

低温型复合发酵菌剂接种鸡粪堆肥的效应

张翠绵 贾楠 胡栋 彭杰丽 王占武*

(河北省农林科学院遗传生理研究所,河北省植物转基因研究中心重点实验室,石家庄 050051)

摘要 以鲜鸡粪为主要材料,进行了低温启动型复合发酵菌剂在低温环境下的堆肥发酵试验,研究分析了发酵过程堆肥的温度、水分、pH值、C/N、灰分、 NH_4^+ -N和有机质含量的变化。结果表明:在15℃条件下,研制的发酵菌剂可使鸡粪堆肥在24h内启动发酵,提早启动2d以上,堆温达到50℃以上的时间提前5d左右,维持55℃以上高温达到14d,低温启动效果明显,且堆温较高;可加快堆肥物料水分的挥发,降低C/N比,发酵15d后种子发芽指数达到80.4%,比对照提前12d,发酵进程显著加快;虽然堆肥有机质的损失率略高于对照,但全氮的损失率却低于对照,堆肥铵态氮的含量提高70.2%,保氮效果显著。

关键词 低温发酵;复合发酵菌剂;堆肥

中图分类号 X713 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2016)10-5881-05 DOI 10.12030/j.cjee.201602071

Fermentation effects of chicken manure inoculating with compound inoculants of low temperature character

ZHANG Cuimian JIA Nan HU Dong PENG Jieli WANG Zhanwu*

(Plant Genetic Engineering Center of Hebei Province, Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract With fresh chicken manure as the main material, a compost fermentation test was carried out in a low temperature environment with a cold start using composite fermentation inoculants. The dynamics of composting temperature, moisture, pH value, C/N, ash content, NH_4^+ -N, and organic matter content were analyzed during the fermentation process. Results showed that the inoculants initiated fermentation within 24 h at 15 °C, which was 2 d earlier in comparison with the control. As a result, the experimental compost temperature reached 50 °C 5 d earlier and continued to be over 55 °C throughout the 14 d period. This rapid fermentation accelerated water volatilization and reduced the ratio of C/N. The seed germination index reached 80.4% after 15 d fermentation. This was 12 d earlier than the control. Though the process caused a slightly higher loss of organic matter, the total nitrogen loss was reduced while ammonium nitrogen content increased by 70.2%, thus indicating a remarkable nitrogen preserving effect.

Key words low temperature fermentation; compound fermentation inoculants; manure compost

堆肥化是畜禽粪便无害化和资源利用的主要方法之一。随着养殖业向规模化和集约化发展,畜禽粪便的产生出现量大集中的特点,靠传统的堆肥还田方式很难实现就地消纳,给周边环境造成了巨大压力,因此,将畜禽粪便转化为商品有机肥或更高价值的生物有机肥,扩大转化产品的流通使用范围,成为缓解这一问题的有效途径,这也催生了有机类肥料及与之相关的新兴产业,急需围绕有机肥的规模

化、规范化和标准化生产,研制新技术与新设备。在我国北方地区,冬季环境温度低,堆肥发酵启动慢,出现发酵周期长,发酵不均匀,有机肥质量不稳定等问题,成为制约产业健康发展的瓶颈。研究表明,在堆肥过程中接种腐熟微生物菌剂,可加快物料的腐熟分解,缩短发酵时间,提高产品肥效^[1-5]。目前市场上的有机物料发酵菌剂多由中温型菌株组成,适于在环境温度20℃以上应用。为此,本团队研制出

基金项目:国家科技支撑计划(2012BAD14B07-06);河北省现代农业产业技术体系(HBCT2013070201)

