%, original ratio of C/N of 30, aeration flow of 0.8 L/min·kg (volatile organic matter). The rates of adding HECMC to treatment 1, treatment 2 and treatment 3 were 2%, 3%, 5% respectively. Control experiment added 3% inactive HECMC. The day of MSW and sludge mature in control experiment, treatment 1, treatment 2 and treatment 3 were 30, 24, 18 and 12, respectively. This indicated HECMC were effective to compose organic matter and speedup composting change into humus. There are many active bacteria in composting which are favorable for soil.

Key words: high effective complex microbial community (HECMC); composting; temperature; ratio of carbon to nitrogen; organic matter

生活垃圾和污泥发酵后可作为有机肥料, 传统堆肥法一般都是采用增加营养和改善环境条件的方法, 利用堆制原料中的土著微生物来降解有机污染物, 但传统堆肥法存在发酵时间长、产生臭味且肥效低等问题。本研究采用接种高效复合微生物菌群进行生活垃圾、污泥混合

堆肥, 可提高有机污染物的生物降解率^[1]。高效复合微生物菌群 (high effective complex microbial community) 是由酵母菌、放线菌、乳酸菌、固氮菌、纤维素分解菌等多种微生物经特殊

作者简介: 席北斗 (1969 ~), 男, 博士研究生。
收稿日期: 2000-12-07

方法培养而成,这些微生物依靠相互间协同作用,迅速分解垃圾中的有机物,并代谢出抗氧化物质,生成复杂而稳定的生态系统,增加堆肥中的含氮量,抑制有害微生物的生长繁殖^[2].

1 试验

1.1 试验材料

菌种:高效复合微生物菌群(自制),生活垃圾(中国环境科学研究院),污泥(北小河污水处理厂).

仪器:烘箱、堆肥反应器、O₂-H₂S 测定仪、CO₂ 测定仪等.

培养基:主要有胰蛋白胨、NaCl、K₂HPO₄、琼脂、土豆提取液、葡萄糖、麦芽汁、酵母汁、蒸馏水等.

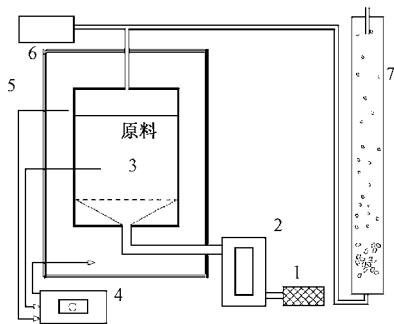
1.2 试验方法

1.2.1 高效复合微生物菌群的混合培养

取 500 ml 培养基装入 1000 ml 锥形瓶,以体积分数 10 % 的接种量接种,种菌为高效复合微生物菌群,于 30 ℃、150 r/min(偏心距 2.6 cm),摇床振荡培养,定期观察,用平板计数法每 48 h 测定一次活菌数.

1.2.2 高效复合微生物菌群对垃圾处理效果的影响

堆肥反应装置如图 1 所示.



1. 气泵 2. 气体流量计 3. 反应堆 4. 温差控制装置
5. 恒温箱 6. 气体测定仪 7. 过滤装置

图 1 堆肥试验装置

度一般控制在 5 % ~ 15 % 范围内,供氧速度如无特殊情况定为 0.8 L/min·kg 挥发性有机物.堆层透气性由 H₂S 气体浓度控制,一旦 H₂S 体积分数超过 5 × 10⁻⁶,堆层即需要重新翻动.通过控制系统温度控制在 65 ℃ 以下,当超过 65 ℃ 时自动报警,可以通过增加供气排出一部分热量,湿度控制在 58.5 % (整个堆肥过程),每天从反应器中取出 150 g 样品,进行生物化学分析.

反应器有效容积 50 L,堆料共重 25 kg,堆料比:厨房垃圾:污泥:粉煤灰土:成熟堆肥污泥:干草 = 41.6:27.8:13.8:11.1:5.5, C/N = 30, 含水率 60 % 左右,有机物 60 %,总氮 1.4 %,全磷 0.69 %,全钾 1.25 %,重金属含量 (mg/kg): Cu50, Zn300, Pb60, Cr25, Ni12, Cd0.5, Hg1.5. 将上述配好的堆料分别装入反应器,按表 1 加入高效复合微生物菌群.

1.3 分析监测方法

耗氧速率:以最大供氧速率供氧 20 min,使出口含氧量在 20 % 以上,然后关闭供氧阀门,测定氧随时间变化率,既为耗氧速率.

浸提液取法:固体样品和蒸馏水按 1:10 (W/V) 比例混合,机械振动 1 h,离心过滤,离心机转速 1000 r/min,用 0.45 μm 膜过滤,对浸提液进行化学分析:凯氏定氮法测定样品中的含氮量,标准重铬酸钾法测总有机碳.

