一、概述

（一）滑菇简介

滑菇俗称滑子蘑、珍珠菇，其味道鲜美，滑嫩可口。人们采食野生滑菇作为餐桌上佐餐上品由来已久，特别是日本在关东、关西地区的旅游胜地，各餐馆都必有滑菇入菜，做汤的调味品、酱乳、盘菜、面条快餐等，滑菇是最受欢迎的。1921 年以前，滑菇已成为畅销产品，备受市场青睐，至今日本菇类市场滑菇依然是以上品著称。近几年来，滑菇产品已逐渐进入欧洲市场，备受欢迎。

滑菇因其分泌蛋清状菌多糖类物质，致使菇盖黏滑而得滑菇一名；又因滑菇菌盖圆整，呈漂亮的明橙黄色，形态美丽，故又得名珍珠菇。

滑菇营养丰富，是人们植物性食品中高蛋白、低脂肪的健康食品。据资料记载，每 100 克鲜品中含有蛋白质 1.1 克、脂肪 0.2 克、碳水化合物 2.5 克；矿物质以磷钙为主，含磷 33 毫克、钙 3 毫克；维生素有：B_1 0.08 毫克、B_2 0.1 毫克、烟酸 3.3 毫克。滑菇每 100 克干品中含粗蛋白 35 克，高于香菇、平菇。滑菇含有丰富的菌多糖体，其热水提取物

需要全本请访问 www.ertongbook.com

——多糖体，对小白鼠肉瘤 180 的抑制率为 86.5% ；子实体的沸水提取物，其中成分 A 含葡萄糖、半乳糖、甘露糖等，对小白鼠肉瘤 180 的抑制率为 60% ；子实体的氢氧化钠溶液提取物中成分 B 含 β－（1～3）－D 葡萄糖和 α－葡萄糖苷的混合物，对小白鼠肉瘤 180 的抑制率达 90% ，对艾氏腹水癌抑制率为 70% 。

人工栽培滑菇，日本起步很早。据文献记载， 1921 年日本就开始利用木段栽培滑菇。第二次世界大战期间进一步发展， 1948 年日本人工栽培滑菇 297 吨，26 年后（1974 年）产量已达 1.28 万吨，1978 年 1.378 万吨，1979 年 1.65 万吨，2000 年产 2.2 万吨。第二次世界大战后，日本滑菇快速发展的主要原因是育种研究的进步和栽培技术的改革。滑菇孢子杂交育种是日本滑菇菌种生产和品种改良的主要方法，为生产提供温型不同的优良菌株。在栽培方面， 1961 年开始利用木屑箱栽法和瓶栽法代替了木段栽培。目前日本木屑栽培滑菇已达 90% 。由于木屑瓶栽方法的出现，为工厂化和机械化装料、接种、程序化生产提供了方便条件。

我国台湾省也有滑菇栽培，特别是滑菇罐头生产，是日本的主要竞争者。

我国滑菇生产是 1976 年由辽宁省开始人工栽培的，每年对外出口量 2 万吨左右，国内市场滑菇价格高于香菇和平菇等其它菌类商品价格。

滑菇是我国菇菌食品的新品种，市场方兴未艾，由于滑菇营养丰富、口味鲜美，适口性好于其它菇类，产品市场前

景广阔，是值得大力开发生产的珍贵品种。

（二）分类地位和形态特征

1. 分类地位和分布　滑菇又名滑子蘑、珍珠菇（图1－1）。学名为光帽鳞伞［*Pholiota nameko*（T. Ito）S. Ito et Imai］，英文名为 Nameko。滑菇隶属于担子菌亚门（Basidiomycotina），层菌纲（Hymenomycetes），同格担子菌亚纲（Holobasidiomycetidae），蘑菇目（伞菌目）（Agaricales），球盖菇科（Strophariaceae），鳞伞属（环锈伞属）（*Pholiota*）。



