



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103694010 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310670909. 3

(22) 申请日 2013. 12. 10

(66) 本国优先权数据

201210576090. X 2012. 12. 26 CN

(71) 申请人 大地绿源环保科技(北京)有限公司

地址 100086 北京市海淀区北三环西路 43 号青云当代大厦 1902 室

(72) 发明人 刘永跃 周顺桂 许宜北 汪涌

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君

(51) Int. Cl.

C05F 17/00 (2006. 01)

C05F 15/00 (2006. 01)

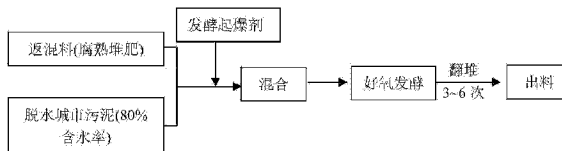
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种污泥超高温好氧发酵方法及其应用

(57) 摘要

本发明涉及一种污泥超高温好氧发酵方法及其应用。包括以下步骤:1) 以污泥为原料,与发酵腐熟物料混合搅拌,并添加发酵起爆剂;2) 将步骤1)中得到物料进行好氧发酵;3) 将步骤2)中得到的物料进行静态发酵,得到完全腐熟物料。本发明的发酵方法升温快,发酵温度高,高温持续时间长,能有效杀灭城市污泥中的病原菌、杂草种子;有机物分解快,发酵周期短,大大提高城市污泥处理效率;专利高温嗜热菌对臭气成分分解率高,完全避免恶臭污染;投资与运行成本降低15%以上,适于大规模推广。



1. 一种污泥超高温好氧发酵方法,包括以下步骤:
  - 1) 以污泥为原料,与发酵腐熟物料混合搅拌,并添加发酵起爆剂;
  - 2) 将步骤 1) 中得到物料进行好氧发酵;
  - 3) 将步骤 2) 中得到的物料进行静态发酵,得到完全腐熟物料。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述发酵起爆剂,包括以下 A 和 B 两组微生物菌剂制成:
  - A 组:甲基营养型芽孢杆菌(*Bacillus methylotrophicus*) UTM401CGMCC No. 5927, 厌氧芽孢杆菌(*Anoxybacillus mongoliensis*) UTM501CGMCC No. 5928, 厌氧芽孢杆菌(*Anoxybacillus pushchinoensis*) UTM601CGMCC No. 5929, 极端嗜热菌(*Calditerricola yamamurae*) UTM801CGMCC No. 6185 中的一种或几种;
  - B 组:地芽孢杆菌(*Geobacillus sp.*) UTM01CGMCC No. 5641, 地芽孢杆菌(*Geobacillus sp.*) UTM02CGMCC No. 5642, 芽孢杆菌(*Bacillus sp.*) UTM03CGMCC No. 5643 中的一种或几种。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述发酵起爆剂还包括助料,所述助料为氯化亚铁、硫酸镁、硝酸钠和石灰,其中氯化亚铁:硫酸镁:硝酸钠:石灰重量比为 0.05 ~ 0.15 : 0.01 ~ 0.03 : 0.02 ~ 0.05 : 0.05 ~ 0.15。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的方法,其特征在于,所述发酵起爆剂的制备方法,包括以下步骤:
  - (1) 菌种的活化:将菌株斜面转接至活化培养基平板上,培养至丰厚;
  - (2) 发酵种子液制备:将步骤(1)中的菌种扩大培养;
  - (3) 发酵起爆剂制备:选择主料与辅料及调理剂混合,然后分别接种步骤(2)中的发酵种子液,将物料风干过筛后添加助料。
5. 根据权利要求 1-4 任一项所述的方法,其特征在于,所述发酵起爆剂的添加量为混合物料的 1-1.5w%。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,步骤 1) 中污泥与发酵腐熟物料的配比为 1:1-1:2。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,步骤 2) 中所述好氧发酵中经过 3-6 次翻堆,物料水分降至 30-40%,发酵周期 10-20 天。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,步骤 3) 中所述静态发酵时间 12-15 天,完全腐熟物料的含水率在 30% 以下。
9. 权利要求 1-8 任一项所述方法在有机固废堆肥中的应用。
10. 根据权利要求 8 所述的应用,其特征在于,所述有机固废为城市污泥、畜禽粪便、农作物秸秆、生活垃圾、园林枯枝落叶中的一种或几种。

## 一种污泥超高温好氧发酵方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有机固废弃物资源化利用技术领域,具体地涉及一种污泥超高温好氧发酵方法及其应用。

### 背景技术

[0002] 随着我国污水处理事业的快速发展,城市污水处理厂的污泥产生量也越来越大,污泥的安全处置已成为当今城市环境保护亟需解决的难题。污泥有机质含量高、含水率大、易腐败产生恶臭、滋生蚊蝇,传播病原菌等,如不妥善处置将造成极大的环境污染。现行的污泥处置方式主要有:填埋、焚烧、农业利用等。污泥填埋占用大量的填埋场资源,易引发溃坝和地下水污染的风险;污泥焚烧则因为投资运行成本巨大,产生的焚烧废气和焚烧灰难以处理,均无法作为污泥的主要处置方法大规模推广应用。基于处置费用和废物资源化角度考虑,农业利用被认为是最具吸引力的、可持续的污泥处置方法。

[0003] 传统的污泥农业利用主要通过好氧发酵方式杀灭污泥中的病原菌和杂草种子、钝化重金属、降解有毒有害污染物,从而解决污泥农业利用的安全问题。但由于传统堆肥发酵技术堆温上升速度慢,堆肥温度低(55-70℃),高温持续时间短,导致堆肥生产周期长、对病原菌及重金属的去除效果难以达到土地利用的标准,且在发酵过程中臭气污染严重、卫生条件差等一系列问题,长期制约了污泥好氧发酵技术的推广应用。

[0004] 针对传统污泥好氧发酵中存在的难题,国内外许多的学者和公司开发出多种多样的污泥好氧发酵调理剂及发酵工艺,但这些专利大多没有将重点放在如何解决污泥好氧发酵升温及维持高温阶段的停留时间上,而往往从发酵过程中出现的重金属、臭气、病原菌灭活等单一问题入手,因而不能从根本上解决污泥好氧发酵中存在的问题。

