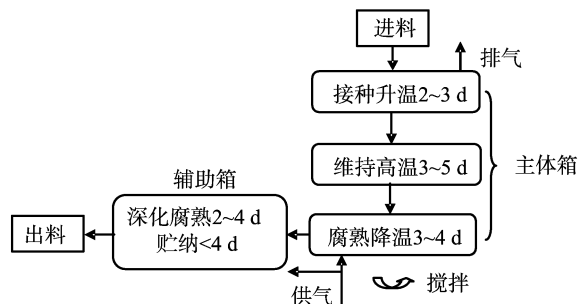


厨余垃圾动态堆肥反应器的设计与测评

(河海大学水利水电学院, 江苏南京 210009)

中图分类号: X799.3 文献标志码: A 文章编号: 1002-1302(2014)01-0329-03



E-mail: wangwm@hhu.edu.cn.

2 模块设计

2.1 主体箱

由于内环境可视化需求,保证结构刚度,应选用 10 mm 厚有机玻璃为主体箱材料,因堆肥需搅拌,故主体箱应为圆柱形。主体箱分为上、中、下 3 个仓室,物料在各仓室停留时间有所不同,且在仓室间可自动转运,因此隔层构件应具备调节物料转运速率的功能。上、中隔层设计为螺旋倾斜结构形式,开缺口,其开合度可调;下隔层为一侧倾斜,低处与辅助箱隔层相接。根据式(1)计算主体箱总有效容积应在 62.5 ~ 150 L,各仓室有效容积为上 15.7 ~ 37.5 L、中 23.5 ~ 62.5 L、下 23.3 ~ 50 L。

$$V = 5/\rho \times t/\phi \quad (1)$$

式中: V 为有效容积,L; 5 指反应器处理能力, kg/d ; ρ 指物料密度,取 0.8 g/cm^3 ; t 为停留时间,d; ϕ 指有机负荷率,为物料体积与有效容积比,对仓室堆肥,50% ~ 80% 较适宜。

根据所选材料和加工条件,确定主体箱内径为 38 cm、高 75 cm;螺旋倾斜隔层选用 2 mm 有机玻璃板,均匀分布开 1 mm 孔,以利于通气和渗沥液下滴,开 30° 扇形缺口,上隔层缺口外沿高度差设为 5 cm,中隔层缺口外沿高度差设为 3 cm。下隔层高侧离箱底 5 cm,低侧离箱底 3 cm,底部为渗沥液收集层和供气布气层。搅拌轴外套筒外径为 2.5 cm。搅拌叶体积忽略不计。根据以上数据,由式(2)验算主体箱总有效容积为 77.9 L,满足式(1)计算结果。上、中、下仓室高度(从隔层最低处算起)根据原理图中物料停留时间大致分别确定为 20、25、27 cm,根据高度分别算得各仓室实际有效容积为上 21.6 L、中 27 L、下 29.2 L,均满足式(1)计算结果。

$$V' = \frac{1}{1000} \left[\frac{\pi}{4} (d^2 - D^2) h - \frac{1}{2} \sum \frac{\pi}{4} d^2 \Delta h - \frac{\pi}{4} d^2 \frac{h_h + h_l}{2} \right] \quad (2)$$

式中: V' 为实际有效容积,L; d 、 D 分别为箱体内径和搅拌轴套筒外径,cm; Δh 为螺旋隔层缺口高度差,cm;系数 $1/2$ 是指每个螺旋隔层所占容积为高度 Δh 圆柱体体积的一半; h_h 、 h_l 分别指下层高侧和低侧距箱底高度,cm。

上隔层最低处对应下隔层最高处,缺口对应箱壁处设置可移动扇形挡板以控制缺口开合度,隔层构件由箱体内壁支点和搅拌轴套筒支点共同支撑,可拆卸。在各仓室隔层高度适中位置对应的箱壁上开取样测温口,可开闭。箱体上置箱盖,通过法兰与箱体连接,箱盖上设进料口、排气口,排气口接尾气处理装置,箱盖中心设搅拌轴上轴承。当外环境温度较低时,箱体外壁可覆上保温材料。

