

添加复合微生物堆肥腐熟剂 对青藏高原高海拔地区鸡粪发酵的影响

高伟智¹,张海燕¹,王旭²,姚新华³,张宏林²

(1.河南大学生命科学学院,河南 开封 475004;2.西藏宏农农业发展有限公司,西藏 山南 856000;3.西藏自治区林芝市农牧技术推广中心,西藏 林芝 860100)

摘要:探讨添加复合微生物堆肥腐熟剂对青藏高原地区鸡粪发酵的影响。结果显示,添加微生物菌剂的处理组在发酵过程中提高了堆肥发酵温度,加快了有机物降解速度,在发酵72 h内,添加菌剂的处理组温度均能迅速升高至50℃左右,在发酵11 d左右,又出现一个温度为(45—50)℃的高峰,之后温度逐渐下降。堆肥发酵后,这些处理组的氧气质量分数和速效磷、速效钾含量均有所增加。WT3处理组速效磷含量从980.9 mg/kg增加至1 260.1 mg/kg,比不加菌剂的CK1和纯鸡粪对照组CK2分别提高了7.9%和12.8%。速效钾含量也有所提高,WT3组比CK1和CK2分别提高了6%和15.2%。其中,WT3处理组速效磷含量增加最为显著,比CK1和CK2对照组分别提高了7.9%和12.8%;速效钾含量也分别提高了6%和15.2%。种子发芽实验表明,施加菌剂处理组的堆肥对种子萌发具有良好的促进作用,发芽率均达到90%以上,而CK2组仅为55%,处理组显著高于对照组。自制菌剂与市售菌剂效果相似,均能加速堆肥发酵进程,提高堆肥品质。

关键词:微生物堆肥腐熟剂;鸡粪发酵;青藏高原;有机肥料

中图分类号:S141

文献标识码:A

Effect of Adding Composite Microbial Compost Maturation Agents on the Fermentation of Chicken Manure in the High Altitude Region of the Qinghai-Xizang Plateau

GAO Weizhi¹,ZHANG Haiyan¹,WANG Xu²,YAO Xinhua³,ZHANG Honglin²

(1.College of Life Sciences, Henan University, Kaifeng Henan 475004; 2.Xizang Hongnong Agricultural Development Co., Ltd., Lhoka Xizang 856000; 3.Nyingchi City Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension Center, Nyingchi Xizang 860100, China)

Abstract: The study aims to investigate the effects of adding a composite microbial compost maturation agent on the fermentation of chicken manure in the Qinghai-Xizang Plateau region. The results showed that the addition of microbial agents increased the fermentation temperature and accelerated the degradation rate of organic matter during the composting process. Within 72 h of fermentation, the temperature of the treatment groups with microbial agents could rapidly rise to around 50℃. After about 11 days of fermentation, another peak of temperature between (45—50)℃ was observed, followed by a gradual decrease in temperature. After composting, the oxygen content and the content of available phosphorus and potassium in these treatment groups increased. The available phosphorus content in the WT3 treatment group increased from 980.9 mg/kg to 1260.1 mg/kg, which was 7.9% and 12.8% higher than the control groups CK1 and CK2 without microbial agents, respectively. The available potassium content with WT3 group also increased by 6% and 15.2%, compared with CK1 and CK2, respectively. Among them, the available phosphorus content in WT3 treatment group increased by 7.9% and 12.8% compared with the CK1 and CK2 control groups, respectively, and the available potassium content also increased by 6% and 15.2%, respectively. Seed germination experiments indicated that the compost from the microbial agent treatment groups had a good promoting effect on seed germination, and the germi-

收稿日期:2024-10-29

基金项目:西藏自治区科技计划项目-自治区区域科技协同创新专项子课题:山南市高海拔地区生物有机肥制作及应用(QYX-TCXZX-SNS-2022-1)。

作者简介:高伟智(2001—),男,硕士研究生,主要从事农畜废弃物资源化研究,E-mail:1650946052@qq.com。

通信作者:张宏林(1982—),男,主要从事有机肥研究,E-mail:349669551@qq.com。

nation rate was more than 90%, while that in CK2 group was only 55%, which was significantly higher than that in the control group. In conclusion, the homemade microbial agents and commercial microbial agents had similar effects, both of which can accelerate the composting process and improve the quality of the compost.

