

黑木耳菌糠有机肥的制备及肥效研究

刘冉¹,董莎¹,姚志超²,王高旭¹,刘金华^{1*},杨靖民¹

(1. 吉林农业大学农业资源与环境国家级实验教学示范中心, 长春 130118; 2. 白城师范学院化学学院, 吉林 白城 137000)

摘要:以黑木耳生产过程中产生的废弃菌糠为原料,添加自制的发酵菌剂,在对发酵过程进行合理优化的基础上,生产菌糠有机肥并对其肥效进行研究。结果表明,菌糠在发酵过程中,达到55℃以上发酵温度的天数为14 d、C/N为24、T值为0.37、GI值为87.2%,达到完全腐熟的标准。制备的菌糠有机肥可以显著提高小白菜的根长、根系活力,与等量的化学无机肥处理相比,产量提高了24.37%。同时还可以维持土壤处于较高的肥力水平,与种植前土壤相比,显著提高了碱解氮、速效磷和有机质的含量。因此,采用此方法生产黑木耳菌糠有机肥可以实现资源的有效再利用,值得今后在当地进一步推广。

关键词:黑木耳菌糠;有机肥;产量;土壤肥力

中图分类号:S646;S141

文章标识码:A

文章编号:1003-8701(2018)06-0020-05

Manufacturing Organic Fertilizer from Black Fungus Chaff and Studies of Its Efficiency

LIU Ran¹, DONG Sha¹, YAO Zhichao², WANG Gaoxu¹, LIU Jinhua^{1*}, YANG Jingmin¹

(1. Jilin Agricultural University, The National Experimental Teaching Demonstration Center of Agricultural Resources and Environment, Changchun 130118; 2. School of Chemistry, Baicheng Normal College, Baicheng 137000, China)

Abstract:The waste fungus chaff emerged in the process of black fungus production was used as material for manufacturing organic manure. Self-made fermentation agent was added and the fermentation process was optimized. And its fertilizer efficiency was studied. The results showed that the time of fermentation temperature being more than 55℃ was 14 days. C/N, T, GI was 24, 0.37, 87.2%, respectively, which reached the standard of complete compost. The new manufacturing organic fertilizer from black fungus chaff improved the root length and activity of Chinese cabbage. Its output was increased by 24.37% compared with the same amount of chemical inorganic fertilizer treatment. Meanwhile the soil was maintained at a high fertility level. Compared with the soil before planting, the content of alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus and organic matter had been greatly improved. Using black fungus chaff to manufacture organic manure in this method can realize the effective reuse of resources, which is worth further widespread in the future.

Key words:Black fungus chaff; Organic fertilizer; Output; Soil fertility

黑木耳菌糠是黑木耳采摘后废弃的固体培养基质,其有机质和蛋白质含量较高、保水能力强^[1-3]。但是,目前黑木耳菌糠除了少部分作为畜禽饲料、有机肥料继续使用外,大部分几乎都被

当作垃圾丢弃或焚烧^[4-5]。吉林省具有得天独厚的黑木耳种植优势,黑木耳种植规模大,全省一半以上的市县都有黑木耳种植基地,年产量仅次于黑龙江省,位居全国第二^[6]。黑木耳产量的增加也随之带来废弃菌糠量的增多,大量的废弃菌糠被随意丢弃在路边、河边,不仅造成“视觉污染”,浪费了有限土地,还会滋生病菌等有害物质,对土壤、水源以及植物生长产生严重的危害。另外,部分农户对其进行焚烧处理,这样不仅污染大气,而且还可能引起火灾。因此,如何采取合理的手段,将废弃菌糠进行无害化处理,

收稿日期:2018-07-08

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0501206);国家级大学生创新创业训练计划项目(201610193014)