2.2 搅拌

对应于主体箱 3 个仓室,设置上、中、下 3 层搅拌叶,几何形状、尺寸均相同,为满足可拆卸要求,搅拌叶焊接在搅拌轴套筒上,套筒与搅拌轴对应位置均开孔,用长螺栓将套筒固定在搅拌轴上。每层搅拌部件均设计为倒“四”平面形状,左右各 2 个扇叶,呈中心对称,扇叶为圆柱面,经试验,该几何形状能较好满足物料得到翻动且在隔层移动较慢的堆肥要求。搅拌轴为实心合金钢棒,上下轴承分别固定在箱盖、箱底。

搅拌由 250 W 变频电机带动,可在 3 ~ 20 r/min 范围内调控,输出转矩 120 ~ 790 N · m。搅拌频率 4 ~ 8 r/min,搅拌

方向可变换。为实现自动间歇性搅拌,搅拌机通过定时插座与电源相接,由定时插座设定通电时刻、时长。

2.3 辅助箱

根据式(1)计算辅助箱有效容积应为 15.7 ~ 62.5 L,深化腐熟有机负荷率取 80% 计算。考虑到主体箱尺寸和结构特点,确定辅助箱长、宽、高分别为 40、20、25 cm,其实际有效容积约为 20 L,用 10 mm 有机玻璃板粘合成,通过法兰与主体箱连接,出料口采用滑槽提拉式闸门开合。箱内底部设置布气层,辅助箱不设排气口,空气由布气层进入堆体,离开堆体后经主-辅连接口进入主体箱,向上运动由排气口离开反应器,如此可保证主体箱上两层的供氧量。

2.4 供-排气

堆肥过程中,通风有 3 个作用:供氧、散热和去除水分。完整的通风系统包括通风结构与装置。风源由风机提供,系统运行时需要确定风量和风速。另外,在风机选型时压力也是考虑因素之一。参考杨延梅^[10]的计算方法,求得最大通风量为 47 L/min,参考席北斗等^[11]的计算,风压降估算为 800 Pa。正压强制通风的堆肥效果良好^[12],且结构和操作都较简单,故采用鼓风机进行正压强制通风,风机应满足最大供气量大于 50 L/min,风压降 1 000 Pa 左右,供气量可调。用量程为 100 L/min 的玻璃转子流量计进行供气量监测。空气由管道进入布气层,为使出气均匀,布气层内气管的水平两侧开若干 2 mm 左右气孔,气管末端堵上。

堆肥会产生数 10 种挥发性物质,其中硫化氢、甲硫醇、1,3-二甲苯和邻二甲苯与臭气浓度极显著相关^[13],堆肥氮素损失是必然存在的,产生的氨气也是尾气具有异味的重要原因^[14]。因此,堆肥尾气不宜直接排放到空中,尾气通过反应器排气口后,可先通过盛装有活性炭的容器,利用活性炭的吸附特性进行初步处理,若仍有较明显异味,可先后通过碱液和酸液进行进一步处理。

2.5 支架

支架的作用主要是承受堆肥时整个反应器的重量和固定电机,支架下还可放置风机。选用 3.0 号普通等边角钢焊接而成,电机通过螺旋固定在专设的 1 根槽钢上。

3 性能测评

性能测评由空载测评、模拟负载测评和堆肥测评 3 个部分组成。空载测评为反应器组装完成后进行的开机试验,连续运行 3 h,主要检测其机械性,包括结构稳定性、震动、噪声。模拟负载测评为以含水率与经预处理厨余垃圾相当的锯末为负载,进行容积负荷率分别为 50% 和 80% 2 次模拟负载开机试验,每次 3 h,主要检测其可控性与稳定性,包括搅拌、通风和物料的自动转运。堆肥测评即进行 1 次周期为 15 d 的堆肥试验,2013 年 4 月 10 日至 4 月 25 日于河海大学农业工程实验中心实验室内进行,前 8 d 投料 4 kg/d 左右,试验记录了堆体温度的变化,测定了堆肥前后物料的含水率、pH 值、C/N 比,根据堆肥腐熟标准进行反应器堆肥性能的评价。

