

新编蘑菇 草菇 优质高产栽培技术

王玉华 傅晓芳 陈成枝 编著

中国农业出版社

新编蘑菇栽培技术 高产优质

王玉华 傅晓芳 陈成枝 编著

中国农业出版社

新编蘑菇草菇优质高产栽培技术

王玉华 傅晓芳 陈成枝 编著

* * *

责任编辑 孟令洋

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路 2 号 100026)
新华书店北京发行所发行 北京市通州区京华印刷制版厂印刷

787mm×1092mm32 开本 4.75 印张 100 千字

1997 年 10 月第 1 版 1999 年 2 月北京第 2 次印刷

印数 10 001~20 000 册 定价 6.00 元

ISBN 7-109-04742-3/S·2941

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

随着改革、开放的不断深入和社会主义市场经济的建立，食用菌生产已成为广大农村脱贫致富奔小康的重要门路之一，并逐渐成为出口创汇的新兴产业。

蘑菇和草菇在食用菌生产中占有很重要的位置，栽培范围广，发展快，不少地方已形成产业化生产。在栽培技术方面，也不断革新，特别近些年来，在菌种选育和生产、栽培材料和配比，以及栽培方式和方法等方面都有了突破性的进展。

为了提高食用菌生产者的科学技术水平，更好地掌握和应用国内外有关蘑菇和草菇生产的新技术、新工艺、新经验、新成果，从而提高食用菌生产的经济效益，我们根据多年来从事食用菌生产和科研的实践，编写了《新编蘑菇草菇优质高产栽培技术》这本小册子。编写内容力求做到理论联系实际，通俗易懂，科学实用。编写中基础理论部分除与生产实际紧密相关的作些扼要阐述外，着重介绍菌种生产、栽培和病虫害防治等方面的新技术、新方法，

以期能为食用菌生产者提供一些有益的参考。但由于我们业务水平有限，难免有疏漏和欠妥之处，敬请批评指正。

编 者

1997年3月

目 录

前言

蘑菇栽培技术

一、概况及生物学特性	1
(一) 概况	1
(二) 生物学特性	2
二、优良菌株的选育和菌种培养	8
(一) 优良菌株的选育简况及常用 菌株的特性	8
(二) 菌种的分离和制备	11
三、规范化高产栽培技术	28
(一) 菇房的设置与消毒	28
(二) 确定适宜的栽培季节	32
(三) 科学配方的选择	33
(四) 培养料的发酵	34
(五) 栽培管理	41
四、其他方式的高产栽培	54
(一) 露地简易棚高产栽培	54
(二) 菇床立体栽培新工艺	58
五、主要病虫害防治	60
(一) 制种期的主要病虫害及其防治 ..	61
(二) 走菌期的主要病虫害及其防治 ..	66
(三) 出菇期的主要病虫害及其防治 ..	77
六、鲜蘑菇的加工	95
(一) 盐水蘑菇加工工艺	95
(二) 脱水蘑菇片加工	99

草菇栽培技术

一、概况及生物学特性	102
(一) 概况	102
(二) 生物学特性	103
二、选育优良菌种	108
(一) 选用优良菌株及主要菌株特性 简介	108
(二) 母种分离与培养	110
(三) 原种与栽培种的培育	113
三、栽培技术	115
(一) 室外草堆式栽培	115
(二) 塑料棚巴氏灭菌新法栽培	120
(三) 添菌发酵法室内栽培	124
(四) 室内床架式覆土法栽培	127
(五) 利用废料栽培	129
四、主要病虫害防治	131
五、草菇的加工	140
(一) 干制法	140
(二) 盐渍法	142



一、概况及生物学特性

(一) 概 况

双孢蘑菇又名蘑菇、白蘑菇、洋蘑菇等，其栽培历史悠久，范围广泛。目前栽培蘑菇的国家有七十多个，其中以美国、中国、法国、英国、韩国等为最多。并且有些国家已走上工厂化、专业化的生产道路。