收稿日期:2016-02-21;修订日期:2016-04-29

作者简介:张翠绵(1969—),女,本科,副研究员,研究方向:农畜废弃物资源化。E-mail:zhangcuimian@126.com

* 通讯联系人,E-mail:zhanwu@126.com

了一种低温启动型复合发酵菌剂,可在 15 ℃ 环境条件下启动发酵,明显提高低温环境下的发酵效率,缩短发酵周期。

本文以鸡粪为主要实验材料,进行了低温条件下接种该菌剂的发酵实验,研究分析了堆肥过程发酵物料理化性质的变化,明确了该菌剂的堆肥效应,为合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鲜鸡粪、玉米秸秆、菌渣等堆肥材料取自石家庄金太阳生物有机肥厂,原料性质见表 1。低温启动型复合发酵菌剂由本实验室研制并提供。油菜种子为绿油一号。

表 1 堆肥原料的基本性质

Table 1 Basic characteristics of composting materials

原料	含水率/ %	pH 值	总有机碳/ %	总氮/ %	总磷/ %	总钾/ %
鸡粪	61.25	8.01	25.12	2.01	1.57	2.51
玉米秸秆	6.83	6.84	43.15	0.82	0.02	1.13
菌渣	39.32	6.11	18.47	2.35	0.61	1.24

1.2 堆置设计

鸡粪 3 m³,加入粉碎的玉米秸秆和菌渣各 15%,混合均匀,调节物料水分含量 55% 左右。称取物料总质量 0.3% 的复合发酵菌剂(菌剂活菌数量为 1.2 × 10⁹ cfu · g⁻¹),为方便菌剂与物料掺拌均匀,预先加 10 倍量的玉米秸秆粉与菌剂混合搅拌进行稀释。用批量搅拌机将混合物料搅拌均匀,堆成宽高各一米的长条堆^[6]。

实验设 3 个处理:处理 1,鸡粪 + 复合发酵菌剂;处理 2,鸡粪 + 复合发酵菌剂灭菌基质;处理 3 为对照,不加复合发酵菌剂。当堆体温度达到 50 ℃ 后进行第 1 次翻堆,使物料均匀,透气通氧。以后根据堆温情况,进行翻堆搅拌,其他措施保持一致。

1.3 取样方法

在堆肥发酵过程中,每 3 d 进行一次采样,取样深度分别为距堆体顶部 20、40 和 60 cm 处,各层均采用五点采样法,各取 250 g,混匀后保存于 4 ℃ 冰箱中,用于测定理化指标。

1.4 测试指标及方法

1.4.1 测试指标

堆肥过程物料温度、水分、NH₄⁺-N 及 pH 的变

化,发酵初始及腐熟后堆肥有机质、全氮、全磷、全钾、C/N、灰分等含量的变化,发酵物料浸提液对种子发芽的影响等。

1.4.2 测定方法

1) 温度用温度计法,每天 9:00 和 16:00 测定并记录距堆体顶部 20、40 和 60 cm 处堆肥温度,取平均值。当堆温升到 50 ℃ 时,翻堆 1 次,同时测定环境温度。

2) 含水率:采用重量法^[7]测定。

3) pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾测定方法均参照文献[8]。

4) 灰分含量:采用减重法^[9]。

5) 铵态氮测定采用氯化钾浸提法^[10]。

6) 种子发芽指数的测定方法参考文献[11]。

1.5 数据处理

用 Microsoft Excel 2003 进行数据分析,显著性分析采用 SPSS16.0 软件进行。

2 结果与讨论

2.1 堆肥过程物料温度的变化

有机堆肥为好氧发酵过程,期间会产生生物热,因此堆肥温度的变化可反映堆肥的发酵状态^[12]。

由图 1 可见,在环境温度 15 ℃ 条件下,处理 1 发酵启动最快,24 h 后堆温达到 40 ℃,比处理 2 和 3 高 14 ℃ 左右,第 3 天达到 55 ℃,保持 55 ℃ 以上高温达 14 d。翻堆后,堆温会略有下降,但随后温度会迅速回升。处理 2、3 堆温上升缓慢,到第 8 天时温度达到最高,仅有 50 ℃,到第 10 天时堆温开始下降。在发酵后期,各处理堆温的差异逐渐缩小。可见,采用该发酵菌剂,可以明显缩短在低温环境下的发酵启动时间,加快堆肥发酵进程,主要原因是该发酵菌剂中的微生物能在低温环境下繁殖生长,同时