图 1－1　滑菇形态特征

滑菇属于木材腐生菌，在夏秋季生长于阔叶树根部树干或腐朽木段上，多丛生。在我国辽宁、吉林、黑龙江、河

北、山西、河南、广西、四川、浙江、贵州、甘肃、青海、新疆等省区都有分布。

2. 滑菇及相似品种的形态学特征

（1）与滑菇近似的可食用品种：除了滑菇（光帽鳞伞）（*Pholiota nameko*）外，可食用的品种还有毛柄金钱菌（*Flammulina velutipes*）、毛腿环锈伞（*Pholiota mutabilis*）和多脂鳞伞（黄伞）（*Pholiota adiposa*）.

这些品种的野生子实体表面黏滑，颜色接近，形态都很相似。在采集野生品种子实体作育种材料时应严格分类，以免有误。

（2）关于滑菇的分类研究：日本对滑菇研究文献报道较多，早期日本关东和关西地区，把采集到的鳞伞属中能食用的品种通称为滑菇，后期研究者鉴于以前品种名称的混乱，曾进行多年的分类研究。据文献记载，1929 年伊藤笃太郎博士就日本东北地区所说的滑菇的学名曾命名为 *Collybia nameko* T. Ito，并发表在帝国学士院学报上，明确记载了孢子颜色为褐色。其后，川村清一博士、松浦勇博士等人先后认真考察了日本东北山形县、秋田县的野生采集和栽培的品种并核查了伊藤笃太郎先生的标本，认为属名有误，从 *Collybia* 属提出，归属为鳞伞属中；对前述易混同的品种的孢子颜色、大小等形态特征进行了详细的分类研究。1933 年，今井三子先生发表了滑菇的分类研究结果，并命名为 *Pholiota nameko*（T. Ito）S. Ito et Imai。

（3）滑菇及其近缘品种的形态特征：在滑菇育种工作

中，对野生滑菇子实体的采集是十分必要的，对野生子实体的判别，要具备必要的专业条件和专业人才，才能对野生品种分离材料进行严格鉴定、分类。从生态环境到品种形态特征和孢子形态、颜色等进行详细鉴别后，方可着手选育菌株，以免失误，造成品种混乱，影响科研工作进展和生产发展需要。

下述各品种形态都与滑菇相似，都是可食用菌类，又都可以人工栽培。在产品分类和菌种选育和杂交育种工作中，要熟悉各品种的形态特征，以免混淆。

为了方便育种中对野生子实体的鉴别，对滑菇及相似各品种的形状特征介绍如下，以供参考。

①滑菇［*Pholiota nameko*（T. Ito）S. Ito et Imai］：又名光帽鳞伞、珍珠菇、滑子蘑。生长季节为秋季。生长在阔叶林中树根、倒木、朽干上。丛生或群生。

菇体小至中等，高 3～8 厘米。菌盖直径 3～8 厘米，明橙褐色至明橙黄色，表面光滑有蛋清状黏液。初期半球至扁半球形，后近扁平，中部色深，边缘平滑，初期内卷有半透明的菌膜与菌柄相连，后期膜破裂，成熟开伞在菌柄上有残留的菌膜（环），菌肉黄白色至较深，软润细嫩。菌褶直生或稍延生，初白至淡黄，老熟黄至锈色，密、宽，不等长，老熟时边缘呈波状。菌环（膜）呈膜质，着生柄上部，覆有黏液，易破裂脱落。菌柄高 3～7 厘米，粗 0.5～1 厘米，老熟根部略粗，菌环以上初白色至黄白色，菌环以下黄白色，不光滑，有不规则橙褐色鳞纹。老熟后柄呈褐色，稍

需要全本请访问 www.ertongbook.com

黏，柄初期中实至半中实，老时半中空至中空，肉质脆嫩。孢子印锈褐色，孢子宽椭圆形，卵圆形，光滑，褐色，大小为（5.6～6.4）微米×（2.8～4）微米。褶缘囊状体近棒状，无色，大小为（25～35）微米×（5.6～6.5）微米（图1-2）。