作者简介:刘冉(1997-),女,在读本科,主要研究方向为固体废物资源化。

通讯作者:刘金华,女,博士,副教授,E-mail: liujinhua80@126.com

达到资源的再利用是黑木耳产区急需解决的问题。尽管菌糠可以作为土壤改良剂、无土栽培基质、生物燃料使用,但是用量较小,生产菌糠有机肥仍是大批量处置菌糠的理想方法。目前,利用菌糠生产有机肥的报道较多,主要集中在以下两个方面:一是对养分含量及发酵工艺进行研究,如楼子墨等将经过两种菌菇栽培后的菌糠进行堆肥处理生产菌糠有机肥,结果表明堆肥处理能显著降低氮和有机物的累计淋出量^[7];王建忠等从发酵菌糠的养分、重金属含量及细菌/霉菌总数角度分析了利用沈阳周边地区菌糠生产有机肥的可行性^[8];林群英等通过筛选发酵配方和接种量对金针菇意杨菌糠有机肥的发酵工艺进行优化^[9],这些研究结果均为菌糠有机肥的商业化生产奠定了理论基础。二是菌糠有机肥对土壤及植物生长的影响研究,如曹雪莹等研究表明,金针菇菌糠有机肥具有改良土壤性能、培肥土壤和提高马铃薯总产量的作用^[10];侯立娟等研究表明,菌糠有机肥能够显著改善辣椒品质^[11]。但是菌糠不同,其所含成分有所差异,所以不同菌种的菌糠不能采用相同的发酵工艺,也不可能在不同的土壤和作物上产生相同的效果,应该按照种类和地域进行区别化处理。对于黑木耳菌糠有机肥的报道目前还比较少,程志强等对废弃黑木耳菌糠的分子结构、表面形貌和元素组成进行分析,为其综合利用

提供了理论依据,但是没有进一步研究其利用形式^[12];在黑龙江省,董洪涛等探索了木耳菌糠有机肥在提高烤烟干物质重方面的作用^[13]。而对于吉林省东部黑木耳产区如何利用黑木耳菌糠生产有机肥还未见报道。因此,为解决该地区废弃黑木耳菌糠的污染问题,达到将其进行合理循环再利用的目的,本文以废弃黑木耳菌糠为研究对象,在对其发酵工艺进行研究的基础上,生产黑木耳菌糠有机肥,并对其肥效进行分析。研究结果对改变传统黑木耳菌糠处理方式,提高菌农种植综合效益,改善当地的生态环境提供科学依据,具有重要的现实意义。

1 材料与方 法

1.1 试验地点与材料

试验地点位于吉林农业大学现代日光温室大棚,供试材料如下:

黑木耳菌糠:取自吉林省敦化市大蒲柴河镇,将采摘后的废弃黑木耳菌糠进行干燥、粉碎处理,其养分含量如表1所示。自制发酵剂:含多种芽孢杆菌,活菌数 $>10^{10}$ 个/g。尿素:中化肥业,总氮 $\geq 46.0\%$ 。粒状重过磷酸钙,云南云天化,全磷(P_2O_5) $\geq 46.0\%$ 。硫酸钾,石家庄和合化工化肥,全钾(K_2O) $\geq 50\%$ 。膨润土,吉林刘房子膨润土厂。

表1 黑木耳菌糠理化性质

含水率(%)	全氮(%)	全磷(%)	全钾(%)	有机碳(%)	有机质(%)	pH(水:土=5:1)	C/N
30.93	0.59	0.30	0.03	39.48	68.06	6.93	66.6

1.2 试验方法

1.2.1 黑木耳菌糠堆肥的发酵

为混合均匀,先取5 kg黑木耳菌糠与100 g发酵剂混合,然后再与517 kg黑木耳菌糠搅拌均匀,堆成长2 m,宽1.5 m,高0.8 m的平顶梯形堆。由于菌糠C/N偏高(66.6),所以在发酵的第4天进行补水、补氮处理,添加尿素调节C/N至20。同时调节水分至65%左右。采取人工翻堆的形式补充氧气,开始每4天翻堆一次,温度达到60℃以上时,每3天翻堆一次,共发酵33 d。

1.2.2 黑木耳菌糠有机肥的制备

参照有机肥国家标准(NY525-2012),先将腐熟后的菌糠烘干、粉碎、过20目筛。按照菌糠、尿素、重过磷酸钙、硫酸钾、膨润土70.3%、5.3%、

3.7%、1.9%、18.8%的比例添加物料。添加顺序为:将菌糠与膨润土混合,然后依次加入溶解于温水的硫酸钾、重过磷酸钙、尿素,确保搅拌均匀。最后,干燥、造粒。经检测,此有机肥全氮含量为3.08%、全磷含量为1.98%、全钾含量为0.96%、有机质含量为48.8%,符合有机肥国家标准。

1.2.3 肥效试验设计

供试土壤为黑土,其理化性质为:有效氮121.74 mg/kg,有效磷18.2 mg/kg,速效钾110.03 mg/kg,有机质25.59 g/kg, pH 6.51。每盆(L50 cm×W40 cm×H30 cm)装土30 kg,在距土表8~10 cm处一次性施入所需肥料,调节土壤含水量为20%。每盆均匀播种80粒小白菜种子,其上覆盖

