

麦秆和羊粪混合高温堆肥腐熟进程研究*

张 鸣 高天鹏 刘玲玲 张 建 岳 斌

(兰州城市学院化学与环境科学学院 兰州 730070)

摘 要 试验研究了添加不同比例的麦秆对羊粪高温堆肥腐熟进程的影响。结果表明,羊粪高温堆肥时添加麦秆可缩短进入高温发酵阶段的时间,减少氮素损失,加快C/N降低速率。在堆肥过程中,高温发酵层从中间向上下扩散;有机质的下降速度在堆肥初期与麦秆比例成正比,在堆肥后期呈反比。堆肥结束时,各处理堆肥全磷、全钾、速效磷和速效钾含量分别较堆肥初期提高2.29%~8.41%、12.51%~24.88%、1.77%~31.34%和5.03%~25.45%,其中羊粪与秸秆6:4处理的增幅均为最高;速效氮含量较堆肥初期下降34.62%~14.10%,其中6:4处理降幅最小。在实际应用中,羊粪与麦秆按体积比6:4进行堆肥较为适宜,腐熟速度最快,若以种子发芽指数80%作为堆肥腐熟的评价指标,则其腐熟速度比纯羊粪提高1倍,28 d即可腐熟。

关键词 羊粪 麦秆 堆肥 腐熟速度 种子发芽指数

中图分类号: S141.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)03-0566-04

Process of high-temperature compost of sheep manure with addition of wheat straw

ZHANG Ming, GAO Tian-Peng, LIU Ling-Ling, ZHANG Jian, YUE Bin

(College of Chemistry and Environmental Sciences, Lanzhou City College, Lanzhou 730070, China)

Abstract The effect of wheat straw on sheep manure high-temperature compost was studied. Results show that addition of wheat straw during sheep manure composting shortens the time to high-temperature fermentation, decreases nitrogen loss and accelerates rate of C/N decline. During composting, high-temperature fermentation layer diffuses from the middle to upper and lower layers. At the initial stage, a positive proportional relation exists between the loss rate of organic matter and wheat straw ratio. At late composting, however, a relatively inverse relationship is observed. At the end of the sheep manure/wheat straw composting, total phosphorus and potassium, and available phosphorus and potassium in all treatments increase over the initial stage by 2.29%~8.41%, 12.51%~24.88%, 1.77%~31.34% and 5.03%~25.45% respectively. The magnitude of the increase is highest under 6:4 of sheep manure to wheat straw. Available nitrogen drops at the end of composting by 34.62%~14.10% over the initial stage, with the lowest drop under 6:4 of sheep manure to wheat straw. For practical applications, the ratio 6:4 of sheep manure to wheat straw is more suitable for composting. Using a germination index of 80% as evaluation index, the mixture of 6:4 of sheep manure to wheat straw increases composting velocity by one fold over pure sheep manure, reaching thorough decomposing after 28 days of composting.

Key words Sheep manure, Wheat straw, Composting, Decomposition rate, Seed germination index

(Received July 17, 2009; accepted Nov. 13, 2009)

据统计,我国人、禽、畜粪便排泄量可达 $3.5 \times 10^9 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$,各种农作物秸秆可开发量为 $6.2 \times 10^8 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$,这些有机废弃物是我国农村最主要的有机垃圾源^[1],已成为我国农村面源污染的主要来源之一^[2]。通过堆肥实现禽畜粪便和秸秆还田无疑是解决这些问题的最佳途径,但常规堆肥发酵速度缓慢,处理时间

长,不利于有机废弃物的资源化利用,而高温堆肥却能弥补这些不足。目前关于牛粪、猪粪和鸡粪堆肥的研究报道较多^[3-5],但有关羊粪高温堆肥的研究尚少见报道。本文通过研究麦秆和羊粪混合高温堆肥的腐熟进程,寻求高温堆肥的最佳麦秆羊粪配比,为羊粪、秸秆快速资源化利用提供科学依据。

* 甘肃省教育厅科研基地重点项目计划(08zd-14)、兰州市科技发展计划(2008-1-169)和甘肃省科技支撑计划项目(0804NKCA075)资助
张鸣(1979-),女,硕士,助教,主要从事环境和化学方面的教学与科研工作。E-mail: zhangmingbl@163.com
收稿日期:2009-07-17 接受日期:2009-11-13

