

添加小麦秸秆对猪粪高温堆肥腐熟进程的影响

卢秉林 王文丽 李娟 马忠明

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所,兰州 730070)

摘要 选用猪粪与小麦秸秆为堆肥原料进行高温好氧堆肥实验,研究添加小麦秸秆对猪粪高温好氧堆肥过程中堆体温度、pH值、种子发芽指数、碳氮比和养分等理化指标的影响,寻求猪粪高温堆肥时的最佳秸秆配比,旨在为猪粪快速资源化利用提供科学依据。结果表明,猪粪高温堆肥时添加小麦秸秆可以缩短进入高温发酵阶段的时间,减少氮素损失,加快C/N的降低速率,加速有毒有害物质分解。其中猪粪和小麦秸秆6:4处理各层温度在2~5 d内上升至50℃,并持续37~46 d,在堆肥结束时,有机质和速效氮含量较堆肥初期下降幅度最小,分别为33.90%和23.76%,全氮、全磷、全钾、速效磷和速效钾含量较堆肥初期提高幅度最大,分别为13.34%、20.24%、53.19%、41.53%和16.57%。若以种子发芽指数80%作为堆肥腐熟的评价指标,猪粪和小麦秸秆6:4配比堆肥的腐熟速度比纯猪粪快18 d,36 d即可腐熟。综合判断,实际应用中,猪粪与小麦秸秆按体积6:4进行堆肥较为适宜。

关键词 猪粪 小麦秸秆 堆肥

中图分类号 S141.4 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2010)04-0926-05

Effect of wheat straw on maturing of pig manure high-temperature composting

Lu Binglin Wang Wenli Li Juan Ma Zhongming

(Institute of Soil, Fertilizer and Water Saving Agricultural, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract Effect of wheat straw on the change of temperature, pH, germination index, the ratio of C/N, nutrient and other physical and chemical indexes were studied during pig manure high-temperature and aerobic composting with pig manure and wheat straw as raw materials, to seek the optimal ratio of wheat straw and pig manure high-temperature composting, to provide a scientific basis for pig manure rapid resource utilization. The results showed that during composting of the pig manure, adding wheat straw could short the time of reaching high-temperature fermentation, the loss of nitrogen decreased, the decline ratio of C/N enhanced, the decomposition of toxic and harmful substances accelerated. The every layer temperature of at 6:4 mixture of pig manure and wheat straw rose to 50℃ in 2~5 days, and high-temperature lasted for 37~46 days. At the end of composting, the decrease extent of organic matter and available nitrogen content were smallest compared with that at the initial stage, decreasing by 33.90% and 23.76%, respectively, the increase extent of total nitrogen, total phosphorus, total potassium, available phosphorus and available potassium content were greatest compared with that at the initial stage, increasing by 13.34%, 20.24%, 53.19%, 41.53% and 16.57%, respectively. Germination index 80% was used as the index of maturity of composting, the rate of maturity of at 6:4 mixture of pig manure and wheat straw faster than pure pig manure for 18 days, and it was reached maturity after 36 days of composting. Comprehensive analysis showed that 6:4 of pig manure and wheat straw was more suitable for composting in practical applications.

Key words pig manure; wheat straw; composting

随着养猪业的快速发展,规模化、集约化的养猪场和养猪小区不断增加,养猪产生的粪便排放量剧增^[1]。猪粪中含有丰富的氮、磷、钾和有机质,也含有很多挥发性物质、病原微生物、寄生虫卵及重金属

基金项目:国家绿色农业科学研究与示范项目(2007-12-2);甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2009GAAS27)