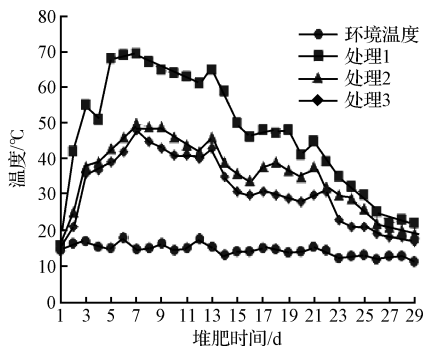


图 1 堆肥过程温度变化

Fig. 1 Variation of temperature during composting process

分泌产生大量的蛋白酶、纤维素酶等分解酶类,加快了物料的腐熟分解,释放产生的生物热使堆温升高并保持较长的时间,有利于灭杀虫卵、致病菌和草籽等有害生物。多次检测表明,采用该菌剂发酵生产的有机肥均符合《粪便无害化卫生标准》^[13]规定。

2.2 堆肥过程物料水分的变化

含水率的变化是评价堆肥进程的重要指标之一。

由图 2 可见,随着发酵时间的延长,各处理物料的含水量逐渐下降,3 d 后处理 1 的含水量较其他 2 个处理多下降 5 个百分点以上,到 29 d 时处理 1 的含水率为 24%,分别减少了 8 和 12 个百分点,这与接种该发酵菌剂后,料堆升温快,温度高,利于水分挥发有关。

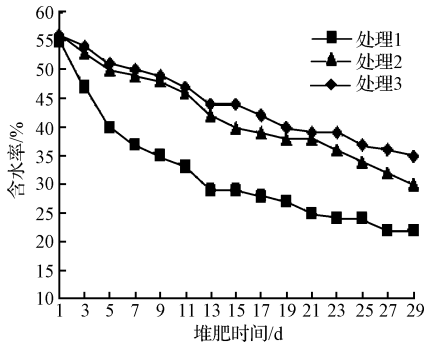


图 2 堆肥过程水分的变化

Fig. 2 Variation of water content during composting process

2.3 堆肥过程物料 pH 值的变化

物料酸碱度是影响微生物生命活动的重要因素之一^[14]。

由图 3 可见,在堆肥初期(0~5 d),接种复合发酵菌剂后,物料 pH 值下降明显,可能由于产酸菌的发酵活动,使物料中的有机质转化为部分有机酸,使堆料 pH 值下降,这对抑制氨的产生,减少氮素损失是有利的。随着堆温的升高,有机酸挥发或被利用,原料中的蛋白质类有机物被分解矿化,产生少量氨气,使 pH 值回升。在堆肥后期,堆温下降,各处理的 pH 值下降缓慢并趋于稳定,基本稳定在 8.0~8.4 之间,符合腐熟堆肥 pH 值标准^[15]。

2.4 堆肥过程物料铵态氮的变化

在堆肥过程,物料中的有机氮会被微生物分解,转化为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$,表现为物料中的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度升高(见图 4)。

第 5 天时处理 1 的铵态氮浓度达到最高值,比其

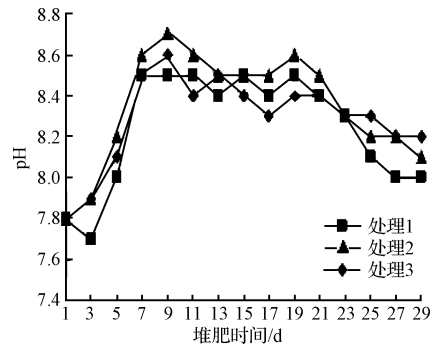


图 3 堆肥过程 pH 的变化

Fig. 3 Variation of pH values during composting process

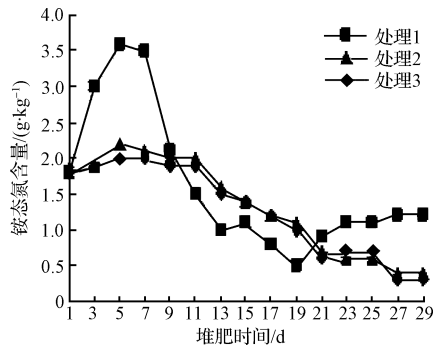


图 4 堆肥过程中铵态氮的变化

Fig. 4 Variation of $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ during composting process