双孢蘑菇含有丰富的蛋白质和多种维生素等，营养丰富，味道鲜美，有“素中之肉”的美称。由于它含有甘露醇、菌糖、有机碱基等物质，具有独特的清香味，是人们喜爱的菌类食物之一。蘑菇含有多种营养物质，其营养比一般蔬菜高得多。在医疗上也常用蘑菇作为滋补品，对人体血液的形成和多种疾病的治疗，均有良好的辅助功效。

我国的蘑菇栽培随着栽培技术的不断改革和创新，近二十多年来发展非常迅速，并具有相当的规模，产量逐年提高。我国栽培的蘑菇，80%都是用于加工罐头出口，在国际市场上享有很高的声誉，因此，发展蘑菇生产是一项很有前途的出口创汇产业。

(二) 生物学特性

双孢蘑菇在植物分类学上属于真菌门、担子菌亚门、层菌纲、无隔担子菌亚纲、伞菌目、伞菌科、蘑菇属，学名为 *Agaricus bisporus* (Lange) Sing.。双孢蘑菇中经过长期选育又有白色、棕色和奶油色三个变种。白色变种俗称白蘑菇，来源于法国，其色泽纯白，外观好看，鲜食及加工罐头都很适宜，历来各国栽培甚多；棕色变种俗称棕蘑菇，又称波希米亚种，是英国代表种，该品种朵形中等，柄粗，肉厚，香味浓，易栽培，对外界环境有较强的抵抗力，但色泽欠佳，有损食欲，不宜于加工罐头；奶油色变种又称哥伦比亚品系，淡褐色，菌盖发达，菌盖中央着色浅，菌型比白蘑菇大，产量较高，但质量较差，因此棕蘑菇和奶油蘑菇都较少进行人工栽培。

1. 形态特征 一个完整成熟的双孢蘑菇像一把撑开的小伞，它的组成器官分为子实体和菌丝体两大部分。菌丝体是由许多分枝状的菌丝互相缀合形成的密集的人群，呈蛛网状；菌丝由担孢子萌发而成，是由一个挨着一个的管状细胞组成，粗1~10微米，有分隔，白色纤细，绒毛状，并逐渐分枝成丝状结构。菌丝又可分为绒毛菌丝、线状菌丝和索状菌丝。在制种和培养料发菌过程中希望其绒毛状菌丝生长旺盛，积累更多的养分；出菇阶段则要求形成线状菌丝，才能结成子实体。越冬后，大部分绒毛状菌丝、线状菌丝已萎缩，而保留在土层中的索状菌丝多，通过春菇调水后，能萌发成绒毛菌丝再发育成线状菌丝，利于长菇，故要保护好，防止干掉或受冻。

子实体由菌丝进一步分化发育而成，分菌盖、菌褶、菌

柄、菌膜、菌环、假菌根等部分(图1)。菌盖幼嫩时呈球形或半圆形,外面由菌膜包围着。菌盖长大,将菌膜涨破,叫做开伞,最后菌盖充分地平展张开。菌盖表面光滑,但有纤维表皮或绒毛状鳞片,直径5~15厘米,菌肉厚,是食用的主要部分。菌褶着生于菌盖下方,菌盖撑开后露出,刀片状,离生,长短不一,交替排列,初时白色或粉红色,老熟时逐渐变为棕色或褐色。菌褶

的两侧着生担子,担子先端各生2个担孢子,担孢子椭圆形,表面光滑,一般为4.5~6微米 $\times$ 6~8.5微米。菌柄白色,圆柱状,光滑,内部松软或中实。菌环生于菌柄中上部,白色膜质,在菌柄上围成一环状。假菌根是着生于菌柄基部和覆土及培养料相接部位的根状菌丝索。

