

我国食用菌栽培技术研究进展

张 浩¹, 张 焕 仕^{1,2}, 王 猛¹, 燕 志¹, 钦 佩³

(1. 南京大学连云港高新技术研究院, 江苏 连云港 222000; 2 南京野生植物研究院, 江苏 南京 210091;

3. 南京大学 盐生植物实验室, 江苏 南京 210093)

摘 要:食用菌产业作为我国农业传统产业和近年来快速发展起来的新兴产业已备受关注。该文综述了我国对食用菌栽培和利用的历史, 重点总结了食用菌育种、栽培料的选择、灭菌方法、接种流程以及栽培模式等研究现状; 指出我国食用菌栽培应该以节约、环保为基础, 充分利用好当地的有利条件, 选择合理的栽培模式, 走可持续发展道路。

关键词:食用菌; 育种; 栽培

中图分类号:S 646 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0175-05

食用菌产业作为我国农业传统产业和近年来快速发展起来的新兴产业而备受关注。在新时代下, 我国需发挥自身的优势去发展食用菌产业, 而进一步提高食用菌产业的竞争力是其发展趋势。探讨食用菌栽培技术的改良和发展前景以及对食用菌栽培技术的研究和推广, 应以绿色食用菌标准化为基本原则, 紧跟市场的发

展要求, 走经济效益和生态环保相结合的可持续发展的道路。

1 我国食用菌栽培和利用的历史

我国是世界上认识和利用食用菌最早的国家之一。公元前 475~221 年战国时期的《列子》一书就有“朽壤之上, 有菌芝者”的记载; 公元前 239 年的《吕氏春秋》记载了浙江的香菇“味之美者, 跃谿之菌”; 公元前 73 年的《礼记》、553~540 年的《齐民要术》、1250 年的《菌谱》、1313 年的《王桢农书》、1500 年的《广菌谱》等都有食用菌的记载。我国也是栽培食用菌最早的国家。据记载, 人类最早栽培的食用菌是木耳, 大约公元 600 年栽培于中国; 金针菇栽培于公元 800 年, 同样起源于中国; 香菇栽培起源于 1150~1200 年的浙江龙泉、庆元和景宁一带; 草菇栽培于 200 多年前起源于广东南华寺。我国虽然是人工

第一作者简介:张浩(1988-), 男, 江苏连云港人, 本科, 现主要从事微生物资源等研究工作。E-mail: 49135681@qq.com.

责任作者:张焕仕(1978-), 男, 山东诸城人, 博士, 现主要从事土壤生态学和天然产物研究开发等工作。E-mail: zhanghuanshi@126.com.

基金项目:中国博士后科学基金面上资助项目(2012M511728); 连云港市科技攻关资助项目(CG1143)。

收稿日期:2013-11-14

Analysis of Present Situation and Problems on Vegetable Industrialization Seedling in Chifeng

CUI Cong-cong, MENG Ling-qiang, QU Bao-ru, LI Hong-guang, ZHANG Xiao-mei

(Chifeng Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Chifeng, Inner Mongolia 024031)

Abstract: Based on the development of vegetable industry and factory breeding situation some problems were analyzed, such as backward nursery facilities, low level of breeding technology, nursery plant construction was not standard, weak anti-risk capability, small scale of production, insufficient market supply capacity and lack of independent brands. To solve these problems, it should be strengthened scientific planning and coordination arrangements, increased financial support and policy guidance, and relying on scientific research institutes, the introduction of scientific and technological personnel, technology and facilities to improve nursery, equipment, establishment of a genuine industrialized breeding center, in order to enhance market awareness could effectively accelerate the development of economic and other industrialized breeding rationalization proposals.