收稿日期:2009-04-13; **修订日期:**2009-05-06

作者简介:卢秉林(1979~),男,助研,主要从事土壤和环境微生物的研究工作。E-mail: lblhappy@163.com

等,若未经处理而直接施用于农田,会对生态环境和人畜健康带来负效应^[2]。堆肥是目前有机固体废物资源化的主要方法^[3],但是猪粪的自由空间小,结构性差,湿度高,C/N比低,本身不具备理想的好氧堆肥条件^[4]。同时,我国农村每年约生产 7×10^8 t左右的农作物秸秆^[5],除少量秸秆被作为牲畜饲料、农家肥和农村燃料外,大多数秸秆被堆放或直接焚烧,使生物质资源浪费巨大,造成了严重的环境污染问题^[6]。而且作物秸秆含有丰富的有机质、氮磷钾和微量元素成分,是我国重要的有机肥源之一^[7]。在猪粪堆肥时添加小麦秸秆不仅能改善猪粪堆肥的结构,吸收水汽,而且可作为微生物的碳源,这样既解决了猪粪单独堆肥时本身所存在的弊端,而且可以将废弃的小麦秸秆充分资源化利用。本实验通过研究猪粪与小麦秸秆不同配比堆肥的腐熟进程,挑选猪粪与小麦秸秆高温堆肥的最佳配比,为猪粪快速资源化利用提供科学依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料及实验设计

实验设在甘肃省农科院白云试验站。实验设计按照堆肥总体积不变,而小麦秸秆添加量递增(增幅为20%)的原则,共设5个处理:将猪粪与小麦秸秆分别按体积比10:0、8:2、6:4、4:6、2:8混合均匀,采用条形垛式堆置,堆体长、宽、高分别为2、1.5和1 m,其中小麦秸秆长为2~3 cm。每3 d采用人工翻堆一次,同时调解堆体水分,使其保持在55%左右。实验于2008年5月1日开始,7月3日结束。

实验猪粪和小麦秸秆均购于当地农户家,猪粪初始含全氮1.45%、全磷1.51%、全钾2.80%、速效氮0.392%、速效磷(P_2O_5)0.413%、速效钾(K_2O)1.393%、有机碳18.67%、pH值为8.2,小麦秸秆含全氮0.657%、全磷0.044%、全钾3.660%、有机质90.04%。

1.2 测定项目与测定方法

每天上午9:00定时采用便携式热电偶温度传感器测定离堆体顶面20、40、60和80 cm 4个层次的温度。在堆肥当天和以后每次翻堆充分拌匀后,按照五点采样法和四分法取混合样,称取5 g堆肥鲜样放于三角瓶中,加入50 mL的蒸馏水,150 r/min振荡30 min后4 500 r/min离心20 min,过滤后用pHS-25型酸度计测定pH值。同时吸取该滤液5 mL,加到铺有2张滤纸的9 cm培养皿内,每个培养

皿点播20粒饱满的白菜种子,30℃下培养48 h后测发芽率和根长,每个处理重复3次,对照为蒸馏水。按以下公式计算种子的发芽指数^[8]。

发芽指数 $GI = (\text{处理的发芽率} \times \text{处理的根长}) / (\text{空白的发芽率} \times \text{空白的根长}) \times 100\%$

堆肥当天和以后每9 d测定一次养分,其中有有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾含量分别采用重铬酸钾容量法-外加热法、硫酸-水杨酸-催化剂消化法、硫酸-硝酸消煮-钼钒黄比色法、硫酸-硝酸消煮-火焰光度法、NaCl浸提-Zn- $FeSO_4$ 还原蒸馏法、 $1/2NaHCO_3$ 法、 NH_4OAc 浸提-火焰光度法测定^[9]。

