

## 屠宰场羊废弃物堆肥基本性质及微生物区系变化

张俊华<sup>1</sup>, 刘希凤<sup>2</sup>, 毕江涛<sup>1</sup>, 张瑞山<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学新技术应用研究开发中心, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农垦事业管理局, 宁夏 银川 750021;  
3. 宁夏中卫市动物疾病预防控制中心, 宁夏 中卫 755000)

**摘要:** 于2011年夏季对屠宰场羊废弃物堆肥过程中基本性质和微生物区系的动态变化规律进行了研究, 同时探讨了添加不同微生物菌剂对废弃物堆肥进程的影响。结果表明: 随着堆肥进程的推进, 屠宰场羊废弃物堆肥温度先升高后降低, 种子发芽指数和草籽灭活率一直呈增加趋势, 大肠菌群的最可能数和蛔虫卵死亡率则呈下降趋势。堆肥 pH 值在快速升温阶段大幅度升高(平均上升了 1.75), 然后持平, 最后略有降低(pH 值平均为 8.20)。在堆肥过程中, 开始升温阶段 3 种微生物数量均有增加, 但细菌增速最大, 从平均 2.42 亿 CFU·g<sup>-1</sup> 增加到 5.16 亿 CFU·g<sup>-1</sup>, 放线菌和真菌缓慢增加; 到快速升温阶段放线菌和真菌增幅变大, 细菌数量急剧减少; 真菌数量较放线菌数量变化缓慢。向堆肥中添加微生物菌剂可加快堆肥腐熟, 缩短堆肥周期。添加微生物菌剂 4(北京产)的堆肥各项指标变化相对较快, 综合判定添加菌剂 4 的堆肥效果最佳。

**关键词:** 屠宰场羊废弃物; 微生物菌剂; 堆肥; 基本性质; 微生物区系

**中图分类号:** S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)01-0152-05

## Basic properties and microbial characteristic during the composting process of sheep slaughterhouse waste

ZHANG Jun-hua<sup>1</sup>, LIU Xi-feng<sup>2</sup>, BI Jiang-tao<sup>1</sup>, ZHANG Rui-shan<sup>3</sup>

(1. Research and Development Center for New Technology of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;  
2. Agriculture Bureau of Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750021, China;  
3. Animal Epidemic Disease Anticipatory Control Center of Ningxia Zhongwei, Zhongwei, Ningxia 755000, China)

**Abstract:** The research was carried out in summer of 2011. The dynamic changes of basic properties and microbial community during the composting process of sheep slaughterhouse waste were investigated. And the effects of different microbial agents that inoculated to the compost process were also discussed. The results showed that the temperature was increased at the beginning of the process and then decreased. The seed germination index and the vigor of weed seed had the increasing tendency, while the microbial biomass and eggs of insects had the decreasing tendency through the composting process. The pH value increased faster in warming phase (average by 1.75), then leveled off, and decreased slightly to an average of 8.20 at last. Bacterium biomass increased fast from  $2.42 \times 10^8$  to  $5.16 \times 10^8$  CFU·g<sup>-1</sup> average-ly. Actinomycete and fungi increased slowly at the beginning of the process, then actinomycete and fungi increased significant at the beginning of the process. bacterium were decreased slump at the moment. The speed of change that fungi biomass were slowly than actinomycete. Inoculated microbial agents could raise the temperature of compost, speed up the rate of fermentation effectively. The results showed that agents of No.4 were best among the microbial agents studied.

**Keywords:** sheep slaughterhouse waste; microbial agent; composting; basic properties; microbial community

据统计,2011年全国羊的出栏量为2.70亿只,存栏2.81亿只,产量为398.90万t,预计到2015年,全国肉类需求总量达到8845万t,其中羊肉需求量

达到1332万t,这也意味着大量的屠宰废弃物产生<sup>[1]</sup>。屠宰场屠宰生羊后的废弃物主要是羊瘤胃内容物,还有少量血水、粪便等,这些物质都富含养分。

收稿日期:2012-06-28

基金项目:宁夏区科技攻关项目“屠宰场废弃物生物处理与利用关键技术研究”