Key words: Chifeng; industrialization seeding; situation; problem

栽培食用菌最早的国家,但是应用科学方法栽培起步则较晚,20世纪30年代才从法国引进菌砖开始食用菌的科学栽培。目前,我国食用菌栽培技术经过多年的研究和发展,已形成了相对完善的配套栽培的技术,特别是对高营养价值或有药理作用的野生食用菌驯化培植,非常值得人们高度重视和研究。

2 食用菌的育种

2.1 人工选育

人工选育是采用人工的方法有目的地选择并累积自发的、有益的、变异的过程,并获取人们所需的新品种。该方法是解决食用菌生产上需要新优品种的途径之一,也是其它育种方法的基础。露水鸡枞就是通过人工选育出来的新的食用菌品种^[1]。

2.2 杂交育种

杂交育种是一种遗传物质在细胞水平上的重组过程。因为食用菌能产生有性孢子所以能通过有性杂交育种,从而获得具双亲优良性状的新品种。杂交育种是目前食用菌新品种选育中使用的最广泛、收益最明显的育种手段,我国自20世纪80年代起,通过杂交育种培育出香菇(*Lentinus edodes* (Berk.) Sing)、金针菇(*Flammulina velutipes*)、木耳(*Auricularia auricular*)等食用菌新品种相继投入生产,使我国迅速发展为食用菌生产大国^[2]。汤倩倩^[3]通过用紫外线照射后的杏鲍菇单核菌丝进行单孢杂交,经过拮抗试验以及比较分析,最后筛选出有一定优势的新菌株,作为以后育种研究的优质亲本材料或进一步扩大试验栽培以推广应用。

2.3 诱变育种

诱变育种是利用物理或化学因素处理细胞群体,激发其中少数细胞的遗传物质发生变异,从中选出具有优良性状的菌株。紫外线、X射线等都是常用的诱变剂,还有常用的化学剂,如氯芥、2-氨基嘌呤等。姚太梅^[4]研究指出,育种时通常选用在生产中应用过且发生了自然变异的菌株,或对诱变剂敏感的菌株,或生长快速、营养要求低、出菇早、适应性强等性状的菌株等都能收到较好效果;訾惠君等^[5]利用紫外线诱变育种和驯化的方法获得高耐盐性突变菌株,开拓了耐盐平菇诱变育种新途径。

2.4 基因工程育种

基因工程又称遗传工程,是利用DNA重组技术的方法,把DNA作为组件,在细胞外将一种外源DNA和载体DNA重新组合连接,最后将重组体转入宿主细胞,使外源基因DNA在宿主细胞中随细胞的繁殖而增值,或最后得到表达,最终获得基因表达产物或改变生物原有的遗传性,其包括DNA分子标记技术、基因分离与克隆和遗传转化。DNA分子标记技术经常用于杂交亲本的选择、杂交种鉴定及亲子遗传相关性分析,一般报道

中以RAPD标记的较多。林范学等^[6]运用PAPD技术对源于2个香菇双核菌株的孢子单核体、原生质体单核体及其杂交后代进行了基因组DNA多态性分析,为亲本的选配及杂种的鉴定提供了可靠的依据。通过基因的分离与克隆可以获得所需要的目的基因,其也是基因工程的基础。于晓玲^[7]以香菇L26基因组DNA为模板,根据以往报道的RAS、GPD启动子相关序列设计引物,利用PCR方法克隆了RAS、GPD1和GPD2这几个香菇启动子片断,通过DNA序列的测定和相关软件的分析,分离出适用于香菇转基因的高效表达启动子,为建立香菇外源基因表达系统提供了顺式元件。遗传转化和表达系统的建立是基因工程育种的一个重要环节。陈美元等^[8]构建了双孢蘑菇*Agaricus bisporus*耐热的双元表达载体,通过农杆菌的介导转化双孢蘑菇非耐热菌株‘8213’,经潮霉素抗性筛选和PCR鉴定,获得了一批转基因菌株,并通过试验表明大部分转基因菌株耐热性明显提高。基因工程育种为那些受常规育种方法限制的食用菌种类的育种带来了巨大希望。

2.5 菌种的脱毒育种

所谓植物脱毒,是将植物茎尖生长尖端组织进行分离,将分离组织置于特定培养基中进行培养,从而获得脱离原体病毒、病菌的新生种苗。具体到食用菌的脱毒繁殖,严格说来,一般的组织分离并不能达到使菌种脱毒的目的。这是由于子实体已生长至中后期,携带病毒、病菌的概率相当高,故脱毒效果不明显。而将食用菌尖端生长点进行脱毒,效果理想,配合对成熟的菌丝体不同的阶段、不同形态的自然生成物的分离技术,选用不同的基质,使接入种有条件的进行选择生长,并经过2~4次循环,使该菌种彻底的摆脱原来携带的病毒、病菌,恢复其原本生物特性。已经报道的脱毒方法有菌丝尖端脱毒法和原基组织脱毒法^[9]。