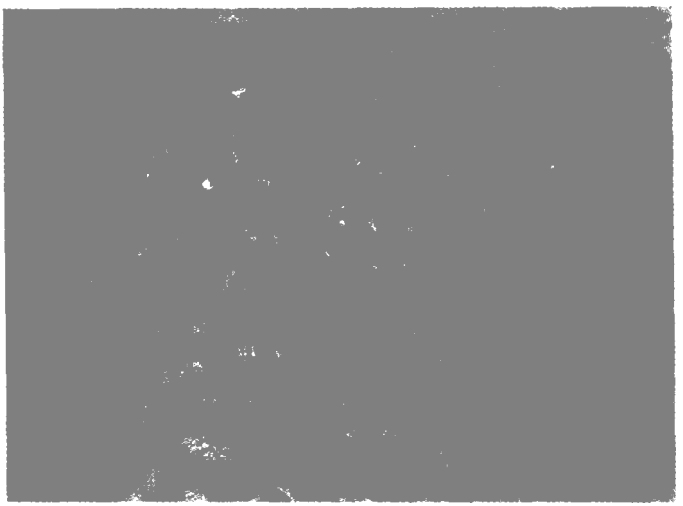


图1-2　孢子形态特征（孢子显微镜写真）

②毛柄金钱菌［*Flammulina velutipes*（Fr.）Sing］（原定名为 *Collybia velutipes*）：又名冬菇、金菇、构菌，人工栽培商品名为金针菇。该菇种在野生自然环境中，表面黏滑，颜色及菇体大小都与滑菇相似，人工栽培的金针菇，是经驯化和环境条件控制所长成的形态，与野生形态迥然不同，类似滑菇。生长季节为早春和秋末冬初。生长在阔叶林腐木桩

和树根部，丛生。

毛柄金钱菌子实体小型。菌盖直径 1.5～7 厘米，幼时扁半球形，后平展，黄褐色至浅黄褐色，中部肉桂色，边缘乳黄并有细条纹，较黏，湿润时黏滑。菌肉白色，较薄。菌褶白色至乳白色或微带肉粉色，弯生，稍密，不等长。菌柄高 3～7 厘米，粗 0.2～1 厘米，具有黄褐或深褐色短茸毛，纤维质，内部松软，基部往往延生假根紧靠在一起。孢子印白色。孢子无色至淡黄色，光滑，长椭圆形，大小为 6.5 微米×（3.5～4）微米。

该品种属口蘑科（Tricholomotaceae），与滑菇的明显区别是孢子颜色不同。

③毛腿环锈伞［*Pholiota mutabilis*（Schaeff. et Fr.）Quel］：又名毛柄环锈伞。发生季节为夏末至秋末。生长在阔叶林中树桩或倒木上，丛生。子实体大小中等，高 3～8 厘米。菌盖直径 2.5～6 厘米，扁半球形，凸形，后渐扁平、光滑，湿时呈半透明状，肉桂色，干后呈深蛋壳色，边缘湿润时有透明条线。菌肉白色或带褐色。菌褶直生或稍下延，稍薄宽，初期近白色或带褐色，后呈锈褐色。菌柄长 3～7 厘米，粗 0.5～0.8 厘米，上下同粗。色与菌盖相似，上部色浅，下部较深。内部松软，后变中空，菌环以下部分有茸毛状鳞片。菌环生于柄上部，膜质，色与柄相同，易脱落（图 1－3）。孢子浅锈色，椭圆形或卵形，平滑，大小为（6～8）微米×4.5 微米。有时有 1～2 滴油滴。褶缘囊状体无色，棒形或近圆柱形，有时顶端稍细，大小为（20～35）