实验数据采用Excel 2003进行统计,DPS 3.01进行方差分析。

2 结果与讨论

2.1 小麦秸秆对猪粪堆肥温度的影响

汪开英等^[10]研究发现,猪粪高温堆肥时堆体的高温发酵层出现在离顶部20 cm和底部20 cm之间,故在本试验中,对离堆体顶面20、40、60和80 cm 4个层次的温度进行了测定,结果表明(图1),在猪粪与小麦秸秆不同配比堆肥条件下,堆肥温度的上升速度随小麦秸秆比重的加大而加快,而且各处理的高温层从中间向上下扩散,但是不同处理不同层次高温发酵阶段的持续时间不同。其中猪粪与小麦秸秆4:6和2:8处理各层的堆温均在堆肥后2 d达到50℃,持续14~33 d;6:4处理在2~5 d内上升到50℃,持续37~46 d;8:2处理在4~8 d内升到50℃,持续33~54 d;10:0配比处理在10~15 d内升到50℃,持续36~46 d。根据我国标准粪肥无公害卫生标准(GB7975-87),堆体温度高于50℃,并且保持5~7 d以上,是杀死堆料中致病微生物,保证堆肥卫生标准合格的重要条件。在堆肥结束时,所有处理不同层次的温度在50℃以上的持续时间均超过7 d,说明所有处理均已腐熟。

2.2 小麦秸秆对猪粪堆肥pH的影响

如图2所示,猪粪和小麦秸秆10:0和8:2处理的pH值在堆肥初期有所下降,而后快速回升,在维持一段较高的动态平衡后又有所回落,在堆肥初期下降是因为这两个处理中猪粪的比重较大,而猪粪的结构较差,造成了堆体紧实,不利于通风,形成了一定的厌氧,导致有机酸积累,而后随着有机酸分解,氨氮产生,pH开始上升,在堆肥后期,由于氨气

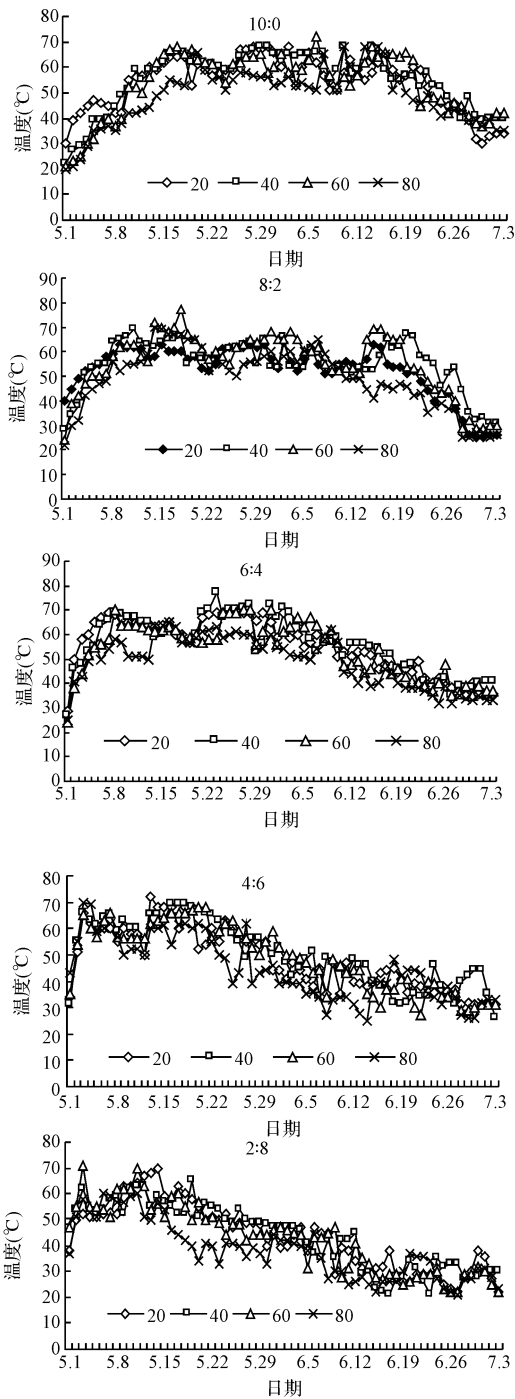


图 1 小麦秸秆对猪粪堆肥温度的影响
Fig.1 Effect of wheat straw on temperature of pig manure composting

挥发,pH 出现回落。而其他配比堆肥的 pH 均由发酵初期的弱碱性 8.3 左右上升至 9.2 左右,而后也有所回落。在堆肥结束时,所有处理的 pH 值均处在 8.2~8.5 之间,符合腐熟堆肥 pH 值的标准(8.0~9.0)。有结果表明,在好氧高温堆肥时,如果能

