

复合微生物菌剂对污泥堆肥的作用效果研究

张陇利 刘青 徐智 梁丽娜 李季*

(中国农业大学资源与环境学院,北京 100094)

摘要 为了研究复合微生物菌剂对污泥堆肥的作用效果,以消化污泥、锯末和回流堆肥为原料,接种不同剂量(0、0.2%、0.5%)的复合微生物菌剂进行室外露天堆肥,分析了温度、含水率、pH值、全碳(TC)、全氮(TN)、种子发芽指数(germination index,GI)的动态变化,结果表明:各堆体温度保持在50℃以上的时间均超过7d,满足堆肥卫生标准;接种复合微生物菌剂的堆体升温速率和温度最高值均大于未接种堆体,接种复合微生物菌剂有利于增加堆体水分散失量,加快堆体有机质降解速度,降低堆体氮的损失量,提高GI值;其中微生物菌剂接种量为0.5%的堆体,接种处理对水分散失、氮损失的控制和GI值的增加效果较明显。

关键词 污泥 复合微生物菌剂 堆肥

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2008)02-0266-04

Research on effect of compound microbial inoculant on sewage sludge composting

Zhang Longli Liu Qing Xu Zhi Liang Lina Li Ji

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract The effect of compound microbial inoculant was researched in the aerobic composting process by using sewage sludge, sawdust and recycled compost as the major raw materials. The dynamic changes of temperature, moisture, pH value, total carbon and nitrogen, and the germination index were reported. The results showed that the duration of high temperature of 50℃ and 55℃ all exceeded 7 days and the compost conformed to the sanitary standard of the aerobic composting. The temperature rising rate and the maximum temperature of those treatments with inoculation were higher than that of those treatments without inoculation and the inoculation treatments had been proved effective in the reduction of the moisture, accelerating the decomposing of organic matters, decreasing the nitrogen loss, and improvement of the composting maturity. The treatment of inoculating 0.5% was more effective than others.

Key words sewage sludge; compound microbial inoculant; composting

复合微生物制剂是由两种或多种微生物按合适比例共同培养,充分发挥群体的联合作用优势,取得较佳应用效果的一种微生物制剂^[1],由于具有见效快、投资少、操作简单、不造成二次污染等优点,现已广泛应用于农业、工业、医药和环保等各个领域。大量研究表明^[2-4],复合微生物菌剂在水污染治理、生物除臭、土壤生物修复等方面均具有一定的促进作用。而目前在污泥堆肥研究中,对复合微生物菌剂作用的研究较少,效果仍存在争议。

污泥堆肥化处理是目前污泥处理的主要方式,传统堆肥法通常都采用增加营养和改善环境条件的方法,利用堆肥原料中的土著微生物来降解有机物,存在发酵时间长、产生臭味且肥效低等问题^[5]。从理论上而言^[6],在堆肥过程中人为接种分解能力强的外源微生物,提高有效微生物总数,缓解传统堆肥

存在的问题,加速腐熟是可行的。本试验就是在此基础上,采用不同的物料配比和复合菌剂接种剂量,研究接种复合微生物菌剂对污泥堆肥的作用效果。

1 材料与方法

1.1 堆肥材料

本试验以污泥为堆肥基质,锯末和回料堆肥物料为辅料。污泥取自北京市海淀区肖家河污水处理厂,锯末取自北京市海淀区上庄木器厂,回流堆肥物

基金项目:北京市生态学重点学科(XK10019440);北京都市农业学科群建设项目(XK100190553);广东省农业攻关项目资助(2006A20302001)

收稿日期:2007-08-24; **修订日期:**2007-10-18

作者简介:张陇利(1984~),男,硕士研究生,主要研究方向:固体废物处理。E-mail: bluesky5422@163.com

* 通讯联系人, E-mail: lij@cau.edu.cn

料为本实验室生产(消化污泥+锯末堆置 30 d 而成)。试验所采用物料的物化性质见表 1。

1.2 接种菌剂

试验接种菌剂为本实验室研制的 VT 复合微生物制剂,主要由乳酸菌、酵母菌、放线菌和丝状真菌这 4 类微生物近 10 个菌株构成,是一种用于有机废弃物堆肥发酵的复合微生物菌剂^[7]。