[0005] 申请号为 200810137214.8 的中国专利公开了一种调理剂及其在污泥堆肥中的应用,主要是利用 0.2-10cm 粒径的浮石作为堆肥膨松剂,并可在堆肥结束后通过筛分分离出来循环使用。该专利解决了好氧发酵过程中通风透气的问题,但对于发酵温度低、病原菌的去除及臭气等问题却无能为力。

[0006] 申请号为 201010111644.X 的中国专利公开了一种污泥堆肥方法,通过优选辅料,接种高效有益生物菌群 CK21,添加固化剂钝化重金属,并配以部分比例的营养元素制成生物有机肥。该工艺解决了传统好氧发酵周期过长、堆肥土地利用重金属污染的风险,但因需要外源添加的物质较多,导致工艺复杂,成本较高,不利于大规模推广应用。类似的专利还有一种有机废弃物的规模化快速堆肥处理方法(中国专利申请号:200910039297.1);一种堆肥处置方法(中国专利申请号:02152821.7)。

[0007] 另外,还有很多科研工作者对好氧发酵装置及堆肥机械进行了改进研究。申请号为 200920099237.4 的中国专利公开了一种污泥好氧发酵处理装置,申请号为 200820224275.3 的中国专利公开了一种污泥通风好氧发酵控制装置等等,这些发明有助于提高污泥好氧发酵的自动化水平,但对污泥好氧发酵的温度、周期、臭气、病原菌及重金属等核心问题却没有任何帮助。

[0008] 因此,开发一种升温速度快,高温阶段持续时间长的污泥超好氧发酵技术,可以有效缩短发酵周期、彻底杀灭病原菌及防止发酵过程中的臭气污染,这对于好氧发酵技术在污泥处置上的推广应用具有极为重要的现实意义。经文献与专利检索,未发现超过 80℃ 的污泥超高温好氧发酵工艺,并应用于城市污泥好氧发酵处置的先例。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是针对传统城市污泥好氧发酵升温速度慢、发酵温度低、高温持续时间短引起的一系列发酵问题,提供一种最高发酵温度超过 80℃ (最高可达 100℃) 城市污泥超高温好氧发酵方法,以达到提高城市污泥处理效率,缩短发酵周期、有效杀灭病原菌及防止臭气污染,同时操作简便、成本低廉,生产的有机肥能够满足土地利用标准之效果。

[0010] 本发明的另一目的在于提供城市污泥超高温好氧发酵方法在有机固废堆肥中的应用。

[0011] 本发明所采取的技术方案是:

[0012] 一种污泥超高温好氧发酵方法,包括如下步骤:

[0013] 1) 以污泥为原料,与发酵腐熟物料混合搅拌,并添加发酵起爆剂;

[0014] 2) 将步骤 1) 中得到的物料进行好氧发酵;

[0015] 3) 将步骤 2) 中得到的物料进行静态发酵,得到完全腐熟物料。

[0016] 其中,步骤 1) 中发酵原料包括城市污泥,但不限于城市污泥,还包括畜禽粪便、农作物秸秆、生活垃圾、园林枯枝落叶等有机固体废弃物。

[0017] 所述发酵腐熟物料为步骤 3) 中所制得的腐熟物料或为由原料包括城市污泥,但不限于城市污泥,还包括畜禽粪便、农作物秸秆、生活垃圾、园林枯枝落叶等有机固体废弃物经常规好氧发酵后,含水率小于 25% 的充分腐熟物料。

[0018] 所述发酵起爆剂包括以下 A 和 B 两组微生物菌剂制成:

[0019] A 组:甲基营养型芽孢杆菌(*Bacillus methylotrophicus*)UTM401CGMCC No. 5927, 厌氧芽孢杆菌(*Anoxybacillus mongoliensis*)UTM501CGMCC No. 5928, 厌氧芽孢杆菌(*Anoxybacillus pushchinoensis*)UTM601CGMCC No. 5929, 极端嗜热菌(*Calditerricola yamamurae*)UTM801CGMCC No. 6185 中的一种或几种;

[0020] B 组:地芽孢杆菌(*Geobacillus* sp.)UTM01CGMCC No. 5641, 地芽孢杆菌(*Geobacillus* sp.)UTM02CGMCC No. 5642, 芽孢杆菌(*Bacillus* sp.)UTM03CGMCC No. 5643 中的一种或几种。

[0021] 所用菌株保存于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心(地址:北京市朝阳区北辰西路 1 号院 3 号,中国科学院微生物研究所,邮编 100101)保藏,保藏号依次是为:

[0022] (1) *Bacillus methylotrophicus*. UTM401:CGMCC No. 5927 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210226954.5 专利上公开)、(2) *Anoxybacillus* sp. UTM501:CGMCC No. 5928 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210227177.6 专利上公开)、(3) *Anoxybacillus* sp. UTM601:CGMCC No. 5929 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210226967.2 专利上公开)、(4) *Calditerricola yamamurae*. UTM801:CGMCC No. 6185 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经

在专利申请号为 201210343222.4 专利上公开)、(5) *Geobacillus* sp. UTM01 :CGMCC No. 5641 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210176596.1 专利上公开)、(6) *Geobacillus* sp. UTM02 :CGMCC No. 5642 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210177294.6 专利上公开)、(7) *Bacillus* sp. UTM03 :CGMCC No. 5643 (该菌株的保藏证明及其保藏号已经在专利申请号为 201210177647.2 专利上公开)。

[0023] 所述发酵起爆剂还包括助料,所述助料为氯化亚铁、硫酸镁、硝酸钠和石灰,其中氯化亚铁:硫酸镁:硝酸钠:石灰重量比为 0.05 ~ 0.15 :0.01 ~ 0.03 :0.02 ~ 0.05 :0.05 ~ 0.15。所述发酵起爆剂的活菌数为  $2.4-4 \times 10^8$  个/g。

[0024] 所述发酵起爆剂的制备方法包括如下步骤:(1) 菌种的活化:将菌株斜面转接至活化培养基平板上,培养至丰厚;

[0025] (2) 发酵种子液制备:将步骤(1)中的菌种扩大培养;

[0026] (3) 发酵起爆剂制备:选择主料与辅料及调理剂混合,然后分别接种步骤(2)中的发酵种子液,将物料风干过筛后添加助料。

[0027] 步骤(1)中,保存菌种的活化方法是:将 4℃ 保存的生产菌株斜面转接至活化培养基平板上,培养至丰厚。其中 UTM401、UTM501、UTM601、UTM01、UTM02、UTM03 采用 LB 培养基;UTM801 采用改良 YTPG 培养基。