3.1 机械性能

空载试验时,搅拌构件与搅拌轴转动一致性较好,无相对错动及震动现象,搅拌轴能绕其轴心平稳转动。隔层构件与搅拌构件之间无直接接触,在后者套筒与前者之间的承接套

筒的转动未造成隔层构件的明显震动。反应器箱体震动由电机运行引起,由于转速较小,故震动非常微弱,鼓风机不固定在支架上,其震动不影响箱体。噪声由鼓风机运行造成,在其附近环境噪声可达 75 dB 左右,超过人体安全值 50 dB,考虑到使用中采用的是间歇性通风,且此次设计风机的选用需考虑后续研究应用,故其风压较大,因此噪声也较大,但对周边室内环境影响仍在可接受范围内,室外噪声在 35 dB 左右,而实际工程应用中,可换用风压和噪声较小的风机。进行模拟负载测评和堆肥测评时,也关注了上述指标,除隔层板受重力作用有些许弯曲外,其他均良好。综上,该反应器结构稳定性良好,震动微弱,噪声较大但对环境影响不大。

3.2 可控性

模拟负载测评以容积负荷率分 50% 和 80% 两级进行,主要是为避免一次负载过大可能造成的反应器不可逆损坏,开机试验表明其在容积负荷率为 80% 时仍运行良好,故根据 80% 一级的开机试验进行可控性与稳定性评价。搅拌频率最高可达 15 r/min,搅拌方向变换由调速器接线方式转换实现,改变搅拌方向可明显改变物料在仓室内的移动速率。物料由上一仓室转运到下一仓室的速率主要由隔层板缺口的开合度决定,当小至一定程度时,物料将难以跌落至下一层。实际最大供气量为 90 L/min,最高气压 0.1 MPa,供气在可调范围内较稳定,在隔层缺口全关闭的情况下,仍能在排气口明显感觉到空气持续均匀排出,说明隔层板的透气性良好。综上,该反应器能实现搅拌和通风在需求范围内调控,搅拌和通风较稳定,物料转运速率可控。

3.3 堆肥效果

通过堆肥试验,测评该反应器对堆肥内环境的可控程度,从底物腐熟程度分析反应器堆肥性能。从河海大学研究生食堂一次性取原料,食物残余破碎,叶梗菜梆剪碎,添加锯末调节含水率和 C/N 比,投料前接种复合菌剂^[2]。

堆体温度变化过程见图 2。各仓室堆体的温度变化与原理方案存在差别,总体上,温度高低关系实际为上仓室 < 中仓室 < 下仓室 < 辅助箱,主要升温阶段为下仓室 - 辅助箱。原因

有二,主要是堆肥规模小,未采取加温保温措施,散热较大,故每次投加的物料未能快速起反应;另外微生物对堆体环境的适应需要一定时间,且试验中物料在上、中仓室的停留时间仅为设计的最短时间。堆制 6 d 通风比率从 0.5 L/(kg·min) 调至 2 L/(kg·min) 进行间歇性供气,7 d 时恢复,堆体温度发生明显下降,说明反应器对通风的调节是有效的。堆体温度在 9 d 时开始维持在 25 ℃ 左右,较室温高 5 ℃ 以上。因堆制 9 d 上、中仓室 2 仓室已基本无物料,测温只进行到堆制 8 d。