控制 pH 上升,就会减少臭气产生和氮素损失^[11],而且氨气的释放比较集中在堆肥前期^[12],本实验结果显示(图 2),猪粪高温堆肥时添加小麦秸秆,不仅能改善猪粪堆肥时的结构,吸收水分,避免形成厌氧,而且可以增加堆体的透气性,避免高温发酵期 pH 值过高,减少氨挥发。

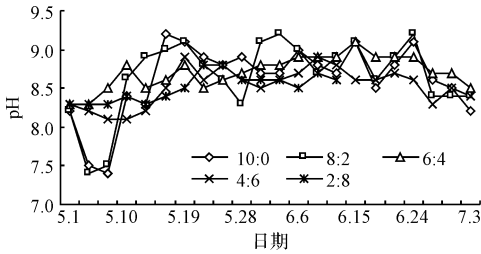


图 2 小麦秸秆对猪粪堆肥 pH 的影响
Fig.2 Effect of wheat straw on pH of pig manure composting

2.3 小麦秸秆对猪粪堆肥种子发芽指数的影响

堆肥腐熟度是影响堆肥品质的主要因素之一,用生物学方法测定堆肥的植物毒性是检验堆肥腐熟度的有效方法^[13]。由图 3 可知,猪粪和小麦秸秆 10:0 和 8:2 处理的发芽指数在堆肥初期有所下降,其余各处理的种子发芽指数则随堆肥进程而呈上升趋势。其中猪粪与小麦秸秆 6:4 配比的种子发芽指数上升最快,在堆肥的第 19 d 达到 53.55%,第 55 d 达到 81.41%,8:2 和 4:6 处理次之,分别在第 22 d 和第 25 d 后达到 50%,在第 60 d 和 58 d 时达到 85.38% 和 81.07%,10:0 和 2:8 处理相对最慢,均在 28 d 时达到了 50%;在 64 d 时达到 82.15% 和 82.41%。从理论上讲,GI < 100% 就可以判断堆肥有毒性,但是 Zucconi 等^[14]认为,当 GI > 50% 时,堆肥对植物已基本没有毒性,堆肥已基本腐熟,而当 GI > 80% 时,可认为堆肥已经腐熟。若以发芽指数

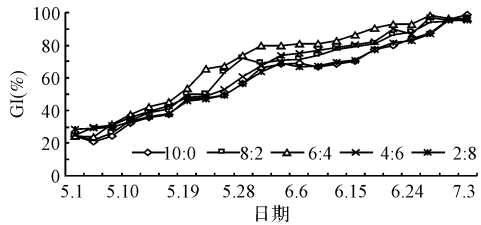


图 3 小麦秸秆对猪粪堆肥种子发芽指数(GI)的影响
Fig.3 Effect of wheat straw on GI of pig manure composting

80% 作为堆肥腐熟的评价指标,猪粪与小麦秸秆 10:0、8:2、6:4、4:6 和 2:8 配比的堆肥分别在 54、48、36、45 和 51 d 达到腐熟,6:4 处理的堆肥腐熟速度比其它处理快 9~18 d。由此可见,合理的猪粪和秸秆配比能明显加速堆体内有毒有害物质的分解。

2.4 小麦秸秆对猪粪堆肥有机质、全氮和碳氮比的影响

如图 4 所示,各处理堆肥的有机质含量呈直线下降趋势,至堆肥结束时,降幅为 33.90%~45.13%,其中猪粪与秸秆 6:4 处理的降幅最小。除猪粪与小麦秸秆 2:8 和 4:6 处理的全氮含量在全过程中一直呈上升趋势外,其余处理的全氮含量均为先降后升,这是由于它们在堆肥初期的 C/N 较低,碳源成了微生物生长的限制因素,有机物分解速度慢,大量富裕的氮素在堆肥初期随温度和 pH 的升高而出现损失,而后期全氮含量上升主要是由于堆肥重量急剧下降的原因^[15],此外有研究表明,堆体中固氮菌的固氮作用也有助于堆肥全氮的升高^[8]。同时也说明添加小麦秸秆对堆肥化过程氮素损失有一定的控制效果。在堆肥结束时,猪粪与小麦秸秆 10:0 和 8:2 处理的全氮含量相比堆肥初有所降低,其余处理均有所升高,其中猪粪与小麦秸秆 6:4 处理的增幅最大,为 13.34%。

