

文章编号:1003-8701(2011)04-0037-04

白腐菌在有机固体废弃物堆肥中的研究进展

张婷婷,吴京科*,祁娜,孙向阳,张强,郝利峰

(北京林业大学,北京 100083)

摘要:白腐菌因具有极强的降解能力和特殊的代谢类型,在生物降解和修复中有广阔的应用前景。本文综述了白腐菌应用于有机固体废弃物堆肥的研究现状,主要介绍了白腐菌在堆肥中对难降解木质素的作用以及对重金属污染的修复。同时对白腐菌的应用前景做出展望。

关键词:白腐菌;堆肥;木质素;重金属;除臭技术

中图分类号:S141.4

文献标识码:A

Application of White-Rot Fungi on Organic Solid Waste Composting

ZHANG Ting-ting, WU Jing-ke, QI Na, SUN Xiang-yang, ZHANG Qiang, HAO Li-feng

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The white-rot fungus has been applied widely because of its strong degradation ability and special metabolic type. The current status of white-rot fungus applied in organic solid waste composting was reviewed in the paper. The degradation mechanism of lignin by white-rot fungus and the application of white-rot fungi in the bioremediation of heavy metal bio-sorption in composting have been introduced especially. The prospect of white-rot fungi usage in other aspects was put forward.

Keywords: White-rot fungus; Compost; Lignin; Heavy metal; Deodorization

1 有机固体废弃物概述

有机固体废弃物主要包括植物类废弃物、动物类废弃物、加工类废弃物和农村城镇生活垃圾等,其中主要是畜禽粪便和农作物秸秆等^[1],这些废弃物普遍存在难降解的木质素含量高、重金属含量超标、产生恶臭气体等诸多问题,不但严重污染环境,而且它们还具有较高的生物毒性和致癌、致畸、致突变的危害性,对动植物及人体造成严重危害^[2-3],是环境治理与保护工作的重点和难点。但是这些有机废弃物有很好的应用潜力,可以深加工并进一步开发利用。

1.1 有机固体废弃物的处理方法

目前,发达国家已将有机固体废弃物的资源化利用列为国家经济建设的重点并视为第二产

业,形成了一个新型的工业体系。我国固体废弃物资源化的工作也日渐受到重视,但总的技术状况和国外发达国家还有一定差距。现阶段处理这些有机垃圾的手段主要有焚烧、填埋、固化和堆肥几种方法,其中,堆肥法成本低,除臭和灭菌效果好,并能有效改善废弃物的物理、化学性状,是一种符合可持续发展理念的处理方法^[4-6]。

1.2 有机固体废弃物堆肥原理及存在的问题

堆肥化的主要过程是将要堆腐的有机物料与填充料按一定的比例混合,在适宜的水分、温度、通气条件下,使微生物繁殖并降解有机质,从而达到高温,将堆料中的病原菌及杂草种子杀死,使有机物质达到稳定状态。其实质是微生物将物料中的大分子有机物分解为小分子有机物并部分转化为自身组成成分的过程。通过堆肥化过程,有机物由不稳定状态转变为稳定的腐殖质物质,其产品可以安全处理和保持,是一种良好的土壤改良剂和有机肥料^[7]。

目前,有机固体废弃物堆肥大多采取传统的

收稿日期:2011-05-31

作者简介:张婷婷(1987-),女,硕士,主要从事土壤学研究。

通讯作者:吴京科,男,高级工程师,E-mail:wujk1111@126.com

堆肥方法,通过增加营养和改善环境条件的方法,利用堆置原料中的土著微生物的作用来实现,需要一定时间才能繁殖起来^[8],因此会出现发酵时间长、费时费工、卫生条件差、无害化程度和肥力低等诸多问题。为加速堆肥化进程,国内外许多学者进行了大量研究。试验表明,进行人为的接种分解有机物能力强的微生物,可以调节微生物菌群结构,提高微生物活性,从而加速堆肥材料的腐熟,缩短堆肥周期,提高堆肥产品的质量。其中,真菌对堆肥物料的分解和稳定起着重要作用。

