

doi:10.11937/bfyy.20170469

## 高温季节香菇工厂化出菇的 结露形成机制与应用

王德芝<sup>1,2</sup>, 李尽哲<sup>1,2</sup>, 耿立<sup>3,4</sup>, 李直鸿<sup>3,4</sup>, 李龙<sup>3,4</sup>, 李春红<sup>3,4</sup>

(1. 信阳农林学院, 河南 信阳 464000; 2. 信阳市无公害食用菌工程技术研究中心, 河南 信阳 464000;

3. 潢川九龙春天农业科技有限公司, 河南 信阳 465150;

4. 信阳市食用菌工厂化周年生产及精深加工工程技术研究中心, 河南 信阳 465150)

**摘要:**以“庆科 212”香菇为试材, 采用高温季节香菇工厂化生产方法, 研究了菌棒含水量、菇房内外温差和通风频度对香菇菌棒结露作用及香菇生产性能的影响。结果表明: 对结露作用影响最大的是菌棒含水量, 其次是菇房内外温差, 最后是通风频度, 结露控制能够显著缩短出菇周期、提高产量、提升品质, 这一结果为高温季节香菇工厂化出菇过程中综合调控结露作用因子, 缩短生产周期, 提高香菇产量、提升成品菇质量奠定了基础。

**关键词:**高温季节; 香菇; 工厂化; 出菇; 结露

**中图分类号:**S 646.1<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0172-06

香菇是一种在世界范围内被人们尤其是年轻人广泛接受和认可的具有保健功能的食用菌<sup>[1]</sup>, 其具有调节机体免疫力<sup>[2]</sup>、抗肿瘤<sup>[3]</sup>及治疗哮喘<sup>[4]</sup>等药理作用而被越来越多的人所关注。国内外市场上对香菇的需求量越来越大, 传统的春秋季节栽培香菇的模式远远无法满足市场需求。在高温季节, 工厂化栽培香菇已经成为香菇规模化生产的发展趋势。香菇工厂化栽培需要突破 4 个技术难点<sup>[5-7]</sup>: 发菌、转色、菇蕾形成及子实体生长, MAHMUD 等<sup>[8]</sup>、GLUKHOVA 等<sup>[9]</sup>、曹现涛等<sup>[10]</sup>对香菇菌丝体发菌进行了研究, 结果发现温度、光照等培养条件对香菇发菌具有显著的影响<sup>[8-10]</sup>。目前, 国内在香菇原基形成及子实体领域的研究尚处于探索阶段, 尤其是缺乏对“高温季

节工厂化菇房环境下香菇菇蕾发生和成菇生长机制”方面的研究<sup>[11-13]</sup>。因此, 潢川九龙春天农业科技有限公司制作 50 000 棒“庆科 212”菌棒及利用闲置的 68 间杏鲍菇出菇房, 进行了香菇工厂化转色与出菇试验; 6—7 月当地进入高温期, 菇房开启空调辅助催蕾和出菇后, 菌棒即发生结露现象, 菇房空调关闭后, 逐渐升温的湿热空气与降温后的干冷菌棒相接触, 从而在菌棒表面“液化”形成露珠状水渍; 液化的水渍不断积累, 在菌棒表面形成水膜; 结露作用在早期能够促进和加速香菇菇蕾原基的形成, 在后期出菇到采收这段时期, 结露作用则会造成香菇子实体生长速度不一致、成品菇菇帽粘度大、菇体含水量大、菇面颜色较深且带有褐斑、商品价值低、保存周期缩短等一系列问题。结露作用的研究价值在于: 其是高温季节进行香菇工厂化出菇时不可避免的现象, 如何采取有效的措施充分发挥结露作用的有利影响, 避免不利作用, 达到缩短香菇工厂化生产周期、提高香菇品质和保存周期的目的。