微米 ×（6～8）微米（图 1－4）。



图 1－3 毛柄环锈伞形态特征

该品种和滑菇同科同属，形态极为相似，只是孢子略大于滑菇孢子。日本早年将其统称为滑菇，至 1933 年才在分类上明确区分开来。

④多脂鳞伞［*Pholiota adiposa*（Fr.）Quel］：又名柳蘑、黄蘑、黄伞，生长季节为秋季。生长在阔叶林中的杨、柳及桦等树干上，有时也生长在针叶树干上。单生或丛生。

子实体一般中等大小。菌盖直径 3～12 厘米，初扁半球形，边缘内卷，后平展，很黏，浅黄色至黄褐色，有近平伏的褐色鳞片，中央较密，菌肉白色或淡黄色。菌褶黄色至锈褐色，直生或弯生，稍宽，不等长。菌柄高 5～15 厘米，粗 0.5～3 厘米，圆柱形，与菌盖同生，有褐色反卷的鳞片，黏或稍黏。下部长，弯曲，内实，纤维质。菌环膜质，淡黄

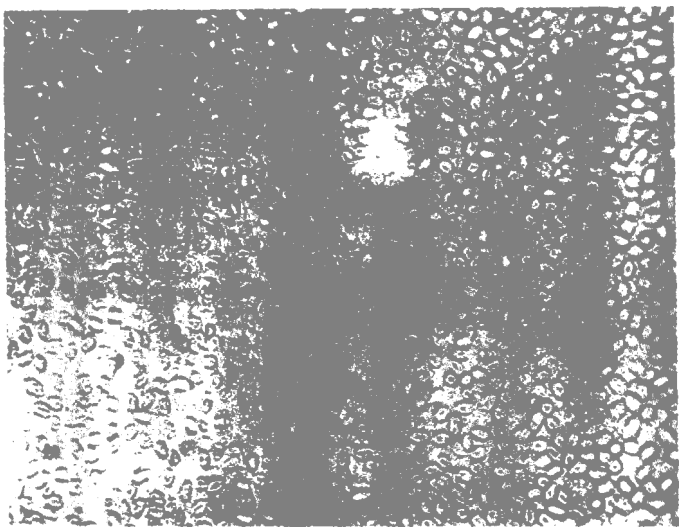


图 1-4　毛柄环锈伞孢子形态特征

色，生柄上部，易脱落（图 1-5）。孢子椭圆形或长椭圆形，平滑，大小为（7.5～9.5）微米×（5～6.3）微米。褶缘囊状体无色或淡褐色，棒状，不突出子实层，大小为（30～42）微米×（6.3～7.5）微米（图 1-6）.

该品种属球盖菇科（Strophariaceae），与滑菇同科同属，形态酷似又易人工栽培，极易与滑菇混同。

（三）生物学特性

1. 生活史　滑菇属于二极性异宗结合担子菌类，有性繁殖遗传机制受 1 对等位基因控制着亲和性。带有不同性别基因的 2 个不同担孢子，在适宜的条件下，发育成单核菌



图 1－5　多脂鳞伞形态特征

丝，不同性别的单核菌丝相遇，在酶的作用下，2 种菌丝细胞壁接触部位融壁相通，进行双核化生长，形成双核体菌丝，由双核化菌丝经正常发育形成子实体（担子果），在子实体菌褶的子实层中，双核菌丝的顶部细胞形成担子，接着担子细胞中的 2 个不同性别的核进行核配，经有丝分裂和减数分裂后形成 4 个子核；担子的顶端生成 4 个孢子梗，担子中 4 个子核形成 4 个单核的担孢子，生长在孢子梗顶端，成熟后孢子从孢子梗上弹出离开母体，在新的环境中，在适宜条件下，新的担孢子萌发并形成单核菌丝，就这样完成了一个生活周期（即生活史）。其流程是：