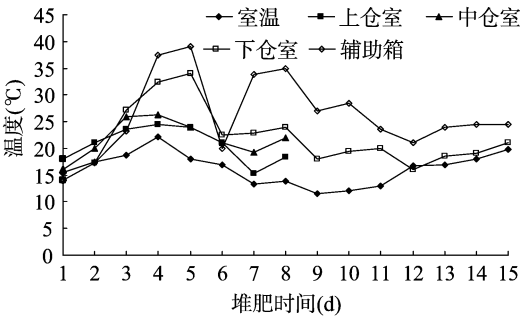


图2 各仓室堆体温度变化趋势

烘干法测含水率、精密 pH 计测 pH 值、H₂SO₄ - HClO₄ 改进定氮法^[15]测全氮、重铬酸钾容量法测有机碳^[16],堆肥前后物料的理化指标见表 1。原料的 pH 值适中,故预处理主要进行含水率的调节,因厨余垃圾含水率较大,故添加了较多的锯末,导致 C/N 偏高。对比腐熟标志,底物的降解率和 pH 值均符合要求,C/N 比不降反升的原因是叶梗菜梆和锯末的纤维素与木质素含量较高,而堆肥规模较小,且未采取加温保温措施,最高温偏低,故纤维素和木质素降解率较低,导致有机碳含量升高。基于底物减量率计算,堆肥过程反应器排出水分 10 kg 以上,底物有机碳减量 0.86 kg,氮素减量 0.033 kg。反应器内基本完整实现了底物腐熟的全过程,调节搅拌频率对物料转运量影响不大,转运量主要由隔层缺口开合度决定。试验期间,室内无明显异味,尾气处理装置中活性炭的湿度和气味产生明显变化。

表 1 堆肥前后物料的主要理化指标比较

项目	重量 (kg)	含水率 (%)	pH 值	有机碳含量 (%)	全氮含量 (%)	C/N
预处理要求		45 ~ 65	6.0 ~ 7.5			25 ~ 30
预处理原料	30.5	68.42	6.47	34.89	0.72	48
腐殖质	15.5	69.64	9.05	53.25	0.77	69
腐熟标志	降解率 > 38%		8 ~ 9			15 ~ 20

综上,该反应器内可基本实现堆肥腐熟的全过程,通风调节堆肥过程性能良好,搅拌频率可调,物料转运量可控,主要不足在于保温性能欠佳,可由箱体外覆保温材料和加热供气弥补。

4 结论

堆肥反应器内,物料基本完成了腐熟的全过程,堆肥过程内部状况可视,可取样测温,供气、搅拌和物料转运可调控,反应器系统运行机械性良好,自动运行性能满足需求,环境影响较小,总体上较好地满足了设计需求,适用于厨余垃圾动态堆肥基础试验研究,具有一定工程应用基础。

通过控制物料转运可在不同程度上分隔处于不同转化阶段的物料,供气和搅拌的同一性保证了不同仓室堆体受外源干扰的一致性。因此,对动态堆肥而言,该反应器既能有效区分进料的先后,同时提供对比性较好的内环境,在此基础上,可进行动态堆肥过程的相关研究,以加深对动态堆肥机制的认识。另外,还可利用该反应器研究原料组成、配比及预处理对堆肥过程和结果的影响,研究供气与搅拌及外环境对堆肥的影响。

该反应器选用的材料、器件和加工方式均为工程上常用的,故该反应器具有工程应用的良好物质基础。基于动态堆肥理论进行结构优化并利用控制面板进行调控,将具有良好

许爱霞,钱余芹. 发酵菌剂对鸡粪堆肥发酵的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):332-333.

发酵菌剂对鸡粪堆肥发酵的影响

许爱霞¹, 钱余芹²

(1. 江苏省泰州市姜堰区农业委员会,江苏泰州 225500; 2. 江苏省泰州市姜堰区沈高镇农技服务中心,江苏泰州 225500)

摘要:研究了发酵菌剂对鸡粪堆肥发酵的影响,结果表明,接种微生物菌剂可以明显提高堆肥初期的发酵温度,加快堆肥物料的水分挥发,促进堆肥快速腐熟;接种微生物菌剂堆腐的物料对种子发芽指数的影响比对照小,加入菌剂的堆肥发酵 20 d 后,堆肥物料发芽指数均达 88% 以上,可以判定堆肥已达到腐熟,整个发酵周期需 20 d,比对照腐熟提早 10 d 以上。

关键词:堆肥;微生物菌剂;发芽指数

中图分类号: S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0332-02

养鸡业的发展产生了大量粪便,而如何有效合理地处理粪便,成为困扰养殖厂的重要问题。鸡粪可以用来堆腐生产有机肥,但传统堆肥过程耗时长,养分损失较多,且堆肥质量不稳定,不利于有机肥的规模化生产和产业化经营。而好氧高温生物发酵堆肥已成为处理畜禽粪便并使之实现资源化的一项重要技术,采用相应的处理装置和发酵菌剂集成的好氧高温生物发酵技术进行畜禽粪便无害化处理,不仅能大大缩短堆肥处理时间,也有利于堆肥养分的保持,有些微生物还能起到治理堆肥污染物的作用^[1]。刘克锋等分别应用微生物菌剂对猪粪堆肥进行了研究,认为添加快速发酵菌剂,能加速堆肥腐熟,缩短发酵时间,有利于堆肥的保氮除臭^[2]。本试验研究了微生物菌剂对鸡粪堆腐的影响,旨在为生产有机肥提供科学依据。

收稿日期:2013-03-28

作者简介:许爱霞(1983—),女,江苏泰州人,硕士研究生,助理农艺师,主要从事农业废弃物资源化综合利用技术研究及推广工作。

Tel: (0523)88802306; E-mail: xuaixia210@126.com.

