

# 微生物 FBJ 菌剂对双孢菇培养料发酵的影响

李国世 (上海交通大学农业与生物学院, 上海 201101)

**摘要** [目的]立足于双孢菇(*Agaricus bisporus*)产业的发展,利用复合菌剂,促进秸秆发酵,减少发酵时间,提高发酵料品质,生产出优质的双孢菇。[方法]发酵料配方中稻草、猪粪、菜籽饼、熟石膏的用量分别为3 000、2 200、240、240 kg,其中试验组添加50 kg 菌剂,对照组不添加。7月19日进行混合预湿并进入一次发酵隧道,7月25日第一次翻料,8月1日第二次翻料,8月6日进入二次发酵隧道,8月12日二次发酵隧道。[结果]接种微生物菌剂可以缩短秸秆发酵达到高温的时间,延长高温持续的时间;可以在秸秆一次发酵过程中积累更多的高温微生物,用以分解秸秆中的复杂有机物;可以获得生产需要的质量更优的成品发酵料(二次发酵料)。[结论]该研究可为提升我国双孢菇和有机肥生产的水平提供参考。

**关键词** 微生物 FBJ 菌剂;双孢菇;培养料;发酵温度;微生物;营养成分

**中图分类号** S646.1<sup>9</sup> **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-11969-03

## Effects of Microbial FBJ Agents on Fermentation of Cultivation Materials of *Agaricus bisporus*

LI Guo-shi (School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 201101)

**Abstract** [Objective] The aim was to promote straw fermentation, reduce the fermentation time, improve the quality of fermentation materials, to produce good quality *Agaricus bisporus* by using compound agents based on its industry development. [Method] Among the fermentation materials, the use amount of rice straw, pig manure, rape seed cake and plaster of paris were 3000, 2200, 240, 240 kg, resp., besides them the trial group was added into 50 kg agents, while the control group was not added into anything. The mixing and pre-wetting and going into the first fermentation tunnel was both in July 19, the first turning over and mixing was in July 25, the second turning over and mixing was in August 1, the going into the second fermentation tunnel was in August 6, and the getting out the second fermentation tunnel was in August 12. [Result] Microbial agent inoculation reduced the time reaching to the high fermentation temperature, lengthened the duration of high temperature; accumulated more high-temperature microbes during the first fermentation of rice straw to decompose the complex organics; got needed finished fermentation material (the second fermentation material) with better quality. [Conclusion] The study provides a reference for improving the production level of *Agaricus bisporus* and organic fertilizer.

**Key words** Microbial FBJ agents; *Agaricus bisporus*; Cultivation materials; Fermentation temperature; Microbe; Nutrition components

农作物秸秆数量大,分布广,是农业生产的副产品,也是一项重要的生物资源,我国每年的秸秆产量约  $6 \times 10^8$  t<sup>[1]</sup>。这些秸秆含氮量超过  $3 \times 10^6$  t,含磷约  $7 \times 10^5$  t,含钾约  $7 \times 10^6$  t,相当于我国化肥施用量的 25% 以上,并含有大量的有机质和微量元素<sup>[2]</sup>。但秸秆除了直接还田和作为燃料及 20% 作为饲料使用,剩余超过 20% 的秸秆直接在田间焚烧,严重污染环境<sup>[3-4]</sup>。如果把秸秆和畜禽粪合理混合,通过微生物发酵作用,可将秸秆用于双孢菇生产,若焚烧 20% 的秸秆,按照 50% 的转化率计算,大约可以生产  $6 \times 10^7$  t 的食用菌(主要是双孢菇),同时消化掉  $1 \times 10^8$  t 的畜禽粪便,并且生产双孢菇结束后留下的有机肥料约  $8 \times 10^7$  t。这不仅可以减少农业上大量的下脚料有机质污染,同时可生产出大量的绿色食品,满足广大人民群众日益增长的物质需求。我国双孢菇产业进入 21 世纪后如雨后春笋般地发展起来,工厂化栽培也开始了发展,山东九发、大连北府、聊城奥登等 9 条先进的进口生产线适时而生,标志着我国双孢菇工厂化产业的开端。截至 2013 年 12 月,全国各地建立起几十条双孢菇工厂化产业生产线,规模也较之前有了明显的扩大,其中较大的有山东集盛、山西昊宇和四川鸣镇等。但是我国双孢菇产业总体落后,尤其是秸秆的发酵工艺方面,不仅发酵持续时间长,而且效果不理想,达不到生产优质、高产、高效双孢菇的要求。为此,笔者立足于双孢菇产业的发展,利用复合菌剂,促进秸秆发酵,减少发酵时间,提高发酵料品质,生产出优质的双孢