作者简介:张俊华(1977—),女,宁夏中卫人,副研究员,博士,主要研究方向为土壤质量和废弃物资源化利用。E-mail: zhangjunhua728@163.com。

但该废弃物中有许多人畜共患传染病和寄生虫病的病原体,如 *Campylobacter*、*Salmonella* 以及 *Yersinia*, 此外还有对人体危害严重的肝包虫、羊囊虫等,会蔓延危害人类健康<sup>[2]</sup>。有人用瘤胃内容物为主要载体生产纯血粉或青贮饲料,但是这些做法技术要求很严格,要实现价格很高,生产出来的产品价格不菲,较难推广应用;也有利用屠宰场废弃物建沼气池为周边居民供电的实例<sup>[3]</sup>。还有些屠宰场烘干后当作肥料,也有的经过自然发酵腐熟后作肥料。但据调查,许多屠宰场为了避免过多的厂房和资金投入,经常都是运出后直接施入农田,这样势必会造成严重的二次污染,对生态环境和人们的身体健康有极大的安全隐患。所以,对屠宰场废弃物进行无害化处理和资源化利用,防止和消除清真屠宰场废弃物的污染,对于保护生态环境,推动农业可持续发展具有十分重要作用。

堆肥化是有机固体废弃物无害化、资源化的根本途径。因此,有机固体废弃物的堆肥化研究一直是环境科学领域研究的热点之一<sup>[4-5]</sup>。目前对畜禽粪便、秸秆、污泥等有机固体废弃物的堆肥研究较多<sup>[6-8]</sup>,但对屠宰场废弃物堆肥的研究很少,对该过程中物理化学变化及微生物区系的动态变化特点尚不清楚,而由于家畜区系及其饲料配方不同,不同的家畜屠宰后遗留的废弃物也不同,其高温发酵过程中理化性质及其它特征也不尽相同。本研究采用高温堆肥,对清真屠宰场屠宰羊后的废弃物及添加不同微生物菌剂的废弃物堆肥过程进行了研究,旨在通过对不同处理的堆肥过程进行比较,揭示该过程

中堆肥的基本性质和微生物区系的动态变化规律;筛选出适合西北干旱地区清真屠宰场废弃物堆肥的微生物菌剂,对该区农、牧业生物质资源的综合利用、解决由清真屠宰场废弃物造成的环境污染问题具有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

废弃物:取自宁夏永宁县李俊镇清真屠宰场。

菌剂:根据菌剂的不同性能、产地、用户反应、价格及用量等条件,选择4种北方产微生物菌剂,分别为菌剂1(甘肃产)、菌剂2(河南产)、菌剂3(山东产)和菌剂4(北京产)。菌剂1~4的用量均为  $30 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  废弃物。

不添加任何微生物菌剂的处理为 CK,添加4种菌剂的处理分别为 T1、T2、T3 和 T4。

### 1.2 试验设计

堆肥试验在宁夏银川贺兰山农牧场进行,以清真屠宰场屠宰羊后的废弃物为主要原料,其基本性质见表1。取屠宰羊后的新鲜废弃物  $300 \text{ kg}$ (用木材厂锯屑调节 C/N 为 30,并调节含水率至 60%左右),制成堆高约  $100 \text{ cm}$ 、顶部削平的发酵堆;若加入微生物菌剂,则翻混 3~4 次,混匀后制成堆高约  $100 \text{ cm}$ 、顶部削平的发酵堆。第一次于第 3 天翻堆,以后每隔 7 d 定时进行翻堆,翻后堆制成原形状(每次翻堆前测定堆体水分,若水分低于 60%,加水使其保持在 60%左右),30 d 后不再翻堆。

表 1 堆肥材料的基本性质

Table 1 Basic properties of composting materials

材料 Composting materials	水分/% Water content	pH	有机质/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Organic matter	全氮/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Total N	全磷/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Total P	全钾/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Total K
屠宰场废弃物 Composting materials	76.32	6.23	682.09	24.96	12.62	7.38
锯屑 Sawdust	24.40	5.67	515.00	2.00	12.00	1.70