子实体 → 担孢子 —萌发→ 单核菌丝 —质配双核化→ 双核菌丝

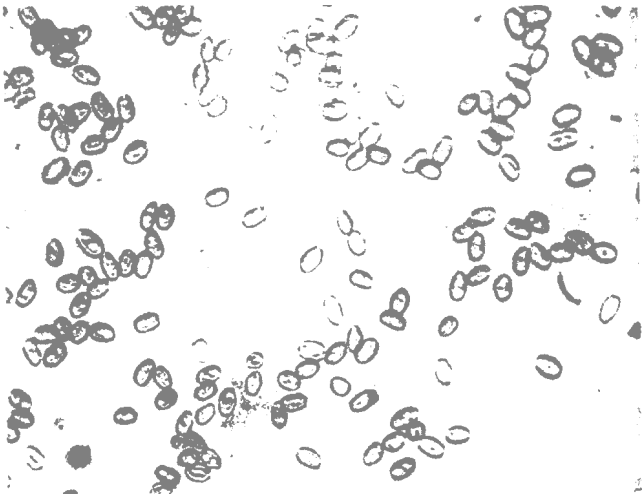


图 1－6　多脂鳞伞孢子形态特征

结实菌丝→子实体

据文献报道，滑菇担子中的核分裂有时还要进行不规则的第三次分裂，这样本来是由 4 个子核形成的单核性的四孢子型，变成了由 8 个子核形成的双核性四孢子型。滑菇除上述正常生活史外，在某些因素影响下尚有 5 个无性循环史（图 1－7）.

第一，单核菌丝没有双核化就形成了单核化子实体。这个子实体的幼小的担子内只有 1 个核，这个核不变或经过 1～2次分裂后成为 1～4 个子核，在担子上形成 1～4 个担孢子。成熟的担孢子萌发后又形成新的单核菌丝。

第二，单核菌丝形成分生孢子，分生孢子萌发后又形成

需要全本请访问 www.ertongbook.com

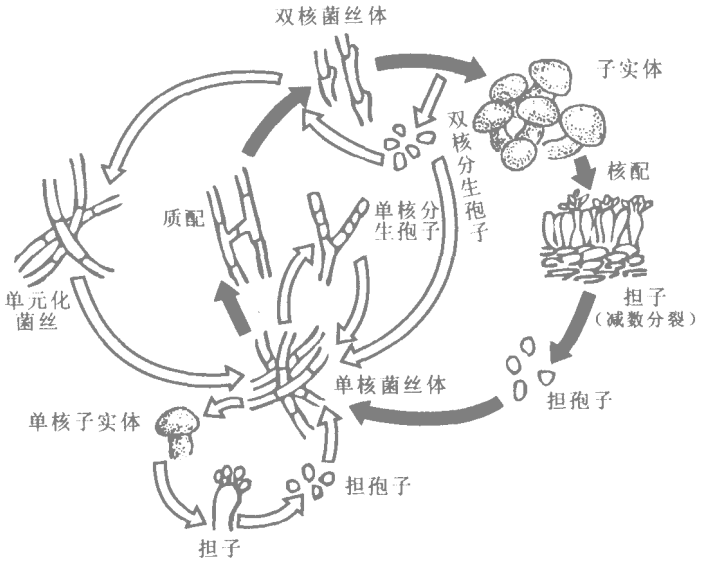


图 1－7　滑菇生活史

单核菌丝，如此反复。

第三，双核菌丝形成单核性分生孢子（单核化），分生孢子萌发后又重新形成单核菌丝。

第四，双核菌丝形成双核性的分生孢子，分生孢子萌发后形成双核菌丝。这种双元世代不断反复。

第五，双核化菌丝直接被还原成单核菌丝。

从上述 5 个无性小循环可以看出，滑菇单核菌丝、双核菌丝都能形成分生孢子，单核未经质配的菌丝也可能形成子实体，单核子实体也能产生担孢子（单性的），双核菌丝又可能形成脱双核化，又回复到单核菌丝，使育种工作显得复