表 1 污泥和辅料的物化性质

Table 1 Physical and chemical properties of sewage sludge and bulking agents

物 料	全碳(g/kg)	全氮(g/kg)	含水率(%)
污泥	253.01	46.40	75
锯末	470.86	6.07	30
回流堆肥	374.41	24.44	38

1.3 试验设计

本试验共设 6 个堆体,具体物料配比和接种剂量见表 2。物料混合均匀后,将复合菌剂按照试验设计中的剂量均匀喷洒于物料上,堆制成 1.5 m×1 m×1.2 m 的梯形堆体,堆肥开始时调节含水率为 55%,C/N 比为 20 左右,采用室外露天堆肥,实行翻堆通气,当堆体温度超过 65℃时翻堆,当堆体温度低于 65℃时,间隔 2 d 翻堆。堆肥时间为 2007 年 4 月 23 日~5 月 13 日,共计 21 d。

表 2 不同物料配比和接种剂量的实验方案

Table 2 Experimental scheme of different raw materials and inoculation dose

堆体编号	物料配比	VT 菌剂接种量(%)
D-1	污泥:锯末=5:4	0
D-2	污泥:锯末=5:4	0.2
D-3	污泥:锯末=5:4	0.5
D-4	污泥:锯末:回流堆肥=1:0.9:0.3	0
D-5	污泥:锯末:回流堆肥=1:0.9:0.3	0.2
D-6	污泥:锯末:回流堆肥=1:0.9:0.3	0.5

1.4 试验方法

1.4.1 取样方法

采样时间为堆肥第 1、3、7、14 和 21 d。样品重量控制在 200~300 g,分成 2 份,一份为鲜样,贮存在 4℃冰箱中,用于含水率的测定及浸提液的提取;另一份样品置于阴凉处风干,过筛贮存备用。

1.4.2 分析方法

堆体温度每天 9:00 和 15:00 各监测 1 次,采用多点测量取平均值的方法,同时监测环境温度变化。堆肥样品的物理化学指标分析方法参见文献[8],生物学指标发芽指数(GI)的测定:固液比 1:10(W/V),振荡 1 h 后过滤,取上清液 5 mL 于培养皿中的

滤纸上,用 10 颗黄瓜种子(千秋三号)在 30℃下培养 48 h 测定发芽率和根长,以公式计算 GI^[9]。

2 结果与分析

2.1 温度的变化

堆体温度可直接反映堆肥中微生物的活动状况,也是反映发酵是否正常的最直接、最敏感的指标,堆肥的温度变化决定了堆肥进程是否顺利以及其腐熟的程度。本试验中堆体温度变化(图 1)均经历了 3 个阶段:升温期、高温期和降温期。在升温期,堆肥堆制 36 h 后堆体温度均已达到了 50℃,而且 D-4、D-5、D-6 温度已升高到 55℃以上,平均升温速率达到 1.64℃/h,与堆体 D-1、D-2、D-3 的平均升温速率相比提高 0.19℃/h,说明添加回流堆肥有助于堆体温度的升高。在高温期,6 个堆体保持在 50℃以上的天数均大于 7 d;一般认为,堆体温度在 50~55℃保持 5~7 d,就可以杀死堆料中的病原菌和其他有害物质,满足堆肥卫生学要求和腐熟度指标(粪便无害化标准,GB7959-87)。从堆肥的第 12 d 开始进入了降温期,到堆肥的第 20 d 时,堆体温度已经基本接近环境温度。从菌剂的作用效果分析看出,与 D-1 相比 D-2、D-3 堆体的升温速率增加了 0.04℃/h 和 0.02℃/h,最高温度多出 2.4℃和 1.2℃;D-5、D-6 与 D-4 相比,升温速率增加了 0.02℃/h 和 0.06℃/h,最高温度也多出 1.1℃和 1.7℃,说明接种复合微生物菌剂能促进堆体升温,有利于堆肥腐熟(表 3)。

