

不同微生物菌剂对猪粪堆肥效果的影响

辛世杰¹, 李 剑¹, 王 涛², 李玉奇³, 奥岩松¹

(1. 上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240; 2. 上海多利农业发展有限公司, 上海 201311;

3. 襄樊学院 化学工程与食品科学学院, 湖北 襄樊 441053)

摘 要:将猪粪与水稻秸秆按一定比例混合(调节原料 C/N 在 20~30 之间), 然后接种 3 种不同的微生物菌剂(EM 菌种、群林菌剂、采禾菌剂)进行好氧堆肥, 通过分析不同处理堆肥过程中温度、pH、含水率变化及堆肥前后全氮、硝态氮、氨态氮、速效磷、速效钾、有机质、C/N、T 值、E4/E6 等指标来研究不同微生物菌剂对猪粪堆肥效果的影响。结果表明: 3 种微生物菌剂均能促进堆肥的腐熟; 与对照相比, 3 种微生物菌剂均有利于促进堆体迅速升温及提高堆体 pH, 其中 CH 菌剂升温效果最显著, QL 处理 pH 上升最快; 堆肥结束时 CH 处理含水量最低; 3 种微生物菌剂均能够减少堆肥过程氮素的损失, CH 菌剂保氮效果最显著; 与对照相比, CH 处理速效钾含量增加, 其它 2 个处理含量减少; 3 个处理速效磷含量均增加, 但三者之间差异不显著; 有机质含量均有提高, 但 QL、CH 处理与对照差异显著, EM 处理差异不显著; 3 种菌剂处理堆肥 C/N、T 值、E4/E6 均有降低, 且与对照差异显著。综合而言, 3 种微生物菌剂中 CH 菌剂处理效果最佳, 能够显著加速堆肥进程。

关键词:猪粪; 好氧堆肥; 微生物菌剂

中图分类号:S 606⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)23-0141-04

随着我国规模养殖技术的日益更新, 畜禽养殖业得到了迅速的发展, 但在饲养过程中产生的大量畜禽粪便已成为新的污染源。利用堆肥发酵使污染环境的畜禽粪便转化成高效的有机商品肥, 是畜禽粪便无害化、资源化处理的有效方法^[1]。但是传统堆肥方法, 处理工艺落后, 劳动强度大, 已经不适合现代农业的发展^[2], 高温好氧快速堆肥成为处理畜禽粪便的最佳途径^[3]。接种高效微生物菌剂, 不仅能大大缩短堆肥时间, 也有利于堆肥养分的保持, 有些微生物还能起到治理堆肥污染物的作用^[4]。目前我国生产生物有机肥的厂家逐渐增多, 其筛选的微生物菌剂也各有特色, 实际生产微生物菌剂的厂家已超过 2 000 家^[5]。该试验选取 3 个不同厂家生产的微生物菌剂进行堆肥发酵研究, 通过对堆肥温度、pH、含水率、全氮、C/N、有机质等指标进行分析, 最后对供试菌剂作出综合评价, 为筛选

堆肥效果更好的微生物菌剂提供依据, 同时为提高猪粪堆肥质量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在上海多利农业发展有限公司农场内进行。试验所用新鲜猪粪取自多利农场的养猪场, 水稻秸秆取自附近农户种植田, 秸秆用农用粉碎机粉碎成 3 cm 的片段备用。供试材料理化性质为: 猪粪含水量 73%, 全氮含量 2.82%, 全碳含量 35.15%, 碳氮比 12.46%; 水稻秸秆含水量 8%, 全氮含量 1.03%, 全碳含量 50.87%, C/N 为 49.39。

试验所用微生物制剂为安徽广宇生物技术有限公司提供的复合微生物制剂 EM 菌种(EM), 北海群林生物有限公司提供的发酵剂(QL), 北京神农采禾生物科技有限公司提供的神采肥料发酵剂(CH)。