他 2 个处理高 90% 以上,说明发酵剂组成菌有较强的蛋白质分解能力,并能将分解产生的氨基酸、多肽等快速转化为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 。随着发酵的进程,物料温度、酸碱度和物料成分都发生了较大变化,也使微生物群落结构不断变化,随之而出现了 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 被利用和再产生的现象。到堆肥后期,处理 1 的总氮和铵态氮含量都高于其他 2 个处理,其中铵态氮分别高 67.1% 和 70.2%,说明复合发酵菌剂有一定的保氮效应。

2.5 堆肥过程灰分含量的变化

堆肥过程中,有机物被分解,灰分含量会相应提高^[13],因此物料中灰分含量的变化也可用于指示堆肥的发酵进程。

由图 5 可见,在堆肥过程中,处理 1 的灰分含量上升较快,从最初的 30.15% 上升到第 29 天时的 41.56%,而其他 2 个处理灰分含量上升平缓,由最初的 30.15% 上升到第 29 天时的 36.14%,再次说明添加复合发酵菌剂后,加快了物料的分解发酵。

2.6 种子发芽实验

种子发芽指数是检验堆肥腐熟度的有效指标^[15-16]。

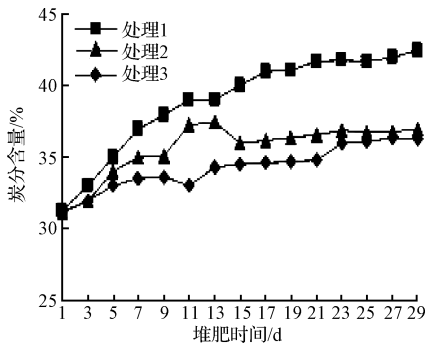


图5 堆肥过程中灰分含量的变化

Fig. 5 Variation of ash content during composting process

由图6可见,在堆制初期,种子发芽指数为30%~40%,随着堆肥时间的延长,各处理物料对种子发芽的抑制作用都逐渐减弱,处理1明显快于其他2个处理,至第15天时发芽指数已达80.4%,而处理2、3的发芽指数分别为70%和65%,到第25天、27天,处理2、3的发芽指数才达到80%。可见,接种复合发酵菌剂可使发酵物料提前10~12 d进入腐熟期,明显缩短发酵周期。

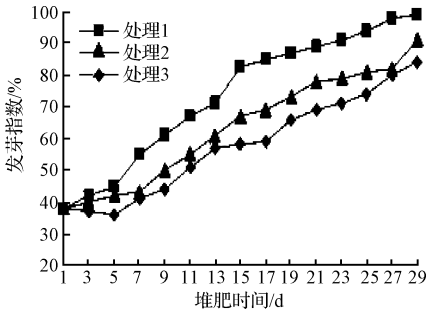


图6 堆肥过程GI的变化

Fig. 6 Changes of GI during composting process

2.7 堆肥过程 C/N 的变化

适宜的碳氮比不仅可以促进微生物生长、繁殖,还利于碳、氮的固定,减少温室气体的产生。固态碳氮比可以作为传统堆肥腐熟的指标之一^[17]。

由图7可见,各处理随着堆制时间延长,C/N呈降低趋势,这与马迪^[17]的报道一致。该实验到第15 d时,处理1的C/N从开始的26降到最后的16.1,降低幅度达38.1%,处理2、3下降幅度分别为20%和14.6%,处理1与其他2个处理比较差异显著($P \leq 0.05$),说明使用复合发酵菌剂后,加速了有机碳的消耗,相对降低了氮素的损失。