杂化。因此，了解滑菇的生活机制对育种工作具有十分重要的意义。

鉴于滑菇复杂的发育生理，在育种工作中，必须认真掌握机制，注意生活条件控制，观察种性变化，选育出优良的菌株，满足生产需要。

2. 发育生理过程

（1）孢子萌发初生菌丝形成：在适宜营养和温度条件下，担孢子在脐的对面即孢子的顶部，破壁长出芽管，才形成初生单核菌丝。随之便是核分裂，细胞不断增殖，分隔，分枝，称为初生或一次菌丝。这种菌丝是在育种进行单孢分离时得到的培养物，多孢分离因条件适宜，不同性别的菌丝即自相交配，得到的菌丝培养物已不是单核初生（一次）菌丝的纯培养。如用于杂交育种，必须用单孢分离的培养物即一次初生菌丝。

（2）双核菌丝生长：不同性别的菌丝交配后，形成双核化菌丝，即形成锁状联合，称为二级菌丝即营养菌丝（图 1－8）。菌丝不断增殖、扩展，菌体显得浓密洁白，此种菌丝在营养基质中，在酶的作用下，不断分解，培养基质吸收营养，为子实体生长打下基础。

（3）分生孢子：滑菇的单核菌丝和双核菌丝，都有形成分生孢子的可能，分生孢子的形态，有长短不同的杆状薄壁，分生孢子多着生在菌丝顶端，呈短链状排列形成节孢子。有些分生孢子产生在简单的分生孢子梗上，形成粉孢子，由菌丝末端产生并弹出。这些分生孢子的形成是因菌丝



图 1－8　滑菇双核菌丝形态

发育与环境条件的某些不适应所致　当条件适宜时仍萌发出相同的菌丝，萌发方式与孢子萌发相同滑菇生活史中存在的 5 个生活小循环都出现在菌丝生长阶段，使得菌丝形态异常，如粗细、浓密不一，通过镜检可看出，锁状联合少或没有。这样的菌丝体作菌种用于生产会造成少出或不出子实体的现象。

（4）子实体生长：发育成熟的滑菇菌丝体，在适宜环境条件中，并在光的诱导下，迅速积累营养并组织化，形成原基，逐步分化成菌柄、菌盖、菌褶等各个器官，逐步进入形态完整的成熟子实体生长阶段。当原基如米粒大小时，分泌出蛋清状胶黏菌幕的明橙色外层，菌柄、菌盖同时形成，

长至 3 毫米时，幼小菌盖里面担子开始进行减数分裂，随着个体增长，3 厘米以上时菌幕开始破裂，菌盖平展后，从菌盖下的菌褶中弹出孢子。

3. 生活条件　滑菇属于木腐性真菌，其发育生理要求必须具有如下适宜条件才能正常生长发育。滑菇的主要生活条件是：营养、温度、水分、空气、光照、酸碱度（pH 值）等 6 项生活因子。在人工栽培和管理中，必须了解滑菇的生长发育生理要求和生物学特性，才能得到高产优质的产品，获得较好的经济效益。现将滑菇的生活条件分述如下：

（1）营养：营养是滑菇生长发育的物质基础。滑菇不能像绿色植物那样进行光合作用，自行制造营养物质，它是靠异养生活的木材腐生菌，只能通过自身分泌的酶类不断分解木材中所具有机物质，吸收转化利用为自身构造物质，而不断生长和繁育。野生滑菇在自然界的阔叶林木的根桩和倒朽木上生长，人工栽培是根据滑菇的营养生理需求，选用适合滑菇生长的有机物质，调配合理的营养组分。如阔叶木屑、米糠、麦麸等含有纤维素、半纤维素、木质素、糖类、氮素、矿物质、生长素的有机物为培养基质，是滑菇栽培生长需要的营养源。这些营养源物质为滑菇提供了丰富的碳素、氮素、微量元素（即矿物质和生长素）。滑菇的营养菌丝培养阶段从这些营养源物质中，分解吸收并积累营养，供子实体生长发育需要。