1.2 试验方法

将预处理过的稻草秸秆和新鲜猪粪按一定的比例人工混合均匀(调节原料 C/N 在 20~30 之间), 保持其含水量在 70% 左右, 然后接种复合微生物菌剂, 每种微生物菌剂接种 50 kg 混合物料, 以堆肥量(重量比)的 5% 进行接种。混合好的原料装进塑料密封桶内(40 cm×40 cm×130 cm)密封, 以不接种任何菌剂的处理为对照(CK)。在堆肥发酵的第 0、7、14、21、28、35、42 天进行取样, 取样同时对堆体进行翻堆, 每堆取 5 个点。样品混合均匀, 四分法保留 1 kg, 带回实验室

第一作者简介: 辛世杰(1986-), 男, 在读硕士, 现主要从事有机废弃物发酵及问题土壤修复方面的研究工作。E-mail: xinshijie_1986@163.com。

责任作者: 奥岩松(1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现从事蔬菜生理及农业环境生态方面的研究工作。

基金项目: 上海市科技兴农推广资助项目[沪农科推字(2009)第 5-8 号]; 上海市科学技术委员会科技攻关专项资助项目(10391900400)。

收稿日期: 2011-09-21

风干、粉碎过 1 mm 筛,供分析。3 次重复。

1.3 项目测定

pH 参考土壤 pH 值的测定方法,样品用 0.01 mol/L 的 CaCl_2 浸提后,用电位法测定^[6];堆肥温度用温度计进行测定;水分测定参考文献^[7];水溶性有机氮采用有机碳分析仪测定;有机质采用重铬酸钾容量法测定^[7];全氮采用凯氏定氮法;全碳采用元素分析仪(Elementar Vario EL III)测定;T 值的计算: $T=(\text{某一时} \text{期堆肥 C/N 比值}/\text{初始堆肥 C/N 比值})$;水溶性 NH_4^+-N 采用纳氏比色法;水溶性 NO_3^--N 采用紫外分光光度法;E4/E6 采用分光光度计测定。

数据多重比较用 SAS 统计软件进行,数据分析和作图运用 Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 不同微生物菌剂对堆体温度的影响

由图 1 可知,各处理堆体温度变化趋势基本一致,呈先升高后降低的趋势;整个堆肥过程温度变化可大致分为 3 个阶段:升温阶段(1~11 d),高温阶段(11~19 d),降温阶段(或称后熟阶段 19~42 d)。与对照相比,EM、QL 及 CH 处理明显能够缩短堆体升温时间,3 种微生物菌剂处理堆体温度在 11 d 时即达到 50℃ 以上,而对照处理在 13 d 时温度才达到 50℃ 以上;添加微生物菌剂能够明显延长堆体高温持续时间,EM、QL 及 CH 处理堆体 55℃ 高温持续时间分别为 11、9 和 13 d,达到粪便无害化标准^[8],而对照处理堆体没有达到 55℃ 以上的高温;CH 处理在堆肥的第 7 天即达到 54.2℃,与 EM、QL 处理相比升温效果更明显。这与刘克峰等^[3]的研究结果相同。

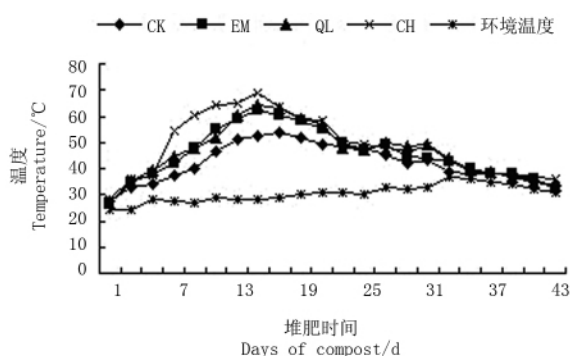


图 1 不同微生物菌剂对堆体温度的影响

Fig. 1 Effect of inoculating of different microbial agents on temperature of composting

