



国家食用菌产业体系栽培技术丛书



双孢蘑菇

栽培实用技术

SHUANGBAOMOGU
Zaipei Shiyong jishu

蔡为明等 编著



中国农业出版社





国家食用菌产业体系栽培技术丛书

双孢蘑菇 栽培实用技术



蔡为明 等 编著

中国农业出版社

序

食用菌产业是伴随着我国改革开放的步伐发展起来的。1978年全国食用菌产量仅6万吨，占世界总产量的5.7%。改革开放后，食用菌产业凭借“不与人争粮、不与粮争地、不与农争时，投资小、见效快、零污染”等优势，犹如星星之火，在全国迅速燎原。2009年我国食用菌产量已达2020万吨，占世界总产量的80%左右，产值达1103亿元，在种植业中仅次于粮、棉、油、菜、果，排名第六，全国从业人员超过了2500万人，中国已成为世界食用菌生产的大国。

在食用菌产业蓬勃发展之时，国家食用菌产业技术体系成立了，这无疑将为整个产业起到强有力的技术支撑作用。在这个平台的支持下，岗位专家对全国各地食用菌生产进行了系统调研，在其他岗位专家、综合试验站、生产基地的大力支持下，栽培功能室的专家结合自身工作，对我国生产量最大的平菇、香菇、木耳、双孢蘑菇、金针菇及珍稀食用菌的栽培技术进行了归纳、总结和提炼，编写出适合不同主产区生产的系列实用丛书，以供广大菇农学习、借鉴、提高，促进食用菌区域性标准化栽培模式的加速推广，为我国食用菌产业的稳步提升做出贡献。

国家食用菌产业技术体系栽培功能实验室

2010年10月

目 录

序

第一章 概述	1
一、分类地位	1
二、营养价值	1
三、栽培史	2
第二章 生物学特性	4
一、形态特征	4
二、生活史	5
三、生长发育条件	6
第三章 主要栽培品种	17
一、品种类型	17
二、主要栽培品种特征特性	18
第四章 福建省双孢蘑菇栽培技术模式	25
一、主栽品种及特性	25
二、适宜栽培季节	27
三、栽培设施	27
四、栽培技术	32
第五章 浙江省双孢蘑菇栽培技术模式	58
一、主栽品种及特性	58
二、适宜栽培季节	59

三、栽培设施	59
四、栽培技术	61
五、常见问题与病虫害安全防控技术	69
第六章 山东省双孢蘑菇栽培技术模式	75
一、主栽品种及特性	75
二、适宜栽培季节	76
三、栽培设施	76
四、山东省通用双孢蘑菇栽培技术	78
五、林下拱棚双孢蘑菇优质高产栽培技术	87
六、土洞双孢蘑菇栽培技术	88
第七章 河南省双孢蘑菇栽培技术模式	90
一、主栽品种及特性	90
二、适宜栽培季节	91
三、栽培设施	91
四、栽培技术	94
五、病虫害及安全防控技术	103
第八章 江苏省双孢蘑菇栽培技术模式	109
一、主栽品种及特性	109
二、栽培设施	110
三、栽培技术	112
四、病虫害及安全防控技术	116
第九章 甘肃冷凉地区双孢蘑菇栽培技术模式	124
一、主栽品种及特性	124
二、适宜栽培季节	125
三、栽培设施	125
四、栽培方式	128
五、栽培技术	128

六、病虫害及安全防控技术	135
第十章 四川省双孢蘑菇栽培技术模式	141
一、主栽品种	141
二、适宜栽培季节	141
三、露地草帘覆盖栽培技术	141
四、塑料中棚栽培技术	155
五、塑料小拱棚栽培技术	157
六、采收	159
七、转潮管理	160
八、病虫害及安全防控技术	160
第十一章 高温双孢蘑菇栽培技术	163
一、主栽品种及特性	163
二、适宜栽培季节	164
三、栽培设施	164
四、栽培技术	165
五、病虫害及安全防控技术	174