3 栽培料的选择

3.1 工农业废料

充分利用一切条件和资源,以工农业废料进行食用菌人工栽培,是节约材料、防止浪费的一项重要措施。刘月廉等^[10]曾经以富贵竹的废叶和废茎为栽培料来培养洛巴伊口蘑、杏鲍菇、姬松茸和香菇,并以棉籽壳作对照,得出这几种食用菌在以富贵竹废料培养的生长速度各不相同,其中姬松茸对富贵竹废料的利用率最好,可代替棉籽壳培养;刘秉儒等^[11]以柠条粉碎料为主料,添加一定比例的玉米芯作为栽培料,提高了菌种的生长速度,缩短了生产周期,提高了生物学转化率,最后得出柠条占58%、玉米芯占20%的配方为最优栽培方案;林金榜^[12]以葡萄枝为主要原料,并添加一定的辅料,栽培食用菌,与现有技术相比,培养基中无需添加糖,降低了成

本和简化了工艺;施安辉等^[13]研究发现,醋糟可代替棉籽壳栽培平菇,原种培养基配方为醋糟 45%,棉籽壳 45%,麸皮 29%,葡萄糖 1%,pH 7.0 左右,栽培料配方为醋糟 52%,棉籽壳 42%,麸皮 6%。此外,中药厂药渣废料利用也是值得关注的。中国的中药厂药渣废料比较丰富,如在江苏连云港市药业集团下属制药厂到处可见中药渣废料,可以把它有效的利用于食用菌的栽培。南京晓庄学院药用菌物研究所的张李阳教授曾经研究过以药渣培养食用菌,并取得了一定的成果;刘博群等^[14]以中药渣、香蕉皮、麸皮、木屑和石灰为原料,经粉碎、暴晒、配料和灭菌培养出高品质的平菇,节约了生产成本,缩短了培植周期,提高了菌菇产量,降低了染菌率,实现了环境经济的双丰收。

3.2 利用栽培食用菌的下脚废料作为栽培料

栽培食用菌的下脚废料经过合适处理也能用作栽培料。香菇栽培过程中出现的污染菌袋以及出菇结束后废弃的菌棒可以代替牛粪栽培食用菌^[15]。根据食用菌之间的温型和分解能力的不同进行合理的搭配。刘克全等^[16]成功地利用草菇的废料再栽培双孢食用菌;李蓉等^[17]利用平菇的废料栽培草菇试验也取得了显著的效益;刘秋喜^[18]将第一次培养完食用菌的培养基与一定比例的增配料混合,充分混匀后,进行蒸汽灭菌,然后冷却无菌分袋,可得到用于再次培养食用菌的二次培养基。

4 栽培料的灭菌

食用菌培养基(料)的消毒灭菌是指对培养基(料)中的微生物进行杀灭,它是对食用菌纯培养的必要条件,一般采用热力灭菌、拌药消毒等方法。

4.1 热力灭菌

热力灭菌是利用高温使菌体蛋白质变性,从而失去活性,达到灭菌的目的。热力灭菌常采用湿热灭菌的方法对培养基质进行灭菌,因为热蒸汽的穿透力强,蛋白质的凝固点随含水量的增加而降低。根据采用不同的仪器、温度、时间及压力等指标分为高压蒸汽灭菌、常压灭菌、常压间歇灭菌、发酵杀菌(巴氏消毒)等方法。吴俊勇等^[19]设计了一种新型食用菌常压灭菌灶房,此灶房充分利用了热能,节能、环保、操作简便,特别适合于我国农村食用菌生产企业。