Key words: microbial compost maturation agents; chicken manure fermentation; Qinghai-Xizang Plateau; organic fertilizer

随着现代生态农业生产的不断发展和人们对食品安全要求的不断提高,有机肥料在农业生产中的需求正在不断增加^[1]。鸡粪作为青藏高原地区的有机废弃物之一,是生产有机肥的良好原料^[2]。然而,鸡粪如果不经过妥善的发酵处理,直接施用会对环境和人体健康造成潜在风险^[3]。因此,利用微生物菌剂对鸡粪进行发酵处理,生产高效、安全的有机肥料^[4],对促进青藏高原地区的农业可持续发展具有重要意义。在鸡粪发酵生产有机肥的过程中,微生物菌剂能够加速有机物分解,提高堆肥腐熟速度^[5-6],减少氮素损失,增加有机肥营养价值^[7-9],并且有助于抑制病原菌和害虫繁殖。

本研究利用前期研制的堆肥腐熟菌剂,以西藏自治区山南县宏农农业发展有限公司的鸡粪为原料,以市售菌剂为参考,评估和比较不同菌剂在青藏高原地区鸡粪发酵过程中的作用,探讨其对堆肥发酵的影响。通过对比分析,旨在为青藏高原地区鸡粪发酵生产有机肥提供科学依据和技术支持,促进农业废弃物的资源化利用,推动当地有机肥产业的发展。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

鲜鸡粪、芦苇秸秆取自西藏宏农农业发展有限公司,市售菌剂 1 号和 2 号分别由北京某生物科技股份有限公司提供。复合堆肥腐熟剂 3 号由本实验室研制并提供,秸秆自然风干后,粉碎成约 2~4 cm 的小段备用。新鲜鸡粪和芦苇秸秆按 3:1 的质量比混合均匀,含水率调至约 55%~65%^[10]。将所有物料混合均匀后,制成 250 L 体积大小进行好氧发酵,堆肥发酵在西藏宏农农业发展有限公司有机肥生产车间进行。

1.2 实验方法

1.2.1 实验设计与处理

本实验共设置 5 个处理,其中前 3 个处理分别添加不同的微生物菌剂,处理一(WT1):某生物科技股份有限公司提供;处理二(WT2):某生

物科技股份有限公司提供;处理三(WT3):实验室配制微生物发酵剂。第四个处理(CK1)为鸡粪中添加秸秆但是不添加菌剂的对照组,第五个(CK2)处理为不添加秸秆仅使用纯鸡粪发酵的对照组。

取样工作在堆肥起始日、结束日以及第 4、8、12、16、20、24、28 和 32 d 进行。翻堆操作安排在第 11、17 和 24 d。对样品进行堆肥温度、pH 值、速效磷、速效钾、含水率、氧气质量分数和种子发芽率指标测定。

1.3 测定方法

1.3.1 温度

使用手持式数字电子温度计插入堆体中部(深度 0.5 m),每天下午 14:00 进行测量,每次测量 3 个不同点的温度,取其平均值作为堆体温度。同时,记录周围环境的温度变化,以评估发酵环境的整体条件。

1.3.2 氧气质量分数

氧气质量分数的测定使用泵吸式氧气浓度检测仪进行。插入堆体中部(深度 0.5 m),取其平均值作为该处理的氧气质量分数。

1.3.3 含水率

采用烘干法测定。取一定量堆肥样品,放入 105 °C 烘箱中烘干至恒质量,计算干质量和湿质量差值,测定含水率的变化情况,反映发酵过程中水分的损失和控制^[11]。

1.3.4 pH 值

取 2 g 堆肥样品,加入 20 mL 超纯水,混匀 1 min 后静置 30 min。随后,使用校准后的便携式 pH 计测定上清液的 pH 值,记录 pH 值变化情况,评估堆肥发酵过程中酸碱度的变化^[12]。

1.3.5 速效磷和速效钾

速效磷的测定通过碳酸氢铵浸提后用钼酸铵比色法测定。速效钾则通过碳酸氢铵浸提法提取后进行火焰光度测定^[13]。

1.3.6 种子发芽指数

将堆肥滤液与蒸馏水按一定比例混合,浸泡黄瓜种子 24 h 后,种子置于湿滤纸上培养 3 d,记

录发芽率和根长,计算种子发芽指数(GI)以评估堆肥的腐熟度^[14]。

1.3.7 数据分析处理

采用 SPSS 24.0 软件对实验结果进行 *t* 检验差异性分析,显著性水平设定为 $p < 0.05$,采用 Origin 2021 和 SPSS 24.0 对数据进行整理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 堆肥温度的变化