2.2 不同微生物菌剂对堆肥 pH 的影响

由图 2 可知,堆肥过程中各处理的 pH 值总体呈上升趋势;堆肥初期上升速度最快,这是由于有机物质在微生物作用下发生矿化作用,并产生大量的 NH_3 引起的,其中 QL 处理的 pH 上升最快,在第 7 天即达到 8.1,其它 3 个处理 pH 在 7 左右;在 14~21 d, pH 出现稍微下降,可能是由于堆肥中氨气的挥发及有机酸产生引起的;堆肥后期(35 d 后),堆肥的 pH 稳定在 8~

8.4 之间。已有的研究以为腐熟无害的堆肥产品一般呈弱碱性, pH 为 8~9^[9]。适宜的 pH 可使微生物有效地发挥作用,保留堆肥中有效的氮成分,而 pH 过高或过低都会影响堆腐的效率。

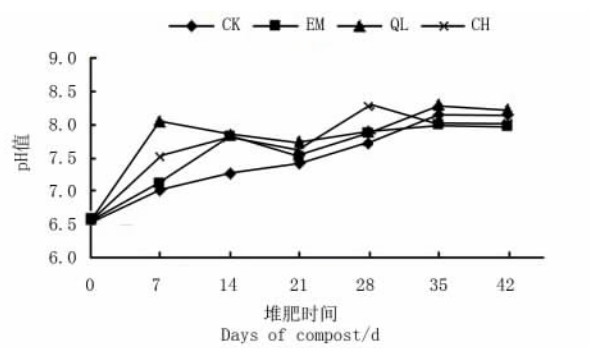


图 2 不同微生物菌剂对堆肥 pH 的影响

Fig. 2 Effect of inoculating of different microbial agents on pH of composting

2.3 不同微生物菌剂对堆肥含水率的影响

由图 3 可知,在整个堆肥过程中各菌剂处理堆体含水率均呈逐渐降低的趋势,0~21 d 堆体含水率迅速降低,21~42 d 堆肥含水率基本上保持稳定,变化幅度不大;0~21 d 时间内堆体含水率减少 25% 左右,占整个堆肥过程含水率减少总量的 80% 左右,可见整个堆肥过程中水分的减少主要发生在前期及高温期,因此如何调控堆肥高温期对于堆肥快速脱水,实现工厂化生产具有重要意义。

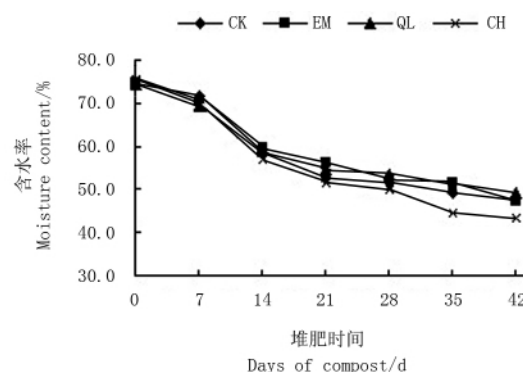


图 3 不同微生物菌剂对堆肥含水率的影响

Fig. 3 Effect of inoculating of different microbial agents on moisture content of composting

2.4 不同微生物菌剂对堆肥氮素物质的影响

堆肥过程中微生物的作用使有机物分解,产生的氨态氮或氨气挥发到空气中,从而导致氮元素的损失;另外氨态氮能够在硝化细菌等微生物的作用下转化为硝态氮;氨态氮也能够作为氮源在微生物作用下转化为稳定的有机氮即腐殖质类物质。由表 1 可知,与堆肥原料相比,各处理堆肥全氮含量均有所降低,CK 及 EM 处理下降显著,分别下降了 25.03% 和 12.38%,QL、CH 处理与堆肥起始全氮含量差异不显著。堆肥的进行使各处理硝态氮含量升高,而氨态氮含量降低;