4.2 拌药消毒

在食用菌的生料栽培的过程中,对培养料进行拌料时,通常要加入 0.1%多菌灵粉杀菌剂,以杀死杂菌或抑制杂菌的生长。然而多菌灵是一种广谱、内吸性的杀菌剂,对食用菌的生长有不同程度的影响,不少菇农因为用量不当,抑制了食用菌菌丝的生长发育,造成不必要的经济损失。尤其是该药用量多了,还会累积在菇体内,对食用者的身体有害,所以,在食用菌栽培中尽可能

少或慎用多菌灵^[20]。克霉灵是一种食用菌消毒新药,其杀菌效果优于多菌灵,对绿霉菌的预防、治疗效果可达 100%,解决了多菌灵、乳油对绿霉菌抑制不理想常导致栽培失败的问题^[21]。近几年,也有一些新型消毒剂被研发用于食用菌的拌药消毒。张跃华等^[22]在已有基础上进一步研究过氧化氢脲、过硫酸氢钾、酸性高氧化还原电位水、过碳酸钠、过硼酸钠、臭氧、过氧化钙等一系列含活性氧的新型消毒剂对在食用菌生产中的作用、消毒剂量、使用方法等,结果显示过氧化氢脲水溶液具有强烈的杀菌、消毒作用,其水溶液可用于食用菌生产环境及物品的消毒,亦可以拌入培养料中,用于降低培养料中的微生物数量。在堆制培养料时,也常常加入 1%~2%的生石灰,这不仅有消毒灭菌的作用,同时还可以调节培养料的 pH 值。

5 食用菌的接种

5.1 接种室的建造要点

接种室的建造原则为密闭遮光,设缓冲间、工作服、拖鞋;有紫外线灯,接种室小于 9 m²,高 2.5 m 以下,室内湿度不可过大,室内墙壁、工作台要光滑,有酒精灯、酒精棉球、接种工具等,门用推拉门。刘连强等^[23]设计出一种食用菌简易接种室,它由接种室主体和空气净化系统 2 部分组成,其中接种室主体由金属支架、进气通道和外塑料膜组成,外被塑料膜是包被在金属支架的一层塑料膜,通过拉链联接,可进入人员,两侧设置有 2 个带有滤膜的出气窗。经高温灭菌的食用菌料棒移入接种室,接种时空气经过空气净化系统过滤净化后导入接种室,从而降低污染提高了工作效率,同时最大程度降低熏蒸药剂的使用,保证了接种人员的安全舒适。

5.2 接种室空气消毒方式

食用菌的接种操作需要无菌环境,所以接种室必须经过空气消毒,使之达到适宜接种的生物洁净等级。但是建造生物洁净室的投资巨大,由于中国国情的限制,大多数情况下不允许将接种室改造成生物洁净室,所以目前国内食用菌行业接种室的消毒主要是采用以甲醛为代表的化学药剂熏蒸的消毒方法。然而化学药剂熏蒸对人体的损害大,且会污染室内和室外环境,与食用菌发展的绿色趋势不符。下面介绍 2 种近年来常用的绿色环保消毒方式。紫外线消毒属于静态杀菌,其原理为紫外线可以破坏核酸分子中的化学键,使核酸或核蛋白分解或变性,使其失去正常的功能,造成细菌和病毒的死亡或变异^[24],杀菌效率可达 96%~99.9%。“NICOLER 动态技术”属于动态杀菌,可以在有人工作情况下同步对接种室杀菌,对人体无害,是近年来才被广泛使用的消毒技术。“NICOLER 动态杀菌技术”采用 NICOLER 三级双向高能离子体发生腔杀菌原理,杀菌过程为通过特殊的脉冲信号 NICOLER 发生腔产生逆电

效应,生产大量的 NICOLER 高能离子体。在负压风机的作用下,污染空气被抽进发生腔内,空气细菌本体及 DNA 被“NICOLER 高能离子体”迅速分解击破,整个杀菌过程只需 0.1 s,再经过药物浸渍型活性炭等组件二次杀菌过滤后,受控环境保持在“无菌无尘”标准,空气洁净度可达 30 万级以上^[25]。所以,NICOLER 动态技术也称作“食品动态杀菌机”。