滑菇生长发育的各个阶段，都必须不断利用这些营养源

物质，营养源主要为碳素来源（称碳源）、氮素来源（称氮源）、微量元素来源（称矿物质和生长素）。

①碳源：碳源是滑菇碳素营养的主要物质来源，碳素是滑菇碳水化合物和蛋白质合成的基本原料，是滑菇分解合成菌丝体和子实体细胞的主要物质，在其全部生命活动过程中，都必须依靠碳源来维持生命活动。

滑菇对低分子单糖类碳源能直接吸收利用，如葡萄糖、麦芽糖等；对高分子的碳水化合物不能直接吸收利用，必须在酶的催化作用下将高分子化合物分解成单体低分子的营养物质，通过细胞的高渗透作用吸收。滑菇细胞能产生多种胞外酶和胞内酶，来分解和吸收营养物质。如在纤维素酶、半纤维素酶、淀粉酶、麦芽糖酶、木质素酶、氧化酶、尿素酶、黏胶酶等十几种胞外酶的作用下，可将营养基质中的高分子碳水化合物、脂肪、蛋白质等分解成低分子可溶性物质，以供细胞吸收为营养物质。胞内酶在新陈代谢过程中起催化作用，使吸收的营养物质转化合成为菌体自身的细胞构成物。还有一部分物质在酶的作用下被分解产生热量和其它能量供细胞生命活动需要。

滑菇所需要的碳素营养物质主要有：木质素、纤维素、有机酸、油脂、醇类葡萄糖、麦芽糖等有机物和无机盐、碳酸盐类等。这些物质存在于滑菇的栽培原料如木屑、蔗糖、农作物秸秆、玉米芯之中。

②氮源：氮源是滑菇氮素营养的来源。氮素是滑菇合成蛋白质、核酸的基本原料，是原生质和细胞结构的主要成

分。滑菇的氮素营养有蛋白质、蛋白胨、氨基酸等有机氮和硝酸盐、铵盐等无机态氮。菌丝能直接吸收铵盐、硝酸盐、氨基酸等低分子可溶性化合物，而对蛋白质等大分子化合物要靠相应的酶类的催化下水解，依次转化为胨、肽、氨基酸后再被吸收利用。滑菇对有机氮利用效果更好，滑菇栽培中以培养料中的米糠、麦麸、玉米面等为氮源营养基质。这些原料中都富含氮素营养物质。

滑菇栽培生产中对营养源的碳氮比例需掌握适当，在调配培养料时，如碳源原料、氮源原料比例不当，则栽培和培养中菌丝徒长、稀疏、弱、生长缓慢，影响酶类催化作用的同步进行，营养生理代谢失衡，影响菌丝和子实体的正常发育生长，或不形成子实体，或引起杂菌侵染、孳生，病虫害蔓延，造成栽培失败。其合理的碳氮比例：营养生长（即菌丝生长）阶段为 20∶1，生殖生长（即子实体）阶段为（35～40）∶1。调配培养料时要准确按配方比例配制各种原料成分，不可随意增减，以免影响碳氮比值。

③矿物质营养：滑菇在生长发育中需要常量矿物质元素，如磷、镁、钙、钾、硫和微量元素的铁、锰、锌、铜等，这些物质除参与营养代谢并有富集营养元素的作用，还是菌体细胞构造物质的特殊元素。磷是核酸和磷酸脂的组成部分，在菌体生长初期很快被吸收，参与碳水化合物转化，并且许多重要酶的活性基都必须有磷参加，在新陈代谢中占有重要地位。高能磷酸键参与基质呼吸、贮存和运送能量。镁与酶类合成有关，能促进对磷酸盐的吸收，促进磷酸转移

需要全本请访问 www.ertongbook.com