2. 生活史 双孢蘑菇的担孢子从成熟的菌褶上弹射下来,在适宜的条件下萌发,形成菌丝。刚由孢子萌发的菌丝十分细嫩,这时菌丝细胞内只含有一个细胞核,称单核菌丝或初生菌丝。它存在的时间相当的短,主要依靠贮藏在孢子中的养料生长。当两条单核菌丝互相结合,使两个单核细胞的原生质聚合在一起,便形成了双核菌丝或称次生菌丝。它比单核菌丝粗,呈短绒毛状,是蘑菇菌丝存在的主要形式。它

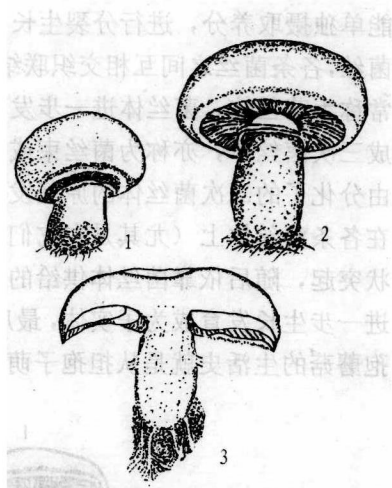


图1 双孢蘑菇子实体

1. 成熟子实体外形 2. 开伞子实体外形 3. 子实体纵切面

能单独摄取养分，进行分裂生长。无论是单核菌丝还是双核菌丝，各条菌丝之间互相交织联结成一个巨大的网状结构，通常称为菌丝体。菌丝体进一步发育生长，互相聚合起来，形成三次菌丝体，亦称为菌丝束或菌索。双孢蘑菇的子实体是由分化了的二次菌丝体的原基发育而成，开始形成时，只是在各条菌丝体上（尤其是在它们的交接点上）产生许多小瘤状突起，随后依靠菌丝体供给的养料，迅速膨大成菌蕾，并进一步生长发育成为子实体，最后成熟开伞，弹射担孢子。双孢蘑菇的生活史就是从担孢子萌发产生菌丝，再经发育形成

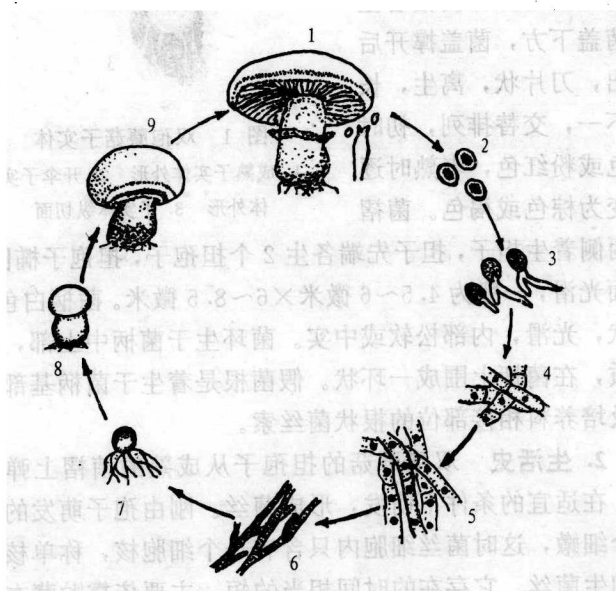


图 2 双孢蘑菇生活史

1. 开伞子实体及担子 2. 担孢子 3. 孢子萌发 4. 单核菌丝
5. 双核菌丝 6. 菌丝束 7. 幼蕾 8. 幼小子实体 9. 成熟子实体

子实体，子实体成熟又弹射担孢子，这样周而复始地繁衍后代（图2）。

3. 生长发育对环境条件的要求 双孢蘑菇对环境条件敏感，适宜的环境条件可以促进其生长发育；恶劣的环境则对其生长发育不利，因此栽培蘑菇要获得高产优质，就必须创造一个适合蘑菇生长发育的环境条件，满足其各个生长阶段的生活需求。蘑菇生长发育所需的环境条件主要是营养、温度、水分、空气、酸碱度和光线等。