0.5 cm细土,出苗第7天定苗,每盆25株,生长31 d后收获。共设3个处理,即空白处理、无机单质肥处理、菌糠有机肥处理。因为小白菜生长速度较快,其对氮肥的需求量大且迫切,所以在计算施肥量时优先考虑氮素,依据土壤有效氮含量,并参照施伟夫一文的最佳小白菜氮肥施用量^[14],

以氮为基准确定菌糠有机肥用量,然后根据菌糠有机肥所含的磷和钾量来计算无机肥处理中单质磷肥和钾肥的用量,最终使无机单质肥处理与菌糠有机肥处理的氮、磷、钾用量相同,进行等养分含量试验对比。每个处理重复3次,具体施肥量见表2。

表2 各处理的施肥量

处理	菌糠有机肥	尿素	重过磷酸钙	硫酸钾
不施肥(CK)	0	0	0	0
无机单质肥(NPK)	0	200	130	60
菌糠有机肥(O)	3 000	0	0	0

1.3 样品的采集及指标的测定

1.3.1 黑木耳菌糠发酵指标的采集与测定

在菌糠发酵过程中,每天测量堆体内的温度;在发酵的第1、3、13、18、26、33天取样测量C/N;在发酵末期取样测量全N、全P、全K、有机质、有机碳^[15],种子发芽指数GI^[16]。取样时,在菌糠堆肥的中心及四周共设5个取样点,每点取样200 g,混合后烘干、研磨、过0.5 mm筛。

1.3.2 盆栽试验样品的采集与测定

白菜收获时测量根长、株高、地上部分鲜重;再选取其中的5株,测量根系活力(TTC法)^[17]。收获后的土壤测定碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量^[15]。

1.4 数据处理

采用Excel 2007和DPSv 6.55对测定数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 发酵过程中温度的变化

堆肥的温度变化能够直接反映微生物的活动和堆肥进程,同时也是判断菌糠是否腐熟的一个重要参数。图1为堆肥堆内温度的变化情况,从

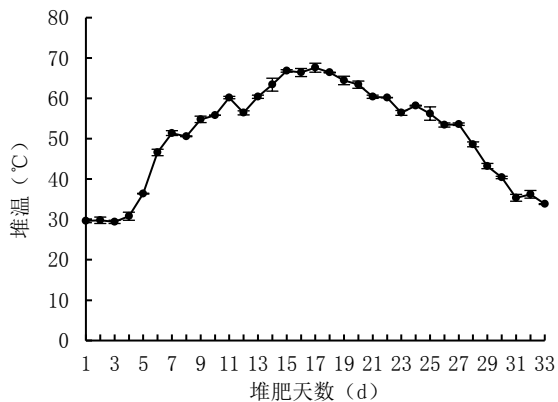


图1 发酵过程中温度变化

中可以看出前4天的变化不明显,发酵堆的内部温度与外部空气温度相同;从第5天开始,堆内温度持续上升,到第11天时,温度从36.4°C升高到60.2°C,这可能是由于期间进行补水、补氮处理,微生物活性增强,造成温度的急剧上升;从第12天开始,堆内温度呈现缓慢升高的趋势,第17天达到最高温度67.6°C;之后经历缓慢下降和快速下降两个阶段;到第31天时,温度降为35.4°C,并开始趋于稳定,表示发酵已经完成。整个发酵过程,温度持续在55°C以上的天数达到14 d,可以杀灭病原菌,达到无害化要求。

2.2 发酵过程中C/N的变化

C/N是判断菌糠腐熟程度的一个重要指标,C/N的下降可以反映一个发酵过程中有机物的分解进程。由图2可以看出,初期黑木耳菌糠的C/N为

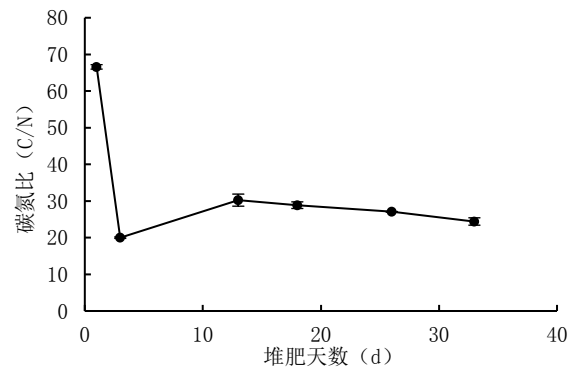


图2 堆肥过程中C/N的变化

66.6,与微生物最适宜生存的条件不符。堆肥3 d后进行补氮处理,使C/N达到20。之后随着发酵时间的延长,C/N先升高,达到30左右后再逐渐降低至24。C/N的升高可能是因为尿素的水解挥发,降低了氮素的含量,使C/N升高;但之后随着反应的进行,大部分有机碳在微生物代谢过程中氧化分解变成CO₂而挥发,所以C/N有所下降。由