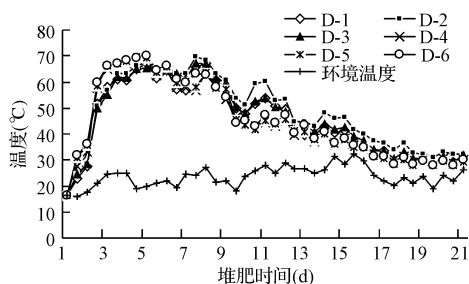


图 1 堆体温度随时间的变化

Fig. 1 Temperature changes during composting process

表 3 堆体温度变化分析

Table 3 Analysis of temperature dynamic in composting

堆体编号	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
到 50℃所需的时间(h)	36	36	36	24	24	24
升温速率(℃/h)	1.43	1.47	1.45	1.61	1.63	1.67
≥50℃持续的时间(d)	9	10	9	7	7	7
温度最高值(℃)	67.1	69.5	68.3	68.4	69.5	70.1

2.2 含水率变化

堆肥系统中,水分对于有机物的分解和微生物的生长繁殖是不可缺少的,堆肥过程中含水率一方面由于有机物的氧化分解产生水分而增加,另一方面由于通风作用以水蒸气的形式挥发而降低,含水率的变化是这两方面因素迭加的结果^[9]。试验中堆肥含水率变化曲线(图2)表明,在整个堆肥过程中含水率基本呈下降趋势,6个堆体含水率最初分别为55.96%、55.85%、56.34%、55.9%、55.91%和55.3%,到堆肥结束时分别为29.75%、28.43%、25.64%、34.66%、31.66%和26.52%,分别下降了

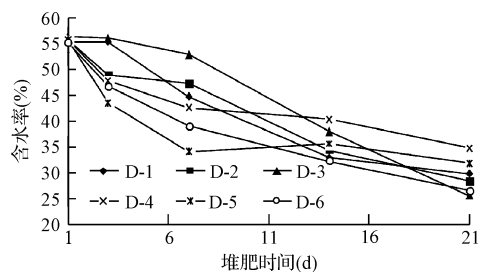


图2 堆肥含水率随时间的变化

Fig. 2 Water content changes during composting process

25.84%、27.42%、30.70%、21.24%、24.25%和28.78%。与D-1相比D-2、D-3降低了1.58和4.68个百分点,而D-5、D-6比D-4降低了3.01和7.54个百分点,说明接种复合菌剂堆肥有利于堆体水分的散失。

2.3 pH值变化

pH值是微生物生长的重要因素之一,也是反映堆肥进程的主要参数之一,过高或过低的pH值都会影响堆肥反应的正常进行。试验中堆体pH值维持在7~9之间,在堆肥微生物适应的范围内。堆肥初期,pH值随着堆肥的进行而升高,这是由于微生物分解含氮有机物产生了大量氨气和高温使有机酸挥发的结果。高温期后,堆体的pH值又随着堆肥的进行而下降,有研究指出这与 NH_4^+ 的散失有关^[10]。pH值的变化在各个堆体之间差异不明显($p < 0.05$)(图3)。

2.4 全碳变化

在堆肥系统中,不稳定的有机质在微生物的作用下分解为二氧化碳、水和矿物质,同时分解产物在微生物的作用下又重新合成新的化合物——腐殖质。随着二氧化碳的释放,有机质的含量总是减少的,图4也反映出随着堆肥的进行全碳(TC)逐渐降低的趋势。其中D-1、D-2、D-3下降的趋势较为明

