

# 微生物及胡敏酸 $E_4/E_6$ 值在农业废弃物 静态高温腐解中的变化

谷 洁, 李生秀, 秦清军, 李鸣雷, 高 华

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘 要]** 以养鸡场鸡粪、小麦秸秆为原料, 在静态通气条件下, 研究了堆腐过程有机物料微生物、胡敏酸  $E_4/E_6$  值、电导率及 pH 的变化。结果表明, 加入微生物菌剂堆腐, 细菌和放线菌数在堆腐第 2 天达到高峰, 分别为  $2.51 \times 10^{12}$  和  $3.68 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ , 之后均缓慢下降, 但放线菌数的变化较为平缓; 真菌数在堆腐开始时较高 ( $7.58 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ ), 之后随着堆体温度上升而下降, 堆腐后期随温度下降而缓慢上升; 整个堆腐过程中, 真菌数一直较低, 而细菌和放线菌数量相对较高。未加菌剂的堆腐处理, 细菌数于第 4 天达到高峰值  $5.01 \times 10^{10} \text{ g}^{-1}$ , 放线菌数在第 3 天达到高峰值  $1.44 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ , 真菌数在第 2 天达到高峰值  $5.01 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ 。与对照相比, 加入微生物菌剂堆腐的 pH 值相对较低, 变化幅度较小; 加入微生物菌剂堆腐处理的 EC 值较高, 堆腐 30 d 后  $E_4/E_6$  值为 1.57~1.68, 而 CK 处理的  $E_4/E_6$  值为 2.16~2.41, 表明加入菌剂能促进腐殖质的缩合和芳构化。

**[关键词]** 农业废弃物; 堆腐; 微生物; 静态高温腐解

**[中图分类号]** S141.4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)12-0098-05

传统的畜牧业和种植业结合密切, 种植业产生的废弃物为畜牧业发展提供了饲料, 而畜牧业产生的废弃物又为种植业提供了宝贵的肥料。因此畜牧业和种植业互相促进, 相得益彰。目前随着畜牧业的集约化和规模化发展, 导致种植业和畜牧业联系密切的传统关系发生了变化, 以集约化和规模化为重点的畜牧养殖业已与种植业产生脱离。富含作物所需各种营养元素及有机质、可作为宝贵饲料和肥源的农业废弃物, 因得不到合理应用<sup>[1]</sup>而成为环境污染, 农作物秸秆的露天焚烧又造成了环境污染<sup>[2]</sup>。与此同时, 大规模养殖场产生的畜禽粪便又会堆积起来变成了名符其实的“废弃物”, 不但散发恶臭气味, 且含有病原生物, 对养殖区域环境污染严重<sup>[3]</sup>。

畜禽粪便处理的主要途径是堆腐, 即在微生物的作用下, 降解和转化有机物质的生物化学过程。在堆腐过程中, 有机物的分解与合成同时进行, 其前期以矿质化为主, 而后期以腐殖质化占优势。由于分解过程中释放出大量热量, 堆腐物料温度升高, 可导致病原生物和虫卵草种死亡<sup>[4]</sup>。

关于有机物料堆腐的研究为时甚久, 但过去的研究<sup>[5,6]</sup>多是在人为翻堆的条件下进行的, 所得结果

仅适于这类情况。人为翻堆固然可以加速腐熟过程, 但费工费时, 会大量损耗有机物质, 也难以满足有机肥大规模生产的要求, 因而逐渐被静态堆腐所取代。静态堆腐不用翻堆, 省工费时。目前, 人们对堆腐的研究主要集中在其条件的控制(如温度、氧气、C/N比等)<sup>[7~9]</sup>和工艺参数的选择上<sup>[10,11]</sup>, 而对腐解过程中微生物、胡敏酸  $E_4/E_6$  值及 EC 值的变化涉及不多。

由于堆腐过程是在微生物及其分泌的体外酶的共同作用下进行的, 研究微生物种群和数量的消长, 确定堆腐过程胡敏酸  $E_4/E_6$  值及 EC 值的变化更能揭示堆腐过程的生物行为。为此, 本研究对堆腐过程微生物、胡敏酸  $E_4/E_6$  值与 EC 值、pH 值的变化动态进行了测定和分析, 旨在为农业废弃物的肥料化资源利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 堆肥原料