### 1.3 样品采集

堆肥四周及中心处为采样点,采样深度 30~40 cm,各点采样量为 100 g,混匀,四分法留取 200 g,用保鲜袋密封、 $-20^\circ\text{C}$  冷冻保存,以备分析测定用。

### 1.4 测定时间

堆肥发酵的第 0、7、14、21、30、90 天进行样品采集。

### 1.5 测定指标及测定方法

(1)温度。每次采样前测定堆温 2 次,时间为

10:00 和 15:00。测定堆体温度以堆体前、后、左、右和中心 5 点温度的平均值作为堆体的发酵温度。测量时温度计插入堆体表面 30~40 cm 处,同时记录周围环境温度。

(2)pH 值。取混合后的样品,用去离子水按废弃物:水 = 1:5 浸提 1 h,用 pH 计测定悬浮液的 pH 值。

(3)种子发芽指数。于培养皿内垫上一张滤纸,均匀放入 10 粒白菜籽,吸取 5.0 mL 堆肥浸提液(水:堆肥 = 5:1)于培养皿中,以蒸馏水做对照,每个

处理重复 3 次,在 25℃ 恒温培养 24 h,测定种子发芽率和根长,然后计算种子的发芽指数:

发芽指数 = [(处理的发芽率 × 处理的平均根长) / (空白的发芽率 × 空白的平均根长)] × 100%

(4) 草籽灭活试验。将稗草种子包于透水、透气的网眼尼龙袋中,随机埋于堆肥中,深度为 40 cm。间隔一定时间取出草籽袋,取 100 粒种籽于培养皿中,25℃ 培养 8 h,观察其发芽率。以正常草籽加蒸馏水作对照。

(5) 大肠杆菌菌值。革兰氏染色,查表。

(6) 蛔虫卵死亡率。沉淀法:水洗,过滤并水洗沉淀,测定体积,镜检。

(7) 微生物数量。采用平板菌落计数法。细菌、放线菌、真菌计数所用培养基分别为羊肉膏 - 蛋白胨培养基、高氏 1 号培养基、PDA 培养基。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥温度的变化

温度是堆肥腐熟效果分析的主要指标之一<sup>[9]</sup>。清真屠宰场废弃物堆肥化发酵过程温度变化与羊粪发酵过程相似,但堆肥的升温阶段和整个堆肥腐熟需要的时间相对较长(见图 1a):未添加微生物菌剂的处理温度上升相对较为缓慢,在堆肥 14 d 左右温度达到最高,在堆肥中后期温度相对其它处理略高,

但未达到显著水平;添加微生物菌剂的处理其堆肥在 0~10 d 温度大幅上升并达到最高温度,然后开始下降;到 30 d 有小幅上扬,说明这一阶段内呈现了二次发酵特征,将尚未分解的有机物(主要为难分解的)进一步分解,使堆肥完全熟化,这一发酵熟化规律与添加菌剂的有机肥高温堆肥发酵处理基本一致<sup>[10]</sup>,只是需要的时间长短不同。屠宰场废弃物堆肥经历的温度变化较羊粪堆肥缓慢,原因可能是由于清真屠宰场废弃物主要是羊瘤胃内容物,其成分以未消化或未完全消化的草料或饲料为主,而羊粪的质地比较细,相对较容易分解。添加微生物菌剂的处理大概需要 7 d 温度达到 50℃,10 d 达到最高温度,对照则推迟 3 d 左右;堆肥 14 d 后堆温开始下降,但仍维持在 50℃ 以上,21 d 后普遍下降至 50℃ 以下,30 d 左右有一次小幅回升,但均低于 50℃,然后整体温度稳定下降至气温。各处理完成温变过程温度降到 40℃ 所用的时间均大于 30 d。添加菌剂 4 的处理在堆肥中前期温度普遍略高于其它处理,但添加微生物菌剂的 4 个堆体在整个过程中温度变化趋势没有显著差异。李季和彭生平就指出添加外源微生物不仅可以调控堆肥过程中氮、碳代谢,保留更多的养分,还可以加快堆肥进程<sup>[11]</sup>。陆艳等研究也表明接种外源微生物可以使堆肥发酵提前达到高温期,延长高温持续时间<sup>[12]</sup>。

