

蔬菜废弃物堆肥研究进展

徐 瑞, 于安芬, 李瑞琴, 白 滨, 丁文姣

(甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 介绍了近十多年来国内外对蔬菜废弃物好氧堆肥处理的研究现状, 包括不接种微生物的自然好氧堆肥和接种微生物的好氧堆肥, 并详细介绍了堆肥工艺、堆肥基料以及所接种的微生物, 列举了目前普遍使用的腐熟度指标。

关键词: 蔬菜废弃物; 好氧堆肥; 微生物; 腐熟度指标; 研究现状

中图分类号: S216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)07-0044-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.07.018

随着我国农业产业结构的调整, 蔬菜产业迅速发展。据联合国粮农组织(FAO)统计, 2007年中国蔬菜收获面积及产量均居世界第1位, 分别占世界的43%、49%, 总产量5.65亿t^[1]。城镇居民生活水平的日益提高, 净菜上市已成为习惯, 这就对蔬菜上市前的加工处理提出了更高要求。但大量质量不佳的蔬菜和净菜加工处理时产生的叶、根、茎和果实等都会最终成为固体废弃物, 高负荷的有机物经降雨产生的地面径流冲刷及地下渗漏污染地表水和地下水, 极大地威胁着水环境及人类健康^[2]。

蔬菜废弃物的生物质类型主要为总糖、蛋白质、脂肪、半纤维素、纤维素以及木质素^[3]。和城市生活垃圾以及其它农业废弃物相比, 蔬菜废

弃物具有高含水率、高生物降解率和基本无毒害性的特性^[2,4]。尾菜的含水率通常在90%左右, 以干基计算含氮量在3%~4%, 总磷含量为0.3%~0.5%, 钾含量为1.8%~5.3%, 其营养成分与常用的天然有机肥料相当^[2]。另外, 蔬菜废弃物的产生地主要集中在蔬菜种植地和蔬菜加工交易场所, 不易与其它生活垃圾混合, 可以单独收集处理。如果将蔬菜废弃物简单按照一般生活垃圾的方式进行处理, 不仅成本高, 而且在某种程度上是资源浪费。从20世纪80年代开始, 国外陆续开始研究专门针对蔬菜废弃物的处理处置方法, 这些处理处置方法的思路借鉴了传统固体废物处理和污水处理技术的经验, 并针对蔬菜废弃物的特点进行改进和优化, 主要包括好氧堆肥法、厌氧消化法、

收稿日期: 2014-05-22

基金项目: 甘肃省科技重大专项计划“临洮县千亩设施循环农业关键技术研究及示范基地建设”(1102NKDJ031)部分内容

作者简介: 徐 瑞(1987—), 女, 甘肃兰州人, 研究实习员, 研究方向为微生物发酵。联系电话: (0)13893100527。

E-mail: 370516883@qq.com

通讯作者: 于安芬(1965—), 女, 甘肃静宁人, 副研究员, 主要从事农产品质量安全、牧草深加工及农业剩余物资源化利用研究。E-mail: gsyuanfeng@126.com

出版社, 2004。

- [2] 胡筑兵, 陈亚华, 王桂萍, 等. 铜胁迫对玉米幼苗生长、叶绿素荧光参数和抗氧化酶活性的影响[J]. 植物学通报, 2006, 23(2): 129-137.
- [3] AEBI H. Catalase in vitro[J]. Methods Enzymol, 1984, 105: 121-126.
- [4] RAO M V, PALIYATH C, ORMROD D P. Ultraviolet-B and ozone-induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Physiol, 1996, 110(1): 125-136.
- [5] NAKANO Y, ASADA K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts [J]. Plant Cell Physiol, 1981, 22: 867-880.
- [6] 李宇洁, 安 梅. 外源 NO 对 Pb 胁迫下亚麻幼苗的保护效应[J]. 甘肃农业科技, 2013(11): 26-29.
- [7] 孙 健, 铁柏清, 钱 湛, 等. 单一重金属胁迫对灯

心草生长及生理生化指标的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38 (1): 121-127.