如图 1 所示,在堆肥过程中各处理的发酵温度随时间呈现出典型的升温、波动和降温 3 个阶段变化。发酵初期(0~8 d),各处理温度快速升高,达到 50 °C 左右的高温期,显示出微生物代谢活动旺盛。其中,WT1,WT2 和 WT3 处理的升温较为迅速,发酵中期(8~20 d)温度出现波动,且在第 11 d、17 d 翻堆时热量散失温度下降,随后温度又再次上升,表明翻堆增加了氧气的供应,促进了微生物的生长繁殖活动,发酵 20 d 后,温度逐渐下降。与对照相比,3 个添加菌剂处理的温度在整个发酵过程中均能保持较高水平,表明这些菌剂对微生物活性和发酵速率具有促进作用。

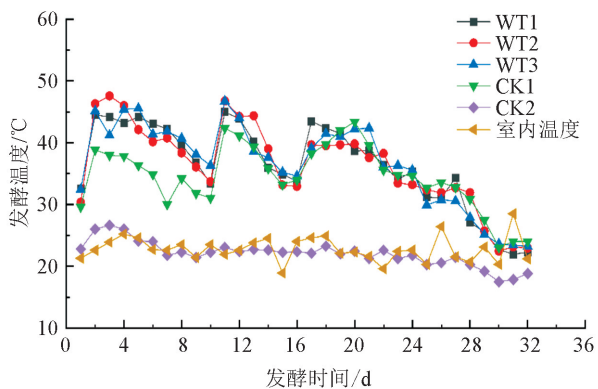


图 1 不同处理对堆肥温度变化的影响

2.2 堆肥氧气质量分数变化

在堆肥发酵中,不同处理组的氧气含量呈现出动态变化(图 2)。在发酵第 4 d,各处理组的氧气质量分数约在 18% 左右。随着发酵进行,各组氧气质量分数开始出现变化,其中 WT1、WT2、WT3、CK2 处理组的氧气质量分数变化趋势较一致,在发酵的第 12 d 和第 20 d 氧气质量分数降至 15% 左右,可能与这一阶段好氧微生物生命活动活跃有关,由于微生物的活跃代谢消耗了大量氧气,导致氧气浓度下降。而 CK2 对照组

的氧气质量分数变化不明显,可能与微生物活动弱有关。

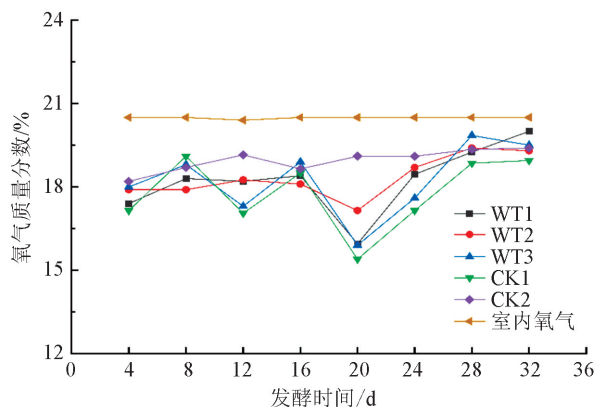


图 2 不同处理对堆肥氧气质量分数的影响

2.3 含水率变化

在堆肥发酵过程中,不同处理含水率变化趋势整体呈现出先下降后趋于稳定的模式(图 3)。WT1、WT2、WT3 在发酵前 15 d 之内含水率逐渐下降,由 60% 下降至 30%~35%。而 CK2(对照组)的含水率下降较缓,主要是 CK2 处理为纯鸡粪堆肥发酵,堆肥中透气性不好,含水量较其他处理高。WT1、WT2、WT3 和 CK1 中添加了秸秆,堆肥透气性好,促进了水分的挥发。在翻堆第 17 d 后,各组的含水率逐渐上升,反映了随着堆肥发酵时间延长有机物分解后结合水的释放使堆肥含水量又再次上升。在发酵第 21 d 后,各处理的含水率逐渐趋于降低。