活菌数的测定采用平板计数法.

表 1 堆料接种情况

Table 1 The ratio of adding HEC MC		
处理	接种微生物	接种量(质量分数)/ %
对照组	灭活菌	3
1	高效复合微生物菌群	2
2	高效复合微生物菌群	3
3	高效复合微生物菌群	5

2 试验结果与讨论

2.1 温度

对于堆肥系统而言,温度是堆料中微生物生命活动的重要标志,堆肥的目的是为了使堆体温度快速上升,并在适宜的温度维持一段时间,使有机物降解并杀死其中的病原菌.本试验

Fig.1 Schematic diagram of experimental reactor set up
反应器出口与 O₂-H₂S 测定仪、CO₂ 测定仪相连,在线监测 O₂-H₂S、CO₂ 气体浓度.堆体供氧由供氧泵和气体流量计控制,出口氧气浓

利用堆料反应热自然升温,观察温度变化,研究高效复合微生物菌群对堆肥过程的影响,如图2所示.

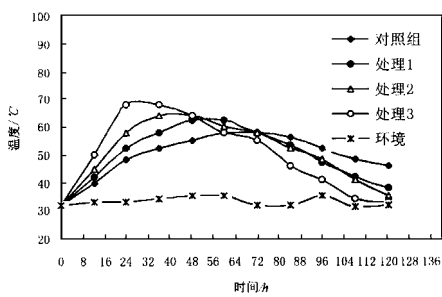


图 2 堆肥过程中温度的变化

Fig.2 Temperature profile in composting

对照组堆肥系统所能达到的最高温度为 60℃,达到最高温度的时间为 60h;而接种高效复合微生物菌群的处理 1、处理 2、处理 3 所能达到的最高温度及达到最高温度所用的时间分别为 62℃、48h、64℃、36h 和 68℃、24h;可见接种微生物,增加了初始堆层中微生物数目,从而加速了堆料中有机物的分解,使堆温迅速升到理想的高度,提高堆肥效率.

2.2 微生物总数

堆肥的特点是利用好氧性微生物的活动分解垃圾中的有机物,进入反应的初始条件非常重要,要利用微生物进行快速分解有机物,需要好氧性细菌有较高的密度和稳定性,因此,分析堆肥过程中微生物尤其是细菌总数的变化,对于了解堆肥过程具有重要意义^[3].试验采用平板计数法测定堆肥过程中活菌数的变化,因为堆肥过程温度发生很大变化,计数时本实验结合堆体的温度,采用相应的温度在培养箱中进行培养,结果如图3所示.

图3中 CFU 是 colony form unit 的缩写.3 个处理 and 对照组总菌数的变化有一共同点,总菌数出现 2 个峰.原因如下:堆肥初期接种高效复合微生物菌群,使堆料中含有大量细菌,微生物分解有机质使堆温上升,常温菌数随之增长;当温度上升到 40℃左右,常温菌受到抑制,总菌数有所下降;嗜温细菌此时慢慢增长繁殖,细

总数慢慢增长;当温度在 55℃~60℃,嗜温菌受到抑制,嗜热菌开始活跃;当温度大于 60℃,嗜热菌部分死亡或休眠,细菌总数和堆肥温度均开始下降.由此可见,高效复合微生物菌群形成了一个复杂而稳定的生态平衡系统,增强了微生物对新环境的适应能力;因此在整个堆肥过程中,细菌总数可保持相对稳定,能快速完成整个堆肥过程.

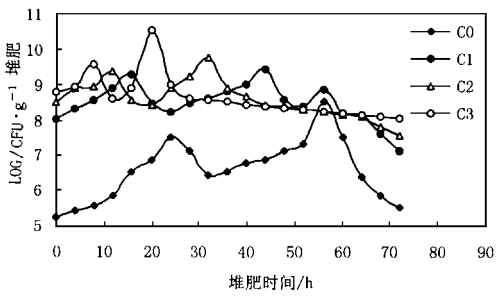


图 3 堆肥过程中微生物总数的变化

Fig.3 Total microorganisms change in composting

4 条曲线出现峰值的时间及峰值高度不尽相同,对照组第 1、第 2 次峰值出现的时间及菌数分别为 24h、 3.31×10^8 CFU/g, 60h、 3.31×10^7 CFU/g;处理 1 相应的数据为:16h、 1.78×10^9 CFU/g, 44h、 2.69×10^9 CFU/g;处理 2 相应的数据为:12h、 2.24×10^9 CFU/g, 32h、 5.37×10^9 CFU/g;处理 3 相应的数据为:8h、 3.55×10^9 CFU/g, 20h、 3.16×10^{10} CFU/g;上述数据表明接种高效复合微生物菌群,对于增加堆肥过程中细菌总数,缩短堆肥时间,效果显著.