试验所用的农业废弃物为鸡粪和小麦秸秆, 其养分含量见表 1。

**[收稿日期]** 2005-09-26

**[基金项目]** 科技部“农转资金”项目(03EFN21610230); 陕西省农业重点攻关项目(2003K02-G13-01)

**[作者简介]** 谷 洁(1963-), 男, 陕西周至人, 副研究员, 在读博士, 主要从事农业废弃物资源化利用与肥料研究。

表 1 农业废弃物的养分组成(烘干样)

Table 1 Nutrient contents in the agricultural waste materials (Oven-dried base)

g/kg

材料 Experiment material	有机碳 Organic	粗有机物 Raw organic matter	全氮 Total nitrogen	C/N	全磷 Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 Total K <sub>2</sub> O
鸡粪 Faeces of chicken	311.6	496.1	27.1	14.36	21.2	19.2
小麦秸秆 Straw of wheat	396.1	817.4	6.3	62.9	1.86	12.4

## 1.2 堆腐装置

堆腐装置(图 1)由高 1.0 m, 内径 0.6 m, 外径 0.7 m 的圆柱形发酵罐(反应器)组成。发酵罐外壳由双层不锈钢构成, 两层间有 0.5 cm 厚的保温材料; 底部为带有小孔的不锈钢圆板, 堆肥材料混匀置于其上。供应的空气从罐底部进入, 通过圆板的透气小孔进入罐内, 穿过堆肥物料后从上部排出。

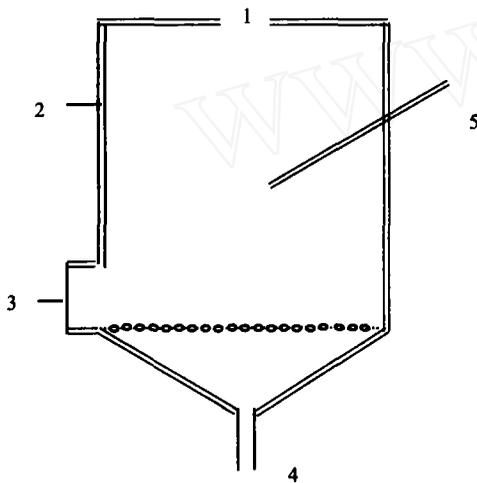


图 1 堆腐发酵装置图

1. 装料、排气口; 2. 隔热层; 3. 出料口; 4. 通气口; 5. 温度传感器

Fig. 1 Diagram of composting device

1. Entrance of material & gas exit; 2. Layer of heatinsulation;  
3. Exit of material; 4. Entrance of air; 5. Sensors of temperature

## 1.3 试验方法

将切成 3~5 cm 的麦秸与鸡粪混合, 混合物的 C/N 比为 30:1~35:1。鸡粪与麦秸的混合比例为 0.56:1~0.63:1。加水, 使堆料水分含量达 550~650 g/kg。以接种本课题组筛选获得的腐解复合菌剂为接种处理, 以不接种腐解复合菌剂处理为对照, 将以上 2 个处理的混合有机物质分别装入堆肥装置中堆腐, 定期从堆肥装置中部采集样品, 测定其微生物数、胡敏酸  $E_4/E_6$  值、pH 值和电导率(EC)。堆料腐熟后停止采样。

## 1.4 测定项目与方法

细菌数(A)采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基平板计数法测定; 放线菌数(B)采用改良高氏琼脂培养基平板计数法测定; 真菌数(C)采用马丁氏琼脂培

养基平板计数法测定。胡敏酸  $E_4/E_6$  的测定方法为: 蒸馏水浸提样品(蒸馏水与样品的质量比为 20:1), 离心后取上清液, 分别在 465 和 665 nm 波长下用分光光度计测定吸光值, 计算其比值<sup>[12,13]</sup>。堆腐物料中有机碳用重铬酸钾法测定, 全氮用凯氏消煮蒸馏法测定, 全磷用钒钼黄比色法测定, 全钾用火焰光度计法测定, pH 值用 pH 值计(PDS-3C)测定, 电导率(EC)用电导率仪(DDS-11A)测定<sup>[14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 微生物的变化