堆肥结束时各处理硝态氮含量显著高于起始硝态氮含量,CH、QL、EM 及 CK 处理分别提高了 264%、211%、206%及 146%,同时 3 种微生物菌剂处理效果更显著,明显高于对照;CH 处理氨态氮下降幅度最大,下降了 83.83%,与对照处理差异显著;有机氮含量呈略微下降,3 种微生物菌剂处理与起始值差异不显著,CK 处理与起始值差异显著,下降了 3.82 g/kg。

表 1 不同微生物菌剂对猪粪堆肥氮素物质的影响
Table 1 Effects of different microbial agents onnitrogen-containing compounds during composting of swine manure

处理 Treatment	全氮 Total nitrogen /g · kg ⁻¹	硝态氮 NO ₃ ⁻ -N /mg · kg ⁻¹	氨态氮 NH ₄ ⁺ -N /g · kg ⁻¹	有机氮 Organic nitrogen /g · kg ⁻¹
RN	21.57±0.91 a	18.21±0.17 a	2.66±0.28 a	19.25±0.87 ab
CK	16.17±1.05 b	44.82±0.99 b	1.01±0.06 b	15.43±0.56 c
EM	18.90±0.69 c	55.90±1.47 c	0.77±0.05 bc	18.17±0.62 b
QL	19.10±0.69 ac	56.67±1.87 c	0.72±0.09 bc	18.17±0.56 b
CH	20.78±0.48 ac	66.32±1.64 d	0.43±0.06 c	19.11±0.52 a

注:RN 表示堆肥开始时原料中氮素物质的含量。每列中字母相同者表示在 0.05 水平上差异不显著。

Note:RN represents nitrogen-containing compounds content of raw material at the beginning of composting. Values followedby the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level.

2.5 不同微生物菌剂对堆肥营养成分的影响

由表 2 可知,堆肥结束时,接种微生物菌剂处理肥料中总氮含量显著高于对照($P<0.05$),且 3 种不同微生物菌剂处理之间总氮含量也存在差异,CH>QL>EM,但差异不显著,这说明接种微生物菌剂能够有效地减少堆肥过程中氮素的损失。堆肥中速效钾的含量 CH 处理最高,为 24.13 g/kg,且与对照差异显著,EM、QL 处理与对照差异不显著;EM 及 CH 处理堆肥速效磷含量均比对照高,且差异显著,QL 处理速效磷含量也高于对照,但差异不显著($P<0.05$);堆肥过程中速效磷、速效钾的提高可能是由于有机质分解后的“浓缩效应”引起的。堆肥初期原料中有机质含量为 7.03 g/kg,在发酵的过程中有机质不断被微生物分解转化,形成结构更加稳定的腐殖质类物质,堆肥结束时不同处理有机质含量如表 2 所示,可以看出 3 种微生物菌剂处理堆肥有机质含量均高于对照处理;其中,CH 处理有机质含量最高为 6.06 g/kg,有机质降解率为 13.80%;QL 处理次之,为 5.77 g/kg,二者均与对照差异显著;EM 处理有机质含量最低,且与对照差异不显著。

表 2 不同微生物菌剂对堆肥营养成分的影响
Table 2 Effects of different microbial agents on nutrient components of swine manure composting

处理 Treatment	总氮 Total nitrogen /g · kg ⁻¹	速效钾 Available potassium /g · kg ⁻¹	速效磷 Available phosphorus /g · kg ⁻¹	有机质 Organic matter /%
CK	16.17±1.05 a	23.17±0.17 a	5.84±0.07 c	55.56±0.59 a
EM	18.90±0.69 b	22.96±0.32 a	6.21±0.12 ab	57.08±0.80 ab
QL	19.10±0.69 b	22.89±0.10 a	5.90±0.19 bc	57.70±0.35 b
CH	20.78±0.48 b	24.13±0.33 b	6.31±0.04 a	60.63±0.32 c

注:每列中字母相同者表示在 0.05 水平上差异不显著。以下同。
Note:Values followed by the same letters in each column are not significantly

different at the 0.05 level. The same as below.