于黑木耳菌糠中难降解的木质素含量较高,所以最终的碳氮比仍较高。但是除了C/N以外,T值也是能够反映腐熟程度的另一个指标,通过计算,本试验发酵末期的T值为0.37。前人研究结果表明,当 $T < 0.6$ 时,则可认为已经达到腐熟^[18]。所以,可以判断本试验的黑木耳菌糠已经完全腐熟。

2.3 发酵过程中养分指标的变化

由表3可以看出,与发酵前相比,黑木耳菌糠经堆肥发酵后,全氮含量发生明显变化,从0.59%增加到1.50%,增长了0.91%,这是补充尿素的结果。全磷含量略有增加,腐熟前后增加0.1%,在没有外源磷加入的情况下,这种增加可能与有机

物分解后造成的“浓缩现象”有关^[19-20]。但是全钾的含量没有变化。有机质和有机碳在整个堆肥过程中的变化趋势是一致的,即随着发酵时间的延长,有机质和有机碳的含量均呈下降趋势。有机质含量从68.06%下降到63.17%,下降4.89%。有机碳从39.48%下降到36.64%,下降2.84%。这是因为随着发酵的进行,发酵堆温度升高,给发酵微生物提供了较好的环境,堆肥材料中的有机物质被微生物分解为二氧化碳而散发至空气中,消耗大量的有机碳源,造成有机质和有机碳含量的下降。

表3 发酵前后黑木耳菌糠的理化性质

	全氮	全磷	全钾	有机质	有机碳	GI
未发酵菌糠	0.59	0.3	0.03	68.06	39.48	68.4
发酵后菌糠	1.50	0.4	0.03	63.17	36.64	87.2

2.4 发酵前后GI的变化

小白菜发芽指数(GI)是通过衡量小白菜种子在黑木耳菌糠堆肥浸提液中的生长情况而判断堆肥腐熟程度的一项指标。由表3可以看出,小白菜发芽指数在发酵前与发酵后存在较大差异,未发酵的菌糠小白菜发芽率为68.4%,表明未发酵黑木耳菌糠对植物有微弱的毒性,发酵后小白菜发芽率达到87.2%,表明对植物的毒性降低。并且根据发芽指数大于80%的指标判断,可以认为该堆肥已经完全腐熟。

2.5 菌糠有机肥对小白菜生长指标的影响

与不施肥处理相比,无论是施用菌糠有机肥

还是化学无机肥,均能促进小白菜根长、株高的生长(见表4),最终导致产量的增加。但是菌糠有机肥和化学无机肥相比,有机肥对白菜根长、根系活力和产量的影响要明显强于无机肥处理,两者间差异均达到极显著水平;但是对于株高的影响,有机肥处理并没有表现出相同的趋势,与无机肥处理间的差异不显著。另外,无机单质肥对白菜根系活力的影响较小,与不施肥条件下的空白处理相比,两者的差异不显著。因此可以看出,菌糠有机肥能够促进白菜根系的生长,增加根系的活力,进而使白菜能够吸收土壤中更多的水分和养分,进而增加作物的产量。

表4 不同处理对小白菜生长指标的影响

处理	根长(cm)	株高(cm)	根系活力(mg/g.h)	产量(g/盆)
不施肥(CK)	5.66±0.38 c C	17.05±1.76 b B	5.34±0.34 b B	130.76±13.11 c C
无机单质肥(NPK)	8.13±0.13 b B	22.96±0.75 a A	5.29±0.28 b B	256.89±14.23 b B
菌糠有机肥(O)	10.51±0.52 a A	22.80±0.72 a A	6.40±0.14 a A	319.49±20.52 a A

2.6 菌糠有机肥对土壤理化性质的影响

空白处理,由于没有任何养分输入,所以与种植前土壤相比,各养分含量均呈现下降的趋势

(见表5),其中碱解氮和有效磷的损耗程度最大,两个处理间的差异呈极显著水平。无论是施用化学无机肥还是菌糠有机肥,与空白处理相比,均

表5 不同处理对土壤理化性质的影响

处理	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(g/kg)
种植前	121.74±4.51 b B	18.2±0.07 b B	110.03±3.26 ab A	25.59±0.87 b B
不施肥(CK)	94.96±9.22 c C	16.29±0.44 c C	102.98±5.18 b A	24.31±2.23 b B
无机单质肥(NPK)	122.51±60.66 ab AB	24.93±4.27 a A	120.47±4.21 a A	24.44±3.07 b B
菌糠有机肥(O)	134.90±5.97 a A	24.08±3.15 a A	113.44±6.10 ab A	28.42±0.53 a A