农业废弃物堆腐过程的矿质化和腐殖质化主要是酶促作用的结果, 而各种酶又是微生物的产物。由表 2 和图 2 可见, 加入腐解复合菌剂的处理在堆腐 2 d 后, 细菌数上升很快, 达到高峰值  $2.51 \times 10^{12} \text{ g}^{-1}$ 。这可能与温度升高时嗜热性细菌的大量繁殖有关<sup>[15]</sup>; 之后缓慢下降, 经 22 d 降至最低 ( $5.23 \times 10^6 \text{ g}^{-1}$ ); 随后又缓慢上升。在未加腐解复合菌剂的对照处理中, 细菌数上升较慢, 于堆腐第 4 天的数量最高 ( $5.01 \times 10^{10} \text{ g}^{-1}$ ), 之后缓慢下降, 于第 30 天降至最低 ( $1.02 \times 10^6 \text{ g}^{-1}$ )。

从图 3 可以看出, 在加入菌剂的处理中, 放线菌的数量随着堆料温度升高而缓慢上升, 于 2 d 后达到第 1 个高峰 ( $3.68 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ ); 之后缓慢下降, 第 8 天达到低谷 ( $8.62 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ ); 接着又缓慢上升, 于第 16 天达到第 2 个高峰 ( $4.36 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ ); 后随温度下降而下降。在未加菌剂的处理中, 放线菌的数量于 3 d 后达到第 1 个高峰 ( $1.44 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ ); 之后缓慢下降, 于第 10 天达到最低 ( $1.62 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ ); 接着又缓慢上升, 第 20 天达到第 2 个高峰值  $6.02 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ 。总之放线菌数量变化比较平缓, 趋势是前、中期高, 后期低。

从图 4 可以看出, 在加入菌剂的处理中, 真菌数量于堆肥第 2 天就达  $7.58 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ , 在堆体持续高温期一直处于较低范围之内。据研究<sup>[15]</sup>, 真菌在 40~50 °C 时较为活跃, 当温度大于 60 °C 后, 大部分停止活动, 处于休眠状态直至死亡。堆腐后期, 随着堆料温度下降, 真菌数缓慢上升。在未加菌剂的处理

中,真菌数量在堆肥第 1 天已达  $5.01 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ ,之后缓慢下降,于第 12 天时达到低谷  $2.08 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ ;之后缓慢上升,在第 26 天达到  $7.41 \times 10^6 \text{ g}^{-1}$ 。总的来看,在堆料中无论是否加入菌剂,细菌和放线菌的数目都相对较高,真菌数量相对较低。在加入微生物菌剂的堆料中,细菌、放线菌和真菌的数目均较对照高。