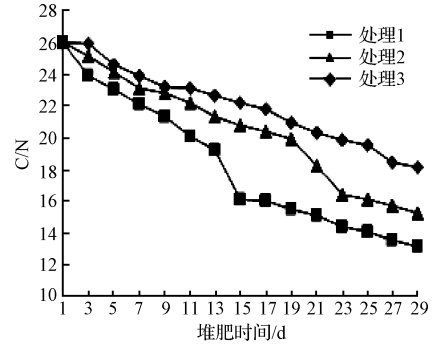


图7 堆肥过程中 C/N 的变化

Fig. 7 Changes of C/N during composting process

2.8 发酵前后物料养分的变化

由表2可见,鸡粪发酵后有机质和全氮含量有所下降,全磷、全钾相对含量增加,堆肥结束时,3个处理的有机质含量分别减少3.1、1.8和1.8百分点,这与张勇学等^[18]的研究结果一致。该现象的发生主要是微生物的发酵呼吸,产生了小分子碳氮化合物并溢出了堆体。

3 结论

1) 研制的低温启动型复合发酵菌剂在15℃条件下可使鸡粪堆肥在24 h内启动发酵,提早启动2 d以上,达到50℃以上高温的时间提前5 d左右,维持55℃以上高温达到14 d,低温启动效果明显,且堆温较高。

2) 低温启动型复合发酵菌剂可加快堆肥物料水分的挥发,降低C/N比,发酵15 d后种子发芽指

表2 不同处理堆肥养分的变化

Table 2 Change of compost nutrients in different treatments

%

处理	发酵前				发酵后			
	有机质	全氮	全磷	全钾	有机质	全氮	全磷	全钾
处理1	35.3	1.85	0.84	0.91	32.2	1.49	0.95	1
处理2	35.3	1.85	0.84	0.91	33.5	1.46	0.92	0.98
处理3	35.3	1.85	0.84	0.91	33.5	1.45	0.91	0.98

数达到 80.4%, 比对照提前 12 d, 显著加快发酵进程。

3) 接种低温启动型复合发酵菌剂可加快堆肥发酵, 有机质的损失略高于对照, 但全氮损失少, 铵态氮含量提高 70.2%, 保氮效果显著, 利于保持肥效, 减少温室气体的产生。

研制的低温启动型发酵菌剂在规模有机肥厂进行了大量应用, 均表现出了发酵启动快, 发酵温度高, 发酵周期短的特性, 明显提高发酵速率, 且转化的发酵有机肥促生效果明显。有关该发酵菌剂对堆肥过程微生物区系的影响, 以及发酵有机肥对土壤和植物根际微生物多样性、对功能微生物区系结构的影响等研究工作正在进行中。

参 考 文 献

[1] 张宁, 伍玉鹏, 王冲, 等. 添加无机养分对高温堆肥化的影响. 土壤通报, **2012**, 43(4): 910-915
ZHANG Ning, WU Yupeng, WANG Chong, et al. Effect of adding inorganic nutrition on high-temperature compost. Chinese Journal of Soil Science, **2012**, 43(4): 910-915 (in Chinese)

[2] 刘志刚, 邱忠平, 付春霞, 等. 畜禽废弃物堆肥化研究进展. 江苏农业科学, **2013**, 41(2): 366-369
LIU Zhigang, QIU Zhongping, FU Chunxia, et al. Research progress of livestock and poultry waste composting. Jiangsu Agricultural Sciences, **2013**, 41(2): 366-369 (in Chinese)

[3] 鲍艳宇, 周启星, 颜丽, 等. 畜禽粪便堆肥过程中各种氮化合物的动态变化及腐熟度评价指标. 应用生态学报, **2008**, 19(2): 374-380
BAO Yanyu, ZHOU Qixing, YAN Li, et al. Dynamic changes of nitrogen forms in livestock manure during composting and relevant evaluation indices of compost maturity. Chinese Journal of Applied Ecology, **2008**, 19(2): 374-380 (in Chinese)