菇,从而提升我国双孢菇生产和有机肥生产的水平。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 稻草(上海当地当季稻草,切成 30~50 cm,无霉变);猪粪(上海当地新鲜猪粪,含水量在 70%~80%);菜籽饼(上海当地地产的油菜籽,用压榨的方式压成饼状,并切成薄片);微生物菌剂(复合菌剂 FBJ,由上海交通大学农业与生物学院提供);熟石膏(工业级,粉末状)

**1.2 试验设计** 采取全封闭一次发酵隧道、二次发酵隧道发酵的方法。隧道长 6.0 m、宽 4.0 m、高 3.5 m,采用大功率的风机吹风,经过隧道地下通风管道和高压喷嘴控制发酵料的通气量,排除有臭味和含氮气的废气,通过尾气处理装置处理。将稻草、猪粪、菜籽饼和足量的水混合均匀(表 1),利用铲车和填料机将之均匀地装填入一次发酵隧道,并且分别插入温度传感器(4 支)监控发酵料的温度。试验组和对照组用尼龙网隔开。翻料两次,第 1 次添加熟石膏。在一次发酵期间,每次翻料时分别综合取样检测主要测试指标,包括发酵料微生物数量和培养料各种生产所需的养分指标。二次发酵采用常规方法进行,培养料出二次发酵期时同样取样检测试验指标。