第一章

概 述

一、分类地位

蘑菇广泛分布于世界各地，蘑菇属 (*Agaricus*) 内种的数量超过 200 个 (Bas, 1991; Leo 等, 2000)，在分类学上，属于真菌门，担子菌纲，伞菌目，伞菌科。在蘑菇属中已实现商业化栽培的有双孢蘑菇 [*Agaricus bisporus* (Lange) Sing.]、双环蘑菇 (俗称大肥菇) [*Agaricus bitorquis* (Quél) Sacc.] 和巴西蘑菇 (*Agaricus blazei* Murril.)。

二、营养价值

蘑菇味鲜美，营养丰富，据测定，每 100 克蘑菇，蛋白质含量 4 克左右，粗脂肪 0.2 克，糖 30 克，纤维素 0.8 克，磷 10 毫克，钙 9 毫克，铁 0.6 克，灰分 0.8 毫克，维生素 B₁ 0.1 毫克，维生素 B₂ 0.35 毫克，烟酸 149 毫克，维生素 B₃ 0.3 毫克。蘑菇是一种高蛋白、低脂肪的食物，蘑菇干片的蛋白质含量达 42% 以上，并且蛋白质的消化率高达 88.5%；蘑菇所含的氨基酸种类也很丰富，共含有 18 种，其中包括 8 种人体必需的氨基酸。

此外还含有一定药效的特殊生理活性物质，因此，蘑菇是一种健康食品（表 1-1）。

表 1-1 菇类及其他食物的组成成分（鲜重量%）

产 品	水 分	蛋 白 质	脂 肪	糖 类	无 机 盐	每 100 克热量 (焦耳)
蘑 菇	92	3.5	0.3	4.5	1.0	104.50
牛肝菌	88	5.4	0.4	5.2	1.0	142.12
鸡油菌	91	2.6	0.8	3.5	0.7	96.14
菠 菜	93	2.2	0.3	1.0	1.9	62.70
芦 笋	95	1.8	0.1	2.7	0.6	83.60
马铃薯	75	2.0	0.1	21.0	1.1	355.30
牛 奶	87	3.5	3.7	4.8	0.7	259.16
牛 肉	68	18.0	13.0	0.5	0.5	790.02

三、栽培史

双孢蘑菇 (*Agaricus bisporus*)，又名白蘑菇、蘑菇、洋蘑菇、西洋松茸。双孢蘑菇的人工栽培始于法国路易十四时代，18 世纪初期就有人在法国巴黎附近的石灰石废矿穴中进行人工栽培。到 19 世纪末 (1893 年)，Costentint 和 Matruchot 发明了双孢蘑菇孢子培养法，到 20 世纪初 (1902 年)，Dugger 用组织分离法培育纯菌种获得成功。我国于 20 世纪 30 年代在上海、福州等市郊引进栽培。现在双孢蘑菇以普通蔬菜的身份而为人们所接受，巨大的市场需求使其在所有食用菌中具有超然的地位，是目前世界上栽培和消费最广的一种全球性食用菌。

双环蘑菇 [*Agaricus bitorquis* (Quél) Sacc.] 最早于 1965 年由 Cailleux 在中非的 La Maboké 试验站进行人工栽培，当时的学名为 *Psalliota subedulis*。双环蘑菇子实体生长发育温度高于双孢蘑菇，双孢蘑菇子实体生长发育适宜温度为 16~18℃，温带型双环蘑菇最适温度为 24℃，适合于温度较高的地区及季

节栽培，而热带高温型双环蘑菇在 28℃ 下，甚至在高达 30℃ 下能生产质量优良的子实体。浙江省农业科学院园艺研究所于 1993 年选育出适合于我国夏季栽培的高温型双环蘑菇品种——夏菇 93（浙 AgH-1）。

第三章

生物学特性

一、形态特征

食用菌的形态结构主要分两部分：子实体和菌丝体。所谓子实体是产生孢子的繁殖结构，是人们食用的部分。所谓菌丝体是生长在基质中的大量丝状物，是营养体。子实体是从菌丝体上产生的。