2.6 不同微生物菌剂对堆肥腐熟度指标的影响

堆肥的 C/N 随着发酵地进行不断降低,达到腐熟时 C/N 趋于稳定;堆肥起始 C/N 为 20.72,堆肥结束时各处理的 C/N 比如表 3 所示,可见 3 种微生物菌剂处理堆肥 C/N 显著低于对照,EM、QL 及 CH 处理碳氮比分别降低了 52.41%、49.66%及 54.63%。堆肥起始 C/N 比受堆肥原料及配比的影响,而且差异很大,Morel 等^[10]建议采用 T 值来评价城市垃圾堆肥的腐熟度,并提出当 T 值小于 0.6 时堆肥达到腐熟。由表 3 可知,堆肥结束时各处理 T 值均小于 0.6,但不同处理之间存在差异,CH<EM<QL<CK,3 种微生物菌剂与对照处理之间差异显著,CH 处理与 EM、QL 处理之间差异显著,说明 CH 菌剂处理堆肥腐熟效果更好。腐殖酸含量是堆肥腐殖化的一个重要指标,可以用于堆肥腐熟度的判断。堆肥腐殖酸在波长 465、665 nm 处具有特征吸收峰,其在 465、665 nm 的吸光度比值(E4/E6)与腐殖酸的数量无关而与腐殖酸分子量或缩合度相关,E4/E6 通常随腐殖酸分子量的增加或缩合度增大而减少。因此,E4/E6 可以作为评价堆肥腐殖化程度的重要指标^[11]。由表 3 可知,3 种微生物菌剂处理堆肥 E4/E6 均显著低于对照,说明 3 种微生物菌剂的添加显著促进了堆肥腐殖化程度,CH 处理与 EM、QL 处理差异显著,说明 CH 菌剂比其它 2 种效果更好。

表 3 不同微生物菌剂对堆肥腐熟指标的影响
Table 3 Effects of different microbial agents on maturity index of swine manure composting

处理	CK	EM	QL	CH
碳氮比 C/N	11.34±0.23 a	9.86±0.20 b	10.43±0.23 b	9.40±0.12 c
T 值	0.55±0.01 a	0.48±0.02 b	0.50±0.01 b	0.45±0.01 c
E4/E6	2.89±0.07 a	2.58±0.10 b	2.35±0.07 b	2.06±0.03 c

3 讨论与结论

随着我国堆肥化处理规模不断地扩大,生产微生物菌剂的厂家也越来越多,市场上菌剂产品参差不齐。该试验通过接种 3 种不同的微生物菌剂处理堆肥,探索不同微生物菌剂对发酵效果的影响,与对照相比,接种 3 种微生物菌剂均能够促进堆体升温,并且延长堆体高温持续时间,杀灭发酵物料中的病原菌、寄生虫卵,消除对植物生长不利的有毒物质,使其达到无害化要求;但相对于 EM、QL 菌剂来说,CH 菌剂处理升温更快,高温持续时间更长,这可能是因为 CH 菌剂中微生物在堆肥过程中活性更强。

试验过程中 4 个处理的总氮素损失分别为 5.4、2.67、2.47、0.7 g/kg;硝态氮的损失分别为 26.61、37.69、38.46、48.11 mg/kg;氨态氮的损失分别为 1.65、1.89、1.94、2.32 g/kg;有机氮的损失分别为 3.82、1.08、1.08、0.14 g/kg,可见堆肥过程中主要是氨态氮和有机氮的变化,而硝态氮在堆肥过程中几乎没有变化,因此堆肥过程中氮素损失主要是通过氨气的

形式释放到大气中。由表 1 可知,添加 3 种微生物菌剂后堆肥全氮、硝态氮及有机氮含量高于对照,而且差异显著($P<0.05$),CH 处理堆肥氨态氮含量显著低于对照,其它 2 个处理与对照差异不明显,以上说明添加微生物菌剂能够减少堆肥中氮素的损失,这可能是由于添加微生物菌剂后使自然堆肥过程中微生物群落结构得到了改善,在微生物分解产生氨气后,堆体中的硝化细菌或者其它微生物能够迅速将其转化,从而减少了氨气的挥发,具体原因还有待于进一步研究。在 3 种微生物菌剂中,CH 菌剂保氮效果最显著。