**第一作者简介:**王德芝(1962-), 女, 硕士, 教授, 现主要从事食用菌生产技术等研究工作。E-mail: xywdz518@sina.com.

**基金项目:**河南省科技公关资助项目(162102110071); 河南省高等学校重点科研资助项目(16A180051); 信阳农林学院科技创新团队资助项目(CXTD-201606)。

**收稿日期:**2017-04-06

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌种“庆科212”由庆元县食用菌科研中心提供。试验过程中第4茬出菇为供试菌棒。

供试培养基配方:木屑84%、麦麸15%、轻质碳酸钙1%,料水比1:1.2 g·mL<sup>-1</sup>;使用15 cm×55 cm聚乙烯塑料袋制棒,袋均质量1.9 kg。

杏鲍菇出菇房每间容积为6 m×9 m×3.6 m、聚苯乙烯库板容重18 kg·m<sup>-3</sup>,每间安装10 HP空调1台、600 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>外转子轴流风机8台(进风扇和排风扇各4台)、每间安装60珠4.8 W LED白光灯带4条,具体见图1、2。



图1 试验菇房外景

Fig. 1 Exterior of test mushroom house



图2 试验菇房内部结构

Fig. 2 Internal structure of test mushroom house

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 菇房内外温差试验

设计每个梯度升高2℃、共7个空调降温目标值:10、12、14、16、18、20、22℃(以插入菌棒内部的水银温度计测定的料温为准),分析空调降温造成的菇房内外温差对结露作用的影响。

#### 1.2.2 通风频度试验

设定空调降温目标值为14℃,关闭空调后保持菇房开门状态,设计开5 min,通风0.25 h(5 min/0.25 h)、开5 min,通风0.5 h(5 min/0.5 h)、开5 min,通风1 h(5 min/1 h)、开5 min,通风2 h(5 min/2 h)、开5 min,通风4 h(5 min/4 h)、开5 min,通风8 h(5 min/8 h)以及始终不排风等7个排风频度,分别观察记录结露消失时间。

#### 1.2.3 菌棒含水量试验

利用空调将菌棒料温降至14℃,在关闭空调和排风扇条件下,观察记录1.12、1.25、1.33、1.42、1.52、1.65、1.72 kg共7个不同质量菌棒的结露消失时间,分析菌棒含水量对结露作用的影响。

#### 1.2.4 生产性能试验

随机挑选800棒已经发好菌的香菇棒,其中400棒置于进行结露控制的菇房进行出菇试验,另外400棒作为对照置于不进行结露控制的菇房进行出菇。在不同试验条件下,观察记录菌棒下表面结露消失的时间。香菇出菇周期计算从香菇棒自发菌室移入出菇房开始到第5茬菇采收结束,每茬菇的产量为400棒菇的平均质量,一级品香菇的特征是菇体肥厚、不开伞、不发黄、无褐变。统计每一茬香菇的出菇产量、总产量,一级品的比重及出菇周期。

### 1.3 数据分析

该试验数据采用Minitab 16软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 菇房内外温差对结露作用的影响

试验过程中可观察到以下情况:料温14℃后,在关闭空调、保持菇房关门和排风关闭条件下,0.5 h后可见结露发生;料温16℃,8 h后结露量显著增大;料温20℃时,菌棒下表面有少量结露形成,6 h后结露基本消失;料温22℃时,菌棒下表面微微有结露形成,4 h后结露基本消失,具体见图3和表1。

由表1可知,空调控温进行工厂化出菇时,结露作用的时间长、作用面均匀;空调降温目标值越低,菇房内外温差值越大,结露形成量越多、结露消失时间越长;空调降温目标值越高,菇房内外温