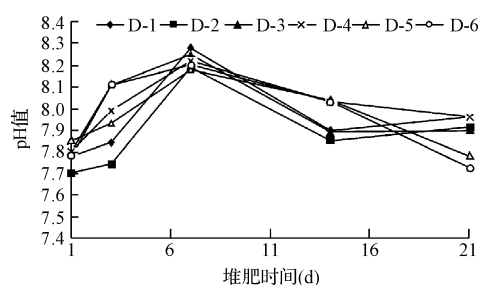


图3 堆肥pH值随时间的变化

Fig. 3 pH change during composting process

显,从堆肥初期的453.92 g/kg、456.34 g/kg和448.00 g/kg降低到401.85 g/kg、364.74 g/kg和386.02 g/kg,分别下降了52.07 g/kg、91.60 g/kg和61.97 g/kg,与D-1相比D-2、D-3下降趋势明显,经方差分析差异显著($p < 0.05$),说明接种复合菌剂有利于有机质的分解。添加回流堆肥的堆体D-4、D-5、D-6有机质下降较小,分别下降了26.95 g/kg、24.02 g/kg和22.76 g/kg,处理间差异不显著($p < 0.05$),分析原因可能是添加回流堆肥中易降解有机质相对含量已较少,因而分解趋于缓慢。

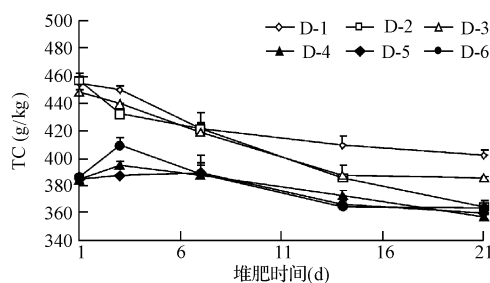


图4 堆肥全碳含量随时间的变化

Fig. 4 Total C change during composting process

2.5 全氮变化

污泥堆肥中氮含量是决定污泥农用价值的主要参数之一。本次试验中全氮(TN)含量总体上呈增加趋势(图5)。到堆肥结束时,各堆体TN含量与堆肥初期相比,分别增加了-0.46%、12.76%、36.99%、18.23%、22.73%和61.61%,通过比较发现,D-2、D-3比D-1增加了13.22和37.45个百分点,D-5、D-6比D-4增加了4.5和43.38个百分点,说明接种处理比不接种处理TN增加趋势较为明显,而且接种0.5%的堆体D-3、D-6其TN增加趋势最为明显,与其他处理差异显著($p < 0.05$),说明接种0.5%复合菌剂有利于堆肥保氮,提高了堆肥产品的质量和农用价值。