（1）营养 蘑菇是一种腐生真菌，它所需要的营养物质全部是从培养料中吸收。人工配制的培养料应该进行科学搭配和堆制发酵，为蘑菇提供充足的养分让其吸收利用，才能获得高产。蘑菇生长发育所需的营养，主要为碳源、氮源、无机盐和维生素等。碳源除单糖、有机酸等小分子化合物能直接吸收利用外，其它大分子化合物均要通过发酵，依靠嗜热性和中温性微生物，以及菌丝本身所分泌的酶分解成简单的碳水化合物，才能被吸收利用。氮源有蛋白质、蛋白胨、氨基酸、尿素、铵盐等。蛋白质不能为蘑菇直接利用，但能利用其分解后的氨基酸及肽类等。蘑菇能否获得高产，在很大程度上决定于培养料中的含氮量，马粪、牛粪、豆饼、尿素和铵盐等物质可以提供大量的氮素营养，但施用氨态氮过量，对蘑菇菌丝生长有很大的危害；铵盐的利用决定于培养料的酸碱度，用量过多造成酸性环境，会引起蘑菇菌丝生长不良。尿素除对培养料的发酵有良好作用外，对形成子实体也是必需的营养物质。

磷、钾、钙、镁、锰、铁、锌、铜等也是不可缺少的营养物质，其中以钙、磷、钾、镁等为最重要。磷是核酸和能量代谢的重要元素，没有磷，对碳、氮营养也不能很好地利

用。钙不仅能促进菌丝和子实体生长，并能平衡钾、镁、钠等元素，中和培养料的酸根，改善培养料和覆土理化性质，提高保肥保水能力，稳定堆肥的酸碱度。钾在细胞的组成、营养物质的吸收和呼吸代谢中是不可缺少的，但钾在培养料秸秆中含量丰富，一般没有添加，添加适量的钾对蘑菇生长有利，如过量则有害。镁对酶类的作用，由于钙的存在而被加强，在培养料中的含量已能满足，不必另加。铁是蘑菇菌丝体生长必需的元素，但用量过多时反而有害。铜是某些酶类的一种基本组成成分，有刺激蘑菇生长之效。钼对蘑菇形成含氮物质有重要作用。锌是蘑菇完成同化作用所必需的元素。蘑菇在生长发育过程中还需要少量的生物素和维生素，所需要的生物素和维生素是从堆肥发酵期间微生物代谢中得到，如嗜热放线菌产生生物素、硫胺素和烟酸等，所以堆好培养料是栽培蘑菇的一项十分重要的工作。

(2) 温度 蘑菇的菌丝生长、子实体生长发育、孢子的弹射和萌发对温度的要求各不相同。双孢蘑菇菌丝体生长的温度是 $6\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，但以 25°C 生长速度最快。如果温度超过 34°C 或低于 4°C ，则菌丝的生长受到抑制而停止生长发育；蘑菇的菌种培育一般以 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 为宜，生长较快，浓密健壮，栽培后有利丰产；高于 25°C 时菌丝生长虽快，但稀疏细弱，容易衰老；温度超过 30°C ，菌丝易受害。子实体生长发育的温度范围为 $7\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，以 $13\sim 16^{\circ}\text{C}$ 时子实体生长快，菌柄矮壮，菌盖肉厚，质量好，产量高。当温度为 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，子实体生长多而密，朵形较小，菇盖菌肉组织较松，质量明显下降；若温度高于 22°C ，菌柄徒长，肉质疏松，品质低劣；温度低于 12°C 时，生长缓慢；若温度突然回升，菌丝体又把供应菇蕾生长的营养物质倒运送给四周的菌丝，供其蔓延生长，结