1. 双孢蘑菇形态特征 双孢蘑菇的菌丝由管状细胞组成，粗为1~10微米，有横隔，多细胞，分枝；子实体由菌盖、菌褶、菌柄等几部分组成，洁白至淡黄色，菌盖厚、光滑，受机械伤后易变色，适时采收商品菇的直径为2.5~5厘米；菌盖平展时的直径一般为7~12厘米，菌柄长为5~9厘米，粗为1.5~3厘米。菌环单生于菌柄中部，膜质。菌褶离生，不等长，早期粉红色，后变为暗褐色；担子无隔，每个担子上着生2个担孢子。担孢子椭圆形，一端稍尖，表面光滑，大小为6~8.5微米×4.5~6微米。

2. 双环蘑菇形态特征 双环蘑菇（高温蘑菇）菌丝双核，具有隔，无锁状联合，菌丝直径1.7~5.11微米，在PDA培养基上呈匍匐状。多基内菌丝，菌丝粗壮，生长势强。能在平板和

斜面上形成子实体。子实体洁白，菌盖厚、光滑，组织致密结实，受机械伤后不易变色；适时采收商品菇直径为 3.8~6.6 厘米，菌盖厚为 1.8~2.8 厘米；菌盖平展时的直径一般为 6.6~21 厘米；菌柄粗短，长为 3.0~8.5 厘米，粗为 1.3~4.5 厘米。双菌环，菌褶离生不等长，担子无隔，每个担子上着生 4 个担孢子。担孢子卵圆形，表面光滑，大小为 5.28~8.6 微米 $\times$ 3.4~6.36 微米，担孢子暗褐色。

二、生活史

1. 双孢蘑菇的生活史 双孢蘑菇是次级同宗结合菌的代表，每个担子上多产生两个担孢子，每个担孢子内含交配型不同的两个核，双核担孢子萌发后形成可孕的多核的异核菌丝体在培养基中繁殖生长，在适宜的环境下产生子实体，从而不经不同来源菌丝的交配即可自行完成有性生活史。双孢蘑菇的生育系统属强制自交型，从而也就失去了与其他基因型不同的担孢子进行杂交的可能性。这一生育特性给双孢蘑菇的杂交育种带来困难（Raper J R 和 Raper C A, 1972; Elliott, 1972, 1978 和 1979）。

双孢蘑菇的交配系统受通常称为“+”和“-”（或 A1 和 A2）的一对交配因子所控制。只有同时含有“+”和“-”因子的担孢子才可孕。

2. 双环蘑菇的生活史 两个可亲和的双环蘑菇担孢子萌发出的单核（同核）菌丝体，经交配后产生的异核的双核菌丝体在培养基中繁殖生长，在适宜的环境下产生子实体。子实体的菌褶上产生称为担子的棒状顶细胞，两个分别来自双亲的细胞核在担子中发生融合（核配）并进行减数分裂，在这期间两个亲本的遗传物质进行重组和分离。减数分裂后产生的 4 个核分别迁移入着生于担子小梗上的 4 个担孢子中。担孢子弹射后萌发，又开始新的生活周期。

双环蘑菇属于二极性异宗结合菌，其子实体所产生的担孢子分成两种不同的交配型，不同交配型的担孢子萌发形成的同核菌丝体 A1 与 A2 之间交配，形成可孕的、没有锁状联合的双核菌丝体，而 A1×A1 或 A2×A2 不能亲和交配形成双核体。交配型由一对 A 因子控制，不亲和性由单个位点的多个等位基因控制。Martínez-Carrera 等（1995）通过对 12 个野生和商业化栽培的双环蘑菇菌株的交配试验发现，不亲和因子有 13 个不同的等位基因。双环蘑菇的生育系统属杂交型，单核担孢子自交不孕，只有与含有可亲和交配型的另一种担孢子杂交，才能完成有性生活史。双环蘑菇的这一性征，给育种带来很大的便利，既可以通过菌株内也可以通过菌株间的杂交育成新的菌株。

三、生长发育条件

（一）双孢蘑菇生长发育条件

双孢蘑菇从菌丝生长到子实体形成、发育都要求一定的环境条件，当条件适合时，其生长发育便能正常进行；当条件不适时，生长发育便会受到影响；严重不适时，会停止生长发育，甚至死亡。因此，蘑菇栽培者必须熟知蘑菇生长发育所需要的条件，在蘑菇生产的各环节，采取相应的技术措施，使营养、温度、空气、酸碱度和光线等环境因子满足蘑菇生长发育的要求。