1 材料与方 法

1.1 试验材料与 设计

供试羊粪和麦秆均购于当地农家, 羊粪初始含全氮 $15.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷 $15.16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全钾 $28.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效氮 $3.75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷(P_2O_5) $3.95 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾(K_2O) $17.89 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有机碳 $199.80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 8.8。麦秆长 2~3 cm, 含全氮 $6.57 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷 $0.44 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全钾 $36.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有机碳 $522.30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

试验时将羊粪与麦秆分别按体积比 10:0、8:2、6:4、4:6 和 2:8 混合均匀, 采用条形垛式堆置, 堆体长、宽、高分别为 2.0 m、1.5 m、1.0 m, 3 次重复。堆肥过程中每 3 d 人工翻堆 1 次, 同时调节堆肥水分含量保持在 55% 左右。

1.2 测定项目与 方法

每天上午 9:00 采用便携式热电偶温度传感器从堆肥顶部中央垂直插入, 测定堆肥 20 cm、40 cm、60 cm 和 80 cm 4 个层次的温度。在堆肥当天和每次翻堆充分拌匀后取其混合样, 并称取 5.00 g 堆肥鲜样放于三角瓶中, 加入 50 mL 蒸馏水, $150 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 振荡 30 min 后 $4500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 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(*Beassica pekinensis*)种子, $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 下培养 48 h 后测发芽率和根长, 每处理重复 3 次, 对照为蒸馏水。按公式(1)计算种子发芽指数。

发芽指数 $GI = (\text{处理发芽率} \times \text{处理根长}) /$

$$(\text{空白发芽率} \times \text{空白根长}) \times 100\% \quad (1)$$

堆肥当天和以后每 9 d 测定 1 次养分含量, 取样方法同 pH。其中有机质、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-外加加热法、硫酸-水杨酸-催化剂消化法、硫酸-硝酸消煮-钒钼黄比色法、硫酸-硝酸消煮-火焰光度法、NaCl 浸提-Zn- FeSO_4 还原蒸馏法、 $1/2\text{NaHCO}_3$ 法、 NH_4OAc 浸提-火焰光度法测定^[6]。

试验数据采用 Excel 2003 进行统计, DPS 3.01 进行方差分析。

2 结果与 分析

2.1 麦秆和羊粪不同配比堆肥的温度变化

图 1 表明, 羊粪与麦秆不同配比堆肥温度均为先升后降, 随着麦秆比重的增加, 上升速度加快, 且各处理各层温度均在 1~8 d 内上升到 $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 并在 $50\sim70 \text{ }^\circ\text{C}$ 水平持续一段时间后逐渐下降, 趋近环境温度。从各层次温度看, 高温发酵层从中间向上下层扩散, 中层温度上升最快, 上层居中, 下层最慢。