- [8] 孙 华. 镉、铅胁迫对野生地被植物甘野菊种子萌发、幼苗生长及生理特性的影响 [D]. 内蒙古: 内蒙古农业大学, 2008.
- [9] 史 薇, 徐海量, 赵新风, 等. 胀果甘草种子萌发对干旱胁迫的生理响应[J]. 生态学报, 30(8): 2112-2117.
- [10] USHIMARU T, KANEMATSU S, SHIBASAKA M, *et al.* Effect of hypoxia on the antioxidative enzymes in aerobically grown rice (*Oryza sativa*) seedlings [J]. Physiologia Plantarum, 1999, 107(2): 181-187.
- [11] KRAUS T E, FLETCHER R A. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury is detoxification of active oxygen involved [J]. Plant and Cell Physiology, 1994, 35: 45-52.

(本文责编: 陈 伟)

好氧—厌氧联合处理法^[2]。厌氧消化法能够产生沼气,而且生产周期短,能同时实现废物的稳定化和资源化应用,但设备较复杂,依赖于高效反应器的开发利用,还有最终废水废渣的处理问题,因此,成本高,适用范围较窄^[2,4]。好氧堆肥是将要堆腐的有机物料与填充料按一定的比例混合,在合适的水分、通气条件下,使微生物繁殖并降解有机质,从而产生高温,杀死其中的病原菌及杂草种子,使有机物达到稳定化。好氧堆肥堆体温度高,一般为50~65℃,其可以最大限度地杀灭病原菌,同时对有机质的降解速度快,是处理有机废物的有效方法。蔬菜废弃物的发酵处理,既可以用低廉的成本来解决蔬菜废弃物的环境污染问题,还可以得到相应的资源产出,实现循环利用,这对保护环境和节约资源的意义重大。

1 研究进展

1.1 未接种微生物的好氧堆肥研究

1.1.1 堆肥基料 由于蔬菜废弃物含水量较高,采用单一的蔬菜废弃物进行好氧堆肥处理时,容易产生大量污水,造成堆体塌陷,物料粘连,容易形成厌氧状态,因此,添加相应的膨松性的填充物质有助于调节堆体的含水量和孔隙度,从而增加好氧反应的氧气含量。

Vallini等将15%的木屑作为结构调理剂添加入堆体中^[5],El-Haggag等添加40%的干草作为调节剂^[6]。张相锋等将鸡舍废物作为结构调理剂添加入蔬菜废弃物和花卉废弃物中进行联合堆肥,获得了腐熟、稳定、养分含量高的优质堆肥产品,取得了在滇池流域具有较好应用前景的研究成果^[7]。其它的研究多采用蔬菜废弃物与新鲜牛粪、经粉碎机粉碎的玉米秸秆相混合堆肥的方法,以增加基料的空隙度^[8]。在处理基料含水率方面,基本都采取将蔬菜废弃物和其它物料晾晒的方法,使基料的含水率降至60%~70%后进行堆肥^[7-9]。Huang等以预先干燥到80%含水率的蔬菜废弃物为原料,以水稻秸秆为膨化填充物料,得出了物料失重率和供气速率、初始物料配比、反应温度、反应时间之间关系的经验模型^[10]。

1.1.2 堆肥工艺 好氧堆肥过程中,如何维持堆体中的氧气含量一直是该类发酵工艺考虑的重中之重。同时通气量、含水率与堆体的温度又密切相关,即水分含量或者通气量增大,都将引起堆体温度的下降。国内外的研究主要集中在装置的设计、进料先后次序以及翻堆时间方面。

国际上开展此项研究较早。Vallini等在意大利佛罗伦萨设立了处理能力为5 t/d的动态好氧堆肥沟装置,即在长方形反应沟顶部设置轨道,轨道上

有一桥式翻堆装置,随着翻堆装置在轨道上移动可以将底部的物料翻至表层,达到供氧的效果。堆肥基料在反应沟中完成1次发酵,时间为35 d,最高温度达到75℃^[5]。El-Haggag提出了适用于热带地区的便携式小型好氧堆肥处理装置,该装置是直径0.4 m、高0.5 m、容积0.1 m³的圆筒型,压缩空气通过贯穿圆筒中心的穿孔管鼓入物料,供气装置通过时间控制器控制进行间歇操作。装置安放在一个带水平轴的支架上,可以绕轴转动以混合物料。每2 d翻转装置3 min以混合物料。