表 2 堆腐过程中微生物的动态变化

Table 2 Changes of microorganism during compost

$\text{g}^{-1}$

时间/d Time	细菌 Bacteria		放线菌 Actinomycetes		真菌 Fungi	
	对照 CK	加菌处理 Microorganism agent	对照 CK	加菌处理 Microorganism agent	对照 CK	加菌处理 Microorganism agent
0	$1.2 \times 10^9$	$1.52 \times 10^9$	$6.76 \times 10^7$	$8.41 \times 10^7$	$1.81 \times 10^7$	$1.62 \times 10^8$
1	$3.31 \times 10^9$	$5.23 \times 10^{11}$	$8.91 \times 10^7$	$1.41 \times 10^8$	$5.01 \times 10^7$	$2.29 \times 10^8$
2	$6.76 \times 10^9$	$2.51 \times 10^{12}$	$1.25 \times 10^8$	$3.68 \times 10^8$	$4.78 \times 10^6$	$7.58 \times 10^8$
3	$1.25 \times 10^{10}$	$6.38 \times 10^{11}$	$1.44 \times 10^8$	$2.83 \times 10^8$	$2.08 \times 10^6$	$2.13 \times 10^7$
4	$5.01 \times 10^{10}$	$5.75 \times 10^{11}$	$7.58 \times 10^7$	$1.31 \times 10^8$	$3.23 \times 10^5$	$6.6 \times 10^6$
5	$1.58 \times 10^{10}$	$2.11 \times 10^{10}$	$4.36 \times 10^7$	$1.25 \times 10^8$	$1.65 \times 10^5$	$5.12 \times 10^6$
6	$1.51 \times 10^{10}$	$8.79 \times 10^9$	$3.8 \times 10^7$	$9.11 \times 10^7$	$1.54 \times 10^5$	$1.34 \times 10^5$
8	$7.24 \times 10^9$	$7.13 \times 10^9$	$2.08 \times 10^7$	$8.62 \times 10^7$	$2.29 \times 10^4$	$9.12 \times 10^5$
10	$1.28 \times 10^9$	$5.46 \times 10^9$	$1.62 \times 10^7$	$1.43 \times 10^8$	$2.81 \times 10^4$	$6.02 \times 10^4$
12	$1.07 \times 10^8$	$6.68 \times 10^8$	$4.78 \times 10^7$	$1.65 \times 10^8$	$2.08 \times 10^4$	$3.71 \times 10^4$
14	$6.91 \times 10^7$	$3.28 \times 10^8$	$6.45 \times 10^7$	$1.95 \times 10^8$	$3.71 \times 10^4$	$4.26 \times 10^4$
16	$3.31 \times 10^7$	$9.17 \times 10^7$	$1.81 \times 10^8$	$4.36 \times 10^8$	$9.54 \times 10^5$	$2.81 \times 10^5$
18	$2.57 \times 10^7$	$5.32 \times 10^7$	$2.13 \times 10^8$	$1.01 \times 10^8$	$5.49 \times 10^5$	$5.49 \times 10^5$
20	$2.08 \times 10^6$	$7.74 \times 10^6$	$6.02 \times 10^8$	$9.07 \times 10^7$	$4.46 \times 10^6$	$6.33 \times 10^5$
22	$2.29 \times 10^6$	$5.23 \times 10^6$	$5.49 \times 10^8$	$6.29 \times 10^7$	$5.24 \times 10^6$	$7.78 \times 10^5$
24	$2.69 \times 10^6$	$1.18 \times 10^7$	$4.07 \times 10^8$	$4.21 \times 10^7$	$4.78 \times 10^6$	$7.69 \times 10^5$
26	$1.65 \times 10^6$	$3.72 \times 10^7$	$1.81 \times 10^8$	$3.24 \times 10^7$	$7.41 \times 10^6$	$9.24 \times 10^5$
28	$1.38 \times 10^6$	$5.78 \times 10^7$	$1.44 \times 10^8$	$9.43 \times 10^6$	$4.57 \times 10^6$	$2.03 \times 10^6$
30	$1.02 \times 10^6$	$6.24 \times 10^7$	$1.54 \times 10^8$	$7.21 \times 10^6$	$3.89 \times 10^6$	$3.42 \times 10^6$
32	$1.23 \times 10^6$	$6.63 \times 10^7$	$1.14 \times 10^8$	$6.67 \times 10^6$	$3.23 \times 10^6$	$3.38 \times 10^6$
34	$1.04 \times 10^6$	$5.74 \times 10^7$	$1.09 \times 10^8$	$7.08 \times 10^6$	$3.71 \times 10^6$	$4.13 \times 10^6$

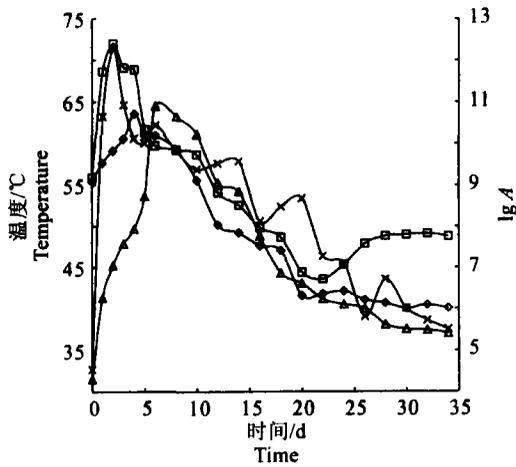


图 2 堆腐过程中细菌数量的动态变化  
 -△-△- 堆料温度(CK); -×-×- 堆料温度(加菌);  
 -◇-◇- 细菌(CK); -□-□- 细菌(加菌)