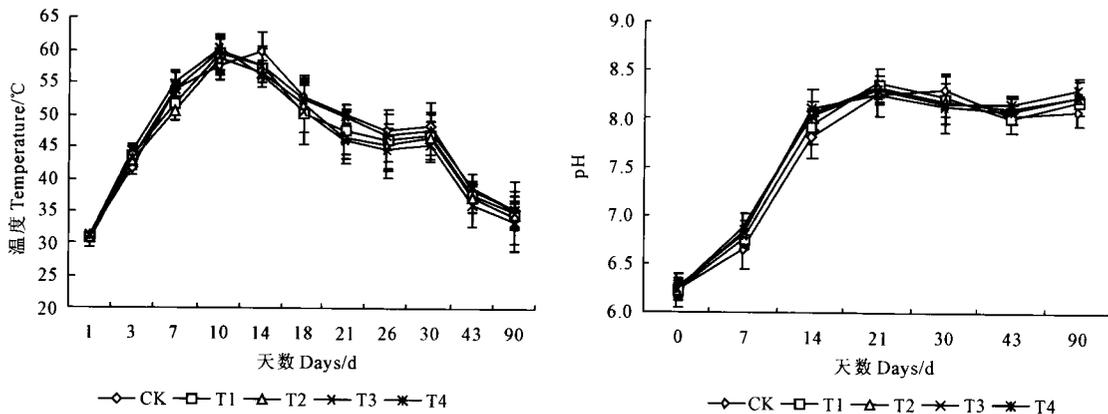


图 1 堆肥过程中温度和 pH 值的变化

Fig. 1 Changes of temperature and pH in the composting process

### 2.2 堆肥 pH 值的变化

pH 值是反映堆肥熟化过程及判断堆肥是否熟化的最基本指标<sup>[11]</sup>。清真屠宰场废弃物主要组分为瘤胃内容物,其初始 pH 值呈弱酸至中性(pH = 6.23),这与羊粪 pH 值不同<sup>[13]</sup>。从图 1b 中可以看出,堆体在 0~7 d 和 14~21 d 其 pH 值呈上升趋势,但增幅不大,7~14 d 大幅度上升的趋势;到第 21 天开始小幅下降趋于稳定;到堆肥后期,堆体 pH 值在

8.00~8.50 之间变化,这是因为随着堆肥进行有机酸逐渐被中和,并且挥发的部分氨充满在堆体中造成偏碱性环境。堆肥后期,随着氨的挥发、蛋白质有机物的彻底降解以及硝化作用的进行等因素,pH 值逐渐回落,这一结论与陆艳等<sup>[12]</sup>、María 等<sup>[14]</sup>对有机肥的堆肥研究结论一致。CK 在堆肥的中前期 pH 值均低于其它处理,到 30 d 左右达最高值(其它处理在 21 d 左右达到最高值),说明接种微生物菌剂

能有效促进有机物料的腐熟进程,可提高初期的反应速度。T3 处理 pH 值相对其它处理变幅最大,其次为 T4 处理,但各堆体间的 pH 值差异并未达到显著水平。

### 2.3 堆肥种子发芽指数的变化

堆肥中所含的重金属、氨和一些有机物会对植物生长和根的发育产生抑制,因此,发芽指数常被作为评价堆肥产品植物毒性的指标<sup>[15]</sup>。整个堆肥过程中,各处理的种子发芽指数均呈不断上升趋势(如图 2 所示),尤其是 7~14 d 这一阶段增幅最大,这可能与该时期温度变幅最大有关。各处理 GI 在堆肥 43 d 左右达到 80% 以上,其中添加了微生物菌剂的 4 个处理 GI 增长较快,CK 堆肥 GI 在整个发酵过程中最低。一般研究表明,当 GI 达到 80% 即可认为堆肥已腐熟,说明在屠宰场废弃物堆肥中添加微生物菌剂对于种子发芽有一定促进作用。T4 处理 GI 在整个堆肥过程中普遍较高。