[4] 张琴, 张隄利, 魏晓明, 等. 复合菌剂接种鸡粪堆肥的效应研究. 农业环境科学学报, **2007**, 26(5): 1963-1967
ZHANG Qin, ZHANG Longli, WEI Xiaoming, et al. Effects of microbe consortium inoculation on chicken manure composting. Journal of Agro-Environment Science, **2007**, 26(5): 1963-1967 (in Chinese)

[5] 胡春明, 姚波, 席北斗, 等. 堆肥复合功能菌剂的优化组合研究. 环境科学研究, **2010**, 23(8): 1039-1043
HU Chunming, YAO Bo, XI Beidou, et al. Study on optimized combination of complex functional bacteria in compost. Research of Environmental Sciences, **2010**, 23(8): 1039-1043 (in Chinese)

[6] 郝萃政. 寒区条垛式和槽式堆肥过程的比较. 大庆: 黑龙江八一农垦大学硕士学位论文, **2014**
HAO Cuizheng. Process of windrow and trough type com-

posting in cold region. Daqing: Master Dissertation of Heilongjiang Bayi Agricultural University, **2014** (in Chinese)

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社, **2000**

[8] 中华人民共和国农业部. NY 525-2012 有机肥料. 北京: 中国农业出版社, **2012**

[9] 徐静安. 化学测定方法. 北京: 化学工业出版社, **1994**: 28-55

[10] 任顺荣, 邵玉翠. 畜禽废弃物堆肥化过程中的腐熟度评价方法. 天津农业科学, **2005**, 11(3): 34-36
REN Shunrong, SHAO Yucui. Maturity evaluation method of compost in the progress of animal waste composting. Tianjin Agricultural Sciences, **2005**, 11(3): 34-36 (in Chinese)

[11] 鲍艳宇, 陈佳广, 颜丽, 等. 堆肥过程中基本条件的控制. 土壤通报, **2006**, 37(1): 164-169
BAO Yanyu, CHEN Jiaguang, YAN Li, et al. Fundamental conditions of composting. Chinese Journal of Soil Science, **2006**, 37(1): 164-169 (in Chinese)

[12] 李国学, 李玉春, 李彦富. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展. 农业环境科学学报, **2003**, 22(2): 252-256
LI Guoxue, LI Yuchun, LI Yanfu. Advance on composting of solid waste and utilization of additives. Journal of Agro-Environmental Science, **2003**, 22(2): 252-256 (in Chinese)

[13] 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**

[14] 黄国锋, 钟流举, 张振钿, 等. 有机固体废物堆肥的物质变化及腐熟度评价. 应用生态学报, **2003**, 14(5): 813-818
HUANG Guofeng, ZHONG Liuju, ZHANG Zhentian, et al. Physicochemical changes and maturity evaluation of solid organic waste compost. Chinese Journal of Applied Ecology, **2003**, 14(5): 813-818 (in Chinese)

[15] MATHUR S. P., OWEN G., DINEL H., et al. Determination of compost biomaturity. I. Literature review. Biological Agriculture & Horticulture, **1993**, 10(2): 65-85

[16] ZUCCONI F., PERA A., FORTE M., et al. Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle, **1981**, 22(2): 54-57

[17] 马迪, 赵兰坡. 禽畜粪便堆肥化过程中碳氮比的变化研究. 中国农学通报, **2010**, 26(14): 193-197
MA Di, ZHAO Lanpo. A Research of carbon-nitrogen ratio variation during animal manure composting. Chinese Agricultural Science Bulletin, **2010**, 26(14): 193-197 (in Chinese)

[18] 张勇学, 徐凤花, 李佳, 等. 低温下不同发酵剂对牛粪与鸡粪混合堆肥养分变化的影响. 中国土壤与肥料, **2010**(3): 58-61
ZHANG Yongxue, XU Fenghua, LI Jia, et al. Effects of different ferments under low temperature to the nutrients of cow dung and chicken manure mixed compost. Soil and Fertilizer Sciences in China, **2010**(3): 58-61 (in Chinese)