国内方面,张相锋等采用序批式进料反应床堆肥工艺,将滇池流域典型蔬菜废弃物(西芹、白菜)混合石竹等花卉废弃物进行了中试研究。堆肥试验在自制的温度反馈通气量半自动控制的静态好氧床内进行,初始物料为西芹和石竹,每隔4 d加白菜1次,加料量根据含水率确定^[9]。若在发酵基料中添加结构调理剂后,则不用采取序批式进料方法,但中试试验系统应由发酵系统和通风系统两部分构成。发酵系统由一次发酵池、渗滤液收集池和二次发酵场地构成。一次发酵池分为上下两个部分,上部为发酵仓,下部为通气沟,用于供气和收集渗滤液。仓底铺设铁丝网,防止物料颗粒落入通气沟堵塞。通气沟的前端为通风管,后端为渗滤液收集管。二次发酵场地采用混凝土硬化,在雨天采用塑料布遮盖堆体表面。在试验过程中,发酵物料上下表面各铺设锯末保温层10 cm,以减少散热并吸附堆肥气体^[7]。

1.2 接种微生物的好氧堆肥研究

1.2.1 添加菌剂 目前,根据蔬菜废弃物的营养特性,一般选择接种污水厂回流污泥和以纤维素降解菌为主的复合菌剂,从而加速有机质降解速度。黄得扬等在云南将实验室筛选纯化的17株纤维素降解菌以及1株产黄纤维单胞菌接种于西芹、白菜废弃物和花卉秸秆中,发现该复合菌剂可有效地提高堆料中纤维素的降解程度,改善堆肥终产物的物理性状,加快堆肥的进程,但对堆温和含水率等参数影响不明显^[14]。陈活虎等将污水厂回流污泥接种于太湖流域农村典型蔬菜废弃物叶菜皮、竹笋壳和茭白壳中进行好氧堆肥试验,得出了蔬菜废物高温好氧降解速率常数的经验公式^[15]。郭雅妮等亦将污水厂回流污泥接种于甘蓝、西芹、西瓜废弃物中,分别进行好氧和厌氧两种堆肥试验,发现好氧堆肥时总有机物和各生物物质降解菌均高于厌氧堆肥的降解率^[16]。席旭东等将由纤维素分解菌、蛋白质分解菌和酵母菌等多个菌株复合而成的高效腐解菌液接种于甘肃榆中当地种植的白菜、花椰菜、甘蓝等蔬菜废弃物中,进行了

表1 堆肥腐熟度各类指标特点

各类指标	内容	腐熟堆肥特征值
物理学指标	温度	分3个阶段,初期加热阶段、高温阶段(>55℃)、冷却阶段
	气味	无令人不愉快的气味
	色度	黑褐色或黑色
	残余浊度和水电导率	无特定特征值
	光学性质	$E_{665nm} < 0.008$
化学指标	挥发性固体(VS)	降解率>38%,腐熟物中VS<65%
	NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+	浓度变化与堆肥工艺和堆肥中的微生物种类有关, NO_3^- 、 NO_2^- 的出现可以作为判断堆肥腐熟度的标志
	阳离子交换容量(CEC)	逐渐增加
	有机酸	堆肥过程中,有机酸含量下降,已腐熟的堆肥中有机酸含量极少
	C/N	<20:1
生物学指标	呼吸作用	比氧摄取速率(SOUR) <1.0 mg O ₂ /g·hr·VS
	微生物活性	参数有酶活性、ATP和微生物量
	发芽试验	发芽指数(GI)>50%