Fig. 2 Changes of bacteria during compost  
 -△-△- Temperature of materials(CK);  
 -×-×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇-◇- Bacteria(CK); -□-□- Bacteria(Agent)

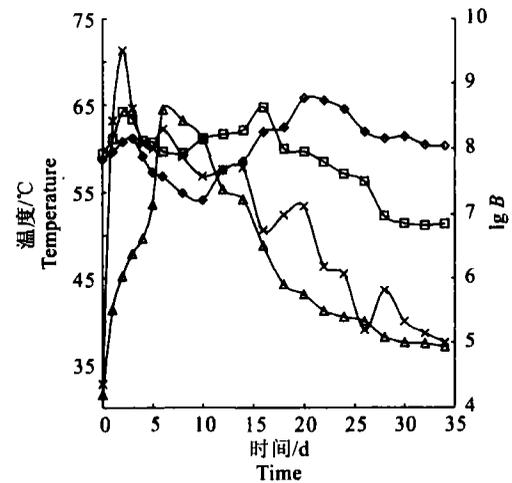


图 3 堆腐过程中放线菌数量的动态变化  
 -△-△- 堆料温度(CK); -×-×- 堆料温度(加菌);  
 -◇-◇- 放线菌(CK); -□-□- 放线菌(加菌)

Fig. 3 Changes of actinomycete number during compost  
 -△-△- Temperature of materials(CK);  
 -×-×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇-◇- Actinomycete(CK); -□-□- Actinomycete(Agent)

### 2.2 胡敏酸 $E_4/E_6$ 的变化

$E_4/E_6$  值是反映胡敏酸缩合度和芳构化程度的重要指标,其值愈低,腐殖质的缩合度和芳构化程度愈高,分子量愈大<sup>[15]</sup>。不同堆腐阶段胡敏酸  $E_4/E_6$  值的变化过程如图 5 所示。由图 5 可见,堆腐前期,各处理胡敏酸  $E_4/E_6$  值均随温度上升而增高;加菌

处理的胡敏酸  $E_4/E_6$  值于第 3 天达到最高值(3.41),CK 处理于堆腐第 4 天达到最高值(4.12)。随着堆腐时间延长,胡敏酸  $E_4/E_6$  值呈下降趋势。在堆腐 30 d 后,加菌处理堆料中的胡敏酸  $E_4/E_6$  值为 1.57~1.68,CK 处理的为 2.16~2.41,这说明加入菌剂能促进腐殖质的缩合和芳构化。

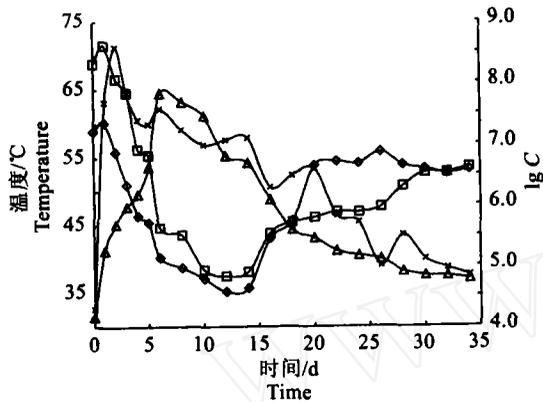


图 4 堆腐过程中真菌的动态变化  
 -△- 堆料温度(CK); -×- 堆料温度(加菌);  
 -◇- 真菌(CK); -□- 真菌(加菌)  
 Fig. 4 Changes of fungi during compost  
 -△- Temperature of materials(CK);  
 -×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇- Fungi(CK); -□- Fungi(Agent)