表 1 发酵料配方 kg

原材、辅料	对照组	试验组
稻草	3 000	3 000
猪粪	2 200	2 200
菜籽饼	240	240
熟石膏	240	240
菌剂	0	50

**1.3 蘑菇料发酵工艺流程** 图 1 为蘑菇料发酵工艺流程。试验中,7月19日混合预湿、进入一次发酵隧道,7月25日第 1

**作者简介** 李国世(1979-),男,安徽寿县人,硕士研究生,研究方向:双孢菇工厂化栽培技术管理。

**收稿日期** 2013-09-13

次翻料,8月1日第2次翻料,8月6日进二次发酵隧道,8月12日出二次发酵隧道。

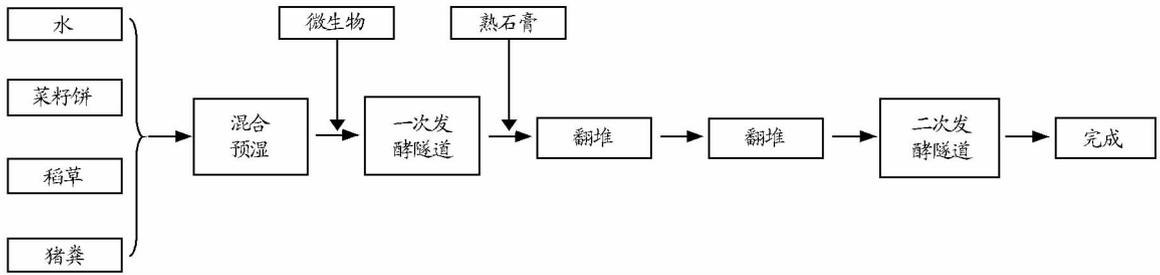


图1 蘑菇料发酵工艺流程

## 1.4 主要仪器与设备

**1.4.1 主要设备。**混合填料机、0.5 t 铲车、全封闭的一次隧道和二次隧道系统、叉子、铁锹、水泵。

**1.4.2 主要仪器。**灭菌锅、摇床、恒温培养箱、无菌操作台、AA3 流动注射仪、电热恒温鼓风干燥箱精宏、电子天平、马弗炉、全自动菌落计数仪、电子 pH 计、全自动定氮仪、数控消化炉、全自动蒸馏水器等。

## 2 结果与分析

**2.1 菌剂对发酵温度的影响** 将菜籽饼、稻草和猪粪加水混合后经混合填料机均匀地抛于一次发酵隧道内,发酵料在一次发酵隧道温度会发生变化,结果如图2所示。

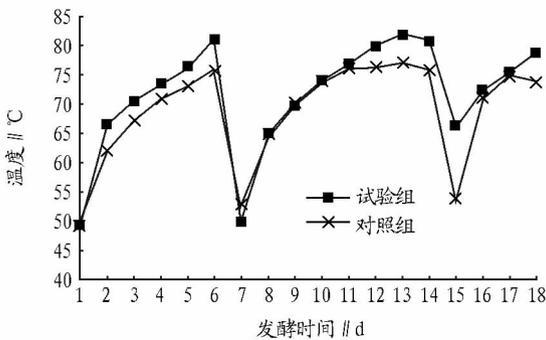


图2 培养料发酵期间温度变化

从图2可以看出,在秸秆(稻草)一次发酵期间,翻料两次,发酵料温度有两次明显的回落,即为翻料所致。添加复合菌剂之后,温度上升的速度更快,同时能够达到更高的温度,并且能够较长时间维持在较高的温度区间内(尤其在75℃以上),从而使秸秆发酵地更加充分,进而实现秸秆在较短的时间内把更多的复杂的有机物降解成容易被菌类和农作物吸收的简单的有机物。由于试验以种植双孢菇为目的,遵照双孢菇发酵的基本工艺进行,所用发酵时间比工业化常规发酵时间缩短3~4 d,说明此种添加菌剂后的新的双孢菇发酵工艺在生产中有极大的应用价值,可以大幅度提高工业化栽培双孢菇中发酵隧道的利用率和缩短栽培周期。

**2.2 菌剂对微生物的影响** 从图3~5可以看出,由于添加的复合菌剂中所含微生物为高温微生物,试验组中微生物数量远远大于对照组。主要因素是在发酵过程中,随着发酵温度的升高变化,中低温微生物逐渐被高温微生物所替代,发酵料长期处于高温期(55℃以上),因此发酵料中的中低温

微生物几乎全部被杀灭,复合菌剂中的高温微生物就凸显出来,数量等级在持续级数增加,微生物活动变得更加剧烈,因此培养料的温度会持续维持在一个较高水平,这一点也验证了试验组发酵料温度高于对照组且持续时间长。这说明微生物数量增加会使发酵料中更多的有机物被降解。

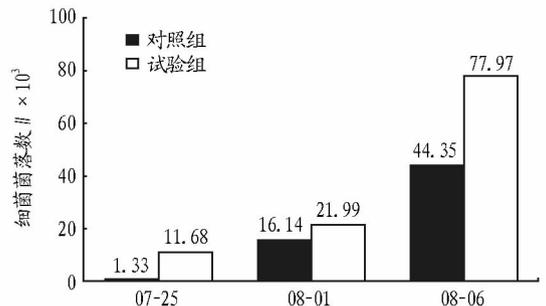


图3 培养料发酵过程中细菌数量变化

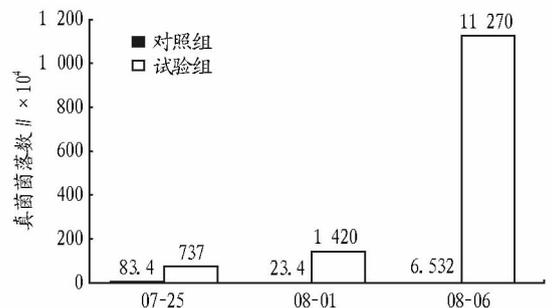


图4 培养料发酵过程中真菌数量变化

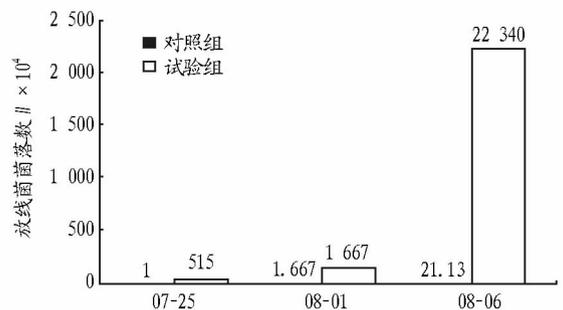


图5 培养料发酵过程中放线菌数量变化

**2.3 菌剂对发酵料有效成分的影响** 从表2可以看出,发酵料经过二次发酵之后,试验组培养料的质量明显高于对照组。由于微生物对发酵料分解得更加彻底,主要生产指标情况比对照组更好,水分更适合双孢菇菌种发菌,含氮量更高,

不利于双孢菇菌丝萌发生长的游离氮含量更少, pH 更加适合, 只是灰分略微增加, 主要原因是微生物的分解作用使得培养料总的重量减少所致。这样的发酵料更加适合双孢菇的种植, 如果应用于生产上, 将有利于提升双孢菇的种植效益。