差值越小,结露形成量越少、结露消失时间越长<sup>[6,14]</sup>。经相关性分析(下同),结果发现2组数

据的相关系数为-0.992 3,说明空调降温值与结露消失时间具有较强的负相关关系。

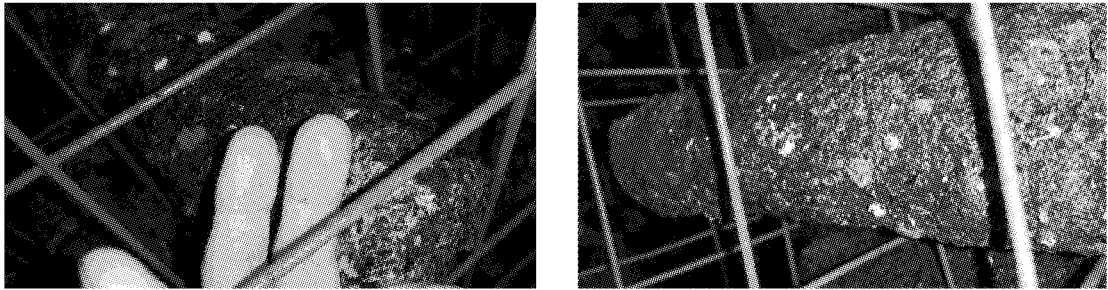


图3 料温16℃菌棒结露情况

Fig. 3 Condensation effect of mushroom-stick in 16℃

表1 菇房内外温差对结露作用的影响

Table 1 Condensation effect caused by different temperature inside and outside the mushroom house

空调降温目标值 Target temperature of air-conditioning/℃	10	12	14	16	18	20	22
结露消失时间 Disappearance time of consentation/h	24	22	18	15	9	6	4

注:试验期间的日间最高温度,未开空调的菇房为29℃,室外双层毡毯下大棚为32℃。  
Note:Maximum temperature is 29℃ indoor mushroom house without air conditioner and is 32℃ with double blanket plastic house outside in the day-time.

2.2 通风频度对结露作用的影响

由表2可知,通风越频繁,结露存在时间越短。原因在于:一是通风频度越高则菇房内外冷热空气交换越快,菌棒储冷量损失速率越快,故结露形成的时间短,结露形成量减少;二是通风频度高则菌棒表面的结露蒸发越快,因蒸发而损耗的结露量越大。相关性分析发现,2组数据的相关系数为-0.962 8,说明通风频率与结露消失时间

有一定的负相关关系。

2.3 菌棒含水量对结露作用的影响

由表3可知,菌棒含水量与结露存在时间呈正相关,菌棒含水量越高则其储冷量越大,关闭空调后结露形成量越大,结露消失时间越长。相关性分析发现,2组数据的相关性系数0.994 6,说明菌棒含水量与结露消失时间呈较强的正相关关系。

表2 通风频度对结露作用的影响

Table 2 Condensation effect caused by ventilation frequency

通风频度 Ventilation frequency	5 min/0.25 h	5 min/0.5 h	5 min/1 h	5 min/2 h	5 min/4 h	5 min/8 h	不排风
结露消失时间 Disappearance time of consentation/h	2.0	5.5	13.0	14.0	14.5	15.5	18.0

注:试验期间的日间最高温度,未开空调的菇房为28℃,室外双层毡毯下大棚为31℃。  
Note:Maximum temperature is 28℃ indoor mushroom house without air conditioner and is 31℃ with double blanket plastic house outside in the daytime.

表3 菌棒含水量对结露作用的影响

Table 3 Condensation effect caused by the water content of mushroom-stick

菌棒含水量 Water content of mushroom-stick/kg	1.12	1.25	1.33	1.42	1.52	1.65	1.72
结露消失时间 Disappearance time of consentation/h	14.0	15.5	16.0	16.5	18.0	18.8	19.5

## 2.4 3 种因素对结露作用综合影响分析

分别对表 1~3 的数据做回归方程得到  $y = -1.803\ 6x + 42.857\ 1 (R^2 = 0.992\ 3)$ ;  $y = -0.773\ 9x + 16.139\ 1 (R^2 = 0.962\ 8)$ ;  $y = 9.011\ 5x + 4.013\ 6 (R^2 = 0.994\ 6)$ , 通过对回归系数的绝对值进行比较, 结果发现菌棒含水量 > 空调降温值 > 通风频率, 这说明 3 种因素中菌棒含水量对结露现象的出现影响最大, 其次是空调