1.3 白腐菌在有机固体废弃物堆肥中的应用

白腐菌是担子菌亚门的真菌,菌丝体一般为多核,少有隔膜,因腐朽木材呈白色而得名^[9]。马瑛等以花园土、玉米芯加入蕈配成模拟含蕈废弃物,接入培养好的白腐菌后投入反应器,保持温度20℃,通气量0.1 m³/h的条件作堆肥处理,经42 d后,蕈含量从5 800 mg/kg降到1 967.36 mg/kg。实验结果表明,白腐菌可有效用于有害废弃物的堆肥处理^[10]。

2 白腐菌在堆肥中对木质素的降解作用

2.1 堆肥中木质素降解研究的重要性

木质素经常作为木材水解工业和造纸工业的副产物而存在,也是园林绿化废弃物、农作物秸秆以及城市生活垃圾中一种常见的、难降解的物质。如果将这些木质含量高的废弃物直接用于堆肥,会产生分解困难、腐殖质转化不完全、堆肥质量不高而影响堆肥进程等问题。另一方面,未经腐熟的有机固体废弃物直接还田,在土壤中分解时,又会产生大量的亚硫酸根、有机酸、硫化氢和氨等有害有毒物质^[11]。但在堆肥后期,有相当大数量的木质素最终成为腐殖质,它是植物营养的储存库,因此是堆肥中腐殖质形成的限制环节。

2.2 白腐菌对堆肥中木质素的降解机理

白腐菌在堆肥中降解木质素的过程主要是,白腐真菌利用菌丝体对木质素进行吸附,并利用分泌出的过氧化物酶对木质素进行催化氧化,从而降解木质素分子^[12]。一般分为细胞内和细胞外两个过程。

首先,在细胞内部,白腐菌自身分泌产生的葡萄糖氧化酶和细胞外乙二醛氧化酶,它们在氧气的参与下,产生H₂O₂,供给过氧化物酶和锰过氧化物酶做底物后,漆酶以氧气做电子受体催化多酚化物,经4次单电子传递形成醌及自由基后,这3

种酶分泌至细胞外,形成细胞外酶,借助H₂O₂启动一系列自由基反应,促使木质素彻底降解^[13-14]。

2.3 白腐菌对木质素类废弃物堆肥的效果

Kishan等在麦秆上接种黄孢原毛平革菌进行堆制,结果表明,堆制过程中干物质的损失量与真菌的接种量成正比,与粗纤维、酸性洗涤纤维、半纤维素和木质素的含量呈负相关。接种10 d后木质素的降解率从0.67%提高到12.51%^[15]。黄丹莲等对接种白腐菌处理含木质素垃圾的堆肥做了系统研究,接种白腐菌剂的堆肥中木质素降解率迅速提高,于12 d达到最大值13.4%,从堆肥化起始至结束,木质素总降解率达43.86%^[16]。这说明接种一定量的白腐菌剂确实能有效地促进木质素降解,利于堆肥化进行。

3 白腐菌对堆肥中重金属的吸附作用

3.1 堆肥中重金属吸附研究的重要性

由于我国多数城市的垃圾未经分类收集,导致大量废旧电池、电器等进入垃圾场,使垃圾填埋场重金属污染严重。更有研究发现^[17-18],在集约化养殖中,饲料中普遍添加一些生长促进剂和预防疾病的添加剂药物,造成畜禽粪便中含有大量重金属污染物,将其施入土壤中不但会影响植物生长,甚至会通过食物链危害人类的健康^[19-21]。大量研究表明,经过堆肥化处理有机固体废弃物,可以降低重金属的总量和生物有效性^[22],降低了堆肥潜在的重金属危害性,堆肥后的产品可以作为肥料施于农田,提高农作物产量、改善耕地土壤结构,是符合当前可持续发展的垃圾处理手段。而白腐菌在复杂的条件下,能较好的吸附、积累重金属,应用于堆肥中处理重金属污染的有机固体废弃物值得深入研究^[23]。

3.2 白腐菌对堆肥中重金属的吸附机理

白腐真菌的细胞壁上有羧基、磷酸基、羟基等负电性官能团,它们可以络合多种重金属离子,活体及死亡细胞均能吸附重金属离子,并且死细胞的吸附能力甚至强于活细胞^[24-25]。一般认为白腐菌吸附重金属离子主要包括以下途径:

(1)表面络合和螯合作用:白腐菌细胞内含有N、P、O和S等负性较大的原子官能团,主要有羧基、磷酸基、羟基和酰胺基等,它们可以络合或螯合重金属离子形成可溶性络合物或螯合物,从而吸附重金属离子^[26]。(2)离子交换作用:被细胞质结合的重金属离子被其它金属离子代替的过程,这些金属离子往往有更强的结合能力。(3)其它作