[0028] LB 培养基配方为:胰化蛋白胨 10g,酵母提取物 5g, NaCl 10g,植物凝胶 10g,琼脂 15g。

[0029] 改良 YTPG 培养基配方为:酵母提取物 1.5 ~ 2.5g/L,细菌蛋白胨 1.5 ~ 2.5g/L,葡萄糖 1.5 ~ 2.5g/L,PIPES 4.5 ~ 7.5g/L,浸提液 1000ml/L, pH7.2 ~ 7.4 (用固态 NaOH 调节),植物凝胶 8 ~ 12g/L,琼脂 15 ~ 20g/L;浸提液制备方法:称取 50g ~ 100g 一次发酵后腐熟堆肥(含水率小于 30%),加入 250ml 蒸馏水,在室温下,150 ~ 200rpm 振荡 8 ~ 16 小时;取振荡液在 3000 ~ 4000rpm 下离心 5 ~ 20min,收集上清液,得浸提液母液,在 4℃ 保存备用;使用时,用蒸馏水稀释 1 ~ 3 倍即为培养基浸提液。

[0030] 步骤(2)中,发酵种子液制备采用常规的发酵方式进行多级扩培 2 ~ 4 代。其中 UTM401、UTM501、UTM601、UTM01、UTM02、UTM03 扩培培养基为 LB 培养液,各级扩培种子液的 OD600 在 1.5 ~ 3.0 之间停止培养;UTM801 的扩培培养基为改良 YTPG 培养液,培养 2-3 天停止;

[0031] 其中,一级种子液采用恒温水浴摇床振荡培养,转速 150 ~ 200rpm;二级种子液采用发酵罐培养方式,发酵条件为:接菌量(v/v) 3%-10%,罐装量(v/v) 70%-80%,间歇通风搅拌:每间隔 4-6 小时通气 10-30 分钟,通气量(v/v) 0.8-1.5:1,每隔 8 ~ 12 小时搅拌 10-20 分钟,转速 150-180rpm,培养 2-7 天。

[0032] 步骤(1)、步骤(2)中,保存菌种的活化和扩培培养温度分别是:UTM401 25 ~ 40℃;UTM501 50 ~ 60℃;UTM601 50 ~ 60℃;UTM01、UTM02、UTM03 36 ~ 70℃;UTM801 70 ~ 80℃。

[0033] 步骤(3)中,所述主料为木薯加工废弃物,辅料为猪粪和草木灰,调理剂为玉米面或麦麸;所述木薯加工废弃物、猪粪、草木灰、玉米面或麦麸的混合比例是:(3 ~ 4):(1 ~ 3):(0.8 ~ 1.2):(0.2 ~ 0.5);所述物料混合后发酵堆的高度为 1.2 ~ 2.0 米。

[0034] 所述各发酵种子液的接种方法是:

[0035] 接种方式:用适量的调理剂吸附重量百分比相当于总物料干重 0.2% ~ 0.5% 的发

酵种子液后,均匀撒于物料混合均匀;

[0036] 接种时机:当发酵最高温度达到 50 ~ 60℃时接种 UTM501、UTM601 及当发酵最高温度达到 65℃时接种 UTM01、UTM02、UTM03 中的 1 ~ 3 种发酵种子液;当发酵最高温度达到 70℃时接种 UTM801;发酵最高温度降至 38 ~ 45℃接种 UTM401 发酵种子液。

[0037] 发酵管理:当发酵最高温度达到 70℃以上维持 1 ~ 2 天后,每隔 2 ~ 5 天翻堆一次,直至温度下降稳定于环境温度。

[0038] 所述助剂及助剂添加至风干物料的重量比为:氯化亚铁(0.08% ~ 0.12%)、硫酸镁(0.01% ~ 0.03%)、硝酸钠(0.02% ~ 0.04%) 石灰(0.05% ~ 0.15%)。

[0039] 所述污泥含水率为 78-82%,两者混合后物料含水率为 45-65%。

[0040] 发酵腐熟物料作为返混料,污泥与返混料的添加比例为 1:1-1:2,含水率在 30% 以下。

[0041] 其中,步骤 2) 中通过强制通风深层好氧发酵。经过 3-6 次翻堆,物料水分降至 30-40%,发酵周期约 10-20 天。

[0042] 堆体高度为 2-3 米,物料第三天温度即可达到 80℃,最高温度能达到 100℃,80℃ 以上高温可持续 7-15 天。

[0043] 好氧发酵过程中,可进行翻堆,可采用小规模铲车或大规模自动化翻抛设备实现,翻堆时间一般是在堆体温度出现下降的时候。

[0044] 其中,步骤 3) 中所述静态发酵时间 12-15 天,完全腐熟的物料含水率为 30% 以下。

[0045] 完全腐熟的物料可以进一步通过添加有益微生物、氮磷钾养分、微量元素等物质,经过粉碎、过筛、造粒等工序,制备成生物有机肥、有机-无机复混肥、精制专用肥等高附加值产品。

[0046] 本发明的有益效果为:

[0047] 本发明的污泥超高温好氧发酵工艺升温快,发酵温度高(最高可达 100℃),高温持续时间长(80℃ 以上高温可持续 7-15 天),能有效杀灭城市污泥中的病原菌、杂草种子;有机物分解快,发酵周期短,20-30 天即可完全腐熟,大大提高城市污泥处理效率;对城市污泥减容/减量化效果显著,污泥减量化达 60% 以上,减容率达 80% 以上;专利高温嗜热菌对臭气成分分解率高,完全避免恶臭污染;投资与运行成本降低 15% 以上,适于大规模推广。

## 附图说明

[0048] 图 1 为实施例 6 中堆肥过程温度变化;

[0049] 图 2 为实施例 6 中堆肥过程有机物含量变化;

[0050] 图 3 为实施例 6 中堆肥过程发芽指数变化;

[0051] 图 4 为本发明的污泥超高温好氧发酵工艺流程示意图;

[0052] 图 5 为实施例 9 中发酵过程中温度的变化图;

[0053] 图 6 为实施例 9 中发酵过程中含水率的变化图;

[0054] 图 7 为实施例 10 中发酵过程中温度的变化图;

[0055] 图 8 为实施例 10 中发酵过程中含水率的变化图;

