

周新伟,沈明星,王海侯,等.微生物菌剂加速废弃物堆腐的效应[J].江苏农业科学,2016,44(10):434-437.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.126

微生物菌剂加速废弃物堆腐的效应

周新伟,沈明星,王海侯,施林林,陆长婴,金梅娟

(江苏太湖地区农业科学研究所/农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站,江苏苏州 215155)

摘要:研究了微生物菌剂对农业废弃物堆腐效率、基质育秧质量及基质生产经济效益的影响。采用金针菇菇渣、酒糟等废弃物组成的高温好氧堆体,研究了微生物菌剂芽孢杆菌添加与否对水稻育秧基质堆腐效率、理化性质、基质育秧质量、经济效益的影响。结果表明,添加微生物菌剂较不添加微生物菌剂提早腐熟8 d。二者的基质理化性状、育秧质量这2种主要指标没有显著差异($P < 0.05$)且均达国家农业部行业标准 NY/T 1534—2007《水稻工厂化育秧技术要求》中的壮秧标准,在金针菇菇渣、酒糟等废弃物组成的高温好氧堆体中添加芽孢杆菌 0.33 kg/m^3 ,在1个面积为 $3\,432 \text{ m}^2$ 的基质生产车间,每年可因缩短堆腐时间而增产21.5%,新增利润57 084.5元。

关键词:堆肥;微生物菌剂;农业废弃物;水稻育秧基质;经济效益

中图分类号: S141.4;X71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0434-04

好氧堆腐(堆肥)是一种处理固体有机废弃物并实现废弃物无害化、资源化的有效方法,广泛应用于有机肥、基质等生产中。传统的堆肥法堆肥腐熟的时间常需2个月,堆制过程中周围恶臭难闻,污水流淌,蚊蝇滋生,成为农业环境中重要的污染源。因此如何缩短堆制时间,使新鲜固体有机废弃物快速腐熟,是现代农业生产中急待解决的问题。由于传统堆肥腐熟过程主要是一个由自然微生物参与的生理生化过程,因而有可能利用添加外源微生物来加速该过程。接种微

生物促进堆肥腐熟的机理有:(1)提高堆肥初期微生物的群体,增强微生物的降解活性;(2)缩短达到高温期的时间;(3)接种分解有机物质能力强的微生物^[1]。但是,在生产实践中缩短堆制天数的差异极大,有缩短2~3 d的,也有缩短28 d的^[1],另一方面,由于微生物菌剂等成本的增加,有的经济效益提高,有的却反而下降^[2]。机插水稻是江苏省目前采用的主要栽培技术,目前的机插水稻育秧主要采用营养土育秧与非土育秧的方式,后者由于节省劳力、防止破坏土层、秧盘轻便、利于工厂化培养等优点而发展更快,笔者采用金针菇菇渣、酒糟等农业固体废弃物为原料,研究了微生物菌剂添加对缩短基质堆制天数、堆体理化性质变化及育秧质量的影响,并分析了添加生物菌剂对基质生产效率及经济效益的影响,为农业废弃物的资源化利用提供科学依据。

收稿日期:2015-08-04

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD14B12-03);江苏省科技支撑计划(编号:BE2013334);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2105];江苏省苏州市科技支撑计划(编号:SNG201349)。

作者简介:周新伟(1971—),男,江苏苏州人,副研究员,主要从事农业资源与环境研究。E-mail:zxw0512@163.com。

通信作者:沈明星,研究员,主要从事农业生态研究。E-mail:smxwwj@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料

金针菇菇渣取自江苏省太仓市食用菌生产企业,酒糟取

[3]许燕,曾建勋.面向科研管理的机构知识库建设政策与机制[J].图书情报工作,2015,59(6):22-27.

[4]张晓林.机构知识库的政策、功能和支撑机制分析[J].图书情报工作,2008,52(1):23-27.

[5]赵瑞雪,杜若鹏.中国农业科学院机构知识库的实践探索[J].现代图书情报技术,2015,255(2):72-77.

[6]王洪蕾.中国农业科学院机构仓储框架设计与资源建设研究[D].北京:中国农业科学院,2011.

[7]陈琳.机构知识库建设机制探析[J].大学图书馆学报,2010(4):59-63.

[8]田丽君,张静鹏.芬兰 Doria 和 Theseus 联盟机构知识库建设模式及其启示[J].图书馆学研究,2014(5):37-41.