果已形成的菇蕾则会因失去营养供给而先后枯萎死亡。成熟的子实体孢子弹射所需要的温度一般为 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，大量释放孢子的最适宜温度是 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，温度超过 27°C ，即使子实体相当成熟，也不再弹射孢子。在人工收集孢子培养菌种时要特别注意。孢子萌发最适宜的温度是 $24\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，在 25°C 的条件下，一般只需 $7\sim 15$ 天就萌发成菌丝，温度太高太低，都会影响萌发的时间，甚至不萌发。

(3) 水分 双孢蘑菇的菌丝体和子实体的含水量都在90%左右，其水分主要来源于培养料、覆土的含水量和空气的相对湿度。菌丝生长阶段培养料含水量保持60%~65%为适宜，菇房内的空气相对湿度掌握在65%~75%之间，因此栽培蘑菇的培养料，在发酵初期的含水量应略高些，一般需控制在65%~70%之间，发酵结束时则应降到60%~65%为好，过湿的培养料，不适于蘑菇菌丝生长，易发生真菌性、细菌性以及线虫引起的多种病害。子实体形成和发育时，要求培养料含水量在65%左右，菇房空气相对湿度一般控制在85%~90%为宜，覆土层应保持经常湿润，含水量保持18%~20%，以保证大量子实体生长时对水分的需要。但覆土层的水分要视覆土的土壤质地和出菇量的多少灵活掌握。

(4) 空气 蘑菇是好气性真菌，对二氧化碳十分敏感，通气差，二氧化碳和其他有害气体积累过多，影响菌丝和子实体的生长。据报道，最适于蘑菇菌丝生长的二氧化碳浓度在0.1%~0.5%之间，当大气中二氧化碳浓度减少到0.03~0.1%，就可诱发菇蕾。在出菇阶段，二氧化碳的浓度达到1%时，菌丝将不能形成原基，如果空气中氧气不足，蘑菇菌索和原基将往上生长，露于床面。所以菇房要有良好的通风条件，经常通风换气，排除有害气体，补充新鲜空气，特别是

出菇以后，更应加大通气量，随时排除多余的二氧化碳，供给充足的氧气，保证蘑菇正常生长发育。

(5) 酸碱度 (pH 值) 蘑菇菌丝在 pH5.0~8.0 之间都可以生长，最适宜的 pH 值是 7 左右，较其他担子菌稍偏碱性。由于蘑菇菌丝体在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会发生脱碱（氨气蒸发）现象，而使蘑菇菌丝的生活环境（培养料和覆土层）逐渐变酸，因此在播种时培养料的酸碱度应调整在 7.5 左右，土粒的酸碱度可调节到 7.5~8 之间，这样较适宜蘑菇菌丝的生长，还能抑制一些霉菌类病害的发生。

(6) 光线 光线对蘑菇生长发育没有重要的直接作用，蘑菇菌丝可以在完全黑暗条件下培养生长，但子实体的形成最好有弱的散射光线的刺激。光线过强，会导致蘑菇表面干燥和变黄，品质下降。菇床若有阳光直射，其直射光处一般不能出菇。另外，光线可使菇房温度升高（特别是塑料菇房），这种间接的作用在生产上应较好地掌握，以便趋利避害。

二、优良菌株的选育和菌种培养

(一) 优良菌株的选育简况及常用菌株的特性

1. 简况 双孢蘑菇人工栽培已有三百多年的历史，菌株的选育也在不断地发展。从自然采种、纯种培养、组织分离保种到多孢子分离选种，曾经为双孢蘑菇栽培提供了许多重要的菌株。为了进一步选育高产优质的菌株，育种家们着眼于杂交方法的研究，并育成了很多杂交菌株投入生产，目前生产用种几乎被杂交菌株所取代。近几年来利用细胞原生质体融合再来育成杂种菌株的技术也有可喜的开端，这克服了

某些品系间细胞壁不亲和性在配对杂交中的障碍，并给种间杂交带来可能性。分子生物学的进步、基因分离与重组技术的应用也给双孢蘑菇育种家们开辟了选育理想的双孢蘑菇菌株的广阔前景。