[0056] 图 9 为实施例 11 中发酵过程中温度的变化图;

[0057] 图 10 为实施例 11 中发酵过程中含水率的变化图。

## 具体实施方式

[0058] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。在不背离本发明精神和实质的情况下,对本发明方法、步骤或条件所作的修改或替换,均属于本发明的范围。

[0059] 若未特别指明,实施例中所用的技术手段为本领域技术人员所熟知的常规手段。

[0060] 实施例 1 微生物菌种的活化

[0061] 1) 将 4℃ 保存的 UTM401 生产菌株斜面转接至 LB 培养基平板上,在 30℃ 培养至丰厚。

[0062] 2) 将 4℃ 保存的 UTM501、UTM601 生产菌株斜面转接至 LB 培养基平板上,在 55℃ 培养至丰厚。

[0063] 3) 将 4℃ 保存的 UTM01、UTM02、UTM03 生产菌株斜面转接至 LB 培养基平板上,分别在 60℃、60℃、65℃ 培养至丰厚。

[0064] 4) 将 4℃ 保存的 UTM01、UTM02、UTM03 生产菌株斜面转接至 LB 培养基平板上,均在 65℃ 培养至丰厚。

[0065] 5) 将 4℃ 保存的 UTM01、UTM02、UTM03 生产菌株斜面转接至 LB 培养基平板上,分别在 60℃、65℃、65℃ 培养至丰厚。

[0066] 6) 将 4℃ 保存的 UTM801 生产菌株斜面转接至改良 YTPG 培养基平板上,在 75℃ 培养至丰厚。

[0067] 实施例 2 微生物发酵种子液的制备

[0068] 1) UTM401 发酵种子液制备

[0069] 用无菌玻璃刮刀将在 LB 平板上活化培养至丰厚的 UTM401 菌落全部转接至装有 2000ml LB 液体培养基的 5000ml 三角瓶中,在振荡器上 30℃,转速 160r/min 下震荡培养 3 天,此时 OD600 为 1.8,停止培养,此为一级发酵种子液。

[0070] 将一级发酵种子液接种至发酵种子罐中进行发酵培养。发酵条件为:接菌量(v/v) 10%,罐装量(v/v) 80%,间歇通风搅拌:每间隔 4 小时通气 10 分钟,通气量(v/v) 1:1,每隔 8 小时搅拌 10 分钟,转速 160rpm,30℃ 培养 3 天后,检测其 OD600 为 2.5,停止培养,此为 UTM401 发酵种子液。

[0071] 2) UTM501 和 UTM601 发酵种子液制备

[0072] 用无菌玻璃刮刀将在 LB 平板上活化培养至丰厚的 UTM501 和 UTM601 菌落分别全部转接至装有 2000ml LB 液体培养基的 5000ml 三角瓶中,在振荡器上 50℃,转速 160r/min 下震荡培养 3 天,此时 OD600 分别为 2.2 和 2.5,停止培养,此为一级发酵种子液。

[0073] 将一级发酵种子液分别接种至发酵种子罐中进行发酵培养。发酵条件为:接菌量(v/v) 10%,罐装量(v/v) 75%,间歇通风搅拌:每间隔 5 小时通气 20 分钟,通气量(v/v) 0.8:1,每隔 10 小时搅拌 15 分钟,转速 150rpm,50℃ 培养 3 天后,检测其 OD600 分别为 2.6 和 2.7,停止培养,此为 UTM501 和 UTM601 发酵种子液。

[0074] 3) UTM801 发酵种子液制备

[0075] 用无菌玻璃刮刀将在改良 YTPG 培养基平板上活化培养至丰厚的 UTM801 菌落全部转接至装有 2000ml 液体改良 YTPG 培养基的 5000ml 三角瓶中,在水浴振荡器中 80℃ 恒温下,转速 160r/min 下震荡培养 2 天后停止培养,此为一级发酵种子液。

[0076] 将一级发酵种子液分别接种至发酵种子罐中进行发酵培养。发酵条件为：接菌量(v/v)5%，罐装量(v/v)70%，间歇通风搅拌：每间隔6小时通气30分钟，通气量(v/v)0.8:1，每隔8小时搅拌20分钟，转速150rpm，80℃培养3天后停止培养，此为UTM801发酵种子液。

[0077] 4) UTM01、UTM02、UTM03 发酵种子液制备

[0078] 用无菌玻璃刮刀将在LB平板上活化培养至丰厚的UTM01、UTM02、UTM03菌落分别全部转接至装有2000ml LB液体培养基的5000ml三角瓶中，在振荡器上60-70℃，转速160r/min下震荡培养3天，此时OD600分别为2.4、1.5和2.9，停止培养，此为一级发酵种子液。

[0079] 将一级发酵种子液分别接种至发酵种子罐中进行发酵培养。发酵条件为：接菌量(v/v)10%，罐装量(v/v)75%，间歇通风搅拌：每间隔5小时通气20分钟，通气量(v/v)0.8:1，每隔10小时搅拌15分钟，转速150rpm，在60-70℃下培养4天后，检测其OD600分别为2.1、1.8和2.7，停止培养，此为UTM01、UTM02、UTM03发酵种子液。

[0080] 实施例3 发酵起爆剂的制备

[0081] 取木薯皮、木薯酒糟、猪粪、草木灰、玉米面按重量比2:2:2:0.8:0.2混合，使发酵堆高度为1.4米，每天多点检测发酵温度。根据温度变化，接种相当于初始物料干重0.3%的各发酵液，接种前分别用适量玉米面吸附各发酵种子液，接种后通过搅拌使混合均匀。各菌的接种时间为：当发酵最高温度达到55℃时接种UTM501、UTM601，当发酵最高温度达到65℃时接种UTM01，当发酵最高温度达到70℃时接种UTM801，并在70℃维持2天后；当发酵最高温度降至38℃时接种UTM401，每隔3天翻堆一次直至温度下降稳定于环境温度，将物料风干至含水率降至40%以下。

[0082] 将风干物料过筛，然后添加助剂：氯化亚铁(0.08%)、硫酸镁(0.02%)、硝酸钠(0.03%)、石灰(0.05%)。混合均匀后即为本发明堆肥接种用UTM发酵起爆剂。经检测发酵起爆剂的总活菌数为 $3.1 \times 10^8$ 个/g。