表 2 二次发酵料的主要养分指标检测(8月12日)

组别	水分/%	氮/%	氨/%	灰分/%	pH
对照组	67	2.18	0.001 0	35.7	7.9
试验组	69	2.37	0.000 3	36.5	7.6

### 3 结论

(1) 通过接种微生物菌剂可以缩短秸秆发酵达到高温的

(上接第 11968 页)

治愈, 应以预防为主。天麻病原菌的来源主要有: 土壤、树叶、树枝和新材, 菌种不纯等<sup>[18]</sup>。所以采用以下方法来减少病害<sup>[18-19]</sup>: (1) 熟料种植: 在天麻有性繁殖、无性繁殖前将树叶、薪材进行蒸煮, 从根源上将杂菌、虫卵杀死, 避免杂菌污染。(2) 宜选生土进行种植, 生土地杂菌少, 忌老窝连栽。(3) 使用纯菌种, 培养所用菌枝、菌材, 应使用无污染的蜜环菌纯菌种。(4) 适当加大菌种使用量。(5) 采用小窝培养菌材, 每窝培养菌材不得超过 80 根。(6) 在气温不超过正常温度的 32% 时, 通过日晒杀死菌材表面杂菌, 以菌材不失水为度。(7) 选育优良品种, 无性繁殖品种不超过 4 代, 增强抗病能力。(8) 在遮荫条件下建育种圃, 避免过强日光照射。

**5.2 虫害防治** 虫害主要有蛴螬、蛴螬、介壳虫、呀虫、伪叶甲螨虫、白蚁等。防治方法<sup>[6]</sup>: (1) 用熟料方法栽培; (2) 发现害虫时, 用物理方法防治, 主要用灯光诱杀成虫。

### 6 采收与加工

**6.1 采收季节** 天麻在 12 °C 以下, 即处于冬眠期, 质量最好, 根据加工条件, 在收获最佳季节 11 ~ 12 月份, 分批采收。

**6.2 加工方法** 采挖时, 防止把天麻挖破损。采挖用具和容器防治被化肥、农药和其他有害物质污染。收获的天麻要及时加工处理, 存放时间不能超过 7 d, 否则易腐烂, 影响质量。加工时, 先去泥沙, 换水反复搓去块茎鳞片和黑迹、漂洗, 保持完整形态。根据天麻大小, 分别放入蒸笼、饭甑内或其他蒸制器具, 蒸至透心, 对光观察无黑心为度。一般水沸后 20 ~ 30 min 即可。蒸后取出摊开, 放于洁净草席、篾席, 晾干水气, 再放入烘房, 第 1 天加热 65 °C 左右, 昼夜后取出放于洁净处冷至有水珠沁出, 压扁整形, 再放入烘房加热 50 °C 烘干至敲击时发出清脆声(水分 ≤ 10%)。烘干后的成品天麻。表面有细沟及细纵皱纹, 黄白色, 半透明, 质坚, 断面角质状, 黄白色或成淡黄棕色, 有光泽<sup>[6, 20-21]</sup>。依照天麻大小, 确定每千克个数, 分 5 个等级, 特级 ≤ 16 个, 1 级 ≤ 26 个, 2 级 ≤ 40 个, 3 级 ≤ 90 个, 4 级无规定, 有破损等。加工场地要求干燥通风、清洁、易打扫, 周围环境无污染源, 有防鼠、虫及家禽、畜等措施和设备。