降温值, 最后是通风频率。通过上述分析发现, 在工厂化香菇栽培过程中, 严格控制拌料水分含量对后期控制结露具有重要的意义。

## 2.5 结露控制对香菇生产性能的影响

由表 4 可以看出, 与对照组相比, 结露控制可以明显缩短香菇的出菇周期, 显著提高香菇前 2 茬菇的产量和总产量, 而且一级品比重明显提升。

表 4

结露控制对香菇生产性能的影响

Table 4

Effect of condensation control on the production performance of *Lentinus edodes*

类型 Type	出菇周期 Fruiting circle/d	第 1 茬产量 The first yield/kg	第 2 茬产量 The second yield/kg	第 3 茬产量 The third yield/kg	第 4 茬产量 The fourth yield/kg	第 5 茬产量 The fifth yield/kg	总产量 Total output /kg	一级品比重 Proportion of first grade/%
试验组 Test team	112	84.8	83.2	64.8	43.2	34.0	310.0	78
对照组 Control team	128	41.2	81.2	50.4	48.0	29.2	250.0	68

## 2.6 结露形成机理及应用价值

通过上述试验结果发现, 结露现象的出现主要是培养基含水量(菌棒含水量)、菇房内外温差及通风频率 3 种因素共同作用的结果。结露出现后, 在菌棒表面形成了一层水膜, 该水膜的存在一方面使得菌棒湿度保持在很高的水平上, 另一方面使得菇房中的湿度维持在较高的水平上, 这样的环境对香菇菇蕾的形成具有很好的促进作用, 可以大大缩短香菇菇蕾形成周期, 这无形中就缩短了整个生产周期。菇蕾形成后, 香菇的子实体开始迅速生长直至达到采收标准, 在香菇子实体生长这一时期, 对湿度要求逐渐降低, 结露会造成香菇菇棒局部湿度过高, 进而导致香菇菇蕾生长不一致, 增加了疏蕾人工成本。同时结露还会使得菇房环境湿度长时间维持较高水平, 造成成品菇菇面发粘, 缩短了鲜菇保质期, 降低了商品价值(图 4)。

因此, 在高温季节香菇工厂化生产中, 维持香菇菌棒适当的湿度, 及时调节菇房内外温差、变换通风次数, 能够调控结露的形成与消失, 进而缩短香菇工厂化出菇周期, 降低生产成本, 提高香菇产量, 提升香菇品质, 这对高温季节香菇工厂化生产具有重要的意义。



图 4 高温季节未经空调辅助降温和结露控制而形成菇面黄褐、发粘的香菇(6月20日拍摄)

Fig. 4 Sticky *Lentinus edodes* with yellow brown spots and become in hot season under no air conditioner cooling and condensation control condition (photos on June 20<sup>th</sup>)

## 3 结论与讨论

该试验结果表明, 夏季高温季节进行香菇工厂化出菇时, 菇房内外的温差、通风频度与菌棒含水量是影响菌膜上结露形成的 3 个关键因子; 结露控制能够显著缩短香菇工厂化出菇周期, 保证菇体生长一致性, 降低人工和能耗成本, 提高香菇产量, 提升商品价值, 延长保质期(图 5)。