的工程利用前景,若得以推广,将有助于改善城市厨余垃圾因具有量小、分散和持续性的产生特点而造成的收集、运输和处理难题,为城市的良好运行提供保障。

参考文献:

- [1] 张振华,汪华林,胥培军,等. 厨余垃圾的现状及其处理技术综述[J]. 再生资源研究,2007(5):31-34.
- [2] 邵 蕾,周传斌,曹爱新,等. 家庭厨余垃圾处理技术研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21:414-418.
- [3] 严太龙,石 英. 国内外厨余垃圾现状及处理技术[J]. 城市管理与科技,2004,6(4):165-166,172.
- [4] 田宁宁,柯建明,王凯军. 卧式旋转型污泥好氧堆肥装置的研制[J]. 中国给水排水,2001,17(1):19-22.
- [5] 钱湧根. 间歇式动态好氧堆肥处理技术[J]. 环境卫生工程,1998,6(2):43-45.
- [6] 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.
- [7] 王丽莉,涂淑兰,路 鹏,等. 冬季动态槽式堆肥温度的空间变异

1 材料与方法

1.1 材料

鲜鸡粪取自养鸡场,鸡粪中添加一定量的水稻秸秆。酵菌剂含酵母菌、解磷菌、放线菌、霉菌等。

1.2 试验设计

分别称取鲜鸡粪 1 000 g(物料含水率 50% 左右),加入微生物菌剂,翻混 3 次,制成堆高 85 mm、顶部削平的发酵堆。用表头式温度计从发酵堆顶部垂直插入,深度 40 mm,每 1 d 测定堆温 1 次;每 3 d 翻堆 1 次,翻堆后堆制成原状。堆腐 30 d。试验设 2 个处理,分别为鸡粪中添加微生物菌剂和灭菌泥土(对照),菌剂添加量均为 0.4%,每个处理重复 3 次。每 5 d 定时采样 1 次,采样方法:沿堆顶垂直切成剖面,取堆中 30~40 mm 堆层物料 50 g,测定有机质、全氮、全磷、温度、含水率、种子发芽指数等指标的变化。

1.3 测定方法

有机质的测定采用重铬酸钾-硫酸溶液法。全氮测定样

- [J]. 环境科学学报,2006,26(11):1838-1844.
- [8] 王顺利,许廷武,王爱伟,等. 鸡粪槽式动态堆肥物料理化性质变化研究[J]. 江苏农业科学,2007(3):219-222.
- [9] 张 智,刘 浏. 卧式螺旋污泥好氧动态堆肥技术的研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2006,7(3):112-116.
- [10] 杨延梅. 有机固体废物好氧堆肥反应器的设计[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2008,27(6):1155-1159.
- [11] 席北斗,刘鸿亮,孟 伟,等. 翻转式堆肥反应装置设计研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2003,4(9):85-88.
- [12] 丁湘蓉. 强制通风堆肥技术处理农村生活垃圾的可行性研究[J]. 环境卫生工程,2011,19(1):54-58.
- [13] 张红玉,邹克华,杨金兵,等. 厨余垃圾堆肥过程中恶臭物质分析[J]. 环境科学,2012,33(8):2563-2568.
- [14] 杨延梅,张相锋,杨志峰,等. 厨余好氧堆肥中的氮素转化与氮素损失研究[J]. 环境科学与技术,2006,29(12):54-56.
- [15] 梁运攀,胡喜巧,张晓军,等. 有机肥料全氮测定方法的比较与探讨[J]. 科技信息,2011(27):29-30.
- [16] 农业部. NY 525—2002 有机肥料[S]. 北京:中国标准出版社,2002.