5.3 接种箱的设计和使用要求

接种箱通常采用木质结构,前后观察窗均应安装玻璃,观察窗应保持 70° 倾斜面,并应做成可以开启的活门,便于取放物品。两边档板上分别留有 2 个圆形操作孔,圆心距不大于 50 cm,操作孔要装备有 1 层塑料布和 1 层白布的袖套。为便于散热和换气,两侧应留孔经小于 8 cm 并用 8 层纱布覆盖的通气孔。若供电方便,可以顶板上安装紫外线灯和日光灯各 1 支。使用时将需接种的瓶和菌种、酒精灯、酒精棉球、接种工具、火柴等一应用品放入箱内,封闭后熏蒸、消毒或开紫外线灯灭菌,30 min 后方可使用。

5.4 接种原则

及时接种,一般 48 h 内接完,接种时培养基温度在 25~30℃ 为好。剥菌种采取环剥。工作人员要有无菌意识,严禁吸烟、喝酒、大声说话、走动。接种要协调、熟练、轻缓、快速。接种钩不可乱放,要一直留在菌种瓶内。熏蒸前菌种、接种工具、培养袋等一应用品一次放入室内。

5.5 开放式接种技术

近几年,随着食用菌生产由过去蘑菇、草菇、平菇的单一格局转向常规与珍稀菇类多品种的并荐局面,部分菌种的制作容器亦由 750 mL 玻璃瓶发展为各种规格的塑料袋,传统的接种箱方式已不能适应大规模的塑料袋制种,于是简便而迅速的开放式接种便应运而生。

5.5.1 气雾剂烟熏法 目前,使用较广泛且有效的是福建省福州市生产的科达牌气雾剂烟熏法(剂)。一般 1 m³ 空间使用 3~4 g 气雾剂。密闭烟熏 0.5 h 以上,待烟雾散尽后(一般需 3~4 h)方可入内接种操作。

5.5.2 甲醛加高锰酸钾消毒法 通过甲醛加高锰酸钾混合反应,产生甲醛蒸汽来消毒接种室。但有些制种者对此用量把握不准,既浪费又不安全,而且接种时不能及时散尽,对接种人员身体有害。正确的消毒方法应按 1 m³ 空间使用 40% 甲醛 10~12 mL+高锰酸钾 5~7 g 混合反应消毒 30~50 min,接种前如有刺鼻的甲醛气味可用装有氨水的瓶敞口摇几下即可消除(如无氨水时,也可用碳氨加热)。如果连续使用开放式接种生产时,可每隔一段时间交叉应用上述 2 种方法,以提高接种室的消毒纯净度。

6 食用菌的栽培

6.1 栽培场地的选择

食用菌栽培场地应远离污染源,有清洁水源,场地清洁,排水良好。天冷时应选背风向阳场地,天热时选林地、阴坡作为栽培场地。而充分利用好闲置的空间资源,对节约土地是非常重要的。王桂芹^[26]研究了在葡萄架下栽培平菇,提出了夏季高效益栽培模式;室内袋栽培菌,室外与作物套放或荫棚下出菇;张玉杰等^[27]在气候寒冷的大兴安岭林区进行瓶栽试验,筛选出金针菇品种“卢苗 5 号”。另外,防空洞栽培鸡腿菇^[28]、柑桔园套种平菇^[29]等试验也都获得了成功。

6.2 栽培模式

6.2.1 仿野生栽培 食用菌仿野生栽培就是利用优质的玉米芯、棉籽壳、麦粒、木屑等农林副产品,生产食用菌菌袋或培养基质,利用人工接种,培养大量菌丝体;菌丝体成熟后在林地全天候的天然温度、湿度、通风、光照的环境中培养出菇,恢复菌类在自然状态下生长特征,得到优质食用菌产品^[30]。仿野生食用菌的产品接近原生态,其种植方法应该因食用菌的种类不同而采用不同的播种方式,有条件的地方可增加简易的保湿和灌溉设施,菌丝生长期进行适当管理,逐步建立起不同种类食用菌的仿野生种植规范,进行大规模栽培^[30]。