固相 C/N 比是最常用的评价腐熟度的参数。试验结果表明(图 4),各处理的 C/N 值均随堆置时间的延续呈下降趋势,而且随小麦秸秆比重的增加,下降幅度加大。在堆肥结束时,所有处理的 C/N 值均小于 20。吴银宝等^[16]在研究猪粪堆肥腐熟指标时,认为只要碳氮比降到 20 就可判定堆肥已基本腐熟,笔者认为此结论有待商榷,因为在本实验中,猪粪与小麦秸秆 10:0 和 8:2 处理起始的 C/N 值小于 20。Morel 等^[17]认为 C/N 小于 20 只是堆肥腐熟的必要条件,建议采用 $T = (\text{终点 C/N})/(\text{初始 C/N})$ 评价腐熟度,并认为 $T < 0.6$ 时堆肥达到腐熟。也有

研究认为 T 值应介于 0.53~0.72 或 0.49~0.59 之间^[18]。本实验在堆肥结束时, T 值在 0.51~0.66 之间,与上述研究结果一致。

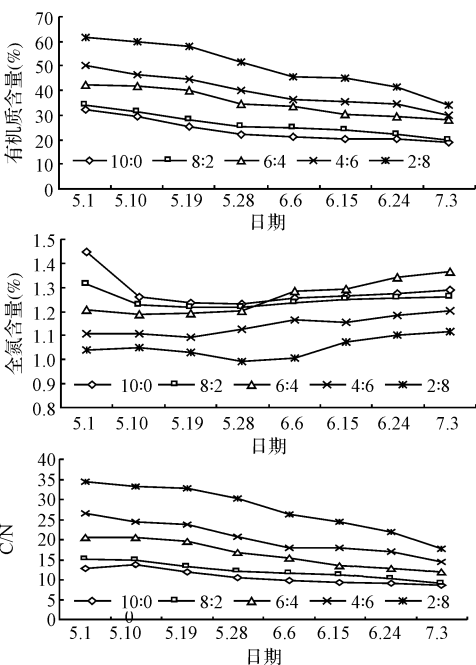


图 4 小麦秸秆对猪粪堆肥有机质、全氮和碳氮比的影响
Fig. 4 Effects of wheat straw on organic matter, total nitrogen and C/N ratio of pig manure composting

2.5 小麦秸秆对猪粪堆肥的养分影响

由表 1 可以看出,在堆肥结束时,各处理堆肥的全磷含量增加 6.85%~20.24%,全钾增加 33.78%~53.19%,速效磷增加 15.69%~41.53%,速效钾增加 0.75%~16.57%,这是因为堆肥过程中磷素和钾素较氮素稳定,不会挥发损失,而且堆肥总干物重下降所致,其中猪粪与小麦秸秆 6:4 处理的增幅均为最高。但是各处理的速效氮含量相比堆肥初期均有所下降,降幅在 23.76%~42.35% 之间,其中猪粪与小麦秸秆 6:4 处理的下降幅度最小。

表 1 小麦秸秆对猪粪堆肥的养分影响

养 分	10:0		8:2		6:4		4:6		2:8	
	初始	结束	初始	结束	初始	结束	初始	结束	初始	结束
全磷(%)	1.51	1.62	1.48	1.74	1.46	1.76	1.43	1.60	1.03	1.10
全钾(%)	2.80	4.12	2.82	4.02	2.82	4.32	2.82	4.22	2.96	3.96
速效氮(%)	0.392	0.226	0.324	0.228	0.303	0.231	0.271	0.205	0.204	0.124
速效磷(%)	0.413	0.479	0.395	0.539	0.354	0.501	0.372	0.489	0.255	0.295
速效钾(%)	1.393	1.488	1.442	1.636	1.700	1.981	1.615	1.843	1.776	1.790