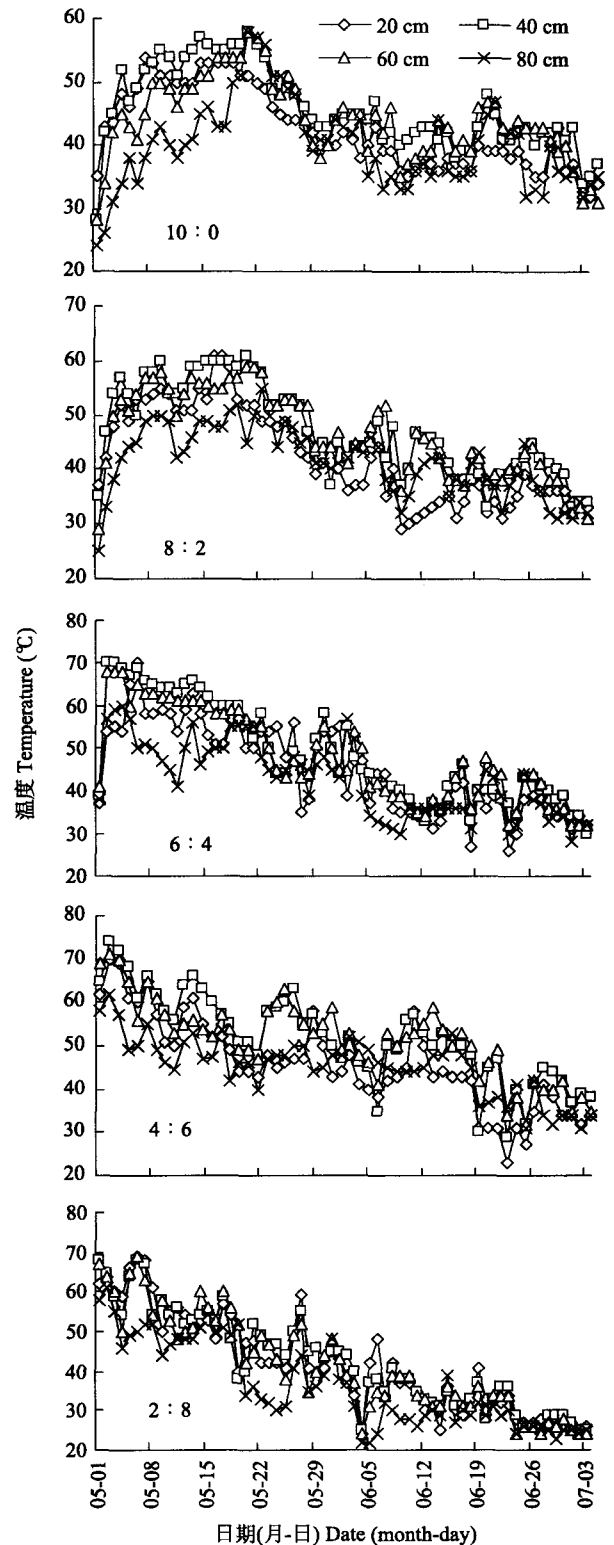


图 1 麦秆和羊粪不同配比处理堆肥的温度变化
Fig. 1 Changes of temperature during the composting of sheep manure added in different ratios of wheat straw

不同处理不同层次的高温期持续时间不同, 羊粪与麦秆 2:8 和 4:6 配比处理各层堆肥温度均在堆肥后 1 d 达到 $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 持续 11~34 d; 6:4 配比处理各层堆温在堆肥 2 d 后达到 $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 持续 17~28 d; 8:2 配比

处理, 20 cm、40 cm、60 cm 和 80 cm 处的堆温分别在第 4 d、3 d、3 d 和 8 d 后上升到 50 ℃, 持续 7~26 d; 10 : 0 配比处理 20 cm、40 cm、60 cm 和 80 cm 处的温度分别在第 7 d、4 d、8 d 和 18 d 后上升到 50 ℃, 持续 7~17 d。根据我国标准粪便无公害卫生标准, 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[7]。本试验整个堆肥过程中所有处理不同层次在 50 ℃ 以上的持续时间达 7~34 d, 表明所有处理在堆肥结束时均已腐熟。

2.2 麦秆和羊粪不同配比堆肥对种子发芽指数(GI)的影响

发芽指数(GI)是通过检验堆肥对植物发芽是否产生抑制作用来评价堆肥无害化、稳定化程度的指标, 它不但能检测堆肥样品的植物毒性水平, 还能预测堆肥植物毒性的变化^[8]。Zucconi 等^[9]认为, 当 $GI > 50\%$ 时, 堆肥已基本腐熟, 当 $GI > 80\%$ 时, 可认为堆肥已经腐熟。由图 2 可知, 各堆肥处理的种子发芽指数随堆肥的进行而呈明显上升趋势, 表明随着堆肥的进行, 抑制种子发芽的物质被慢慢消除, 堆肥产物对植物的毒害作用逐渐减弱。若以发芽指数 80% 作为堆肥腐熟的评价指标, 羊粪与麦秆 10 : 0、8 : 2、6 : 4、4 : 6、2 : 8 配比的堆肥分别在 58 d、52 d、28 d、37 d 和 58 d 达到腐熟, 其中羊粪和秸秆 6 : 4 配比的堆肥腐熟速度最快, 比纯羊粪提高 1 倍。由此可见, 合理的羊粪和秸秆配比能明显降低堆体内有毒有害物质的产生。