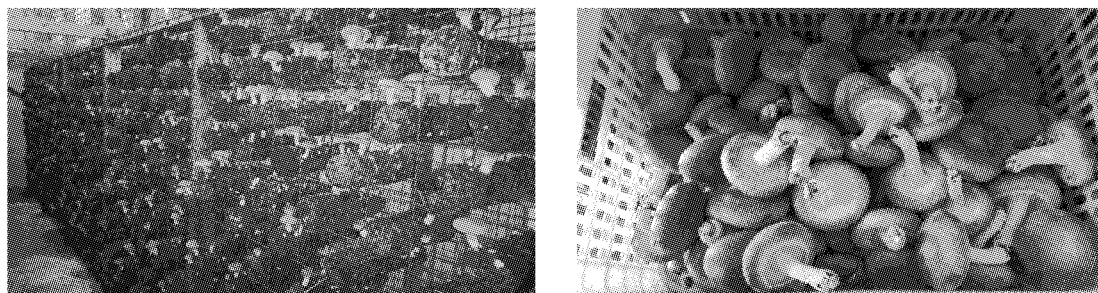


图5 高温季节应用空调辅助降温 and 结露控制技术而形成的优质香菇(7月6日拍摄)

Fig. 5 High quality *Lentinus edodes* acquired under air conditioner cooling and condensation control condition in hot season (photos on July 6<sup>th</sup>)

为了更精确地控制香菇出菇过程,下一步将对这3种因素进行更加深入的研究和探讨,以期探索出这3种因素对香菇出菇整齐度、产量、品质更加准确的关系,最终获得一套高温季节香菇工厂化出菇最佳结露控制体系,实现高温季节香菇工厂化出菇的控制精细化,进一步缩短生产周期、降低生产成本,提高产量,提升质量。

#### 参考文献

- [1] DAI X, STANILKA J M, ROWE C A, et al. Consuming *Lentinula edodes* (Shiitake) mushrooms daily improves human immunity: A randomized dietary intervention in healthy young adults[J]. J Am Coll Nutr, 2015, 34(6): 478-487.
- [2] XU X, YAN H, TANG J, et al. Polysaccharides in *Lentinus edodes*: Isolation, structure, immunomodulating activity and future prospective[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2014, 54(4): 474-487.
- [3] WANG K P, ZHANG Q L, LIU Y, et al. Structure and inducing tumor cell apoptosis activity of polysaccharides isolated from *Lentinus edodes* [J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(41): 9849-9858.
- [4] KIM S P, LEE S J, NAM S H, et al. Elm tree (*Ulmus parvifolia*) bark bioprocessed with mycelia of shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms in liquid culture: Composition and mechanism of protection against allergic asthma in mice[J]. J Agric Food Chem, 2016, 64(4): 773-784.
- [5] 唐利华, 鲍大鹏, 万佳宁, 等. 光诱导香菇菌丝转色阶段的转录因子表达分析[J]. 菌物学报, 2016, 35(9): 1106-1116.
- [6] 黄毅. 香菇工厂化栽培的难点[J]. 食药用菌, 2016, 24(1): 1-6.
- [7] 张宝军. 平泉县反季节香菇栽培模式研究[J]. 北方园艺, 2016(4): 143-145.
- [8] MAHMUD A, OHMASA M. Effects of cultural conditions on high temperature tolerance of *Lentinula edodes* mycelia[J]. Pak J Biol Sci, 2008, 11(3): 342-350.
- [9] GLUKHOVA L B, SOKOLYANSKAYA L O, PLOTNIKOV A L, et al. Increased mycelial biomass production by *Lentinula edodes* intermittently illuminated by green light emitting diodes [J]. Biotechnol Lett, 2014, 36(11): 2283-2289.
- [10] 曹现涛, 边银丙, 肖新军, 等. 高温胁迫对香菇菌丝生长及其抗哈茨木霉能力的影响[J]. 食用菌学报, 2015, 22(4): 81-85.
- [11] 王德芝. 食用药用真菌生产技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2015(2): 121-130.
- [12] 木村荣一, 千屈化成, 王雪艳. 日本的香菇工厂化栽培[J]. 食药用菌, 2015(3): 157-161.
- [13] 羿红. 利用周年栽培发展香菇生产[J]. 食药用菌, 2014(6): 311-312.
- [14] 黄毅. 中国香菇工厂化栽培的现状与发展前景[J]. 食药用菌, 2014(5): 255-259.