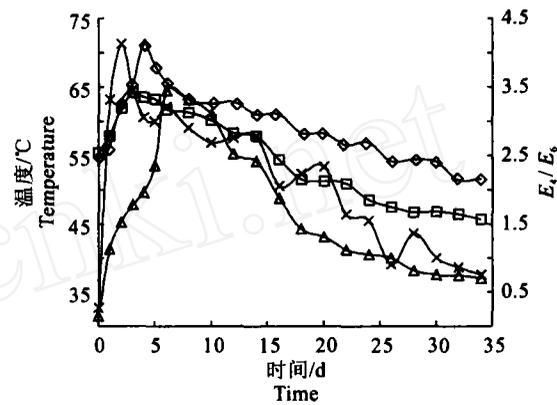


图 5 堆腐过程中  $E_4/E_6$  的动态变化  
 -△- 堆料温度(CK); -×- 堆料温度(加菌);  
 -◇-  $E_4/E_6$ (CK); -□-  $E_4/E_6$ (加菌)  
 Fig. 5 Changes of  $E_4/E_6$  during compost  
 -△- Temperature of materials(CK);  
 -×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇-  $E_4/E_6$ (CK); -□-  $E_4/E_6$ (Agent)

### 2.3 电导率的变化

电导率(EC)可以反映堆腐过程中有机和无机离子的变化情况。由图 6 可以看出,在堆腐起始阶

段,EC 上升;第 10 天时加菌处理的 EC 已达到高峰值(1.503 mS/cm)。

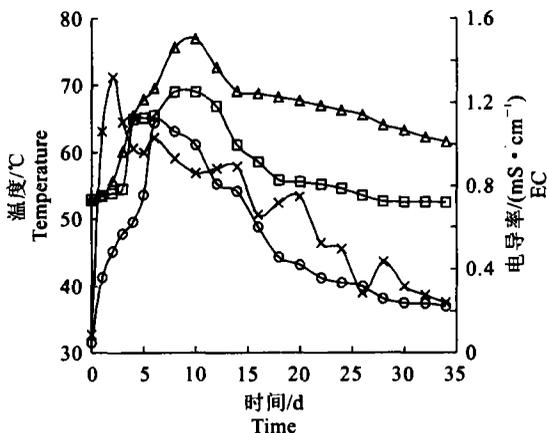


图 6 堆腐过程中电导率的变化  
 -△- 堆料温度(CK); -×- 堆料温度(加菌);  
 -◇- 电导率(CK); -□- 电导率(加菌)  
 Fig. 6 Changes of EC during compost  
 -△- Temperature of materials(CK);  
 -×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇- EC(CK); -□- EC(Agent)

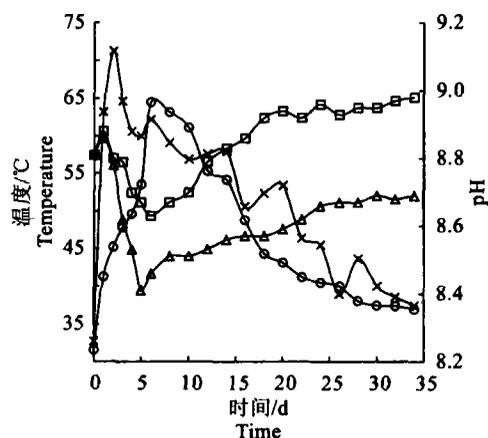


图 7 堆腐过程中 pH 值的变化  
 -△- 堆料温度(CK); -×- 堆料温度(加菌);  
 -◇- pH(CK); -□- pH(加菌)  
 Fig. 7 Changes of pH during compost  
 -△- Temperature of materials(CK);  
 -×- Temperature of materials(Agent);  
 -◇- pH(CK); -□- pH(Agent)

表 6 结果表明,堆腐前期主要进行矿质化作用,有机物质分解产生大量的小分子物质,包括小分子有机酸及无机阴阳离子,如  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$  等,使  $EC$  值上升。随着堆腐过程的进行, $\text{CO}_2$  和  $\text{NH}_3$  挥发,小分子有机酸及阴阳离子被微生物转化利用而合成腐殖质类物质, $EC$  逐渐下降<sup>[16]</sup>。在堆腐过程中,加入微生物菌剂处理的  $EC$  值均较 CK 处理的高,表明加入的微生物菌剂对堆料的矿质化有促进作用。

