

# 高海拔冷凉区双孢蘑菇工厂化生产技术要点

耿新军, 张桂香, 任爱民, 刘明军, 王晓巍  
(甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 从原材料的选择、培养料配方、培养料隧道发酵工艺、菇房和机械设备消毒、上料和播种、菌丝培养、拌土与覆土、降温催蕾、出菇管理及采收、撒料等方面总结了高海拔冷凉区双孢蘑菇工厂化生产技术要点。

**关键词:** 双孢蘑菇; 工厂化生产; 技术要点; 高海拔冷凉区

**中图分类号:** S646.1

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1001-1463(2017)07-0083-03

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.07.022

双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)又称双孢菇,属草腐菌,其肉质鲜嫩,味道鲜美,富含蛋白质、氨基酸,因此享有“植物肉”的美称<sup>[1]</sup>。双孢蘑菇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,也是中国目前最大宗的出口创汇食用菌<sup>[2]</sup>。双孢蘑菇工厂化栽培是指根据双孢蘑菇的生物学特性,有效利用现代工程技术和先进机器设备,精准自动控制双孢蘑菇生长发育的温度、湿度、二氧化碳浓度等环境条件,不受季节限制,周年生产的栽培方式。它是国际上迅速发展的一项栽培方式,在美国、荷兰、日本等发达国家,双孢蘑菇栽培均采用工厂化生产,而且专业化和机械化程度很高。永昌县位于甘肃省西北部,地处河西走廊东部,祁连山北麓,阿拉善台地南缘,平均海拔 2 000 m,年平均降水量 188 mm,平均气温 4.8 ℃,气候冷凉、干燥,具有得天独厚的反季节双孢蘑菇人工栽培的地理优势。经过十几年的发展,食用菌产业已逐渐成为永昌县农业增效、农民增收的一项新兴特色支柱产业。近年来,我国食用菌工厂化生产发展迅速<sup>[3-4]</sup>,传统的栽培技术和栽培设施已不

能满足永昌县双孢蘑菇生产发展的需要。当地政府及时调整双孢蘑菇产业发展结构,大力进行双孢蘑菇工厂化发展,实现了双孢蘑菇的规模化、集约化、标准化和周年化生产,更加符合双孢蘑菇产业的发展方向。为此,甘肃省农业科学院蔬菜研究所科技人员开展了高海拔冷凉区双孢蘑菇工厂化生产研究,总结出了高海拔冷凉区双孢蘑菇工厂化生产技术要点,现介绍如下。

## 1 原材料的选择

原材料选用是制备优质培养料的先决条件。麦草(大麦草、小麦草)应选用新鲜无霉变、碎草少且结构较好的为宜,选用新鲜、未发酵,灰分含量不应超过 30%,加工好的干鸡粪。

## 2 培养料配方

培养料的配制,首先要对不同原材料的碳、氮、灰分、含水量等指标进行分析化验,通过测算,使培养料的碳氮比达到 30~33:1 即可。培养料的碳氮比值过低时,在培养料的发酵过程中游离 NH<sub>3</sub> 难以进行充分转化,过多的游离 NH<sub>3</sub> 会导致培养料播种后菌丝生长受到抑制,甚至不能

收稿日期: 2017-06-08

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-24); 农业部西北地区蔬菜科学观测实验站(2015-A2621-620321-G1203-066)

作者简介: 耿新军(1977—),男,甘肃兰州人,助理研究员,主要从事食用菌栽培技术与推广工作。E-mail: 704656103@qq.com。

通信作者: 王晓巍(1968—),男,甘肃宁县人,研究员,主要从事蔬菜栽培及植物营养等方面的技术与示范推广工作。E-mail: wangxw@gsagr.ac.cn。

福州: 福建农林大学, 2012。

[13] 程浩明, 武延安. 甘肃省中药材产业现状与发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2013(10): 50-52.

[12] 宋平顺, 丁永辉, 赵建邦, 等. 甘肃省中药材资源现状与发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2012(11): 49-51.

(本文责编: 杨 杰)

萌发。培养料的碳氮比值过高,会导致前期培养料料温上升缓慢且料温偏低,极易造成培养料的厌氧发酵,不利于有益微生物的大量繁殖,严重影响培养料的发酵质量。根据试验研究,最适宜配方为大麦草 24.00 t + 鸡粪 13.20 t + 石膏 1.30 t + 尿素 0.16 t + 水适量(培养料含水量达 78%)。

### 3 培养料隧道发酵工艺

双孢蘑菇是一种典型的腐生真菌,生长发育所需的营养全部摄自培养料<sup>[5]</sup>,培养料是双孢蘑菇生长的物质基础,应具有良好的理化性质和丰富的营养<sup>[6]</sup>。好的发酵工艺是制备优质培养料的关键所在,直接影响双孢蘑菇的产量和品质。