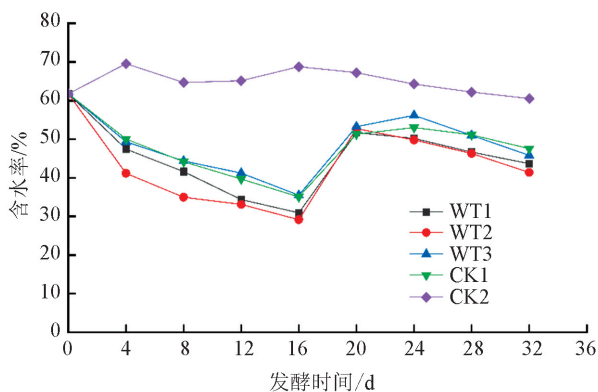


图 3 不同处理对堆肥含水率的影响

2.4 堆肥 pH 值的变化

在堆肥过程中,不同处理组的 pH 值均表现出明显的波动性。在发酵中除了 CK2 组,其他各处理的 pH 值均处于 6-8 之间。发酵后期(28 d 后),大多数处理组的 pH 值稳定在 7.5 至 8 之间,符合堆肥成熟阶段的特点。而 CK2 处理

的 pH 值在整个过程中均最低,表明鸡粪与秸秆混合或者菌剂结合对鸡粪的 pH 值变化有影响。

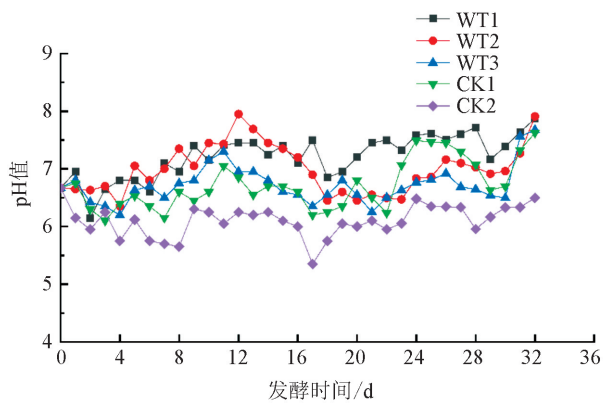


图 4 不同处理对堆肥 pH 值的影响

2.5 堆肥速效磷和速效钾的含量变化

在发酵后,所有处理组的速效磷和速效钾含量均有所增加。速效磷含量在 WT 处理组中增加最为显著,其中 WT3 处理的速效磷含量从 980.9 mg/kg 增加至 1260.1 mg/kg,发酵后的速效磷含量分别比 CK1 和 CK2 提高了 7.9% 和 12.8%。CK1 和 CK2 对照组的速效磷含量释放幅度较小,特别是 CK2,发酵后速效磷含量仅增加了 36.2 mg/kg,显示其磷的释放效果不如 WT 组。速效钾的增加幅度相对较小,但 WT3 组处理后速效钾含量仍高于其他处理组,发酵后的速效钾含量分别比 CK1 和 CK2 提高了 6% 和 15.2% (表 1)。

表 1 不同处理速效磷和速效钾的含量变化

mg · kg⁻¹

| 处理 | 发酵前 | | 发酵后 | |
|-----|-------|-----|------------|--------|
| | 速效磷 | 速效钾 | 速效磷 | 速效钾 |
| WT1 | 980.9 | 8.3 | 1 226.2 bc | 10.5 c |
| WT2 | 980.9 | 8.3 | 1 231.4 bc | 10.2 b |
| WT3 | 980.9 | 8.3 | 1 260.1 c | 10.6 c |
| CK1 | 980.9 | 8.3 | 1 167.6 ab | 10.0 b |
| CK2 | 980.9 | 8.3 | 1 117.1 a | 9.2 a |

注:表中不同小写字母表示 $p < 0.05$ 水平差异具有统计学意义。

2.6 堆肥的种子发芽实验

种子发芽率用于衡量发酵物对植物种子萌发的影响,反映堆肥的成熟度和无毒性。WT1、WT2 和 WT3 组在发酵后种子发芽率均达到 90% 以上,相比于不加菌剂的 CK1 种子发芽率均有提高,同时比纯鸡粪处理 CK2 的种子发芽率也均有提高,表明经过发酵后,施加菌剂处理组的堆肥对种子萌发具有良好的促进作用,堆肥腐熟效果比较好。CK2 组发芽率仅为 55%,表明 CK2 组堆肥成熟度不理想。

表 2 不同处理种子发芽率

| 处理 | 发酵后 | |
|-----|-------|---|
| | 种子发芽率 | |
| WT1 | 92% | a |
| WT2 | 91% | a |
| WT3 | 93% | a |
| CK1 | 77% | b |
| CK2 | 55% | c |