[0083] 实施例4 发酵起爆剂的制备

[0084] 取木薯渣、猪粪、草木灰、玉米面按重量比3:1:1:0.4混合，使发酵堆高度为1.5米，每天多点检测发酵温度。根据温度变化，接种相当于初始物料干重0.5%的各发酵液，接种前分别用适量玉米面吸附各发酵种子液，接种后通过搅拌使混合均匀。各菌的接种时间为：当发酵最高温度达到55℃时接种UTM501、UTM601，当发酵最高温度达到65℃时接种UTM01和UTM02，当发酵最高温度达到70℃时接种UTM801，并在70℃维持2天后；当发酵最高温度降至40℃时接种UTM401，每隔2天翻堆一次直至温度下降稳定于环境温度，将物料风干至含水率降至40%以下。

[0085] 将风干物料过筛，然后添加助剂：氯化亚铁(0.1%)、硫酸镁(0.01%)、硝酸钠(0.04%)、石灰(0.1%)。混合均匀后即为本发明堆肥接种用UTM发酵起爆剂。经检测发酵起爆剂的总活菌数为 $3.9 \times 10^8$ 个/g。

[0086] 实施例5 发酵起爆剂的制备

[0087] 取木薯酒糟、猪粪、草木灰、麦麸按4:3:1.2:0.5(重量比)混合，使发酵堆高度为1.8米，每天多点检测发酵温度。根据温度变化，接种相当于初始物料干重0.2%的各发酵液，接种前分别用适量玉米面吸附各发酵种子液，接种后通过搅拌使混合均匀。各菌的接种时间为：当发酵最高温度达到55℃时接种UTM501、UTM601，当发酵最高温度达到65℃时



接种 UTM01、UTM02 和 UTM03,当发酵最高温度达到 70℃时接种 UTM801,并在 70℃维持 2 天后;当发酵最高温度降至 45℃时接种 UTM401,每隔 3 天翻堆一次直至温度下降稳定于环境温度,将物料风干至含水率降至 40% 以下。

[0088] 将风干物料过筛,然后添加助料:氯化亚铁(0.12%)、硫酸镁(0.03%)、硝酸钠(0.02%)、石灰(0.15%)。混合均匀后即为本发明堆肥接种用 UTM 发酵起爆剂。经检测发酵起爆剂的总活菌数为  $2.4 \times 10^8$  个/g。

[0089] 实施例 6 发酵起爆剂的应用效果

[0090] 选用鸡粪为主要原料,糠醛和糖渣为辅料,按进行堆肥,将实施例 3 中的发酵起爆剂(记为起爆剂 3)按 5% 添加至物料中混合均匀。另分别以市场购买的发酵剂产品(宜春强微生物科技有限公司活力 99 堆肥快速腐熟剂,接种量按产品说明)和不添加发酵起爆剂为空白对照,进行堆肥发酵。每 5 天搅拌,堆肥时间为 30 天。实验数据如下图 1 所示。发酵后第 1 天,起爆剂 3 处理即达到 59℃,而发酵剂产品和空白对照处理在第 2 天才达到 53.7℃和 50℃,接种起爆剂 3 起温明显要快于其他两个处理。

[0091] 对高温阶段( $\geq 50^\circ\text{C}$ )的温度进行分析如下表 1 所示:

[0092] 表 1 高温阶段的温度分析

[0093]

比较项目	起爆剂 3	发酵剂产品	空白对照
维持天数(d)	17	16	15
累积温度( $^\circ\text{C}$ )	1126.2	954.2	855.5
平均温度( $^\circ\text{C}$ )	66.3	59.6	57.0
最高温度( $^\circ\text{C}$ )	82.1	66.8	64.0

[0094] 从上表看出,三个处理均达到了卫生无害化的要求(堆肥温度最高堆肥达 50 ~ 55℃以上,持续 5 ~ 7 天),但从高温阶段的累积温度、平均温度、最高温度来看,起爆剂 3 处理均明显要高于发酵剂产品和空白对照处理。说明,起爆剂 3 接种至堆肥可在堆肥初期与高温期,显著增强微生物代谢活性,提高堆肥温度,促进堆肥进程。

[0095] 如图 2 所示,发酵结束后,起爆剂 3 处理与发酵剂产品和空白对照处理的有机物含量分别是 44.8%、45.2% 和 46.1%,降解率分别是 30.0%、28.7% 和 27.3%,但起爆剂 3 处理在发酵的第 20 天为 45.2%,已稳定于发酵结束时的水平,而发酵剂产品和空白对照处理则均是第 25 天。说明起爆剂 3 接种至堆肥后,可使有机物高效降解,提前达到稳定,提高堆肥效率。

[0096] 如图 3 所示,堆肥过程中起爆剂 3 处理与发酵剂产品和空白对照处理发芽指数达到 80% 以上的时间分别是堆肥后的第 20 天、第 25 天和第 25 天,起爆剂 3 处理比其他两个处理提前 5 天达到腐熟;发酵结束后两者的发芽指数分别是 96.4%、90.7% 和 86.8%,起爆剂 3 处理的腐熟程度要明显高于发酵剂产品和空白对照处理。说明起爆剂 3 接种至堆肥后可促进堆肥腐熟。

[0097] 对发酵结束后的堆肥进行检测,结果如下:

[0098] 表 2 发酵结束后的堆肥进行检测

实验处理	总腐植酸 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	含水率 (%)	pH
[0099] 起爆剂 3	20.7	1.45	1.47	1.55	30.5	7.32
发酵剂产品	17.8	1.32	1.20	1.38	35.8	7.01
空白对照	16.8	1.21	1.01	1.26	37.6	6.81

[0100] 如上表,起爆剂 3 处理与发酵剂产品和空白对照处理相比,发酵结束后总腐植酸的含量、主要养分元素(氮、磷、钾)含量明显提高,含水率明显下降。说明起爆剂 3 接种至堆肥后可明显提高堆肥质量。

[0101] 实施例 7

[0102] 将实施例 4 中的起爆剂代替实施例 6 中的起爆剂进行实验,也得到同实施例 6 中的同样结论,不同之处在于起爆剂的添加量为 4%。

[0103] 实施例 8

[0104] 将实施例 5 中的起爆剂代替实施例 6 中的起爆剂进行实验,也得到同实施例 6 中的同样结论,不同之处在于起爆剂的添加量为 2%。

[0105] 实施例 9 污泥超高温好氧发酵方法

[0106] (1)以含水率 79.7% 的脱水城市污泥为原料,按照污泥与返混料的质量比为 1:1.5 的比例,用发酵腐熟物料作为返混料进行混合搅拌,同时用雾化装置均匀喷洒 1.0% 的实施例 3 的发酵起爆剂,调节混合物料含水率调至 50.3%。