#### 3.1 隧道一次发酵工艺流程及技术要点

3.1.1 隧道一次发酵工艺流程 第 1 天进行麦草预湿作业。首先将麦草推入于泡料池中,用水反复浇淋,麦草吸足水分后从泡料池中取出堆放于发料场待用。第 2 天进行混料作业。将鸡粪按比例均匀加入麦草中,并将发酵料的含水量调制到 78%,完全混合均匀后进行建堆起温。第 3 天为进仓作业。当发酵料料温升至 45℃后,将辅料加入发酵料中并混合均匀,用抛料机将发酵料抛掷入一次隧道内,并调节风机开停时间,进行培养料发酵。发酵 3 d 后,进行倒仓。一次隧道发酵期间共进行 3 次倒仓作业,时间间隔为 3 d,时间总长在 13~14 d 左右。一次发酵后的培养料感官指标为呈浅褐色,可看到少量放线菌,紧握发酵料可滴 2~3 滴水,有明显氨臭味。理化指标为含水量 71%~73%,pH 8.0~8.5,含氮量 1.9%~2.0%。

3.1.2 技术要点 ①在预湿麦草过程中尽量避免铲车碾压麦草,以免麦草的组织结构被破坏,使麦草的透气能力减弱,造成发酵不均匀。②混料时要混合均匀,否则会使发酵料不同部位的养分含量差异很大,各部位的理化反应就有所不同,造成发酵不均匀。③进仓时发酵料的含水量控制在 76%~78%,水分过大会导致发酵料起温缓慢,造成厌氧发酵。④抛料机抛料进仓时,应该按照阶梯式原则分 3 层进行逐层抛料,每层高度大约 1.2 m。阶梯式的抛料方法不但会使发酵料混合较为均匀,而且容易形成气道,利于氧气的

内部循环,避免厌氧发酵。⑤进料时风机应该保持开启状态,这样易于料堆内部风道的建立形成。⑥风机启停时间的调控主要根据发酵料料温增幅最快为准,不同的隧道设备、不同的季节、不同的堆料高度和不同的发酵阶段,风机启停时间不同。

#### 3.2 隧道二次发酵工艺流程及技术要点

3.2.1 隧道二次发酵工艺流程 将一次发酵好的培养料进入二次发酵隧道。首先对培养料进行 10~12 h 的均温处理,然后将温度升至 57~58℃后进行 8~10 h 的巴氏灭菌处理,杀灭料中的杂菌和害虫,接着降温至 48~50℃后进行控温培养,即嗜热培养阶段。保持 5~6 d,使有益微生物迅速繁殖生长,进一步分解和转化培养料养分,同时排除培养料内的游离  $\text{NH}_3$ ,使培养料的综合指标和理化性状更适合双孢蘑菇生长。控温培养 5~6 d 后,提温至 52℃保持 8 h 后关闭新风,20 min 后在回风口处用氨管检测  $\text{NH}_3$  值,如果  $\text{NH}_3$  值达标,则进行培养料降温处理。二次发酵后的培养料感官指标为颜色呈褐色,可看到大量放线菌,紧握培养料有水但滴不下来,柔软有弹性,易拉断,无氨味,有面包香味。理化指标的含水量为 66%~68%,pH 7.5~7.8,含氮量 2.1%~2.2%,氨气 $\leq 0.08\%$ 。

3.2.2 技术要点 ①整个发酵阶段新风口的大小根据所需的料温进行调控,但新风口绝不可关闭,否则造成厌氧发酵。②均温处理阶段如果料温过高,可加大新风输入量,但混合风的温度不可低于 43℃,否则会造成料温下降速度过快,后期培养料升温困难。③各处理阶段各点的温差不可超过 3℃,否则使各点无法同步完成或无法完成所需处理,造成培养料发酵不均匀,杀菌有死角的现象。④一定要在 8 h 之内将温度降至 25℃,在 24 h 之内将培养料出仓、上架播种,否则培养料易于感染杂菌。

### 4 菇房和机械设备消毒

上料前,对菇房和机械设备进行灭菌消毒处理。菇房地面和床架用清水冲洗干净后,用次氯酸钠溶液喷洒杀菌,然后向菇房内通蒸汽,打开内循环系统,将温度升至 70℃以上灭菌 10 h 即可。菇房外的场地及机械设备、工具、菌种外袋

等用 5 g/kg 高锰酸钾溶液进行消毒处理。

## 5 上料和播种

通过上料机均匀地将培养料铺设于床面, 投料量为  $90 \sim 100 \text{ kg/m}^2$ , 播种量  $0.65 \text{ kg/m}^2$ 。上架后将床面整平, 用  $0.1 \text{ kg/m}^2$  的菌种进行封面, 覆盖塑料薄膜。将菇房地面冲洗干净后关闭所有门窗进行养菌。

## 6 菌丝培养

菌丝培养阶段要控制好环境温湿度和保持环境卫生, 让菌丝尽快萌发吃料, 避免杂菌污染。15 d 左右菌丝长满菌床时开始进行覆土作业。菇房空气温度调控在  $22 \sim 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 培养料内温度调控在  $24 \sim 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 菇房内  $\text{CO}_2$  浓度保持在  $6 \sim 8 \text{ mL/L}$ , 空气相对湿度 90% 以上, 保持内循环风运行, 风速不可过大。