1. 营养 营养是双孢蘑菇生长发育的物质基础，并且双孢蘑菇是一种腐生菌，不含叶绿素，不能利用阳光进行光合作用制造养分，其生长发育完全依赖于培养料中的营养物质，培养料中的营养是否丰富合理，决定着蘑菇生长发育的好坏，直接影响蘑菇的产质量。因此，提供蘑菇生长发育所需要的全部营养物质的培养料，总的来说应具备以下两个条件：一是质的条件，具有适宜于蘑菇生长发育，并且比例平衡的各种营养成分，使蘑菇菌丝正常、健壮生长；二是量的条件，具有充足、丰富的营养物质，

为蘑菇高产提供充足的养分条件。蘑菇生长所需的营养主要包括：碳、氮、无机盐、微量元素和生长素等。

(1) 碳源 双孢蘑菇菌丝能利用各种糖、淀粉、树胶、半纤维素、木质素等碳源，这些碳源主要存在于农作物秸秆中，通过堆肥中的嗜热和中温型微生物及蘑菇菌丝分泌的酶，分解成为单糖、有机酸和醇类等简单的碳水化合物而被蘑菇菌丝吸收利用。

(2) 氮源 氮素是蘑菇细胞合成蛋白质和核酸必不可少的主要原料，氮源可分为无机氮和有机氮，无机氮源有氨、铵盐等，有机氮源有蛋白质、氨基酸、蛋白胨、尿素等。蘑菇菌丝体不能直接吸收蛋白质，但能很好地利用其水解物，如氨基酸、蛋白胨等小分子化合物。蘑菇菌丝不能直接吸收无机氮，需通过堆肥微生物发酵分解成为蘑菇菌丝能吸收的养分。在蘑菇栽培中，除了存在于农作物秸秆中的氮源外，通常还需添加麸皮、豆饼、菜籽饼、禽畜粪和尿素、硫酸铵等，补充氮素营养。

双孢蘑菇不仅需要丰富的碳源和氮源作为基本营养，而且在吸收碳、氮素时，是按一定的比例吸收利用的，子实体分化和发育的最适碳氮比为 17 : 1。按这个比例推算，在配制蘑菇栽培的原料时，碳氮比以 30 : 1 为宜。如果氮素不足，会明显影响蘑菇产量，若氮素过多，不仅造成浪费，同时有碍子实体的发育和生长，在生产上，过量的氮素，容易导致发菌期培养料中产生氨气和鬼伞等杂菌的发生，影响菌丝生长，甚至死亡。

(3) 无机盐 无机盐是蘑菇的矿质营养，主要包括钙 (Ca)、磷 (P)、钾 (K) 和硫 (S) 等，虽然其含量仅占蘑菇鲜重的 0.3%~0.9%，但有的是核酸、蛋白质、酶等重要物质的组成成分，有的参与能量代谢、碳素代谢和呼吸代谢等代谢活动，有的控制原生质的胶体状态、参与维持细胞的渗透性等，因此，无机盐也是蘑菇生命活动中必不可少的物质。

①钙：钙能促进菌丝体的生长和子实体的形成，同时能消除钾、镁对蘑菇菌丝生长的抑制作用，钙还具有中和酸根，稳定培

养料中的酸碱度的作用，此外，钙还能使堆肥和覆土聚成团粒，从而提高培养料蓄水保肥能力和透气性。钙以离子状态控制蘑菇的生理活性，如控制细胞膜透性、调节酸碱度等。在生产上常用石膏（ CaSO_4 ）、碳酸钙（ CaCO_3 ）和熟石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 等作为钙肥。

②磷：磷不仅是核酸、磷脂、某些酶和能量代谢的组成成分，也是碳素代谢中必不可少的元素。没有磷，碳和氮也不能很好地被利用。生产中常用过磷酸钙或含磷的复合肥作为磷肥追加到堆肥中。但过量的磷酸盐会造成酸性环境，引起蘑菇减产。