一系列堆肥试验^[17-18]。

1.2.2 堆肥工艺 接种了微生物后,可以有效减少堆肥过程中对设备的依赖,但对堆体的建立和运行管理还有一定的要求。黄得扬等采用上部为发酵仓、下部为通气系统的堆肥设施,通过一次发酵和二次发酵阶段向堆肥接种纤维素降解复合菌剂,获得了理想的堆肥效果^[14]。席旭东等更加简化了堆肥设施,在接种复合菌剂后,设置了地下厌氧、地下好氧、地上厌氧和地上好氧4个处理,发现好氧处理较厌氧处理温度上升快,持续时间长,肥料含水率下降快,腐熟程度好,其中地上好氧处理的各优点更显著^[17]。

在接种微生物后,氧气是否供应充分依然是影响堆肥进程和腐熟程度的要素之一。同时,堆肥工艺的调试应当随当地气候条件、接种微生物的群落结构有所调整。

1.3 腐熟度指标研究

目前,判断堆肥腐熟度的指标很多,根据李承强等的汇总,可将该指标划分为三类:物理学指标、化学指标和生物学指标(表1)^[11-12]。

在腐熟度相关指标中,一些指标,如 NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 、阳离子交换容量(CEC)、有机酸、比氧摄取速率(SOUR)等,其含量变化以及最终的含量都有限定标准,这与堆肥原料、堆肥工艺以及堆肥中微生物群落结构有联系^[11-13]。

作为能够还肥于田的堆肥产物,还应当符合国家农业行业标准NY525—2011有关有机肥料中技术指标、重金属限量指标,蛔虫卵死亡率和粪大肠菌群数指标应符合农业行业标准NY 884—2012的要求。

2 结语

蔬菜废弃物与其它固体废弃物相比,具有水分含量高、无毒害等特点。目前国内外的研究主要集中于厌氧消化法和好氧堆肥法,其中厌氧消化法依赖于大型的发酵设备,且最终产生的废水废渣难处理,整体处理成本较高。好氧堆肥法更能复合我国国情需要,尤其是接种微生物好氧堆肥法提出了分散处理蔬菜废弃物直接还肥于田的新思路。但无论是未接种微生物的好氧堆肥技术,还是厌氧消化技术和好氧-厌氧联合处理法,都需要一定的设备投资建设成本,并且对具体操作、运行管理都有相应的技术要求,对于我国广大的蔬菜废弃物集散地来说,推广应用存在一定的门槛。因此,利用人工技术手段,筛选相关的微生物接种于蔬菜废弃物中,使其自然堆肥则可能克服上述缺点。筛选微生物和调整堆肥工艺也成为这一工作的重点与难点。

参考文献:

- [1] 姜方. 联合国粮农组织统计, 中国蔬菜产量世界第一[N]. 人民日报: 海外版, 2008-11-25(01).
- [2] 黄鼎曦, 陆静文, 王洪涛. 农业蔬菜废物处理方法研究进展和探讨 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3 (11): 38-42.
- [3] VIEITEZ E R, MOSQUERA J, GHOSH S. Kinetics of accelerated solid-state fermentation of organic-rich municipal solid waste [J]. Water Science and Technology, 2000, 41 (3): 231-238.
- [4] 王远远. 蔬菜废弃物沼气发酵工艺条件及沼气发酵残余物综合利用技术的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [5] VALLINI G, PERA A, VALDRIGHI M, et al. Process

张掖市高原夏菜产业现状与发展建议

李文德^{1,2}, 张文斌², 张荣², 李天童²

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省张掖市经济作物技术推广站, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 通过分析张掖市高原夏菜产业的发展现状及存在的主要问题, 提出了切实转变观念, 强力推进蔬菜产业; 科学合理规划, 加速规模基地建设; 建点示范推广, 提升蔬菜产业水平; 扶持壮大龙头企业, 切实开拓蔬菜市场; 建立预警体系, 强化信息服务功能; 建设贮运平台, 提升社会公共服务等发展建议。

关键词: 高原夏菜; 产业; 现状; 发展建议; 张掖市

中图分类号: S63-33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)07-0047-03

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.07.019

张掖市位于甘肃省河西走廊中段, 黑河流域的中上游, 属于温带干旱气候类型, 全年平均气温7.6℃, 全年无霜期155 d, 最长年份为179 d, 最短120 d; 年平均降水量129 mm, 蒸发量2 047.9 mm, 平均日照时数3 085.1 h, 太阳总辐射量为620.4 kJ/cm²。该区域光照充足, 土壤肥沃、水源充足, 昼夜温差大, 是高原夏菜种植的理想产区。张掖市高原夏菜生产自20世纪90年代开始走规模化生产之路以来, 种植规模和产量都有了显著的