## 7 拌土与覆土

拌土前将制土车间清洗消毒干净, 选用持水力强的草炭土为覆土材料, 一般  $1 \text{ m}^3$  草炭土中加石灰 10 kg、碳酸氢钙 20 kg、甲醛(37%)1 000 mL 和 80% 敌敌畏乳油 100 mL, 放入拌土机中进行干拌, 混合均匀后然后再加水搅拌, 将覆土的含水量调至 70% ~ 75%, pH 调至 8.0 ~ 9.0, 拌土结束后用塑料膜密封 3 d 待用。采用覆土机进行覆土, 覆土层厚度为  $3.5 \sim 4.0 \text{ cm}$ , 用土量为  $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , 覆土结束后将覆土层含水量尽快调至最大, 以不漏床为宜, 大约在 85% 左右。从覆土到降温催蕾前, 喷水量一般为  $15.0 \sim 16.0 \text{ L/m}^2$ 。菇房空气温度调控在  $22 \sim 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 培养料内温度调控在  $24 \sim 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 菇房内  $\text{CO}_2$  浓度保持在  $8.0 \text{ mL/L}$ , 空气相对湿度 90% 以上。

## 8 降温催蕾

降温催蕾阶段是菇房管理的重要阶段<sup>[7]</sup>, 对降温时机的把控和对温度的精确控制, 与后期出菇的产量和质量关系密切。待菌丝爬向土层  $2/3$  时进行搔菌, 搔菌前一定补足水分。搔菌 36 ~ 48 h 后开始降温催蕾, 每天缓慢降低料温  $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 对  $\text{CO}_2$  浓度也进行下降调控, 连续降温 7 ~ 8 d 后, 将料内温度控制在  $17 \sim 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$  浓度控制在  $1.2 \text{ mL/L}$  即可。降温催蕾期间, 如果料面菌丝长势强, 菌丝倒伏效果差, 可在第 3 ~ 4 d 时进行喷水刺激, 喷水量为  $0.5 \text{ L/m}^2$ , 不可过量。

## 9 出菇管理及采收

降温催蕾结束后, 当菇蕾普遍长到  $5 \sim 8 \text{ mm}$  时对料面进行补水作业, 一般喷水量为  $1.0 \sim 2.0 \text{ L/m}^2$ 。当小菇蕾直径达到  $3 \sim 4 \text{ cm}$  时进行采收作业。第一潮菇采收结束后及时对床面进行清床、补水作业, 等待转潮, 总共可采收 3 ~ 4 潮菇。采收时, 采菇人员需带乳胶手套, 用手指轻轻捏住菌盖侧旋采摘, 切忌用力向上拔。将采收的双孢蘑菇带根轻轻放到篮子内, 摆放整齐, 根部向下; 采切根菇时, 用切刀将菇根削平摆放到菇篮中, 菇根长度在  $0.5 \sim 1.0 \text{ cm}$ 。采收后的双孢蘑菇应尽快进行真空预冷处理, 然后放入冷库中待售。采收期的菇房空气温度调控在  $17 \sim 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 培养料内温度调控在  $20 \sim 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 菇房内  $\text{CO}_2$  浓度保持在  $0.8 \sim 1.0 \text{ mL/L}$ , 否则易出现薄皮菇。空气相对湿度控制在 83% ~ 85%。

## 10 撤料

出菇结束后, 培养料和菇房可能已被杂菌感染, 在撤料前要对菇房和培养料进行消毒处理, 以避免杂菌向其它菇房传播感染。在风机内循环状态下向菇房内通入蒸汽, 温度保持在  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  以上, 对整个菇房及培养料灭菌 12 h, 然后用撤料机将废料从菇房内撤出, 撤出的废料应远离菇场放置, 避免污染出菇场所。

## 参考文献:

- [1] 杨建杰, 张桂香, 任爱民, 等. 西北夏季双孢蘑菇培养料简易通气发酵方法研究[J]. 甘肃农业科技, 2015(4): 20-23.
- [2] 杨新美. 中国食用菌栽培学[M]. 北京: 北京农业出版社, 1986: 13-15.
- [3] 黄建春. 中国双孢蘑菇工厂化生产现状与发展的思考[J]. 食用菌, 2012(2): 1-3.
- [4] 钟孟义. 论制约我国双孢蘑菇工厂化生产发展的因素与对策[J]. 食药菌, 2013(3): 133-138.
- [5] 秦改娟, 郭亚萍, 张国庆, 等. 秸秆与菇渣堆肥用于双孢蘑菇栽培的理化性状和细菌群落分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(S2): 285-291.
- [6] 赵竹青, 刘 路, 王秀莲. 双孢蘑菇培养料隧道式集中二次发酵试验研究[J]. 中国果菜, 2013(9): 3-5.
- [7] 王春宝. 中国双孢蘑菇工厂化栽培的现状及技术难点的破解[J]. 食药菌, 2015(6): 337-339.

(本文责编: 郑立龙)