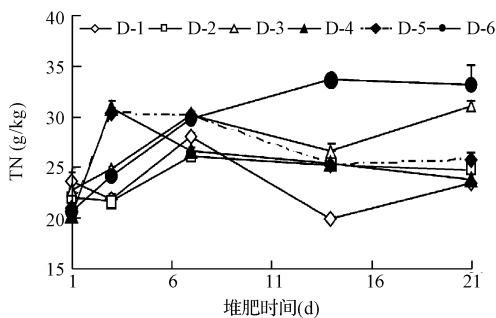


图5 堆肥全氮含量随时间的变化

Fig. 5 Total N change during composting process

2.6 发芽指数 (GI) 的变化

Zucconi 等^[11]提出用生物学的方法测定堆肥的毒性,认为当 $GI > 50\%$ 可认为堆肥基本无毒性,而 $GI > 80\%$ 堆肥就已完全腐熟,该方法已被证明是检验堆肥腐熟度的一种较直接和有效的方法。本试验中随着堆肥过程的进行,GI 基本呈上升趋势,但在堆肥的高温期第 7 d,GI 有一个明显的转折点(图 6),可能是高温期微生物降解有机物产生的 NH_4^+-N 和有机酸等物质对种子发芽产生了一定的抑制作用,这与 Zucconi 等^[11]的结果是一致的。李承强等^[9]的研究也已证明了化学参数 NH_4^+-N 的变化与生物学参数 GI 间具有较好的负相关性。6 个堆体的 GI 在堆肥初期分别为 42.85%、42.0%、43.3%、43.22%、41.51% 和 42.24%,到堆肥结束时,GI 分别增加为 70.21%、71.26%、73.67%、64.89%、73.62% 和 75.83%,都大于 50%,但小于 80%,因此可以推断试验中各堆体基本已无毒性,但尚未腐熟,需要进行二次发酵,达到彻底腐熟。与不接种复合菌剂的堆体 D-1 和 D-4 相比,接种菌剂的堆体 D-2、D-3 和 D-5、D-6 的 GI 分别增加了 1.05、3.46 和

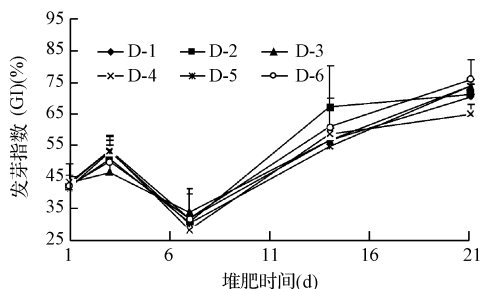


图6 堆肥发芽指数的变化

Fig. 6 Changes of germination index during composting process

8.73、10.94 个百分点,各处理间差异显著 ($p < 0.05$),因此可以认为接种复合菌剂有益种子发芽,加快了堆肥的腐熟。

3 结 论

(1)以消化污泥为堆肥基质,锯末和回流堆肥为辅料,接种不同剂量的复合菌剂进行室外露天堆肥,各堆体温度在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上均保持了 7 d 以上,满足堆肥卫生标准,GI 值在 50% ~ 80% 之间,堆肥基本已无毒性。

(2)添加复合微生物菌剂的堆体,升温速率和温度最高值均大于不添加菌剂的堆体,同时接种堆体增加了堆体水分散失量和有机质降解速度,控制了堆体氮的损失,提高了 GI 值。其中微生物菌剂接种量为 0.5% 的堆体,接种处理对增加堆体水分散失量,减少堆肥过程中氮的损失,增加 GI 值效果较明显。

参 考 文 献

- [1] 杨艳红,王伯初,时兰春,等.复合微生物制剂的综合利用研究进展.重庆大学学报,2003,2(6):81~85
- [2] 孟范平.系统评价 EM 菌液在生活污水处理中的应用效果.城市环境与城市生态,1999,12(5):4~7
- [3] 丁雪梅,李维炯,李南华,等.BM 微生物制剂在垃圾处理中除臭抑蝇的作用.城市管理与科技,2003,5(2):71~73
- [4] 常志州,何加骏,Weaver R. W. 两种土壤上接种微生物对提高石油降解率的影响.农业环境保护,1998,17(1):15~17,33
- [5] 席北斗,刘鸿亮,黄国和.复合微生物菌剂强化堆肥技术研究.环境污染与防治,2003,25(5):262~264
- [6] 陈华葵.微生物学.北京:农业出版社,1979
- [7] 胡菊,秦莉,吕振宇,等.VT 菌剂接种堆肥的作用效果及生物效应.农业环境科学学报,2006,25(增刊):604~608
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析.北京:中国农业出版社,2000
- [9] 李承强,魏源送,樊耀波.不同填充料污泥好氧堆肥的性质变化及腐熟度.环境科学,2001,22(3):60~65
- [10] Emeterio iglesias Jimenez, Vicor Perez Garcia. Composting of domestic refuse and sewage sludge. I. Evolution of temperature, pH, C/N ratio and cation-exchange capacity. Resource, Conservation and Recycling, 1991, 6(1): 45~60
- [11] Zucconi F., Pera A., Forte M., et al. Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle, 1981, 22:54~57