[9]洪秋兰,邱祥岷.国内研究所机构知识库发展动态统计分析[J].图书馆工作与研究,2014(7):30-34.

[10]邓君.机构知识库建设模式研究[J].图书情报工作,2010,54(6):112-116.

[11]邱均平,祖旋,郭丽琳,等.机构知识库的研究现状及其发展趋势的可视化分析[J].情报理论与实践,2015,38(1):12-17.

[12]OpenDOAR[EB/OL]. [2015-11-28]. <http://www.opendoar.org/index.html>.

[13]万文娟,吴高.我国机构知识库内容建设问题与策略分析[J].图书馆,2013(1):110-113.

[14]吴高,万文娟.我国机构知识库管理服务问题与策略分析[J].图书馆,2013(6):83-85.

[15]Prosser D C. The next information revolution:how open access will-transform scholarly communications? [EB/OL]. [2014-11-30]. http://eprints.rclis.org/archive/00003917/02/IYILIM_chapter.pdf.

[16]洪梅,马建霞.机构知识库建设机制初探[J].情报杂志,2007(8):37-39.

[17]房玉玲,曾莉,李文林,等.高校机构知识库保障机制探讨[J].赤峰学院学报:自然科学版,2015,31(1):164-165.

自太仓新太酒精有限公司,系木薯发酵的下脚料,细沙取自太仓市食品生产企业,系清洗土豆的残余物,基质原料的基本情况见表 1。微生物菌剂芽孢杆菌采购自中国科学院微生物研究所,系固体粉剂,含有效活菌数 $\geq 0.5 \times 10^8$ 个/g。堆肥箱是 2 个专门设计的正方体塑料箱,箱体长宽高均为 1 m,底板密布直径 2 cm 气孔,呈蜂窝状分布,并设有鼓风用的通风口,侧面设有取样孔,顶面设一活动箱盖。鼓风机是韩松牌 HS-550S 型高压旋涡气泵,供试水稻品种为中熟晚粳的南粳 46,水稻播种机采用云马自牌流水线播种机,壮秧剂采购自江苏无锡坊前杰伟壮秧剂有限公司,含活性物丙酮-乙醇溶解物 0.5%~2.0% 及氮、磷、钾($N \geq 9\%$ 、 $P_2O_5 \geq 6\%$ 、 $K_2O \geq 4\%$),育秧盘为塑料硬盘,规格 58 cm \times 28 cm。

表 1 基质原料的基本性质

原料名称	含水率 (%)	含碳量 (g/kg)	含氮量 (g/kg)	C/N
金针菇渣	59.6	449.5	12.8	35.2
酒糟	68.4	401.9	12.9	31.1
细沙	60.5	92.1	4.6	20.1

1.2 试验设计

1.2.1 育秧基质堆腐试验 试验于 2014 年 7—10 月在江苏省苏州市太仓绿丰生物肥料有限公司内进行,堆腐原料为金针菇渣、酒糟、细沙的混合物,按体积比 1:7:2 混合,试验设添加微生物菌剂与不添加微生物菌剂(CK)2 种处理,每处理各 3 个重复(堆肥箱),微生物菌剂加入方法为 1 m³ 堆体原料中加入芽孢杆菌固体粉剂 0.333 kg,在堆腐前混料时均匀加入,堆腐时间从 2014 年 7 月 29 日至 2014 年 9 月 22 日,共 56 d。通过底部鼓风的方法增加氧气,每天开启鼓风机 0.5 h 进行增氧。各处理在堆腐 8 d 加水 20 kg/m³,堆腐 15 d 进行 1 次翻堆。堆体初始含水率为 60%~65%。

1.2.2 育秧试验 试验采用单因素随机区组设计,采用“1.2.1”方法生产的育秧基质,设添加壮秧剂及不加壮秧剂(CK)2 种处理,每处理为 3 个育秧盘,壮秧剂添加方法为每 1 m³ 基质中加入壮秧剂 2 kg 拌匀。育秧在太仓市城厢镇万丰村海丰农场育秧大棚内的秧架上进行,采用工厂化生产方式,育秧时间为 2014 年 5 月 28 日至 2014 年 6 月 10 日,共 14 d,播种量为芽谷 150 g/盘,采用云马自牌自动流水线播种机播种,播种后采用与当地工厂化育秧相同的栽培管理方法。