用:白腐菌利用自身的氧化还原能力,来改变它所吸附离子的价态,使之无毒或变成挥发性物质。另外,细胞质粒可能含有抵抗有毒重金属的基因,这些都有修复重金属离子的作用。并且,白腐菌对堆肥中重金属的吸附作用与预处理^[27]、固定化^[28]、以及吸附液 pH^[29]等因素有密切的关系。

3.3 白腐菌对重金属类废弃物的堆肥效果

Bayramoglu 等采用了海藻酸钙固定的白腐菌及其死的生物体去除镉离子,发现最大的吸附能力分别达到 104.8 mg Cd/g 和 123.5mg Cd/g^[30]。Iqbal 等则采用 FBILS(即将黄孢原毛平革菌进行固定化处理包埋于 LOOFA 海绵中)来去除金属离子 Pb、Cu 和 Zn。它们最大的吸附浓度分别达到 135.3,102.8,50.9 mg/g^[31]。这说明白腐菌确实能有效地吸附堆肥中的重金属。

4 白腐菌在有机固体废弃物堆肥过程中的应用展望

(1)随着堆肥应用的推广,堆肥厂的数量逐年增加,但由于堆肥过程中,有机固体废弃物中的有机成分在好氧细菌作用下能产生刺激性的气体 NH₃ 等,并且在氧气不充足的情况下,还会产生 H₂S 和 SO₂ 等恶臭气体。因此,堆腐中的臭气处理也是堆肥中着重解决的问题。

目前,对臭气的治理主要有物理、化学和生物手段,或者是这几种方法的组合^[32]。但因为物化方法容易造成二次污染,并且投资大、运营成本高、技术难度强等困难,因此,利用微生物技术来处理堆肥过程中的恶臭气体,也越来越受到人们的重视和认可。添加微生物可以调控堆制过程中的碳氮代谢,从而减少氮类物质分解成氨态氮后以气体的形式挥发来控制臭气的产生。但是目前,应用白腐菌来处理有机固体垃圾堆肥中恶臭气体产生的方法还不尽完善,还有待于进一步研究。

(2)堆肥过程中各个参数的控制直接影响到堆肥的质量及堆肥品质,尤其是室温的要求以及通风控制,对白腐菌的生长及堆肥的成效有一定影响。目前为止,国内外的研究均没有白腐菌在有机固体废弃物堆肥中研究的相关报道。因此,在以后的研究中,我们可以根据白腐菌本身生长所需要的条件,结合有机固体废弃物堆肥的控制参数,做进一步研究,找到最佳的堆肥条件。