2.3 麦秆和羊粪不同配比堆肥有机质、全氮和 C/N 的变化

图 3 表明, 各处理堆肥有机质含量在整个堆肥过程中均随堆肥进程呈下降趋势, 在堆肥初期, 有机质含量下降速度随秸秆比重的增加而加大, 在堆

肥后期则相反。堆肥结束时, 各处理堆肥有机质含量介于 202.80~448.80 $g \cdot kg^{-1}$ 之间, 符合国家有机肥有机质含量为 20%~80% 的标准。从堆肥全氮含量看, 羊粪与麦秆 10 : 0 和 8 : 2 处理的全氮含量在堆肥的前 9 d 内有所下降, 而后趋于平稳, 这是由于这两个处理的 C/N 较低, 碳源成为微生物生长的限制因素, 有机物的分解速度慢, 大量富裕的氮素在堆肥初期随着温度、pH 的升高而出现损失。羊粪与麦秆 6 : 4、4 : 6 和 2 : 8 处理堆肥全氮含量基本呈上升趋势, 主要是因为堆肥重量减轻, 造成全氮绝对含量下降, 而相对含量上升, 虽然这 3 个处理也有氮素损失, 但远小于前两个处理, 说明添加麦秆对堆肥化过程氮素损失有一定控制效果。在堆肥结束时, 羊粪与麦秆 6 : 4 处理堆肥全氮含量最高, 分别高于 8 : 2、10 : 0、4 : 6 和 2 : 8 处理 10.01%、11.10%、20.94% 和 31.03%。从堆肥 C/N 看, 羊粪与秸秆 2 : 8 和 4 : 6 处理的 C/N 下降明显, 这是由其碳素含量较高, 分解剧烈, 而氮素损失较少所致。羊粪与秸秆 10 : 0 和 8 : 2 处理的 C/N 变化不大, 是

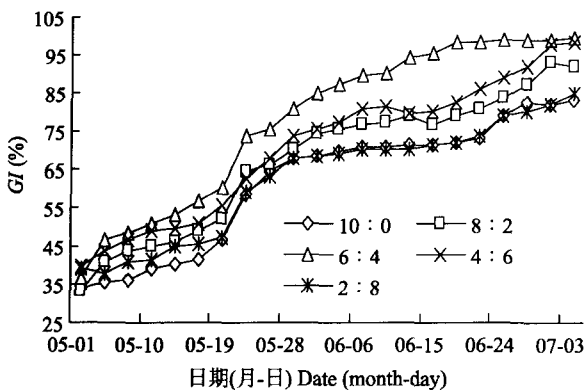


图 2 麦秆和羊粪不同配比处理堆肥对白菜种子发芽指数的影响

Fig. 2 Changes of germination index (GI) of *B. pekinensis* as affected by compost of sheep manure added in different ratios of wheat straw

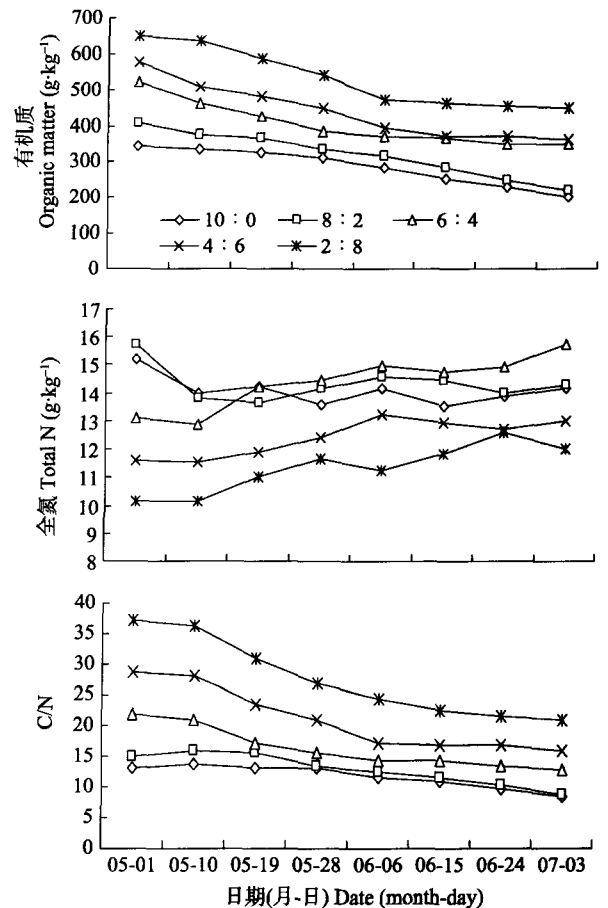


图 3 麦秆和羊粪不同配比处理堆肥有机质、全氮和 C/N 的变化

Fig. 3 Changes of organic matter, total nitrogen and C/N ratio during composting of sheep manure added in different ratios of wheat straw

因为初始 C/N 过低, 碳素分解缓慢, 氮素损失严重。在堆肥结束时, 除羊粪与麦秆 2:8 处理的 C/N 为 20.90, 略大于 20 外, 其余处理的 C/N 均小于 20。吴银宝等^[10]在研究猪粪堆肥腐熟指标时, 认为只要 C/N 降到 20 就可判定堆肥已基本腐熟, 本试验结果与此一致。Morel 等^[11]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。也有研究者提出评判堆肥腐熟的起始碳氮比值在 0.53~0.72 或 0.49~0.59^[12]。本试验在堆肥结束时, T 值在 0.56~0.63 间, 与上述研究结果相近。