2.3 耗氧速率

本试验采用 O₂ 测定仪测定出口氧浓度,通过耗氧速率的变化观察接种高效复合微生物菌群对堆肥系统的影响.测定结果如图4所示.

堆料中添加高效复合微生物菌群,使堆层耗氧速率增加,有机物降解加快,处理 3 达到最大耗氧率 $0.143 \text{ L} \cdot (\text{min} \cdot \text{kg})^{-1}$ 仅需 20h,而对照组 60h 才达到其最大耗氧率 $0.11 \text{ L} \cdot (\text{min} \cdot \text{kg})^{-1}$.证明接种高效复合微生物菌群使耗氧

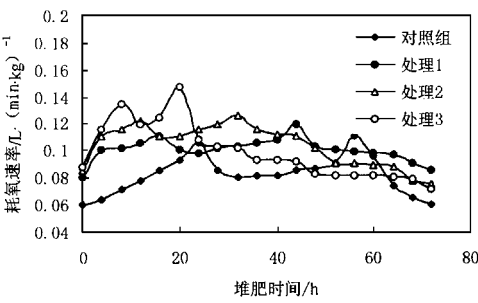


图 4 堆肥过程中耗氧速率的变化

Fig.4 Respiration rate during composting test
速率大大增加.

2.4 有机物的降解

有机物降解程度反映了堆肥过程中微生物的作用大小,衡量堆肥过程有机物的变化采用多种参数表示,本文采用重铬酸钾法测定垃圾样品中的有机物含量,试验结果如图 5 所示.

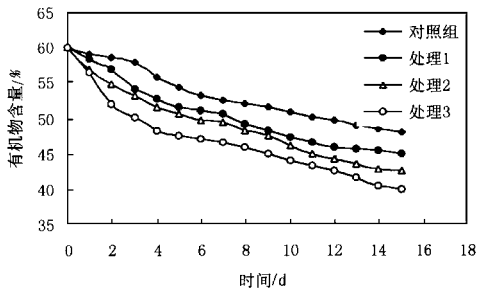


图 5 有机物在堆肥过程中的变化

Fig.5 Change of organic matter in composting

由图 5 知,降解有机物最快的为处理 3,堆肥系统 15d 有机物降解率达 33.3%;最小的为对照组,15d 有机物降解率为 20%.由此说明接种高效复合微生物菌群,可以提高堆肥中有机物的降解率.

2.5 C/N 比变化

C/N 比是堆肥系统非常关键的参数.本试验初始 C/N 比为 30,随着堆肥过程的进行,碳在微生物新陈代谢过程中约有 2/3 变成 CO₂ 被消耗掉,而氮主要用于细胞质的合成,因此堆肥过程中 C/N 比越来越小.

一般当 C/N 比小于 20 时,堆肥基本腐熟^[4].从图 6 可知:对照组、处理 1、处理 2、处理 3 堆肥系统 C/N 比低于 20 的反应时间分别为 30d、24d、18d、12d,处理 3 与对照组相比,堆肥腐熟时间缩短了 18d.

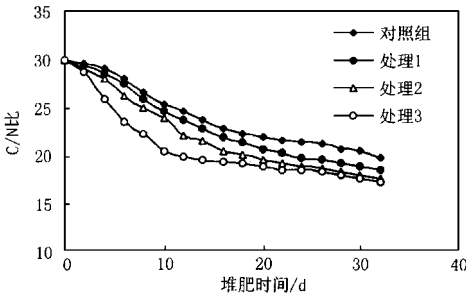


图 6 堆肥过程中 C/N 比变化

Fig.6 Change of organic C to organic N

3 结论

堆料中接种高效复合微生物菌群,增加了堆层中微生物总数,且由于复合微生物菌群各菌种之间相互协同作用,生成抗氧化物质,形成复杂而稳定的生态系统,使堆层中的微生物迅速繁殖,并维持在相对稳定的较高水平上.与对照组相比,接种高效复合微生物菌群堆肥系统,可以迅速分解堆料中的有机物,从而加速堆肥过程,使堆肥腐熟时间从对照组 30d 左右,缩短到 12d.因此,利用生活垃圾和污泥作为原材料,接种高效复合微生物菌群进行堆肥,是固体废物资源化的一条有效途径.

参考文献:

- 1 李国学,张福锁. 固体废物堆肥化与有机复混肥生产. 北京:化学工业出版社,2000.184~185.
- 2 倪永珍,李维炯. EM 技术应用研究. 北京:中国农业大学出版社. 1998.24~32.
- 3 Tuomela et al. Biodegradation of lignin in a compost environment a review. Bioresource Technology, 2000, 72: 169~183.
- 4 Kapetanios E G. Compost production from greek domestic refuse. Bioresource Technology, 1993, 44:13~16.