#### 2.4 pH 值的变化

pH 值是影响微生物活动的重要因子之一。一般微生物适宜的 pH 值是中性和微碱性,太高或太低都对生物腐解反应过程有影响<sup>[17]</sup>。pH 值大小不仅影响有机物质的分解、矿物质的溶解、氧化还原及微生物的活动强度,而且直接影响着酶促参与的生化反应速度<sup>[18]</sup>。由图 7 可见,堆腐第 1 天,温度升高,分解速度加快,因而两种处理的 pH 值都升高。这是由于堆料中易分解的蛋白质类物质经微生物分解后产生氨基酸,氨基酸进一步脱氨产生  $\text{NH}_3$ , $\text{NH}_3$  使 pH 值升高<sup>[17]</sup>。随着堆腐的进行,有机物质矿化解产生了有机酸,pH 值随之降低。加入微生物菌剂的处理,在堆腐第 5 天时 pH 值降至低谷值 8.41;

CK 处理于堆腐的第 6 天 pH 值降至低谷值 8.63。堆腐后期,由于以腐殖质合成为主,矿质化过程产生的有机酸与其他物质合成腐殖质,使 pH 值升高。总的看来,CK 处理的 pH 值一直处于较高水平,加菌处理的 pH 变化幅度较小,且数值较低。

### 3 讨论

1) 本研究发现,堆腐前期的细菌数较中、后期大;放线菌数以堆腐中期较高,后期较低,变化趋势比较平缓;真菌数于堆腐前期较高,中期出现低谷,后期随堆料温度下降而缓慢上升。堆腐过程中细菌和放线菌的数目较高,真菌的数目相对较低。加入微生物菌剂可提高堆料中的细菌、真菌和放线菌数量。

2) 在堆腐 30 d 之后,加入微生物菌剂处理堆料中的胡敏酸  $E_4/E_6$  值为 1.57~1.68,CK 处理的为 2.16~2.41。说明加入微生物菌剂能促进腐殖质的缩合和芳构化,可使堆料的胡敏酸  $E_4/E_6$  值降低。

3) 电导率( $EC$ )可反映堆腐过程中有机及无机离子的变化情况。本试验发现,加入微生物菌剂后能加速堆腐的矿化过程,使堆料产生较多的阴阳离子,因而  $EC$  值相对较高。另外,加入微生物菌剂处理的 pH 值相对较低,变化幅度也较小。

#### [参考文献]

- [1] 李吉进,郝晋珉,邹国元,等. 畜禽粪便高温堆肥及工厂化生产研究进展[J]. 中国农业科技导报,2004,6(3):50-53.
- [2] 段凤魁,鲁毅强,狄一安,等. 秸秆焚烧对北京市空气质量的影响[J]. 中国环境监测,2001,17(3):8-11.
- [3] 付俊杰,李 远. 我国畜禽养殖业污染防治对策[J]. 中国生态农业学报,2004,12(1):171-173.
- [4] 朱能武. 强制通风静态仓系统堆肥温度的时空特性[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2005,33(3):19-23.
- [5] Cooperband I. R., Middleton J. H. Changes in chemical, physical and biological properties of passively aerated co-composted poultry litter and municipal solid waste compost[J]. Compost Science & Utilization, 1996, 4(4): 24-34.
- [6] 李庆康,吴 雷,刘海琴,等. 我国集约化畜禽养殖场粪便处理利用现状及展望[J]. 农业环境保护,2000,19(4):251-254.
- [7] 常志州, Veeken A H M. 温度对堆肥孔隙比渗透性以及可压缩性的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(4):791-795.
- [8] Smars S., Gustafsson L., Beck-Friis B., et al. Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control[J]. Bioresource Technology, 2002, 84: 237-241.
- [9] Miguel A L Z., Naoyuki F., Tetsuo T. Modeling of aerobic biodegradation of feces using sawdust as a matrix[J]. Water Research, 2004, 38: 1327-1339.
- [10] 石春芝,郑宗坤,蒲一涛,等. 立式发酵仓堆肥处理城市垃圾工艺特性[J]. 深圳大学学报(理工版),2002,19(2):8-12.
- [11] 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.
- [12] 张亚宇. 堆肥腐熟度快速测定指标和方法的建立[D]. 北京:中国农业大学,2004.
- [13] 张福锁,龚元石,李晓林. 土壤与植物营养研究新动态[M]. 北京:中国农业出版社,1995. 319-349.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 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. 75-79;91-95;98-121.
- [16] 汪恒英,周守标,常志州. 接种一株嗜热球杆菌对堆肥腐熟进程的影响[J]. 江苏农业科学,2004,(3):78-81.
- [17] 杨柳燕,肖 琳. 环境微生物技术[M]. 北京:科学出版社,2003. 173-181;257-265.
- [18] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1983. 260-339.

