

双孢蘑菇堆肥发酵研究现状

曾广宇, 周国英

(中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

摘要: 双孢蘑菇堆肥发酵是双孢蘑菇发展的关键环节, 堆肥发酵水平决定了双孢蘑菇生产水平。对当前国内外双孢蘑菇堆肥发酵现状进行综述, 并指出其优缺点, 以期对改善我国双孢蘑菇堆肥发酵模式有所帮助。

关键词: 双孢蘑菇; 堆肥发酵; 现状

中图分类号: S 646 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)12-0237-03

双孢蘑菇 (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing) 是目前世界上人工栽培最广泛、产量最高、消费量最大的食用菌^[1], 约占世界食用菌总产量的 40% 左右, 也是我国目前最大宗的出口创汇食用菌^[2-3]。单从出口创汇总量上看, 似乎我国双孢蘑菇生产取得了非常大的成功, 但考虑到我国的单产规模、投入人工量、单位产量、利润等一系列背后因素, 就能明显看出, 我国双孢蘑菇生产绝大多数处于原始生产状态。对比国外生产模式, 我国双孢蘑菇生产很大部分落后在培养料堆肥发酵上。因此, 通过对我国国内外发酵模式进行归纳总结, 以期改变我国落后的发酵模式, 促进我国双孢蘑菇业发展。

1 国内外双孢蘑菇堆肥发酵模式

双孢蘑菇堆肥发酵分一次发酵和二次发酵, 当前国内外都是以二次发酵为主。其中二次发酵的主流是采用发酵仓系统模式进行发酵^[4,5], 少部分为开放式发酵模式。二种发酵模式中的前发酵过程基本相似, 都是在室外进行, 只是机械化程度不同而已, 国外基本是采用全机械化模式进行, 而我国由于大多数都是家庭作坊式生产, 所以基本是人工完成。当前国内外的后发酵方式主要有: 室内床架式二次发酵、浅箱式二次发酵和集中二次发酵等。国外多为集中二次发酵模式的高级版——全自动控制集中二次发酵模式; 而我国大部分采用室内床架二次发酵模式^[6], 少部分企业为集中二次发酵模式。

2 国外双孢蘑菇堆肥发酵现状及优缺点

2.1 全自动控制集中二次发酵

当前国外双孢蘑菇生产多为二区制和三区制, 少部分农场为单区制^[7], 堆肥发酵主要采用先在室外简易棚中进行前发酵, 然后在特制的隧道或发酵架中进行集中二次发酵(后发酵), 且二次发酵的堆制多采用电脑自动控制生产, 控温、控湿、控气^[8]。其主要步骤是, 先将前发酵的培养料运进发酵隧道内, 通过控温、控湿、控氧进行二次发酵。具体过程如下: 前发酵: 采用全机械化室外条垛式发酵模式。后发酵: 后发酵在一个大隧道或在巴氏消毒室内进行。隧道是为二次发酵而专门设计的, 隧道内安装有蒸汽管和鼓风机装置。现在大农场中, 主要是采用这种在大房间内建大容量的巴氏消毒室进行二次发酵的模式。把前发酵中发酵的料装入隧道 18~21 cm 高, 当装入的是巴氏消毒室内的发酵架或发酵盆时, 高度为 17~22 cm^[9]。将经过一次发酵的堆肥转入二次发酵通道后, 关闭通道门口和风机, 让其自然升温发酵, 约 16~20 h 后, 温度可升至 50℃ 左右。

适时通入热蒸汽, 使上述升温过程持续进行, 达到 58℃ 后开启调节设备, 使堆肥温度控制在 58~61℃ 维持 6~7 h, 以杀死各种有害微生物和害虫。然后把堆肥温度调控到 47~49℃ 维持 5~7 h。经过这个阶段的堆制, 使堆肥的各项理化指标和微生物指标达到以下要求。即培养特定的微生物群落以分解堆肥, 使其特别适合蘑菇菌丝生长的最佳营养状态和最佳生态环境; 使氨离子降低到最低限度; 质地紧密; 含水量 71%~73%; 含氮量 2.6%~2.8% (干重)。当闻不到氨气时进入下一道工序。