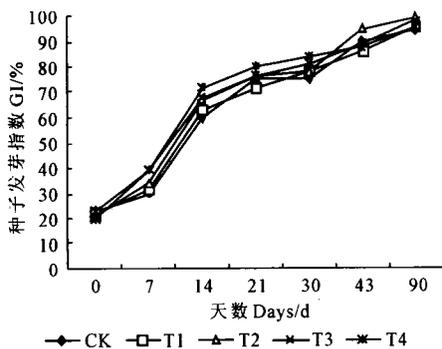


图 2 堆肥过程中种子发芽指数的变化

Fig.2 Changes of GI in the composting process

### 2.4 堆肥草籽活力和卫生指标的变化

杂草种子是衡量堆肥发酵无害化的重要指标,熟化后的堆肥成品杂草种子应失去活力,以防施用农田后杂草蔓延<sup>[16]</sup>。由表 2 可以看出,随着废弃物堆肥进程的推进,温度不断上升,种子活力不断降低,所有处理杂草种子活力在 7~14 d 急剧下降,但降幅不同,堆肥中前期对照 CK 堆温最低,其杂草种子活力最强,从堆肥 7 d 开始与添加微生物菌剂的处理均呈显著性差异,到堆肥 14 d 时达到极显著差异水平:添加微生物菌剂的处理在 14 d 可使稗草种子活力降低到 40%,30 d 后 T3 和 T4 草籽活力为 0,43 d 后种子活力全部灭活,但 CK 在堆肥 90 d 后草籽活力为 10%,进一步说明接种外源微生物可以使堆肥发酵提前达到高温期,使在此温度范围内不适应生长的细菌及有害病原菌得到抑制或杀灭,从而有利于达到无害化、堆肥的腐熟以及各类物质之间

的相互转化<sup>[12]</sup>。

有机废弃物中常包含各种有害病原菌,如粪大肠杆菌群、蛔虫卵、细菌、病毒等,其中大肠杆菌值和蛔虫卵死亡率是反映畜禽粪便无害化处理的一个特征指标<sup>[17]</sup>。如表 2 所示,不同处理条件下屠宰场废弃物大肠杆菌菌群最可能数随堆肥温度的升高呈明显下降的趋势,其中在升温阶段 7~14 d 降幅最大,这是因为堆肥的高温阶段是杀灭粪大肠杆菌的主要时期,随着堆肥的进行,微生物产生的许多抗生素类物质也会极大地缩短病原微生物的存活时间<sup>[18]</sup>。添加微生物菌剂的处理大肠菌群最可能数显著低于 CK;到堆肥 43 d 时各处理均降至最低值,在堆肥 90 d 时又有所上升。T3 和 T4 处理大肠杆菌菌群最可能数低于 T1、T2 及 CK,到中后期均为添加菌剂 4 的处理最低。蛔虫卵死亡率的变化规律与大肠杆菌菌群最可能数基本相同,至堆肥 43 d 时,所有处理的蛔虫卵死亡率均大于 95%,达到了畜禽粪便无害化卫生标准的要求,无臭味。添加微生物菌剂 4 的堆肥无害化速度和程度最佳。

### 2.5 堆肥中微生物数量的变化

与其它有机物堆肥相同,清真屠宰场废弃物堆肥过程中微生物数量总的趋势也遵循“细菌的数量最多,放线菌次之,真菌的数量最少”<sup>[6]</sup>的规律。但整个过程中各微生物数量的增减规律不同。在堆肥 0~7 d 细菌急速增长,迅速成为这一阶段优势微生物群落。这可能是细菌凭借着比自己强大的比表面积快速将可溶性底物吸收到细胞中,致使细菌快速增长繁殖并释放出大量的热量<sup>[19]</sup>。堆肥第 7 天时 T2 的处理涨幅最大,其次为 T3,CK 涨幅最小,到第 14 天时除了 T2、T3 外其它处理细菌数量达到最大值;从 14~30 d 细菌数量剧烈下降至整个过程的最低值,到 43 d 时又有不同幅度的增加,其中对照增幅最大。除第 43 天外,CK 细菌数量在整个堆肥过程中普遍处于最低值(如图 3)。