6.2.2 液体菌种栽培 液体菌种是在生物发酵罐中利用液体培养基通过深层培养(液体发酵)技术生产的液体形态的食用菌菌种。与固体菌种比较,液体菌种在生产上具有工艺更简便、生产周期短、减少污染、萌发快速、可降低成本、提高纯度、出菇整齐、适宜工厂化生产等优势。王玉等^[31]通过正交实验对猴头菇的液体培养基进行了优化,与固体培养相比,不仅缩短了培养时间,而且显著的增加了猴头菇的产量;郭团玉等^[32]利用杏鲍菇的液体菌种与固体菌种的栽培试验,得出液体菌种较固体菌种的栽培具有大幅度缩短栽培周期、提高子实体品质和产量的优点。

6.2.3 其它栽培模式 除了上述栽培模式外,还有一些其它的栽培模式,如北方香菇开放式栽培模式^[33]和东北塑料大棚地埋香菇栽培模式^[34]就是利用北方低温气候及当地的地理条件,并选择适宜的菌种来培养食用菌,这样既减少了杂菌的污染,又能充分的利用好当地的地理优势,提高了食用菌的产量^[33-34]。近年来,河北省的魏县、广平县试验示范了一棚三茬食用菌栽培模式,也取得了成功,这种模式能够资源再利用,减少浪费和污染,具有良好的经济效益、生态效益和社会效益^[35]。

7 展望

经过几十年的发展,中国食用菌产业已在国民经济发展中占有一定的地位,已成为农民致富、农业增收、农

村发展的支柱产业。食用菌生产的发展还带动了其它行业的发展,成为了增加国民收入的新的财政来源,给中国农业的发展注入了一股新的力量。食用菌产业是我国农业生产的重要组成部分之一,有着广阔的发展空间。然而,在新的国际农业格局下,食用菌栽培技术的研究和推广,要以绿色食用菌的标准化为基本,紧跟市场的发展要求,走经济效益与环保相结合的可持续道路。所以,我国的食用菌栽培技术还需要不断的改进和创新,需要与科学力量相结合来发展更为有益的栽培技术。