能提高各养分的含量,差异均达到了显著或极显著水平。但是与化学无机肥相比,施用菌糠有机肥能够明显提高土壤中有机质的含量,但是速效磷和速效钾含量却呈下降趋势,这可能是由于有机肥处理的生物产量大,白菜对养分的总吸收量高,导致土壤的养分输出大;虽然速效磷和速效钾的含量下降,但是菌糠有机肥的碱解氮含量却比化学无机肥的高,分析其原因可能与有机质的添加增加了土壤对铵态氮的吸附,进而减少了气态氮的损失有关。

3 结 论

采用自制的发酵菌剂,对黑木耳菌糠进行常温发酵,在发酵过程中,最高堆内温度达到67.6℃,持续55℃以上天数为14 d,C/N由最初的66.6下降到24(人工调节),T值为0.37、GI值由未发酵前的68.4%升高到发酵后的87.2%,以上指标均表明黑木耳菌糠已经完全腐熟。利用该菌糠为原料,根据有机肥国家标准生产黑木耳菌糠有机肥。其肥效试验表明,施用黑木耳菌糠有机肥能够显著提高小白菜根长、根系活力和产量,提高土壤中有机质和碱解氮含量,并能维持较高的速效钾和速效磷含量,达到培肥土壤的目的,实现资源的有效再利用。

参考文献:

- [1] 魏 峰,侯祥保,李凤玉.食用菌菌糠的综合利用研究[J].中国园艺文摘,2010,26(4):162-163.
- [2] 侯立娟,代祖艳,韩丹丹,等.菌糠的营养价值及在栽培上的应用[J].北方园艺,2008(7):91-93.
- [3] Curtis J, Suess A. Report: Value-added strategies for spent mushroom substrate in BC [R]. British Columbia: British Columbia Ministry of Agricultural and Lands, 2006:12-13.
- [4] 张 亭,韩建东,李 瑾,等.食用菌菌渣综合利用与研究现状[J].山东农业科学,2016,48(7):146-150.
- [5] 余炎炎,李 欢,王瑞丽.食用菌菌糠综合利用的研究现状[J].农业与技术,2016,36(10):12.
- [6] 王银龙.吉林省黑木耳产业发展转型升级研究[J].北方园艺,2017(5):170-173.
- [7] 楼子墨,王卓行,周晓馨,等.废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响[J].环境科学,2016,37(1):397-402.
- [8] 王建忠,王 颖.利用菌糠生产有机肥的可行性分析[J].安徽农业科学,2010,38(5):2568-2570.
- [9] 林群英,张锋伦,吴亮亮,等.金针菇意杨菌糠有机肥发酵的初步研究[J].中国野生植物资源,2014,33(5):11-13,25.
- [10] 曹雪莹,陈智毅,唐秋实,等.金针菇菌糠啤酒糟有机肥对土壤及马铃薯品质的影响[J].食品安全质量检测学报,2017,8(6):2140-2145.
- [11] 侯立娟,姚方杰,宋金佛.菌糠有机肥对辣椒品质的影响[J].浙江农业学报,2013,25(6):1293-1297.
- [12] 程志强,刘景华,康立娟,等.废弃黑木耳菌糠特征及环境影响分析[J].环境污染与防治,2012,34(7):45-48,54.
- [13] 董洪涛,陈 兴,焦玉生,等.木耳菌糠有机肥对烤烟干物质的影响[J].黑龙江农业科学,2014(4):51-54.
- [14] 施伟夫,赖汉龙,陈幼琪.粤东地区小白菜“3414”施肥试验分析[J].蔬菜,2011(4):46-47.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:433-440.
- [16] 张春华,王建华.种子检验学(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2005:60-62.
- [17] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2003:103-105.
- [18] Khan N, Clark I, sánchez-monedero M A, et al. Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with bio-char[J]. Bioresource Technology, 2014, 168: 245-251.
- [19] 常勤学,魏源送,刘俊新.通风控制方式对动物粪便堆肥过程中氮、磷变化的影响[J].环境科学学报,2007(5):732-738.
- [20] 郑 丹,阎 静,陶光灿,等.添加无机肥料对高温堆肥化及磷素有效性的影响[J].农业环境科学学报,2006(6):1631-1635.

(责任编辑:王 昱)