3 结 论

本研究显示添加微生物菌剂的处理组在堆肥过程中显著提升了温度、氧气含量和微生物活性,加快了有机物的降解速度。特别是在发酵一周内,添加菌剂的处理组温度快速升高,显示出微生物代谢活动旺盛,这与张翠绵等^[15]的研究结果一致。在氧气质量分数方面,研究表明添加菌剂的处理组在整个发酵过程中表现出良好的氧气水平维持能力,尤其是在翻堆操作后,能够有效提升氧气质量分数,促进好氧微生物的代谢活动。这与陆水凤等^[16]研究中提到的高温期微生物数量最高的结果一致,进一步证实了菌剂对促进堆肥好氧发酵的重要性。

实验表明,添加微生物菌剂的处理组在堆肥过程中显著提升了温度、氧气含量、速效磷和速效钾的含量,加快了有机物的降解速度。在翻堆操作配合下,菌剂添加组显著改善了发酵条件。此外,菌剂添加有助于堆肥后期的含水率控制和

pH 值稳定,使堆体更快进入成熟阶段。总体来看,添加微生物菌剂能够加速堆肥发酵进程,优化堆肥品质,为好氧堆肥工艺的优化提供可靠依据。

参考文献:

- [1] 孟远夺,赵英杰,黄耀蓉,等.我国商品有机肥料质量状况分析与思考[J].中国土壤与肥料,2024(8):251-259.
- [2] SUN X X, MA S S, HAN L J, et al. The Effect of a semi-permeable membrane-covered composting system on greenhouse gas and ammonia emissions in the Tibetan plateau [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 204: 778-787.
- [3] 马若男,李丹阳,亓传仁,等.碳氮比对鸡粪堆肥腐熟度和臭气排放的影响[J].农业工程学报,2020,36(24):194-202.
- [4] HUANG Y C, DIAO W, YAN M, et al. Effects of inoculation with newly isolated cold-adapted bacteria on winter cattle manure composting in the Tibetan plateau[J]. Fermentation, 2023, 9(9): 857.
- [5] 杨晨,李慧丽,董津汝,等.微生物菌剂对鸡粪堆肥理化指标和细菌群落组成的影响[J].农业资源与环境学报,2024,41(5):1035-1043.
- [6] 曾金樱,吴榕贵,唐秀媚,等.不同微生物菌剂对鸡粪堆肥的影响研究[J].黑龙江畜牧兽医,2023(20):57-63.
- [7] ZHOU X G, ZHANG J Y, SHI J B, et al. Volatile-mediated interspecific plant Interaction promotes root colonization by beneficial bacteria via induced shifts in root exudation[J]. Microbiome, 2024, 12(1): 207.
- [8] 张玉凤,田慎重,岳寿松,等.发酵菌剂对鸡粪好氧发酵过程的影响[J].山东农业科学,2022,54(2):115-122.
- [9] CHEN Y, LI Y C, FU Y S. The beneficial rhizobacterium *Bacillus velezensis* SQR9 regulates plant nitrogen uptake via an endogenous signaling pathway[J]. J Exp Bot, 2024, 75(11): 3388-3400.
- [10] 王志川,王新伟.鸡粪有氧发酵有机肥的生产与应用[J].中国畜牧业,2023(11):75-76.
- [11] 李丹阳,马若男,亓传仁,等.含水率对羊粪堆肥腐熟度及污染气体排放的影响[J].农业工程学报,2020,36(20):254-262.
- [12] 中华人民共和国农业部. NY 525-2012 有机肥料[M].北京:中国农业出版社,2012.
- [13] 乔唱唱,张冬霞,沈思涵,等.秸秆还田配施磷肥对旱地小麦土壤养分和磷素利用率的影响[J].江西农业学报,2024,36(9):26-34.
- [14] 周毅杰,朱高玄,张国言,等.低碳氮比条件下凹凸棒添加对鸡粪发酵进程和氮固持的影响[J].中国家禽,2023,45(11):60-67.
- [15] 张翠绵,贾楠,胡栋,等.低温型复合发酵菌剂接种鸡粪堆肥的效应[J].环境工程学报,2016,10(10):5881-5885.
- [16] 陆水凤,王呈玉,王天野,等.玉米秸秆配施菌剂还田对土壤养分及腐殖质组成的影响[J].江苏农业学报,2019,35(4):834-840.