2.4 麦秆羊粪不同配比对堆肥氮磷钾含量的影响

由表 1 可知, 各处理堆肥全磷、全钾、速效磷和速效钾含量在堆肥结束时比堆肥初始均有所增加, 这是由于堆肥过程中磷素和钾素不会挥发损失, 而堆肥的总干物质下降所致。堆肥结束时, 各处理的全磷、全钾、速效磷和速效钾含量分别较堆肥初期提高 2.29%~8.41%、12.51%~24.88%、1.77%~31.34% 和 5.03%~25.45%, 其中羊粪与秸秆 6:4 处理提高幅度均最高。各处理堆肥速效氮含量在堆肥结束时比堆肥初期下降 34.62%~14.10%, 其中 6:4 处理降幅最小。

表 1 麦秆和羊粪不同配比堆肥的养分变化

Tab. 1 Changes of nutrients of sheep manure compost added in different ratios of wheat straw $g \cdot kg^{-1}$

项目 Item	10:0		8:2		6:4		4:6		2:8	
	初始 Start	结束 End	初始 Start	结束 End	初始 Start	结束 End	初始 Start	结束 End	初始 Start	结束 End
全磷 Total P	15.16	15.53	14.01	14.87	13.68	14.83	13.68	14.38	13.56	13.87
全钾 Total K	28.20	34.21	28.00	31.83	28.22	35.24	28.81	34.24	30.22	34.00
速效氮 Available N	3.75	2.76	3.69	2.72	3.12	2.68	2.20	1.48	1.82	1.19
速效磷 Available P	3.95	4.02	3.86	4.23	3.35	4.40	3.18	4.08	2.42	2.63
速效钾 Available K	17.89	18.79	21.77	23.86	22.59	28.34	26.79	28.77	26.30	27.74

3 结论

羊粪高温堆肥时添加麦秆可减少氮素损失, 加快 C/N 的降低速率, 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, 且有机质含量的下降速度在堆肥初期与麦秆比重呈正比, 在堆肥后期呈反比。堆肥结束时, 各处理堆肥全磷、全钾、速效磷和速效钾含量分别较堆肥初期提高 2.29%~8.41%、12.51%~24.88%、1.77%~31.34% 和 5.03%~25.45%, 其中羊粪与秸秆 6:4 处理提高幅度均为最高。而速效氮含量比堆肥初期下降 34.62%~14.10%, 其中 6:4 处理的下降幅度最小。在实际应用中, 羊粪与麦秆按体积 6:4 进行堆肥较为适宜, 腐熟速度最快, 若以种子发芽指数 80% 作为堆肥腐熟的评价指标, 则其腐熟速度比纯羊粪提高 1 倍, 28 d 即可腐熟。

参考文献

[1] 张无敌, 尹芳, 卢怡, 等. 农村秸秆与粪便发酵产氢的研究[J]. 可再生能源, 2008, 26(2): 67-72
 [2] 李远. 我国规模化畜禽养殖业存在的环境问题与防治对策[J]. 上海环境科学, 2002, 21(10): 597-599

[3] 李吉进, 邹国元, 徐秋明, 等. 鸡粪堆肥腐熟度参数及波谱的形状研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(2): 219-226
 [4] 徐智, 汤利, 毛昆明, 等. 牛粪对西番莲果渣高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2): 207-511
 [5] 孙先锋, 邹奎, 钟海风, 等. 不同工艺和调理剂对猪粪高温堆肥的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(4): 787-790
 [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2001
 [7] 潘顾昌, 严秀宜, 潘长庆, 等. 粪便无害化卫生标准. GB7959-1987[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988: 222-223
 [8] 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: 自然科学版, 2002, 23(3): 1-4
 [9] Zucconi F, Forte M, Monaco A, et al. Biological evaluation of compost maturity[J]. Biocycle, 1981, 22(4): 27-29
 [10] 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
 [11] Morel T L, Colin F, Germon J C, et al. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost[M]//Gasser T K R. Composting of agriculture and other wastes. London & New York: Elsevier Applied Science Publish, 1985: 56-72
 [12] 张相锋, 王洪涛, 聂永丰, 等. 猪粪和锯末联合堆肥的中试研究[J]. 农村生态环境, 2002, 18(4): 19-22