添加微生物菌剂后,堆肥中速效钾、速效磷、有机质含量均得到不同程度地提高;在速效钾方面,与对照相比,CH 处理效果显著,EM 及 QL 处理差异不显著;在速效磷方面,EM 及 CH 处理效果显著,QL 处理不显著;有机质提高方面,QL 及 CH 处理效果显著,EM 处理不显著。在堆肥的腐殖化程度方面,添加微生物菌剂均能够促进堆肥的腐熟,与对照相比,3 种微生物菌剂处理均使堆肥的 C/N、T 值及 E4/E6 显著降低,但是 3 个处理之间也存在差异,CH 处理腐殖化效果最显著。与自然堆肥相比,添加微生物菌剂均有利于加快堆肥的腐熟,但不同的微生物菌剂由于其菌落组成不同,加速堆肥腐熟地效果之间也存在差异。综合考

虑,在该试验中 CH 菌剂处理效果最好。

参考文献

- [1] 黄国锋,吴启堂,孟庆强,等.猪粪堆肥化处理的物质变化及腐熟度评价[J].华南农业大学学报,2002,23(3):1-4.
- [2] 李国学,张福锁.固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M].北京:化学工业出版社,2000.
- [3] 李亚林,曹林奎.畜禽粪便好氧堆肥研究进展[J].农业科技通讯,2002(12):23-24.
- [4] 刘克锋,刘悦秋,雷增谱,等.不同微生物处理对猪粪堆肥质量的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(3):311-314.
- [5] 赵明梅,牛明芬,何随成,等.不同微生物菌剂对牛粪堆肥发酵效果的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(增刊):587-590.
- [6] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
- [7] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [8] 中华人民共和国卫生部.中华人民共和国标准粪便无害化卫生标准(GB/T 7959-1987)[S].中国标准出版社,2005.
- [9] 吴银宝,汪植三,廖新伟,等.猪粪堆肥腐熟指标的研究[J].农业环境科学学报,2003,22(2):189-193.
- [10] Morel T L,Colin F,Germon J,et al. Methods for the evaluation of the maturity on municipal refuse compost. In composting of Agricultural and other Wastes[M]. London:Elsevier Applied Science,1985:56-72.
- [11] Stevenson F J.腐殖质化学[M].夏荣基,译.北京:北京农业大学出版社,1994.

Effect of Inoculating Different Microbial Agent on Composting Process of Swine Manure

XIN Shi-jie¹, LI Jian¹, WANG Tao², LI Yu-qi³, AO Yan-song¹

(1. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240; 2. Shanghai Tony Agricultural Development Limited Company, Shanghai 201311; 3. College of Chemical Engineering and Food Science, Xiangfan University, Xiangfan, Hubei 441053)

Abstract: The effect of three different microbial agents(EM microbial agent, QL microbial agent, CH microbial agent) inoculant on pig manure composting were studied. The change of temperature, pH, moisture content was measured during composting process. In addition, the content of total nitrogen, nitrate nitrogen, ammoniacal nitrogen, available potassium, available phosphorus, organic matter, and C/N, T value, E4/E6 were surveyed and analyzed at the end of composting. The results showed that all of the three different microbial agents were beneficial to fermentation of swine manure. Microbial agents were helpful to heat and improve pH of composting. Of all the three agents, CH agent could significantly raise temperature, improve pH and decrease moisture content. Loss of nitrogen could decrease by inoculating microbial agents and effect of CH agent was significant. Compared with control, CH agent could significantly increase content of available potassium, available phosphorus and organic matter. C/N ratio, T value and E4/E6 were significantly decreased by inoculating different microbial agents. In general, CH microbial agent is the best of the three different microbial agents and can obviously accelerate the maturity progress of composting.

Key words: swine manure; aerobic composting; microbial agent