3 结 论

(1)猪粪高温堆肥时添加小麦秸秆可以缩短进入高温发酵阶段的时间,同时堆肥过程中的高温发酵层从中间向上下扩散。

(2)在猪粪高温堆肥时,添加小麦秸秆可以抑制氨气挥发,减少臭气产生和氮素损失,加快 C/N 的降低速率。其中在堆肥结束时,猪粪和小麦秸秆 6:4 处理的有机质和速效氮含量较堆肥初期下降幅度最小,分别为 33.90% 和 23.76%,全氮、全磷、全钾、速效磷和速效钾含量提高幅度最大,分别为 13.34%、20.24%、53.19%、41.53% 和 16.57%。

(3)合理的猪粪和小麦秸秆配比能明显加速堆体内有毒有害物质分解,若以种子发芽指数 80% 作为堆肥腐熟的评价指标,猪粪和秸秆 6:4 配比堆肥的腐熟速度比纯猪粪提前了 18 d,36 d 即可腐熟。

(4)综合判断,在实际应用中,猪粪与小麦秸秆按体积 6:4 进行堆肥较为适宜。

参 考 文 献

- [1] 谢金防. 猪粪粪污生态利用的现状与对策. 猪业科学, **2007**, (9):27~28
- [2] 杨国义,夏钟文,李芳柏,等. 不同通风方式对猪粪高温堆肥氮素和碳素变化的影响. 农业环境科学学报, **2003**, 22(4):463~467
- [3] 李冰,王昌全,江连强,等. 化学改良剂对稻草猪粪堆肥氨气释放规律及其腐熟进程的影响. 农业环境科学学报, **2008**, 27(4):1653~1661
- [4] 李冰,王昌全,江连强,等. 有机辅料对猪粪堆肥中氨气挥发的抑制效应及其影响因素分析. 植物营养与肥料学报, **2008**, 14(5):987~993
- [5] 张雪松,朱建良. 秸秆的利用与深加工. 化工时刊, **2004**, (5):1~5
- [6] 楚莉莉,杨改河,张翠丽,等. 不同温度条件下农作物秸

秆产气效率研究. 干旱地区农业研究, **2008**, 26(2):190~193,199

- [7] 毕于运,寇建平,王道龙,等. 中国秸秆资源综合利用技术. 北京:中国农业科学技术出版社, **2008**
- [8] 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**
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版). 北京:中国农业出版社, **2001**
- [10] 汪开英,朱凤香,王卫平,等. 不同辅料生物菌剂堆肥发酵层温度变化. 农业工程学报, **2006**, 22(1):186~188
- [11] Smars S., Gustafsson L., Bech-Friis B., *et al.* Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control. *Bioresource Technology*, **2002**, 84:237~241
- [12] 王玉军,窦森,崔俊涛,等. 复合菌剂对农业废弃物堆肥过程中理化指标变化的影响. 农业环境科学学报, **2006**, 25(5):1354~1358
- [13] Wang P., Changa C. M., Watson M. E., *et al.* Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biology and Biochemistry*, **2004**, 36:767~776
- [14] Zucconi F., Forte M., Monaco A., *et al.* Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle*, **1981**, 22(4):27~29
- [15] 贺琪,李国学,张亚宁,等. 高温堆肥过程中的氮素损失及其变化规律. 农业环境科学学报, **2005**, 24(1):169~173
- [16] 吴银宝,汪植三,廖新伟,等. 猪粪堆肥腐熟指标的研究. 农业环境科学学报, **2003**, 22(2):189~193
- [17] Morel T. L., Colin F., Germon J. C., *et al.* Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. Gasser T. K. R. *Composting of agriculture and other wastes*. London & New York: Elsevier Applied Science Publish, **1985**
- [18] 张相锋,王洪涛,聂永丰,等. 猪粪和锯末联合堆肥的中试研究. 农村生态环境, **2002**, 18(4):19~22