1.3 采样及测定

1.3.1 采样方法 在基质原料堆腐后 0、7、14、21、28、35、42、49、56 d 各采样 1 次。在翻堆充分拌匀后,在堆肥箱内按 5 点采样法采样。育秧结束后进行秧苗素质考察,每盘取 3 个具有代表性的 8 cm \times 8 cm 方块,清点成苗数;每盘取 20 株代表性秧苗,观察叶龄、叶数、苗高、茎基粗、根系长度、根系直径、根表面积、根体积、根尖数、叶绿素 SPAD 值、单株叶面积;每盘取 100 株烘干后称质量,计算根冠比;每盘秧测定 5 处不同点的根系盘结力。

1.3.2 堆体理化、生物指标测定 温度测定:每天上午 09:00 用温度计测定堆体上、中、下 3 处温度后取平均值。含水率测定:样品置于 105 ℃ 烘箱烘 24 h,烘干水分至恒质量,计算水分含量;含碳量采用重铬酸钾-浓硫酸法测定;N、P 含量采用硫酸-双氧水消煮法测定;铵态氮、硝态氮采用 2 mol/L

CaCl₂ 溶液 1:5 浸提,再用流动分析仪测定;EC 值:去离子水 1:5 浸提(体积比),电导仪法测定;pH 值:去离子水 1:5 浸提(体积比),pH 值计测定;灰分采用马弗炉法测定。种子发芽指数测定:将新鲜堆肥样品与水按体积比 10:1 比例混合振荡 0.5 h,上清液经滤纸过滤后待用;把 1 张滤纸放入干净无菌的 9 cm 培养皿中,滤纸上整齐摆放 20 粒小白菜(苏州青)种子;吸取 3 mL 滤液于培养皿中,在 25 ℃、黑暗条件下的培养箱中培养 48 h,测定种子的发芽率和根长,同时用去离子水作空白对照。发芽指数计算公式为: $GI = (\text{堆肥处理的种子发芽率} \times \text{种子根长}) / (\text{对照的种子发芽率} \times \text{种子根长}) \times 100\%$ 。

1.3.3 秧苗素质测定 育秧 14 d 后测定各处理秧苗单位面积成苗率、叶龄、苗高、茎基粗、地上及地下部干物质质量、根系盘结力、根系长度、根系直径、根表面积、根体积、根尖数(采用 WinRHIZO 根系分析系统测定)、根系活力(TTC 法)、单株叶面积、叶绿素 SPAD 值。

2 结果与分析

2.1 基质堆腐过程中的温度变化

温度是堆肥稳定度评价最简便快捷的物理指标,当其趋于环境温度时,表明堆肥已稳定^[3]。基质堆肥过程中温度的动态变化曲线如图 1 所示,在堆肥起始阶段,堆体温度快速上升,堆腐 1 d 即分别达到 49 ℃ 及 51.2 ℃,添加微生物菌剂处理与对照均出现了 2 轮高温期,添加微生物菌剂处理的 2 轮连续 50 ℃ 高温期累计达 22 d,而对照达 23 d,二者差别不大。前 37 d 内对照比添加微生物菌剂处理的平均温度高 1.16 ℃,而后 37 d 添加微生物菌剂的平均温度高于对照 1.05 ℃。根据 GB 7959—1987《粪便无害化卫生标准》的规定,高温堆肥的高温期为温度达 50~55 ℃,持续 5~7 d^[4]。本研究堆体均达到无害化要求。

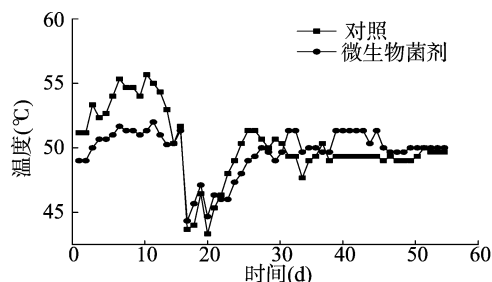


图 1 添加微生物菌剂对堆腐基质温度的影响

2.2 发芽指数的变化

目前较为公认的评价有机固体废弃物腐熟度的指标为种子发芽指数(GI),GI 值可综合体现堆肥样品的低毒性(影响根长)或高毒性(影响发芽),被认为是最敏感、可靠、有效和最能反映堆肥产品植物毒性、堆肥无害化和腐熟度参数的指标。Zucconi 等认为,当 GI 值 $>80\%$ 时,堆腐完全腐熟^[5]。图 2 表明,发芽指数均呈倒抛物线分布,即先在高位,而后下降到底,再上升,这可能是因为堆腐原料大分子在起初未被分解,但仍不稳定,随后在微生物作用下分解并释放有机酸等有害物质,最后进一步分解成腐殖质为主的无害物质。分析表明,添加微生物菌剂完全腐熟需 37.3 d(GI 值 $>80\%$),未添加微生物菌剂(CK)需 45.3 d,添加微生物菌剂较不用微生物菌剂提早腐熟 8.0 d。