增长, 目前高原夏菜正处于以初级产品进入市场的形态, 逐步发展到以现代商品形态进入流通领域的过渡阶段^[1]。随着农业结构的转变, 张掖市高原夏菜产业呈现出强劲的发展势头, 生产规模不断扩大, 产量持续增长, 农民种植效益显著提高, 已成为农业产业中发展速度较快的支柱产业之一。为更好地推动张掖市高原夏菜产业的发展, 积极探索高寒山区高效农业发展之路, 发挥高原夏菜对全市农业发展中的助推作用, 我们就张掖

收稿日期: 2014-02-27; 修订日期: 2014-03-26

作者简介: 李文德(1980—), 男, 甘肃武威人, 农艺师, 主要从事蔬菜栽培技术推广工作。联系电话: (0)13993623368。E-mail: lwd0936@126.com

通讯作者: 张文斌(1966—), 男, 甘肃永登人, 推广研究员, 主要从事经济作物技术推广工作。联系电话: (0936)6915063。E-mail: zysjzz@126.com

- constraints in source-collected vegetable waste composting [J]. *Water Science and Technology*, 1993, 28(2): 229-236.
- [6] ELHAGGAR S M, HAMODA M F, ELBIEH M A. Composting of vegetable waste in subtropical climates [J]. *International Journal of Environment and Pollution*, 1998, 9(4): 411-420.
- [7] 张相锋, 王洪涛, 聂永丰, 等. 高水分蔬菜废物和花卉、鸡舍废物联合堆肥的中试研究[J]. *环境科学*, 2003, 24(2): 147-151.
- [8] 袁顺全, 曹婧, 张俊峰, 等. 蔬菜秧与牛粪好氧堆肥试验研究[J]. *中国土壤与肥料*, 2010(4): 61-64.
- [9] 张相锋, 王洪涛, 聂永丰. 高水分蔬菜和花卉废物序批式进料联合堆肥的中试 [J]. *环境科学*, 2003, 24(6): 148-151.
- [10] HUANG J S, WANG C H, JIH C G. Empirical model and kinetic behavior of thermophilic composting of vegetable waste [J]. *Environment Engineering*, 2000, 126(11): 1 019-1 025.
- [11] 李承强, 魏源送, 樊耀波, 等. 堆肥腐熟度的研究进展[J]. *环境科学进展*, 1999, 7(6): 1-12.
- [12] 李艳霞, 王敏健, 王菊思. 有机固体废弃物的腐熟度参数及指标[J]. *环境科学*, 1999, 20(2): 98-103.
- [13] 袁荣焕, 彭绪亚, 吴振松, 等. 城市生活垃圾堆肥腐熟度综合指标的确定[J]. *重庆建筑大学学报*, 2003, 25(4): 54-55.
- [14] 黄得扬, 陆文静, 王洪涛, 等. 高效纤维素分解菌在蔬菜—花卉秸秆联合好氧堆肥中的应用[J]. *环境科学*, 2004, 25(2): 145-149.
- [15] 陈活虎, 何晶晶, 邵立明, 等. 农村蔬菜废物高温好氧降解协同性及动力学[J]. *应用与环境生物学报*, 2006, 12(6): 833-837.
- [16] 郭雅妮, 仝攀瑞, 申恒钢, 等. 蔬菜与水果废物共堆肥降解的研究[J]. *西安工程大学学报*, 2009, 23(4): 79-81.
- [17] 席旭东, 晋小军, 张俊科. 蔬菜废弃物快速堆肥方法研究[J]. *中国土壤与肥料*, 2010(3): 62-66.
- [18] 李掌, 周广业, 李续荣. 平凉市日光温室有机生态型无土栽培技术[J]. *甘肃农业科技*, 2004(3): 12-13.

(本文责编: 杨杰)