③钾：钾在细胞组成、营养物质的吸收及呼吸代谢中起重要作用，如钾是许多酶的活化剂，参与控制原生质的胶体状态和调节细胞透性等。由于蘑菇培养料以秸秆为主要原料，秸秆中含有丰富的钾，已能满足蘑菇的生长发育的需要，通常不需要另外添加。堆肥中 N、P、K 的比例以 13 : 4 : 10 为好。

④硫：硫是蛋白质的重要组成元素，主要是含硫的氨基酸，某些酶的活性基也含硫。生产中通过添加石膏将硫追加到堆肥中。

（4）微量元素 蘑菇的生长发育，除了需要一些矿质元素外，还需要一些含量更少的其他元素，因需要量微小，故被称为微量元素。研究发现，少量的铁对蘑菇生长是有益的，可促进培养中蘑菇原基形成；微量的铜也是蘑菇发育所必需的；蘑菇生长所需的微量元素还有钼、锌等。

（5）生长素 生长素包括维生素、核酸等一些有机化合物。维生素是组成各种酶的活性基团的成分，因此对蘑菇生长是十分重要的。缺少维生素，酶就会失去活性，从而导致生命活动的停止。其中，维生素 B_1 （硫胺素）是蘑菇生长所必需的生长素，在蘑菇的糖代谢中起着重要的作用。维生素 B_1 缺乏时，首先表现为抑制蘑菇的生长发育，浓度继续降低，菌丝生长将会受到抑制，如不及时补充添加，生长便会停止。此外，维生素 B_2 （核

黄素)、维生素 H (生物素)、维生素 B₆ (吡哆醇)、维生素 B₉ (泛酸)、维生素 B₁₂ (叶酸) 等, 对蘑菇的营养代谢都具有重要的作用。蘑菇生产上使用的生长素, 如三十烷醇、萘乙酸、吲哚乙酸、蘑菇健壮素、助长素等, 对蘑菇菌丝生长和子实体生长发育都具有不同程度的促进作用。

2. 温度 温度是蘑菇生长发育的重要因子, 一般来说, 蘑菇和温度的关系, 大体上可分为菌丝体和子实体两个生长阶段, 这两个阶段对温度的要求是不相同的, 菌丝生长阶段要求温度高一些, 而子实体生长阶段要求温度相对低一些。双孢蘑菇菌丝生长的温度范围为 5~33℃, 最适宜温度为 22~26℃, 此时菌丝生长速度较快, 生长势强。5℃以下生长极其缓慢, 33℃以上菌丝基本停止生长, 35℃菌丝开始死亡。

双孢蘑菇子实体生长发育的温度范围为 4~23℃, 最适温度为 16~18℃, 19℃以上子实体生长快, 菌肉疏松, 品质下降, 易菌柄细长、薄皮开伞; 低于 12℃时, 结实率下降, 出菇稀少, 子实体生长速度缓慢, 菇体大而肥厚, 组织致密, 单菇重, 但由于出菇少, 产量下降。在子实体形成生长期(从菇蕾形成到采收), 环境温度应以下降的趋势为宜, 而不应使温度回升, 否则极易导致成批死菇。这是因为低温时菌丝体扭结成菇蕾后, 菌丝体的营养向菇蕾输送, 供菇蕾生长发育, 此时如果温度升高, 菌丝又会把供应菇蕾的养分返回给周围菌丝体, 供菌丝体营养生长, 造成营养物质的倒流现象, 导致大批已形成的菇蕾失去养分而枯萎死亡。

成熟的双孢蘑菇子实体孢子散发的温度是 18~20℃, 温度超过 27℃, 孢子不能散发。孢子萌发的温度是 24℃, 温度过高过低都会影响孢子的萌发。

3. 水分 水是蘑菇的主要组成成分, 蘑菇子实体的含水量达 90%左右, 菌丝体含水量为 70%~75%; 水分是蘑菇生命活动中不可缺少的因素之一, 水分不仅是细胞原生质的主要成分,

又是细胞营养代谢中许多营养物质的溶媒，许多营养物质只有溶解在水中才能被吸收利用；同时水分具有很高的比热和汽化热，能很好地调节细胞温度，使之维持在稳定合适的状态，不仅如此，水分还是代谢反应的直接参与者，参与菌体内有机物质的合成与分解。因此，水分是蘑菇生命活动中的重要因素，是蘑菇生产中的产量和质量重要影响因子。