时间, 延长高温持续的时间。

(2) 通过接种微生物菌剂可以在秸秆一次发酵过程中积累更多的高温微生物, 用以分解秸秆中的复杂有机物。

(3) 通过接种微生物菌剂可以获得生产需要的质量更优的成品发酵料(二次发酵料)。

### 参考文献

- [1] 李庆康, 吴雷, 刘海琴, 等. 我国集约化畜禽养殖场粪便处理利用现状及展望[J]. 农业环境保护, 2000, 19(4): 251-254.
- [2] 石其伟, 李强, 荣湘民, 等. 不同微生物菌剂对水稻秸秆发酵效果的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006(6): 264-268.
- [3] 史雅娟, 吕永龙. 农业废弃物的资源化利用[J]. 环境科学进展, 1997, 7(6): 332-337.
- [4] 张承龙. 农业废弃物资源化利用技术现状及其前景[J]. 中国资源综合利用, 2002(2): 14-16.

### 7 包装、贮藏与运输

内外包装符合国家包装材料卫生标准。分装后贴上标志, 装于干净专用纸盒, 加封。仓库要干燥、通风、避光、有防护设备, 室温不超过 25 °C, 相对湿度低于 60%。药架要坚固, 底层距地面不得少于 30 cm, 堆放易检查, 方便消毒处理。运载工具和容器应洁净、干燥、无有害残留物, 有较好的通气, 防潮设施<sup>[21]</sup>。

### 参考文献

- [1] 胡金林. 天麻的药理作用与临床应用[J]. 中国乡村医药杂志, 2009, 16(3): 76-77, 81.
- [2] 陈维红, 罗栋. 天麻素、天麻多糖药理作用研究进展[J]. 中国药物评价, 2013, 30(3): 132-134, 141.
- [3] 宋成芝, 徐燕. 天麻的化学成分和药理作用[J]. 中国民族民间医药, 2010(1): 13-14.
- [4] 曹德宾. 天麻的市场前景及其栽培新技术[J]. 四川农业科技, 2007(12): 33.
- [5] 夏德武, 刘仁合. 仿野生天麻高产稳产栽培技术[J]. 湖北农业科学, 1995(6): 62-63, 69.
- [6] 郭志民, 冯根生, 刘红凡, 等. 豫西地区天麻无性繁殖及生产加工技术[J]. 中国园艺文摘, 2013(3): 192-193.
- [7] 刘春燕, 孔令武. 高寒地区天麻无性繁殖 GAP 栽培新技术[J]. 国土与自然资源研究, 2004(3): 94-95.
- [8] 黄正学. 天麻仿野生无性繁殖栽培[J]. 农村实用技术, 2008(7): 30.
- [9] 余昌俊, 王绍柏, 曹斌. 利用海拔温差调控种植天麻的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 48-53.
- [10] 孔令武, 孙海峰. 现代实用中药栽培养殖技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
- [11] 邹天才. 天麻扩繁栽培技术的生产应用研究[J]. 药学实践杂志, 2000, 18(5): 323-326.
- [12] 张世林. 天麻无性繁殖栽培技术[J]. 食用菌, 2004(4): 34-35.
- [13] 胥献宇, 邓泽声. 黔西北天麻调查研究之三——天麻产量形成的生理学基础及栽培的主要技术[J]. 毕节师专学报, 1996(1): 11-20.
- [14] 所美群. 长白山乌杆天麻栽培稳定性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- [15] 林文, 张士义. 东北地区天麻有性繁殖技术[J]. 食用菌, 2005(2): 39-40.
- [16] 蔡义荣. 天麻室内有性繁殖技术[J]. 生物学通报, 1994(2): 45-46.
- [17] 李喜范, 王鑫, 李军. 北方天麻有性繁殖高产技术[J]. 食用菌, 2005(6): 37-39.
- [18] 史铁范, 刘静. 豫西南地区天麻有性繁殖高产技术[J]. 食药菌, 2011, 19(4): 40-41.
- [19] 余昌俊, 王绍柏, 刘雪梅. 三峡地区天麻主要病害无公害防控技术[J]. 中国食用菌, 2009, 28(6): 53-55.
- [20] 夏家超. 天麻采收加工及贮藏技术[J]. 农家科技, 2007(10): 35.
- [21] 王文艳. 长白山乌杆天麻的加工及保鲜研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [22] HUANG J, JIANG D J. Determination of Gastrodin Contents in Wild and Cultivated *Gastrodia elata* from Different Regions of Chongqing by RP-HPLC[J]. Medicinal Plant, 2012, 3(5): 42-44.