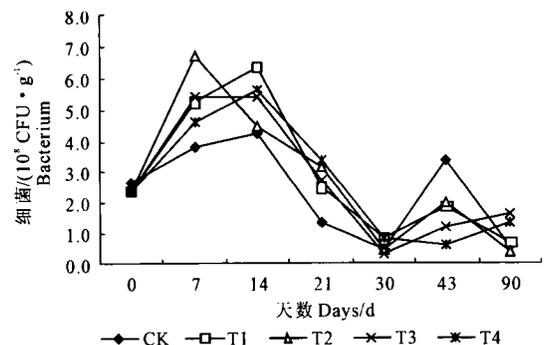


图 3 堆肥过程中细菌数量的变化

Fig.3 Changes of bacterium in the composting process

表 2 堆肥草籽活力和卫生指标的变化

Table 2 Changes of grass seed vigor and health indicators in the composting process

指标 Parameters	处理 Treatments	堆肥天数 Composting days/d						
		0	7	14	21	30	43	90
草籽活力/% Grass seed vigor	CK	97	92	69	51	26	19	10
	T1	98	84	40	12	5	0	0
	T2	97	75	29	5	1	0	0
	T3	99	72	35	3	0	0	0
	T4	99	73	30	1	0	0	0
大肠杆菌菌群的最可能数/(MPN, 个·g <sup>-1</sup> ) Most probable number of coliform	CK	7.5 × 10 <sup>8</sup>	7.1 × 10 <sup>4</sup>	3.9 × 10 <sup>3</sup>	5.7 × 10 <sup>2</sup>	0.7 × 10 <sup>2</sup>	3.7 × 10	1.9 × 10 <sup>2</sup>
	T1	7.5 × 10 <sup>8</sup>	6.0 × 10 <sup>3</sup>	2.1 × 10 <sup>3</sup>	3.5 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10	1.5 × 10	0.6 × 10 <sup>2</sup>
	T2	7.5 × 10 <sup>8</sup>	5.6 × 10 <sup>3</sup>	1.2 × 10 <sup>3</sup>	2.2 × 10 <sup>2</sup>	1.0 × 10	0.8 × 10	2.0 × 10
	T3	7.5 × 10 <sup>8</sup>	5.1 × 10 <sup>3</sup>	1.3 × 10 <sup>3</sup>	2.0 × 10 <sup>2</sup>	1.3 × 10	1.0 × 10	1.5 × 10
	T4	7.5 × 10 <sup>8</sup>	5.1 × 10 <sup>3</sup>	1.0 × 10 <sup>3</sup>	1.8 × 10 <sup>2</sup>	1.4 × 10	1.1 × 10	1.1 × 10
蛔虫卵死亡率/% Rate of the eggs of insects killed	CK	0	9.25	22.56	52.50	91.55	96.16	99.02
	T1	0	9.93	28.57	62.53	93.20	97.52	99.32
	T2	0	11.07	34.28	77.6	95.64	98.16	99.55
	T3	0	13.10	39.25	68.145	92.16	99.58	99.48
	T4	0	13.99	40.85	78.52	96.47	99.24	99.76

堆肥放线菌数量在 0~7 d 略有增加,7~14 d 增幅最大,其中 T4 数量最大;21 d 时有不同程度的下降,30 d 时普遍又有所增加,到 90 d 时各处理放线菌数量无显著差异。

堆肥真菌数量在 0~7 d 期间有小幅增长,14~21 d 各处理均有大幅度增加,之后又有较大幅度的降低,43 d 又有所上扬,这与普通有机肥高温堆肥真菌变化有所差异<sup>[6]</sup>(见图 4)。这一现象可能与真菌

最适合的生长条件为酸性有关,屠宰场废弃物自身呈弱酸至中性,而且在堆肥初期细菌和真菌消化有机物时会释放有机酸,从而有利于真菌的生长以及木质素和纤维素的降解,随着有机酸进一步被降解,pH 值逐渐升高,真菌生长在一定程度上受到抑制,到堆肥后期温度大幅下降,真菌数量也随之减少。由于清真屠宰场堆肥的原料及气候条件不同,堆肥过程微生物动态变化规律还有待进一步研究。