2.2 全自动控制集中二次发酵优缺点

优点: 缩短堆制时间: 传统的堆制发酵需 30 d 以上, 而此法一般在 20~23 d 内即可完成一个堆制过程。堆肥效率高: 传统的堆制技术, 由于发酵时间长, 原材料消耗大, 每 1 t 干秸秆只能得到 2 t 左右的堆肥; 而此技术可得到 3 t 优质堆肥。堆肥质量高: 此法由于采用全自

第一作者简介: 曾广宇(1977-), 男, 硕士, 主要从事林业微生物研究。E-mail: zgy257@163.com。
基金项目: “948” 国家林业局引进国际先进林业项目的部分研究内容(2004-4-28)。
收稿日期: 2007-09-12

缺点: 缩短堆制时间: 传统的堆制发酵需 30 d 以上, 而此法一般在 20~23 d 内即可完成一个堆制过程。堆肥效率高: 传统的堆制技术, 由于发酵时间长, 原材料消耗大, 每 1 t 干秸秆只能得到 2 t 左右的堆肥; 而此技术可得到 3 t 优质堆肥。堆肥质量高: 此法由于采用全自

237

动控制技术发酵,使堆肥的发酵过程在严格的人为控制下进行,从而可得到物理性状、化学指标都适于蘑菇生长发育的理想原料。产量高:用此种堆肥每1t可产鲜蘑菇330kg左右,是传统堆肥产量的2倍^[9]。缺点:投入大、成本高,只适于国外经济比较发达、劳动力成本高的国家或地区采用规模化、商业化、工厂化进行生产^[10],而不适合像我国这样的发展中国家。

3 国内双孢蘑菇堆肥发酵现状及优缺点

当前我国双孢蘑菇堆肥发酵模式表面上看来形式多样,各有各的特点,但实际上就是一、两种模式根据当地资源稍加改动而成。主要模式是:二次发酵模式:前发酵为开放式条垛式堆肥模式;后发酵主要以室内床架二次发酵模式为主。同时少部分企业通过引进或借鉴国外全自动集中二次发酵技术,通过建隧道进行集中二次发酵;一次发酵模式:通过在发酵仓中加入菌剂进行一次发酵模式等。具体步骤如下。

3.1 二次发酵模式

3.1.1 前发酵 当前我国双孢蘑菇堆肥发酵的前发酵也和国外一样采用室外条垛式发酵模式,只是其过程绝大部分是人力所为。

3.1.2 后发酵模式 (1)室内床架式后发酵模式:当前我国双孢蘑菇堆肥发酵模式绝大部分都是采用此种模式。前发酵结束后,培养料进菇房,当前培养料放入床架的形式有3种^[11]:均分堆放,在5层菇床上均匀堆放20cm厚的前发酵料,进行二次发酵。半集中堆放,在5层菇床的中间3层自上而下分别堆放30cm、33cm、36cm厚的前发酵料,发酵好后再平分到5层上。集中堆放,合并两间菇房培养料,均分于5层床架,堆料厚40cm,二次发酵完成后,移一半培养料量到另一菇房。柯家耀在1999年对上述3种堆放形式进行了试验,结果表明:半集中式堆放是较为理想的堆放形式,料层厚薄合理,既可有效贮热,又不至于因过厚而造成厌氧环境。虽然其耗煤量比集中式高些,但它不必费工移料,而且同时又对菇房进行了消毒,且培养料集中于中间3层,按自上而下递增铺料厚度,有利于减少各层次之间的温差,使培养料的发酵程度较为一致。均分堆放最耗能。集中式堆放没有进行后发酵的另一菇房尚需另外消毒,而且堆肥需在棚间搬运。室内床架式后发酵模式优缺点如下:优点:此法简便,投入成本低,非常适应我国家庭式生产。此种发酵模式曾经为我国双孢蘑菇业发展做出了非常重要的贡献。缺点:其发酵水平低、效果不稳定,耗能,养料流失大,易造成污染,人工投入量大,规模有限,不易形成品牌,不适合我国当前需求。(2)堆内空心架后发酵:前发酵后,堆料底部用砖垒成宽60cm、高40cm左右的通气道,上铺木棍(板),以不漏培养料为