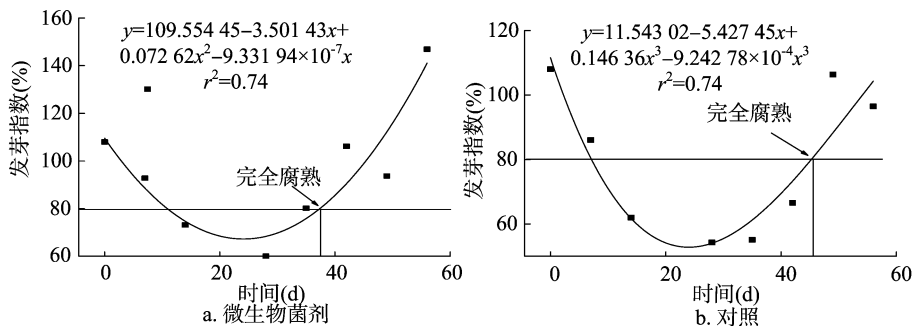


图2 添加微生物菌剂对堆腐基质发芽指数的影响

2.3 堆体的理化指标

2 种处理的理化性状变化见图 3, 含水率随时间变化不大, 均在 60% 左右, 但由于添加微生物菌剂的初始含水率高于对照, 因此其含水率堆腐期间一直高于对照; 微生物菌剂对堆腐的 pH 值影响不大, 二者基本保持同步, 直到堆腐结束时稳定在 7.2 左右; 2 种处理的 EC 值均由堆前的 0.64、0.75 mS/cm 先升高到 14 d 的 0.8 mS/cm 左右, 然后逐渐下降到 0.5 mS/cm 左右, 二者变化趋势相同, 最终差异不显著 ($P < 0.05$), EC 值表示堆肥中可溶性盐的高低, 表明随着堆肥的进程, 在微生物的作用下大量有机物降解为可溶性盐类或腐殖质。堆体的起始 C/N 值为 24 左右, 随后均不断下降, 49 d 时稳定在 20 左右, 2 个处理间在各阶段基本没有显著差

异 ($P < 0.05$)。C/N 是最常用的堆肥腐熟度评价方法之一。一些研究者认为, 堆体的 C/N 从最初的 25 ~ 30 降低到 20 以下时, 即可认为堆肥已基本腐熟^[6]。添加微生物菌剂与对照的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 从堆肥前的 329.0、370.5, 在 7 d 内迅速下降, 添加微生物菌剂的在 21 d 时下降到 0.1 以下, 对照在 35 d 下降到 0.1 以下, 可见添加微生物菌剂的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 下降速度快于对照。这是由于堆体初始时的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量低, 导致堆料中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 值较高, 随着堆腐的进行, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量逐渐增加, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量降低, 使 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 迅速下降。Bernai 等研究认为堆肥中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 小于 0.16 可以认为已达腐熟^[7]。