[0107] (2)将步骤(1)混合好的物料转入好氧发酵槽,进行强制通风深层好氧发酵,发酵槽规格为 6mW×8.5mL×3.2mH,堆体高度 2.8m,经过 3 次翻堆,水分降至 32.1%,发酵时间 15 天。发酵过程中温度和含水率的变化见图 5 和图 6。

[0108] (3)将步骤(2)发酵后的物料转入陈化车间进行条垛静态发酵,经过 12 天的二次发酵,堆体温度降至环境温度,含水率降低至 28.9%,得到完全腐熟物料。

[0109] 实施例 10 污泥超高温好氧发酵方法

[0110] (1)以含水率 78.4% 的脱水城市污泥为原料,按照污泥与返混料的质量比为 1:1.2 的比例,用发酵腐熟物料作为返混料进行混合搅拌,同时用雾化装置均匀喷洒 1.0% 的实施例 3 的发酵起爆剂,调节混合物料含水率调至 48.2%。

[0111] (2)将步骤(1)混合好的物料转入好氧发酵槽,进行强制通风深层好氧发酵,发酵槽规格为 6mW×8.5mL×3.2mH,堆体高度 3.0m,经过 3 次翻堆,水分降至 31.5%,发酵时间 12 天。发酵过程中温度和含水率的变化见图 7 和图 8。

[0112] (3)将步骤(2)发酵后的物料转入陈化车间进行条垛静态发酵,经过 15 天的二次发酵,堆体温度降至环境温度,含水率降低至 28.5%,得到完全腐熟物料。

[0113] 实施例 11 污泥超高温好氧发酵方法

[0114] (1)以含水率 80.1% 的脱水城市污泥为原料,按照污泥与返混料的质量比为 1:1.5 的比例,用发酵腐熟物料作为返混料进行混合搅拌,同时用雾化装置均匀喷洒 1.5% 的实施例 3 的发酵起爆剂,调节混合物料含水率调至 51.6%。

[0115] (2)将步骤(1)混合好的物料转入好氧发酵槽,进行强制通风深层好氧发酵,发酵

槽规格为 6mW×8.5mL×3.2mH,堆体高度 3.0m,经过 4 次翻堆,水分降至 32.7%,发酵时间 16 天。发酵过程中温度和含水率的变化见图 9 和图 10。

[0116] (3) 将步骤(2)发酵后的物料转入陈化车间进行条垛静态发酵,经过 15 天的二次发酵,堆体温度降至环境温度,含水率降低至 28.4%,得到完全腐熟物料。

[0117] 实施例 12 污泥超高温好氧发酵方法

[0118] (1)以含水率 81.6%的脱水城市污泥为原料,按照污泥与返混料的质量比为 1:2 的比例,用发酵腐熟物料作为返混料进行混合搅拌,同时用雾化装置均匀喷洒 1.5%的实施例 3 的发酵起爆剂,调节混合物料含水率调至 49.8%。

[0119] (2) 将步骤(1)混合好的物料转入好氧发酵槽,进行强制通风深层好氧发酵,发酵槽规格为 6mW×8.5mL×3.2mH,堆体高度 3.0m,经过 6 次翻堆,水分降至 32.7%,发酵时间 19 天。

[0120] (3) 将步骤(2)发酵后的物料转入陈化车间进行条垛静态发酵,经过 15 天的二次发酵,堆体温度降至环境温度,含水率降低至 29.7%,得到完全腐熟物料。

[0121] 结论:从以上 4 个实施例可以说明,应用本污泥超高温好氧发酵方法,80℃以上高温持续时间均在 7 天以上,经过 3-4 次翻堆,发酵周期 12-20 天,污泥含水率即由 80%左右降低到 30%左右,再经过 12-15 天的二次静态发酵过程,污泥完全腐熟,减容率达到 80%以上。整个生产过程中,厂区无恶臭污染,仅有部分氨味逸散。

[0122] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施方案对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