## Formation Mechanism and Application of Condensation in Factory Production of *Lentinus edodes* in Hot Season

WANG Dezhi<sup>1,2</sup>, LI Jinzhe<sup>1,2</sup>, GENG Li<sup>3,4</sup>, LI Zhihong<sup>3,4</sup>, LI Long<sup>3,4</sup>, LI Chunhong<sup>3,4</sup>

(1. Xinyang College of Agriculture and Forestry, Xinyang, Henan 464000; 2. Xinyang Municipal Research Center for Engineering Technology of Pollution-free Edible Fungi, Xinyang, Henan 464000; 3. Huangchuan Jogospring Agricultural Science and Technology Co. Ltd., Xinyang, Henan 465150; 4. Xinyang Engineering Technology Research Center in Industrial Production and Deep Processing of Edible Fungus, Xinyang, Henan 465150)

# 北京地区茶薪菇栽培技术

赵海康, 邓德江, 魏金康, 胡晓艳, 吴尚军, 贺国强

(北京市农业技术推广站, 北京 100029)

**摘要:** 目前茶薪菇在北京地区栽培量较大, 现对北京地区茶薪菇的栽培技术进行了总结, 包括栽培季节选择、菌棒制作、灭菌、接种、发菌、出菇管理、病虫害防治、产业面临的挑战等, 并分析了北京地区茶薪菇栽培的特点及面临的挑战, 以期在北京地区茶薪菇栽培提供技术参考依据。

**关键词:** 北京; 茶薪菇; 栽培技术

**中图分类号:** S 646.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2017)20-0177-03

茶薪菇(*Agrocybe aegerita*)属伞菌目田头菇属, 俗名茶树菇, 又名柱状田头菇、杨树菇、柳松茸、柱状环锈伞, 是一种食药兼用真菌, 其营养价值较高, 富含蛋白质和人体所必需的氨基酸, 并且富含矿质元素。

近年来, 在北京地区栽培量较大, 主要集中在通州区潞城镇、大兴区魏善庄镇、昌平区沙河镇、顺义区后沙峪镇等地, 栽培技术主要引自福建古

田。现栽培量已经跃居北京市设施食用菌第3位, 仅次于平菇、香菇。由于茶薪菇适宜出菇温度较高, 一般夏季出菇较好, 冬季则需要进行棚室加温。课题组根据北京市茶薪菇产业调研情况, 将相关栽培技术及经验总结如下。

## 1 栽培季节选择

由于茶薪菇耐高温, 适宜出菇温度较高, 一般6—8月出菇较好, 所以大部分园区选择每年的3—5月制棒, 6—11月出头年新菇(出3潮菇)。这样安排还有一个因素是由于6—8月全国温度普遍较高, 南方主产区茶薪菇不易运输至北京, 这个时候菇价较高, 可以填补市场空白, 并且取得可

**第一作者简介:** 赵海康(1988-), 男, 硕士, 农艺师, 现主要从事食用菌技术研究及推广等工作。E-mail: 6834790@qq.com

**基金项目:** 北京市农业局资助项目(20170216034727)。

**收稿日期:** 2017-05-10

**Abstract:** 'Qingke 212' *Lentinus edodes* was used as material. *Lentinus edodes* factory cultivation in hot season was adopted as the test method, the effects of the water content of mushroom-stick, temperature difference and ventilation frequency on the condensation of mushroom-stick and production performances were investigated. The results indicated that the biggest impact on 'condensation' was water content of mushroom-stick, the second one was temperature difference between internal and external of mushroom house, the last one was ventilation frequency, the fruiting period was significantly shortened, the yield and quality of *Lentinus edodes* was observably improved via condensation control, this results obtained the foundations for synthetical control of condensation factors to shorten the production period and improved the yield and quality of finished *Lentinus edodes*.

**Keywords:** hot season; *Lentinus edodes*; factory production; fruiting; condensation