(下转第 106 页)

- [8] Fang H H. Microbial distribution in UASB granules and its resulting effects[J]. *Wat Sci Tech*, 2000, 42(12): 201-208.
- [9] 王长辉. 微量元素在厌氧生化处理中的应用[J]. *福建环境*, 1999, 16(3): 24-25.
- [10] 朱先栋. 微量元素对厌氧消化甲烷菌的激活作用[J]. *太原理工大学学报*, 2000, 31(5): 585-586.
- [11] 李亚新, 董春娟. 激活甲烷菌的微量元素及其补充量的确定[J]. *环境污染与防治*, 2001, 23(3): 116-118.
- [12] 肖本益, 王瑞明, 贾士儒. 镁离子对厌氧污泥产气活性的影响[J]. *天津轻工业学院学报*, 2003, 3(1): 25-27.

## Study on factors affecting the activity of granular sludge in wastewater from saponin production

ZHU Dan, FENG Gui-ying, HU Shi-bin, SHAN Li-wei, LI Xin-guo

(College of life sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The wastewater from saponin production in pharmaceutical industry contains high acidic organic and plenty of carbohydrates. The paper studied the quality of wastewater, analyzed the factors affecting the activity of granular sludge, including temperature, pH and microelements. Experimental results indicated that the granular sludge cultured with UASB would show high and stable activity under the condition of pH 6.0, 30°C. The activity of Granular sludge could be apparently improved when adding  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ .

**Key words:** waste water from yam saponin; granular sludge; activity; microelement; COD removal rate

(上接第 102 页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)12-0098-EA

## Changes of microorganisms and $E_4/E_6$ in agricultural waste materials during composting in static state with high temperature

GU Jie, LI Sheng-xiu, QIN Qing-jun, LI Ming-lei, GAO Hua

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** An experiment was conducted with mixed materials of chicken excrement and wheat straw to study the changes of microorganism population,  $E_4/E_6$ , election conductance rate (EC), and pH during an aeration composting process in a static state with high temperature. Results showed that, with addition of microorganism agent, a highest population number was found to be  $2.51 \times 10^{12} \text{ g}^{-1}$  for bacteria and  $3.68 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$  for actinomyces in two days. The fungus numbered  $7.58 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$ , relatively higher at the beginning of composting while decreased with temperature rise, and at late stage of composting with temperature decline, the population of fungi rose slowly. The number of fungi was low whereas that of bacteria and actinomyces was much higher. Without adding microorganism agent, the highest population was found to be  $5.01 \times 10^{10} \text{ g}^{-1}$  for bacteria in four days and  $1.44 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$  for actinomyces in three days, and number of fungi number was  $5.01 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$  in two days. Applying microorganism agent could reduce pH, and increase EC at the same time. The  $E_4/E_6$  was 1.57~1.68 with adding agent microorganism, and the  $E_4/E_6$  of CK was 2.16~2.41 after 30 days, indicating that addition of microorganism agent could promote the process of humification.

**Key words:** agricultural waste; compost; microorganisms; static state with high temperature