(3)随着白腐菌生产技术的逐步完善,其应用于环境治理研究将大有发展。但是,白腐菌并不是万能的,由于单一微生物的局限性,堆肥过程又十

分复杂,木质素的完全降解是真菌、细菌及相应微生物群落共同作用的结果,其中真菌起着主要作用,只将白腐菌单独的用在堆肥工艺中,很难使堆肥的效果达到最佳状况。因此,可以将白腐菌与其他微生物混合使用,利用不同菌株作用机制的不同,来提高堆肥的品质,从而创造更大的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 朱维琴,朱正华,章永松. 农业有机废弃物资源化与温室二氧化碳施肥在生产上的利用[J]. 现代化农业,2002(2):19-21.
- [2] 周雯,董雅文. 上海南京深圳城市垃圾及处理的比较研究[J]. 环境污染与防治,2000,22(3):30-32.
- [3] 李春晖. 我国城市生活垃圾问题及其对策[J]. 中国人口资源与环境,2000,10(7):142-145.
- [4] Hassen A, Belguith K, Jedidi N, et al. Microbial characterization during composting of municipal solid waste[J]. Biore-source Technology,2001,80:217-225.
- [5] 黄得扬,陆文静,王洪涛. 有机固体废弃物堆肥化处理的微生物学机理研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2004,5(1):12-18.
- [6] 李艳霞. 污泥堆肥机理及堆肥过程研究[D]. 北京:中国科学院生态环境研究中心,1998.
- [7] 李季,彭生平. 堆肥工程实用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2005:1-28.
- [8] Haug R T. Development of simulation models[M]. The Practical Handbook of Compost Engineering, Lew is Publishers, 1993:342-436.
- [9] 林鹿,詹怀宇. 制浆漂白生物技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002.
- [10] 马瑛,张甲耀,管筱武. 原毛平革菌堆肥处理有害废弃物的可行性[J]. 环境科学,1999,20(6):67-70.
- [11] 胡发泽. 我国农作物秸秆资源的利用现状与前景[J]. 资源开发与市场,2000,16(1):19-20.
- [12] 黄红丽,曾光明,黄国和,等. 堆肥中木质素降解微生物及其对腐殖质形成作用[J]. 中国生物工程杂志,2004,24(8):29-31.
- [13] 黄丹莲,曾光明,黄国和,等. 白腐菌的研究现状及其在堆肥中的应用展望[J]. 微生物学通报,2004,31(2):112-116.
- [14] 沈德中. 污染环境的生物修复[M]. 北京:化学工业出版社,2002:297-301.
- [15] 曾光明,黄国和,袁兴中,等. 堆肥环境生物与控制[M]. 北京:科学出版社,2006:109-132.
- [16] Huang Dan-lian, Zeng Guang-ming, Hu Tian-jue, et al. Preliminary study on the application of Phanerochaete chrysosporium in composting of lignin waste [J]. Proceedings of EnerEnv'2003 Conference. Beijing and New York: Science Press,907-912.
- [17] 郝秀珍,周东美. 畜禽粪中重金属环境行为研究进展[J]. 土壤,2007,39(4):509-513.
- [18] Li Y,Chen T. Concentrations of additive arsenic in Beijing pig feeds and the residues in pig manure [J]. Resources,

- Conservation and Recycling ,2005 ,45(4) :356- 367 .
- [19] Cala V , Cases MA , Walter I. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus Officinalis* grown on organic waste- amended soil[J]. *Arid Environ* ,2005 ,62 (3) :401- 412 .
- [20] 陆景陵. 植物营养学[D]. 北京 :中国农业大学出版社 ,2003 .
- [21] Jordão CP , Nascentes CC , Cecon PR , Fontes RLF , Pereira JL. Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes [J] . *Environ Monit Assess* ,2006 ,112 (1- 3) :309- 326 .
- [22] 王德汉 ,彭俊杰 ,戴 苗 . 造纸污染好氧处理技术研究[D] . 广州 :华南理工大学造纸与环境工程学院 ,2003 .
- [23] Baldrian P. Interactions of heavy metals with white- rot fungi [J] . *Enzyme and Microbial Technology* ,2003 ,32 (1) :78- 91 .
- [24] Brady D ,Duncan J R. Binding of heavy metals by the cell walls of *S accharomyces cerevisiae* [J] . *Enzyme and Microbial Technol.*1994 ,16 :633- 638 .
- [25] Baldrian P. Interactions of heavy metals with white- rot fungi [J] . *Enzyme and Microbial Technology* ,2003 ,32(1) :78- 91 .
- [26] 伦世仪. 环境生物工程[M]. 北京 :化学工业出版社 ,2002 .
- [27] 甘一如 . 重金属的生物吸附 [J] . *化学工业与工程* ,1999 ,16 (1) :19- 25 .
- [28] 徐 容 . 固定化产黄青霉废菌体吸附铅与脱附平衡 [J] . *环境科学* ,1998 ,19(4) :72- 75 .
- [29] 吴 涓 ,李清彪 ,邓 旭 ,等 . 白腐菌吸附铅的研究[J] . *微生物学报* ,1999 ,39(1) :87- 90 .
- [30] Bayramoglu G , Denizli A , Bektas S , et al. Intrapment of *Lentinus sajorcaju* into Ca- alginate gel beads for removal of Cd ions from aqueous solution :preparation and biosorption kinetics analysis[J] . *Microchemical Journal* ,2002 ,63- 76 .
- [31] Iqbal M , Edyvean RGJ. Biosorption of lead , copper and zinc ions on loofa sponge immobilized biomass of *Phanerochaete chrysosporium*[J]. *Minerals Engineering* ,2004 ,17 : 217- 223 .
- [32] 石 磊 ,边炳鑫 ,赵由才 ,等 . 城市生活垃圾卫生填埋场恶臭的防治技术进展[J] . *环境污染治理技术与设备* ,2005 ,6(2) : 6- 9 .