双孢蘑菇不同品种（菌株）以及不同的生长发育阶段对水分的要求不同。子实体生长发育过程所需要的水分，主要来自于培养基质、覆土层及空气中的水分。

在双孢蘑菇菌丝生长阶段，培养基的含水量应保持在60%~65%，菌丝生长速度快，长势强；低于52%，蘑菇菌丝生长缓慢、纤细，不易形成子实体；含水量高于70%，由于培养料中水分有余而氧气不足，易出现线状菌丝，生活力下降，甚至因缺氧而停止生长。

覆土是蘑菇生长发育的重要水分来源之一，根据不同覆土材料持水性，调节好覆土中的含水量，沙壤土（砻糠细土）的含水量宜维持在18%~20%，砻糠河泥土的含水量应维持在33%~35%，不同质地的泥炭或草炭可维持在75%~85%。应用持水能力强的覆土材料可有效地提高蘑菇的产质量。

菇房（棚）内的空气相对湿度会影响培养料和覆土层的湿度，菌丝生长阶段菇房内的相对湿度宜保持在75%左右，出菇期间空气相对湿度应提高到90%左右，空气相对湿度过低，易使覆土干燥，产生鳞片和空心菇，但若空气相对湿度过高（95%以上），通风不良，易发生病虫害，如锈斑病等。

4. 空气 双孢蘑菇是一种好氧菌，菌丝体和子实体的呼吸作用不断消耗氧气，放出二氧化碳，堆肥的分解也会不断产生二氧化碳、氨、硫化氢等有害气体，抑制菌丝和子实体的生长。菌丝生长阶段和子实体分化、生长发育阶段对氧气的要求不同，适宜菌丝生长的二氧化碳浓度在0.1%~0.5%之间；覆土层孔隙

中低浓度的二氧化碳对子实体的形成有刺激作用，覆土表面的二氧化碳含量在 0.03%~0.1%，子实体分化最好。菇房内二氧化碳浓度过高，对菌丝体和子实体都有毒害作用。在通气不良的情况下，菌丝徒长，影响子实体形成，易导致菇盖变小或菇柄细长。因此，栽培期间菇房要经常通风换气，排除有害气体，补充新鲜空气，促进菌丝的生长和子实体的正常生长发育。

5. 酸碱度 双孢蘑菇菌丝生长的 pH 范围为 5.0~8.5，最适 pH 为 6.5~7.0。但由于蘑菇菌丝生长过程中会产生碳酸和草酸，同时在菌丝周围和培养料中由于氨气蒸发而发生脱碱现象，而使菌丝生长环境逐渐酸化。因此，播种时的培养料 pH 应在 7.5 左右，覆土 pH 宜在 7.2~7.5，适当提高栽培基质的初始酸碱度，不仅可减缓酸化进程，还能起到抑制霉菌生长的作用。在栽培过程中，由于蘑菇生长环境的 pH 不断下降，适宜于各种有害的杂菌生长而引起各种病害。因此，在栽培后期，可结合喷水，喷施石灰水，调节 pH。

6. 光线 双孢蘑菇在整个生长过程中不需要光线，菌丝体和子实体都可以在完全黑暗的环境中生长发育。在黑暗的条件下生长的子实体颜色洁白，菇盖厚，品质好。光线过强、直射光会导致菇体表面干燥变黄。

7. 微生物 双孢蘑菇在开放条件下栽培，其整个生长发育环境中存在着多种有益微生物，这些微生物在双孢蘑菇生长发育过程中起着十分重要的作用，成为不可缺少的因子。如用于栽培双孢蘑菇的许多碳源、氮源等营养材料必须通过嗜热细菌、放线菌和嗜热真菌等微生物发酵降解后才能被蘑菇吸收利用；在培养料及覆土中生长的双孢蘑菇菌丝周围伴生着大量的各种各样的有益微生物，起着协助降解营养物质、防止有害生物入侵等作用。

双孢蘑菇已被证实只有在覆土中存在微生物的条件下才形成子实体，当覆土和培养料中都不存在任何其他微生物（纯培养）