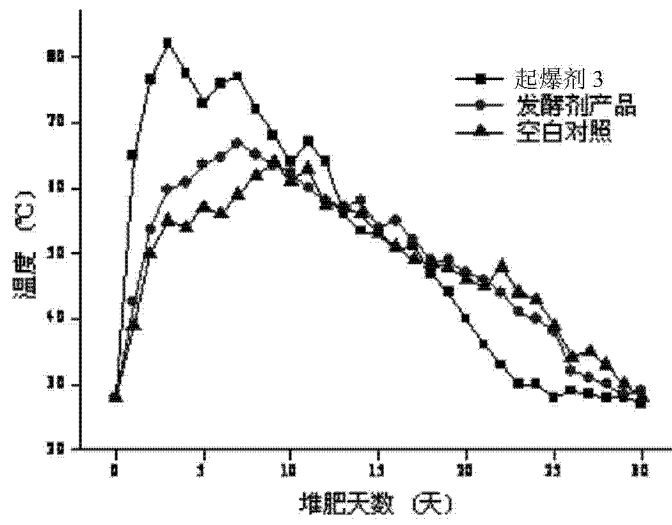


图 1

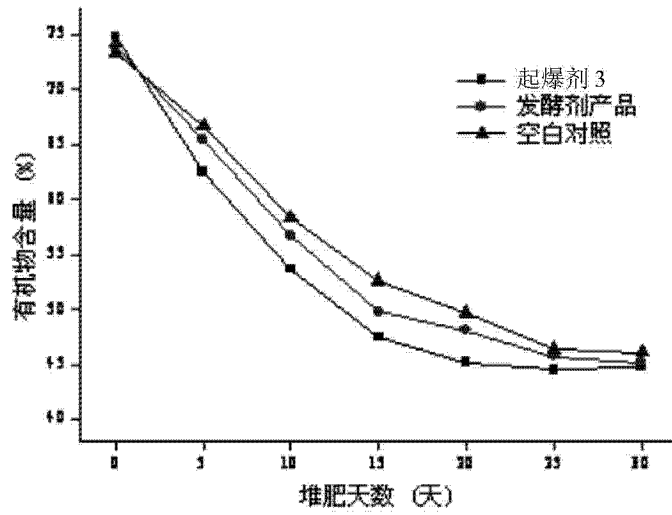


图 2

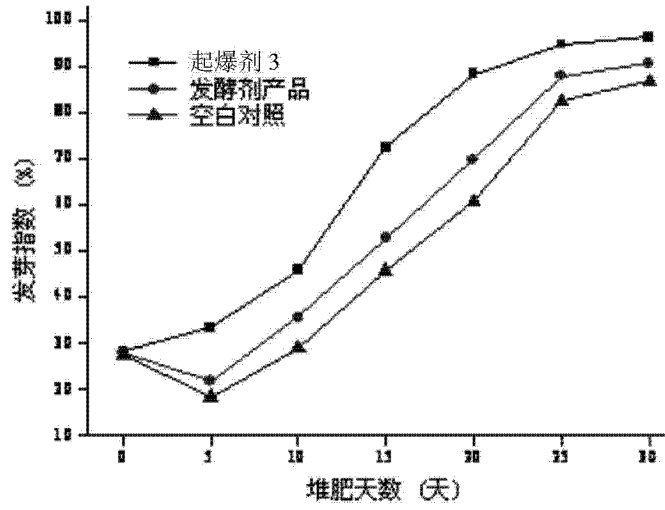


图 3

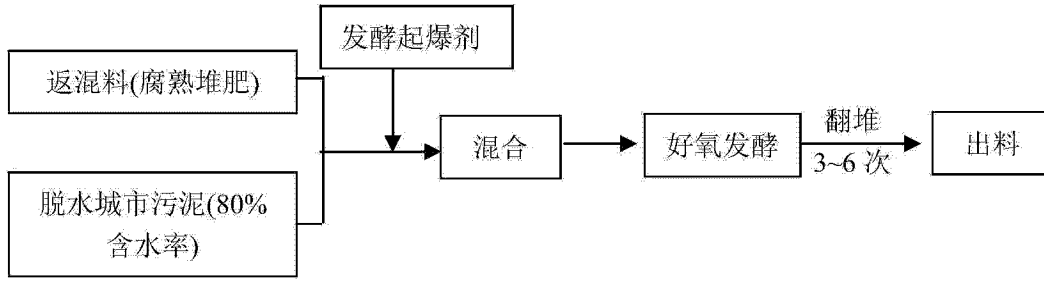


图 4

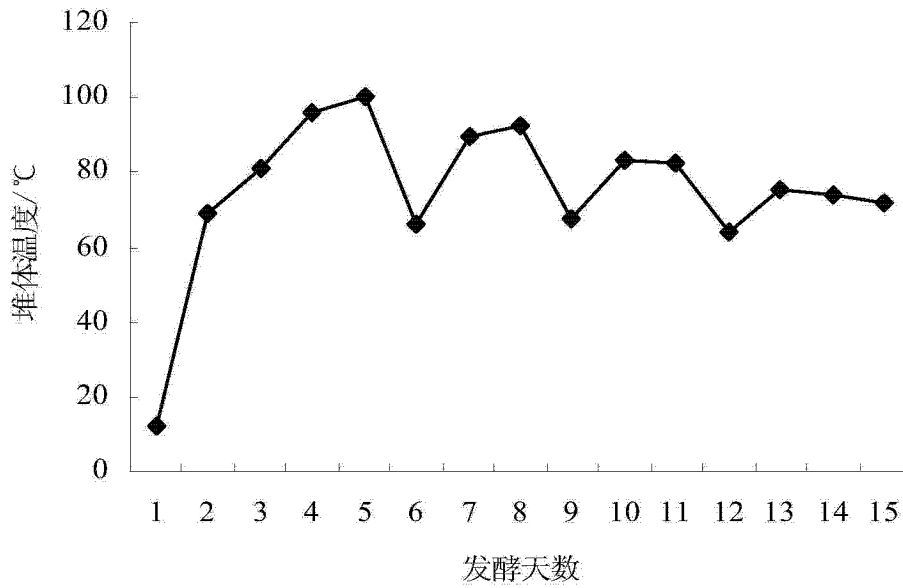


图 5