2. 常用菌株特性 由于世界蘑菇业的迅速发展，加上其他食用菌的大量栽培，使国际蘑菇市场的竞争越来越剧烈。为了提高我国蘑菇罐头的竞争力，近年来全国蘑菇菌株的选育工作也在突飞猛进，许多科研部门和大专院校都在开展双孢蘑菇优良菌株的选育工作。目前已选育出许多高产优质的菌株在生产上大面积推广应用，取得了较大的经济效益。下面介绍几个生产上常用的优良菌株。

(1) 杂交新菌株 AS2796 该菌株系福建省蘑菇菌种研究推广站以双孢蘑菇菌株 02 和菌株 8213 为交亲本菌株，经不育单孢分离、鉴定、配对杂交、尖端分纯获得子一代杂种，再经单孢分离获得的子二代杂种。其特性如下：

① 生物学特性 该菌株的同工酶谱呈 HG5 型杂合态，在 PDA 培养基上菌丝呈银白色，基内菌丝和气生菌丝均很发达，生长速度中偏快。在麦粒和粪草培养基上菌丝生长快，强壮有力，一般不结菌被。在含水量 55%~70% 的粪草料中菌丝生长速率相似，最适为 65%。在 16~32℃ 下菌丝均能正常生长，最适为 24~28℃。

② 栽培特性 该菌株适于用二次发酵培养料栽培，菌丝生长速度中等偏快，较耐肥、耐水和耐高温。出菇期迟于一般菌株 3~5 天，但是菌丝爬土能力中等偏强，纽结能力强，成菇率高，基本单生，一般不死菇，1~4 潮菇产量结构均匀，转潮不太明显，后劲强，可适当提前栽培。

③ 产量质量性状 鲜菇圆正，无鳞片，有半膜状菌环，

菌盖厚，柄中粗、较直、短，组织结实，菌褶紧密，色淡，无脱柄现象，但在肥水较差条件下2~3潮菇有部分子实体空腹。每公斤含菇90~100粒，单产高，预煮得率63%~68%，罐头质量符合部颁标准。

(2) 杂交新菌株 AS3003 该菌株系福建省蘑菇菌种研究推广站以高产型菌株 02 和优质型菌株 8211 为出发亲本，从这些亲本菌株的单孢培养物中分离筛选出各自的同核不育菌株，然后进行不育菌株的配对杂交，获得杂种子一代，再经初筛、复筛及孢子的收集，进一步分离选择，获得高产优质的杂种子二代菌株。其特性如下：

① 生物学特性 该菌株在 PDA 培养基上菌丝呈银白色，其基内菌丝和气生菌丝均很发达，生长速率偏快，在麦粒或粪草培养基上菌丝生长快，强壮有力，一般不结菌被，生长温度 16~32℃，最适 24~26℃，在不同含水量培养基上的表现与 AS2796 相似。

② 栽培特性 该菌株适于用二次发酵培养料栽培。在堆料上菌种萌发快，走菌速度中等偏快，较耐肥、耐水和耐高温。菌丝爬土能力强，纽结能力强，出菇较早，成活率高，基本单生，死菇少，转潮不太明显，后劲强。

③ 产量质量性状 该菌株鲜菇圆整，无鳞片，有时有半膜状菌环，菌盖厚，柄中粗，较直短，组织结实，菌褶较小，色偏淡，每公斤含菇 90~100 粒。在栽培管理不当时，子实体空腹，菌柄脱皮及脱柄现象比 AS2796 少，预煮得率 66%~70%，罐头加工性状介于高产与优质之间，符合部颁标准。

此外，还有浙江农业大学目前推广的蘑菇高产菌株浙农 1 号、浙农 2 号、浙农 3 号，其中浙农 1 号抗性强，定植快，出菇早，菇体较大型，产量高，为贴生型菌株；浙农 3 号为