参考文献

- [1] 谭伟,郑林用,彭卫红,等. 食用菌人工驯化新品种-露水鸡枞选育研究[J]. 西南农业学报,2002,15(2):24-27.
- [2] 杨林,王华强,刘刚. 有益微生物育种技术的研究进展[J]. 中国食物与营养,2008(5):18.
- [3] 汤倩倩. 杏鲍菇单核菌株诱变杂交及优良变异菌株的筛选[D]. 保定:河北农业大学,2012.
- [4] 姚太梅. 平菇单孢杂交及后代筛选[D]. 保定:河北农业大学,2008.
- [5] 晷惠君,张志军,周永斌,等. 一种耐盐食用菌紫外诱变育种和驯化的方法[P]. 中国:201110376653,2012-06-13.
- [6] 林范学,林芳灿. 香菇亲本菌株及其杂交后代的 RAPD 分析[J]. 菌物系统,1999,18(3):279-283.
- [7] 于晓玲. 香菇 GPD、RAS 启动子和细胞色素 P450 基因的克隆[D]. 海口:华南热带农业大学,2004.
- [8] 陈美元,廖建华,郭中杰,等. 双孢蘑菇耐热相关基因的表达载体构建及转化研究[J]. 菌物学报,2009,28(6):797-801.
- [9] 张朝辉,刘映森,戚元成,等. 食用菌病毒脱毒方法的比较[J]. 病毒学报,2010,26(3):249.
- [10] 刘月廉,吕庆芳,潘颂民,等. 富贵竹废料培养食用菌试验[J]. 中国林副特产,2005,2(74):33-34.
- [11] 刘秉儒,宋乃平,苏建宇,等. 以柠条为主要基质栽培食用菌的配方筛选研究[J]. 北方园艺,2012(24):168-170.
- [12] 林金榜. 以葡萄枝为主要原料的食用菌培养基及食用菌培养方法[P]. 中国:201110150956,2012-12-12.
- [13] 施安辉,秦立东,于大连,等. 醋糟料代替棉籽壳栽培平菇的研究[J]. 中国食用菌,1998,17(3):14-15.
- [14] 刘博群,鞠美庭,刘金鹏,等. 一种利用中药渣作平菇食用菌栽培料的制备方法[P]. 中国:201210362087,2013-01-02.
- [15] 蔡开地. 香菇废料栽培食用菌试验[J]. 中国食用菌,1999,18(3):11.
- [16] 刘克全,李素华,王素珍. 草菇废料再栽培双孢食用菌技术[J]. 中国食用菌,2003,22(6):34-35.
- [17] 李蓉,姚梅,荆黎明,等. 平菇废料栽培草菇试验小结[J]. 西北园艺,2011(2):54-55.
- [18] 刘秋喜. 一种食用菌培养基二次利用方法[P]. 中国:201210332206,2012-12-26.
- [19] 吴俊勇,杨文华,杨渊华. 一种食用菌常压灭菌灶房[P]. 中国:201220281060,2012-12-26.
- [20] 杨文钦. 食用菌栽培要慎用多菌灵[J]. 福建农业,1994(12):10.
- [21] 陈希贤. 食用菌消毒新药-克霉灵[J]. 农家参谋,1994(8):31.
- [22] 张跃华,赵永勋,刘德江. 过氧化钙在食用菌生产中的应用[J]. 食用菌学报,2004(11):57-60.
- [23] 刘连强,周永斌,魏雪生,等. 一种食用菌简易接种室[P]. 中国:201120553663,2012-12-26.
- [24] 杨茜. 紫外线杀菌灯的技术及应用[J]. 灯与照明,2005,30(2):49.
- [25] 食品商务网[EB/OL]. <http://www.21food.cn/>.
- [26] 王桂芹. 葡萄架下栽平菇试验[J]. 中国食用菌,1999,18(6):16.
- [27] 张玉杰,薛煜,王秀林,等. 大兴安岭林区栽培金针菇试验[J]. 中国食用菌,1999,18(2):17-18.
- [28] 刘广建,杜姝莲,全卫丰. 防空洞栽培鸡腿菇的研究[J]. 中国食用菌,2003,22(3):30-31.
- [29] 陈昌元. 柑桔园套种平菇技术[J]. 中国食用菌,2000,19(4):26-27.
- [30] 李金海,胡俊,刘松,等. 食用菌仿野生栽培在北京生态涵养发展区的作用与展望[J]. 中国林副特产,2011(5):108-111.
- [31] 王玉,李政,班立桐,等. 猴头菇液体菌种培养基配方的研究[J]. 北方园艺,2011(9):202-204.
- [32] 郭团玉,陈峰,陈锡雄,等. 杏鲍菇液体菌种培养及应用初探[J]. 食用菌,2006(5):25-26.
- [33] 贾俊芳,马淑兰,李胜琴. 北方香菇开放式栽培的研究[J]. 中国食用菌,1998,17(1):12-13.
- [34] 王凤才. 东北塑料大棚地埋香菇模式及优势[J]. 中国食用菌,1999,18(3):25-26.
- [35] 孙晓美. “一棚三茬”食用菌栽培模式[J]. 农家致富,2011(9):88.

Research Advance on Cultivation Techniques of Mushrooms in China

ZHANG Hao¹, ZHANG Huan-shi^{1,2}, WANG Meng¹, YAN Zhi¹, QIN Pei³

(1. Research Institute of Nanjing University in Lianyungang, Lianyungang, Jiangsu 222000; 2. Nanjing Institute of Wild Plants, Nanjing, Jiangsu 210091; 3. Lab of Halophyte Research, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract: Mushroom industry as Chinese traditional industries and emerging industries of agriculture had developed rapidly, it also had been much attention in recent years. The current status and prospect on cultivation and utilization of mushrooms in China were summarized, and the breeding of mushrooms, the selection of cultivation materials, sterilization methods, inoculation process and cultivation mode also were summarized in this paper. It was also pointed out that cultivation of mushrooms should be based on economic and environment protection. More attention should be paid on making full use of favorable conditions for local, such as choosing a reasonable mode of cultivation and the way of sustainable development.

Key words: mushroom; breeding; cultivation