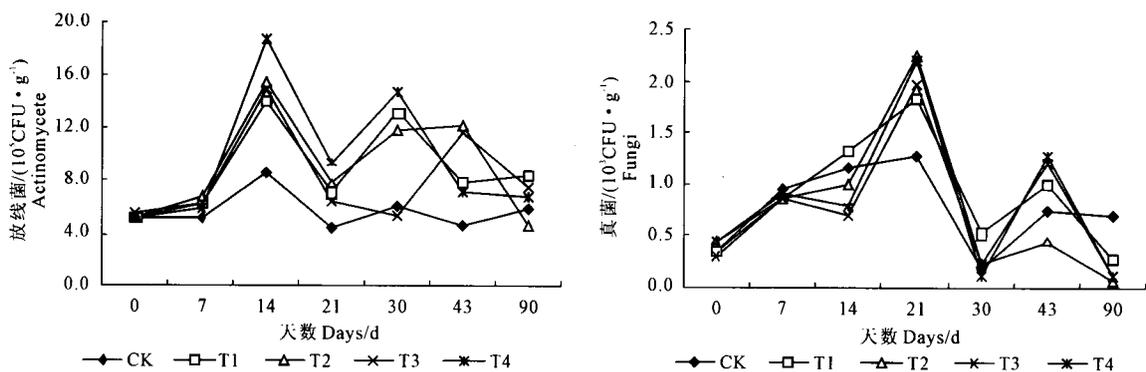


图 4 堆肥放线菌和真菌数量的变化

Fig.4 Changes of actinomycete and fungi in the composting process

### 3 结论

1) 清真屠宰场废弃物堆肥化发酵过程与羊粪发酵过程相似,但废弃物堆肥升温阶段持续时间较长;添加微生物菌剂的处理温度在堆肥中前期高于对照处理。

2) 屠宰场废弃物 pH 值在堆肥中前期一直呈上

升趋势,到第 30 天略有降低并趋于稳定。整个堆肥过程中所有处理 GI 逐渐上升,但 CK 的 GI 最小。

3) 随着堆肥的进行,各处理草籽种子活力、大肠杆菌值和蛔虫卵死亡率逐渐减小。在堆肥 7~43 d 这一阶段,CK 与添加微生物菌剂的处理草籽活力及卫生指标呈极显著性差异。

(下转第 187 页)

- [5] 王春乙. 东北地区农作物低温冷害研究[M]. 北京:气象出版社, 2008:1-20.
- [6] 刘布春, 王石立, 庄立伟, 等. 基于东北玉米区域动力模型的低温冷害预报应用研究[J]. 应用气象学报, 2003, 14(5):616-625.
- [7] 高素华. 玉米延迟型低温冷害的动态监测[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(2):117-121.
- [8] 马树庆, 刘玉英, 王 琪. 玉米低温冷害动态评估和预测方法[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10):1905-1911.
- [9] 曹 阳, 徐淑梅, 何 晶. 哈尔滨市旅游气候资源评价与开发研究[J]. 国土与自然资源研究, 2007, (3):67-68.
- [10] 孟 英, 李 明, 王连敏, 等. 低温冷害对玉米生长影响及相关研究[J]. 黑龙江农业科学, 2009, (4):150-153.
- [11] 刘文彬. 低温冷害对农作物生长发育的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2011, (19):204.
- [12] 于龙凤, 安福全. 低温胁迫对玉米幼苗生理生化特性的影响[J]. 农业科技通讯, 2011, (2):47-49.
- [13] 王迎春, 褚金翔, 孙忠富. 玉米对低温胁迫的生理响应及不同品种间耐低温能力比较[J]. 植物生理科学, 2006, 22(9):210-212.
- [14] 王国莉, 郭振飞. 低温对水稻不同耐冷品种幼苗光合速率和叶绿素荧光参数的影响[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(4):381-383.
- [15] 薛桂莉, 唐文俊, 刘治权, 等. 低温冷害对农作物的危害及防护措施[J]. 农业与技术, 2004, 24(1):85-86, 92.
- [16] 张国民, 王连敏, 王立志, 等. 苗期低温对玉米叶绿素含量及生长发育的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2000, (1):10-12.
- [17] 张德荣. 玉米低温冷害试验报告[J]. 中国农业气象, 1993, 14(5):32-34.