准,培养料在通气道四周及上面建堆,四周垂直,高度1.5~2.0m,宽1.6~1.8m,长度10~15m,最短不少于8m,建堆时把拔气筒置于通气道上,间隔1m,拔气筒规格为15cm×20cm或15cm×15cm,建好堆后用塑料膜或其它堵塞物将拔气筒上口及通气道口堵死,料堆用拱棚封闭,薄膜离料堆30cm左右。两侧和一头、中心各插1支温度计,约经10~15h,料温可上升到60℃左右,维持10~12h,然后逐个打开拔气筒上口,先中间后两头,使温度在48h之内逐渐降到50℃左右,若降不到50℃左右,可打开通气道口,或在料堆两头薄膜中间处开50cm×50cm通气窗,当温度降到50℃,封闭通气窗,再经48h从50℃降到28℃左右,后发酵进行完毕,大约需5~6d^[12]。此法虽然节省能源,但操作较复杂,而且容易失败,消毒不均,不易把握,很难推广。(3)集中二次隧道后发酵模式:随着国外双孢蘑菇栽培技术的提高,国外市场竞争加剧,我国以小农为主的食用菌生产模式受到严峻挑战。为了改变我国双孢蘑菇生产模式,跟上世界形式,我国食用菌生产必须尽快由数量型向质量效益型转变^[13]。从20世纪90年代开始,我国学者在学习借鉴国外成功经验的基础上,采用引用设备和自创技术相结合,开始了新一轮的艰苦创业,并且取得了成功。黄建春、钱永官等自1999年,在借鉴国内外双孢蘑菇集中二次发酵技术和结合上海当地条件设计了适合工厂化栽培的集中后发酵技术。具体如下:集中发酵隧道构造:集中发酵隧道为长方形,高度和宽度为3m,长度为25m左右,堆肥厚2m,1.1m²约为1t。发酵装置的容积在80~90t。集中发酵装置由2(底)层组成。下底层是水泥地板,与上层间隔约50cm。上方盖6cm厚水泥板,水泥板每间隔20cm设1个排气孔。排气孔上小下大,上方直径2cm,下方直径3cm,形成喇叭形。为了使空气压力和流速均匀地分散,下层从空气进口处向上以2%的倾斜度铺设。在下层的最低处开1个冷凝水和洗涤水的排水口,排水口在装置运行时用塞子塞住,墙壁用隔热材料建造。上述方法完全采用机械化进行操作,适于工厂化、产业化生产,省能源、效率高、效率好^[14]。但此法进房堆料后还需要换房(翻堆),从而增加了许多工作量,发酵时间相对较长而且所需设备多、基础设施投资高。

3.2 一次发酵模式

3.2.1 菌剂加入一次发酵模式 采用二次发酵栽培双孢蘑菇比原来常规一次发酵提高了产量,主要是由于二次发酵通过人工控制料温,进行了巴氏消毒,增加了培养料的有益菌,减少了有害菌。但该法耗能,费工,成本高^[14],且前发酵所需时间较长,而且不可避免会产生发酵不均、中心出现厌氧反应,而且由于前发酵是在露天

或简易的棚内发酵, 发酵过程中产生大量的有害气体散发到周围的环境中, 对环境造成污染等不利因素, 导致氮肥的流失。所以当前人们开始设计在发酵仓内加入菌剂^[15-18]进行一次发酵的模式, 把前后发酵放到一起进行。上海市农业科学院食用菌研究所早在 1988 年就开始这方面的研究, 所产制剂经推广应用, 证实有促进蘑菇堆肥发酵腐熟的功效。澳大利亚的 N. G. Nair & G. Price (1991) 也在速酵菌的应用方面进行了成功的应用。杨国良、赵钢勇等借鉴国内、外的经验, 分离制备出高效速酵菌, 与隧道发酵技术配合应用, 将蘑菇堆肥周期由常规的 21 d 缩短为 11 d, 不但显著提高了设施利用率和用工效率, 还由于发酵时间的缩短使原材料的干重损失由 50% 减少到 30%, 生物转化率由 32% 增至 39%。菌剂堆肥具有与常规堆肥相近的理化指标, 但是菌剂堆肥稍显生些, 麦草拉力较大, 比重较轻, 同样是 80 kg/m² 的堆肥重量, 播种压实后菌剂堆肥的料层厚约 20 cm, 常规堆肥约为 16 cm^[19], 从而增加出菇量。