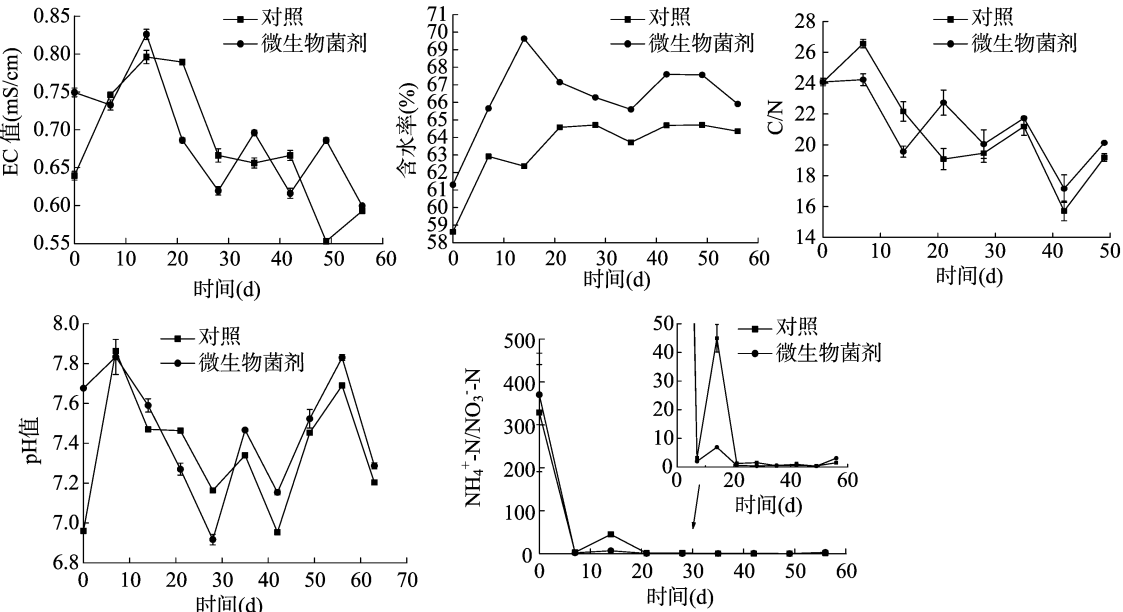


图3 添加微生物菌剂对堆腐基质理化性状的影响

2.4 基质育秧对秧苗地上及地下部分生长的影响

对添加及未添加微生物菌剂 (对照) 的育秧基质的基本理化分析结果 (表 2) 表明, 二者影响基质应用的主要性状差异均不显著, 并均在合理范围内, 表明添加微生物菌剂与否没

有明显影响基质的基本理化性状。采用 2 种育秧基质在工厂化育秧大棚中进行育秧, 14 d 后考察秧苗生长状况, 处理间的单位面积成苗数、叶龄、茎基粗、单株鲜质量、单株干质量、单株叶面积、叶片 SPAD 值均无显著差异 ($P < 0.05$), 对照

表 2 育秧基质的基本理化性状

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	持水孔隙 (%)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	pH 值	EC 值 (mS/cm)
添加微生物菌剂	0.53a	48.79a	3.53a	45.26a	19.43a	7.49a	12.15a	7.24a	0.53a
对照	0.56a	49.25a	3.56a	44.58a	19.56a	7.68a	12.24a	7.21a	0.52a

国家农业部行业标准《水稻工厂化育秧技术要求》(NYT 1534—2007)中壮秧标准(小苗)^[8],除了叶龄略低外,2 种处理的其他指标均达壮秧标准,叶龄较小可能与本试验育秧时间较短有关(表 3)。

表 3 基质对秧苗地上部分生长的影响

处理	秧龄数 (个)	成苗数 (株/cm)	株高 (cm)	叶龄 (个)	茎基粗 (mm)	单株鲜质 量(g)	单株干质量 (g)	叶面积 (cm ² /株)	叶片 SPAD 值
添加微生物菌剂	14	2.11a	12.7a	2.0a	0.14a	0.042a	0.016a	1.79a	29.60a
对照	14	2.05a	12.6b	2.0a	0.13a	0.042a	0.015a	1.90a	26.22a
水稻工厂化育秧壮秧标准	15~25		10~14	2.5~3.0			0.015		

注:同列数字后不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 4 基质对秧苗地下部分生长及根系活力的影响

处理	根系长度 (cm)	根系直径 (mm)	根表面积 (cm ²)	根体积 (cm ³)	根尖数 (个)	TTC 还原强度 [g/(g·h)]
添加微生物菌剂	10.65a	0.120a	0.38a	0.001 8a	123.2a	0.06a
对照	10.77a	0.122a	0.35a	0.001 7a	119.5a	0.05b

注同表 3。

2.5 添加生物菌剂对基质生产效率及经济效益的影响分析

按苏州市太仓绿丰生物肥料有限公司运行的 1 个面积为 3 432 m² 的基质生产车间(车间长 78 m,宽 44 m)计算,基质采用条垛式高温堆肥方式生产,其中 1/4 面积用作后熟,1/4 用作原料贮存,其余 1/2 面积用于条垛式高温堆肥,基质条垛高 1.1 m,基部宽 2.8 m,1 个车间 1 个堆制周期内同时可堆制 5 个条垛,共计 975 m³。对比 2 种堆腐方法,添加微生物菌剂的条垛周期为 37.3 d,不加微生物菌剂的条垛周期为 45.3 d,每年该车间通过缩短堆腐周期可以增产 1 686.8 m³,较不加微生物菌剂增产 21.5%(表 5)。按本试验使用芽孢杆菌 0.33 kg/m³,市场价 12 元/kg 计,则每 1 m³ 增加微生物菌剂成本 3.96 元。该车间 1 年可因缩短堆腐周期增产而增加毛利润 63 768 元,去除新增加微生物菌剂成本 6 680.5 元,使用此项技术每个车间可新增利润 57 084.5 元。