(上接第 156 页)

4) 在堆肥过程中, 升温阶段堆肥细菌数量快速增加, 进入高温堆肥期后急剧下降; 堆肥前期真菌和放线菌数量缓慢上升, 到高温阶段迅速上升, 真菌数量增加时期较放线菌滞后。整体来讲, T4 处理堆肥效果最佳, 其次为 T3 处理。

#### 参 考 文 献:

- [1] 中国行业研究网. 2010 年中国肉类加工市场评估及投资前景预测报告[EB/OL]. [2012-05-14]. <http://www.chinaIRU.com>.
- [2] Noline G F, Annemieke M G, Bert A P U, et al. Pathogenic microorganisms in slaughterhouse sludge - a survey[J]. J Food Microbiology, 1996, 33:245-256.
- [3] Pessiot J, Nouaille R, Jobard M, et al. Fed-batch anaerobic valorization of slaughterhouse by products with mesophilic microbial consortia without methane production[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2012, 167(6):1728-1743.
- [4] Jilani G, Xu J M, Wu Y P, et al. Evaluating the maturity and quality of solid waste compost through phospholipid fatty acid biomarkers [C]//Molecular Environmental Soil Science at the Interfaces in the Earth's Critical Zone. Berlin Heidelberg:Springer, 2010:307-310.
- [5] 李 宁, 吴龙华, 李法云, 等. 不同环境因子对海州香薷堆肥品质与物质转化研究[J]. 土壤, 2007, 39(5):794-800.
- [6] 孙志华, 张金水, 同延安, 等. 添加风化煤对蘑菇渣牛粪堆肥的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(2):162-166.
- [7] Dong Y W, Chen Y X, Zhu D Z, et al. The determination of total N, total P, Cu and Zn in chicken manure using near infrared reflectance spectroscopy[J]. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2011, 346:92-98.
- [8] 康 军, 张增强, 邵 森, 等. 污泥堆肥过程中胡敏酸光谱特征变化与腐熟度的关系[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7):181-185.
- [9] David C W, James P M, Cesarel L S. Organic compost and manufactured fertilizers: economics and ecology[C]//Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism. Netherlands:Springer, 2011:27-53.
- [10] Yamamoto N, Asano R, Yoshii H, et al. Archaeal community dynamics and detection of ammonia-oxidizing archaea during composting of cattle manure using[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2011, 90(4):1501-1510.
- [11] 李 季, 彭生平. 堆肥工程实用手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2011:10-12.
- [12] 陆 艳, 蔡其刚, 王戈平, 等. 不同发酵剂对牛羊屠宰粪便发酵效果的比较[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2010, 40(2):17-19.
- [13] 张 鸣, 高天鹏, 刘玲玲, 等. 麦秆和羊粪混合高温堆肥腐熟进程研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3):566-569.
- [14] Maria J C, Xiomar G, Marta O, et al. Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste: study of biological stabilization by fourier transform infrared spectroscopy and thermogravimetry combined with mass spectrometry[J]. Biodegradation, 2010, 21(4):543-556.
- [15] 于海霞, 孙 黎, 染冬梅. 不同调理剂对牛粪好氧堆肥的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2):265-238.
- [16] 吴银宝, 汪植三, 廖 新, 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.
- [17] 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[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2):252-256.
- [18] Wang P, Changea C M, Watson M E, et al. Maturity indices for composted dairy and pig manures[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(3):767-776.
- [19] Pablo T, Mariana C R, Bert H J, et al. Carbon and nutrient losses during manure storage under traditional and improved practices in smallholder crop-livestock systems-evidence from Kenya[J]. Plant and Soil, 2011, 328(1-2):253-269.