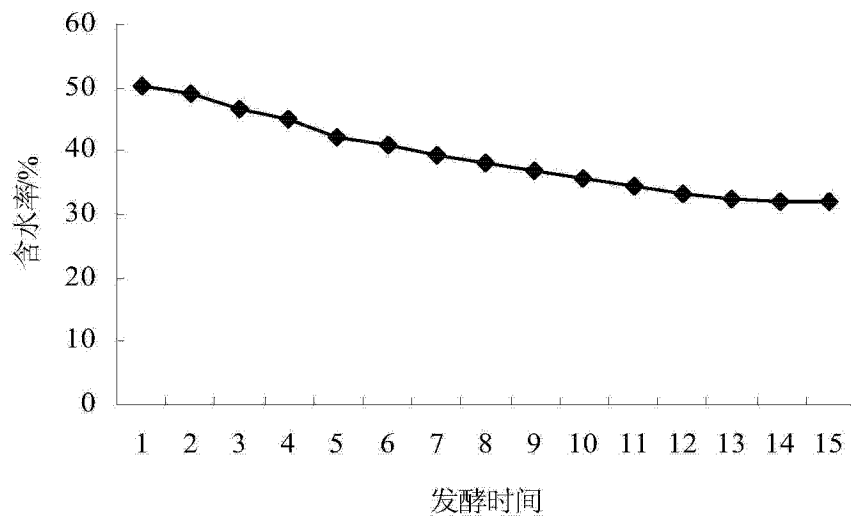


图 6

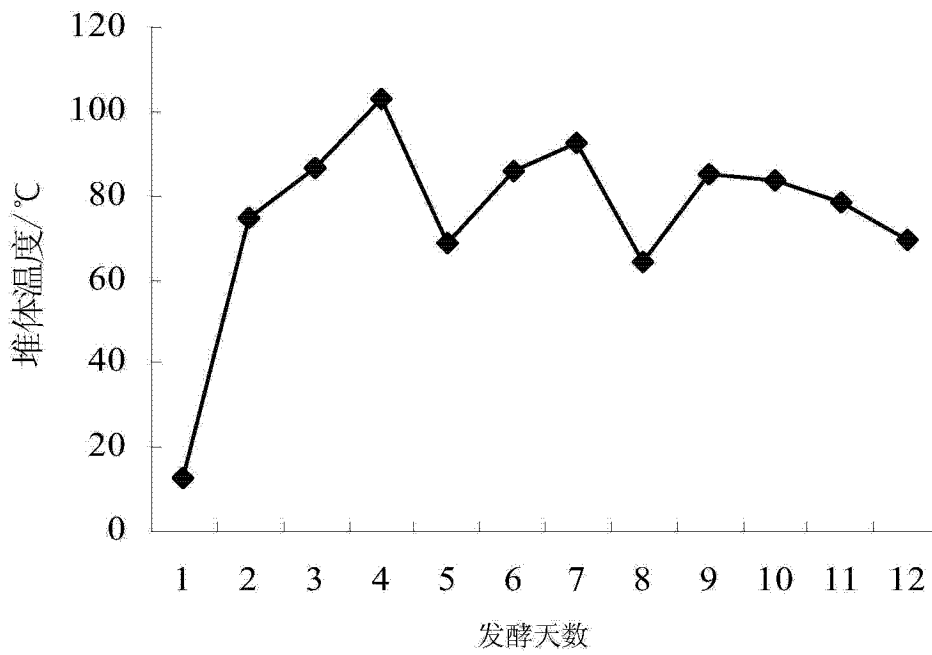


图 7

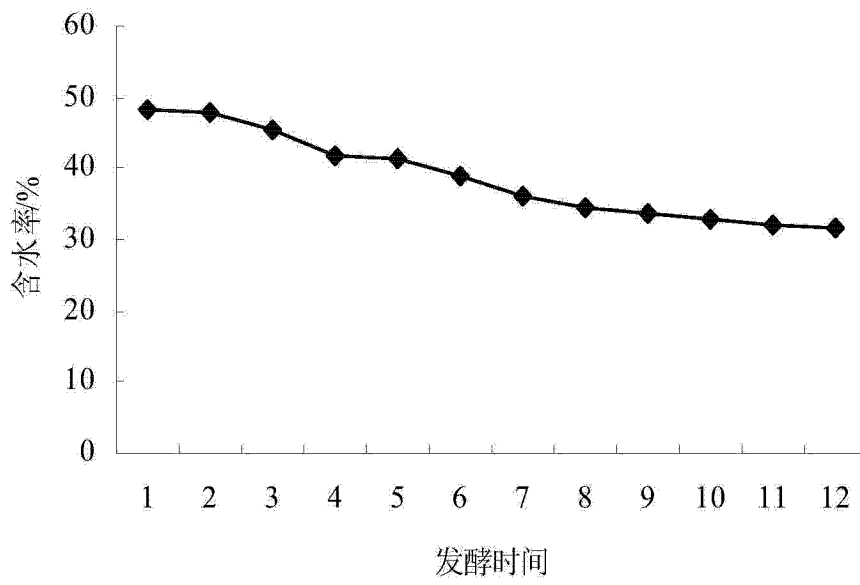


图 8

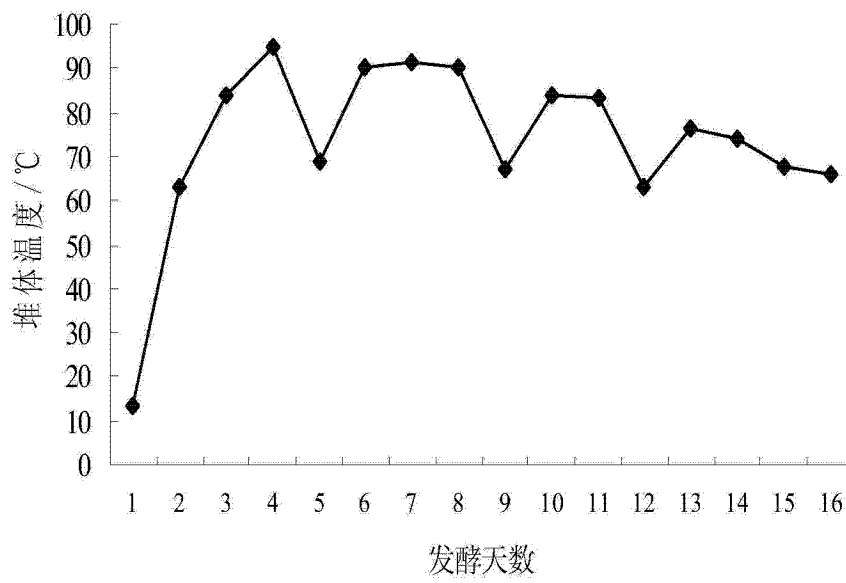


图 9

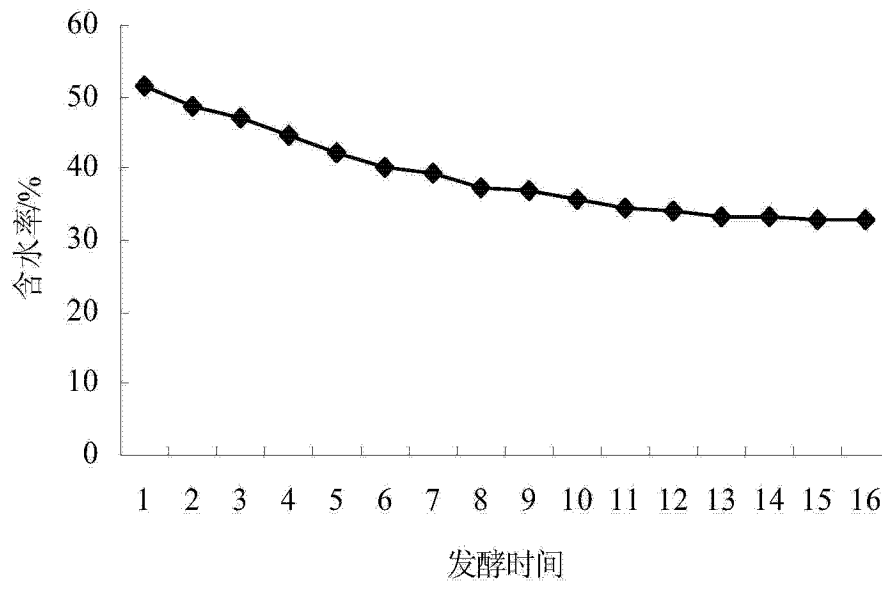


图 10