表 5 添加微生物菌剂对基质生产效率的影响

处理	每个堆腐周期 处理初始物料 (m ³ /m ²)	每年可堆制批 数(批/车间)	每年可堆制初 始物料 (m ³ /m ²)	每年增加堆制初 始物料 (m ³ /m ²)	每年增加产量 (%)
添加微生物菌剂	0.284	9.79	2.78	0.49	21.5
对照	0.284	8.06	2.29		

注:初始物料指堆腐初始混合原料。

3 结论

在堆肥的初期加入微生物菌剂可以促进堆肥腐熟,缩短堆制周期,这一点已被大多数学者证实^[1],然而在此问题上一直存在争议,一种观点认为堆肥原料中本身含有大量的微生物种类和数量,只要环境条件适宜,就会快速增长,而且添加的微生物又会增加堆肥成本和降低堆肥的营养成分;而另一种观点认为向堆肥中添加微生物菌剂可以增加堆肥中有效的微生物数量,延长堆肥高温持续时间,加快堆肥中的有机物的分解,从而缩短堆肥进程^[9]。沈根祥等通过牛粪与秸秆高温好氧堆肥,对添加微生物菌剂的堆肥处理与不添加微生物菌剂的常规堆肥处理进行比较后认为,添加微生物菌剂后,虽

对 2 种处理的根系生长指标及生理活性测定结果表明,单株的根系长度、根系直径、根表面积、根体积、根尖数、根系盘结力均无显著差异($P<0.05$)(表 4)。

然堆肥产品年产量增加了 20%,但是由于在目前微生物菌剂和堆肥产品的价格体系下,堆肥生产的经济效益并没有随之提高,导致其利润反而降低了 28%^[2]。本试验研究了微生物菌剂对农业废弃物堆腐效率、基质育秧质量及基质生产经济效益的影响。结果表明,在金针菇菇渣、酒糟等废弃物组成的高温好氧堆体中,添加微生物菌剂芽孢杆菌较不添加微生物菌剂提早腐熟 8 d,每个基质生产车间因提高堆腐效率而增产 21.5%,扣除微生物菌剂成本后每个车间可新增利润 57 084.5 元/年,并且水稻基质育秧的主要质量指标达国家农业部行业标准 NY/T 1534—2007《水稻工厂化育秧技术要求》中的壮秧标准(小苗)。在金针菇菇渣、酒糟等废弃物组成的高温好氧堆体中添加芽孢杆菌 0.33 kg/m³,在 1 个面积为 3 432 m² 的基质生产车间,每年可因缩短堆腐时间而增产 21.5%,新增利润 57 084.5 元。

参考文献:

[1] 李国学,李玉春,李彦富,等. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环境科学学报,2003,22(2):252-25.

[2] 沈根祥,尉良,钱晓雍,等. 微生物菌剂对农牧业废弃物堆肥快速腐熟的效果及其经济性评价[J]. 农业环境科学学报,2009,28(5):1048-1052.

[3] 鲍艳宇,陈佳广,颜丽,等. 堆肥过程中基本条件的控制[J]. 土壤通报,2006,37(1):164-168.

[4] 国家技术监督局. GB 7959—1987 粪便无害化卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,1987.

[5] Zucchini F, Monaco A, Forte M, et al. Phytotoxins during the stabilization of organic matter[J]. Plos One, 2014, 9(11): e112085.

[6] 廖新悌,吴银宝,汪植三,等. 堆体大小对猪粪堆肥影响和袋装堆肥的研究[J]. 农业工程学报,2003,19(4):287-290.

[7] Bernai M P, Paredes C, Sánchez - Monedero M A, et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes[J]. Bioresource Technology, 1998, 63(1): 91-99.

[8] 中华人民共和国农业部. NYT 1534—2007 水稻工厂化育秧技术要求[S]. 北京:中国农业出版社,2008.

[9] 王伟东,刘建斌,牛俊玲,等. 堆肥化过程中微生物群落的动态及接菌剂的应用效果[J]. 农业工程学报,2006,22(4):148-152.