3.2.2 菌剂加入一次发酵模式优缺点 优点: 此法特点鲜明。通过向堆肥中加入菌剂, 可以使堆肥物料快速达到高温, 控制堆肥过程中臭气的产生, 减少环境污染, 缩短堆肥腐熟总进程; 可以有效杀灭病原体和降解有机污染物, 提高堆肥质量; 堆肥产品含有生物活性的微生物, 作物增产效果显著; 只需一次发酵达到培养料要求, 减少工作量。缺点: 一次发酵在我国近期暂时还没有推广价值, 因为前期发酵完全可以在室外进行, 虽然前发酵在室外进行会对原料有少部分损失, 而且会带来一定的环境污染, 但这样既可以节约成本又不太会影响发酵质量, 而且这种轻污染在我国是完全许可的; 虽然总发酵时间缩短了许多, 但在发酵仓中的时间比别的发酵模式还要长, 反而减少年生产次数。

参考文献

[1] 杨新美. 中国食用菌栽培学[M]. 北京: 北京农业出版社, 1986: 8-10.

[2] 蔡衍山, 吕作舟. 食用菌无公害生产技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 154.

[3] Lucier G, Allshouse J. Factors Affecting U. S. Mushroom Consumption[J]. The Economic Research Service, 2003, 12(2): 6-11.

[4] Beyer, David M Basic Procedures for Agaricus Mushroom Growing[M]. Information and Communication Technologies in the College of Agricultural Sciences, 2003: 5-7.

[5] Dr Robin Szmidt. Advice for prospective mushroom growers[M]. SAG, 1997: 18-21.

[6] 池致念, 王泽生. 蘑菇培养料集中二次发酵初步研究[J]. 中国食用菌, 2001, 21(1): 30-32.

[7] 杨国良. 国内外蘑菇工厂化生产的模式及效益[J]. 食用菌, 2003(3): 29-30.

[8] 刘建先, 严泽湘. 蘑菇堆肥发酵新技术[J]. 农村经济与科技, 2001, 12(4): 35-37.

[9] Danny L, Ph. Rinker D. Commercial mushroom production[M]. Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1986: 8-14.

[10] 柯家耀. 蘑菇培养料二次发酵新工艺初探[J]. 食用菌学报, 1999, 6(4): 26-30.

[11] 万鲁长, 谷伟. 双孢菇标准化合成堆肥栽培及发酵技术[J]. 科学种植, 2002(5): 22-23.

[12] 朱继先, 朱克. 关于食用菌规模化生产的思考[J]. 食用菌, 2002(4): 2-3.

[13] 江枝, 朱丹. 蘑菇培养料加入 864 菌液发酵与二次发酵的效果比较[J]. 中国食用菌, 1998(13): 38-39.

[14] 冯宏, 张新明. 接种菌剂对堆肥微生物利用碳源能力的影响[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(4): 19-22.

[15] 冯宏, 李华兴. 菌剂对堆肥的作用及其应用[J]. 生态环境, 2004, 13(3): 439-441.

[16] 薛智勇, 王卫平. 复合菌剂和不同调理剂对猪粪发酵温度及腐熟度的影响[J]. 浙江农业学报, 2005, 17(6): 354-358.

[17] 姜成, 廖剑华. 助堆剂对双孢蘑菇培养料堆制的影响[J]. 中国食用菌, 2000, 20(3): 30-33.

[18] 马琴, 王海旺, 张福元. 蘑菇培养料酵素菌发酵与二次发酵的对比试验[J]. 食用菌, 2005(5): 23-24.

[19] 冯宏, 李华兴. 菌剂对堆肥的作用及其应用[J]. 生态环境, 2004, 13(3): 439-441.

Research Status of *Agaricus bisporus* Compost Fermentation

ZENG Guang-yu, ZHOU Guo-ying

(Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

Abstract: *Agaricus bisporus* composting fermentation is the key to its development, the level of composting fermentation decided production levels of it. This paper reviewed the current domestic and international *Agaricus bisporus* composting fermentation, and their advantages and disadvantages, in order to help the others to improve our *Agaricus bisporus* composting fermentation patterns.

Key words: *Agaricus bisporus*; Composting fermentation; Research Status