

食用菌栽培发展历程

谭 琦

(上海市农业科学院食用菌研究所, 国家食用菌工程技术研究中心,
农业农村部南方食用菌资源利用重点实验室, 上海 201403)

摘 要: 回顾食用菌从野生、人工干预到人工栽培的发展历程, 介绍食用菌栽培方式和栽培模式, 总结中国为世界食用菌产业发展作出的贡献, 展望食用菌栽培发展的方向。

关键词: 栽培历史; 栽培方式; 栽培模式

The Development History of Edible Fungus Cultivation

TAN Qi

[Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences; National Engineering Research Center of Edible Fungi; Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P.R.China, Shanghai 201403, China]

Abstract: The trajectory of edible fungi from wild occurrence to human intervention and ultimately to artificial cultivation was retrospected, including introductions on various cultivation methods and cultivation modes. The significant contributions made by China to the global development of the edible fungus industry were highlighted. Future directions of edible fungus cultivation were envisioned, and the potential avenues for innovation and expansion of this vibrant sector were outlined.

Keywords: History of edible fungi cultivation; cultivation methods; cultivation mode

食用菌味道鲜美, 营养丰富^[1-2], 富含人体必需氨基酸和蛋白质、维生素, 而且含有种类众多的生物活性物质^[2], 可提高人体免疫力, 是美味的健康食品, 深受消费者喜爱。

食用菌栽培是以满足人类需求为目标, 根据各种食用菌的生物学特性, 提供其适宜的营养基质和生长发育环境条件, 使目标产物更优质、更高产, 使劳动者能够取得一定经济效益的农业生产活动。

在距今约6 800年的河姆渡时期, 中国的先民们已经开始采集并利用灵芝^[3]。随着社会进步, 野生食用菌已不能满足人类需求; 为寻求更多美味, 人类开始对野生食用菌资源进行驯化。从野生状态逐步进行人工干预以提高食用菌产量, 实现半人工栽培, 在获得纯菌种后实现完全人工栽培。同时针对不同食用菌的物种, 应用近代和现代技术不断进行品种选育、栽培基质筛选、适宜环境条件的研究, 逐渐优化出适合不同地域和品种特性的栽培方式, 形成适宜不同气候、基质等条件的食用菌生产技术。随着人类不断探索, 食用菌栽培种类不断增加, 单产不断提高, 品质不断提升, 设施设备不断优化, 适宜栽培的区域不断扩大, 极大满足了人类对食用菌的消费需求。

收稿日期: 2024-06-13 原稿; 2024-07-07 修改稿

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-20)

作者简介: 谭 琦(1963—), 女, 博士, 研究员, 主要从事香菇育种和栽培研究。E-mail: syj0@saas.sh.cn

食用菌是大型真菌,主要为担子菌和子囊菌;其为异养型生物,按获得营养方式可分为腐生型真菌、寄生型真菌和共生型真菌。腐生型真菌是生长在已经死去的动物、植物或其他无生命有机体上,从中吸取养料以维持自身正常生活,完成整个生活史的一种生活方式。腐生型真菌较易培养,绝大多数已实现人工栽培的食用菌种类是腐生于植物上的真菌,按照其分解利用的原料类型又分为草腐菌和木腐菌。草腐菌是以禾本科植物为代表的一年生草本植物的茎秆为利用对象,分解吸取其养分,使其腐烂的真菌,如双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)、草菇(*Volvariella volvacea*)等;木腐菌是生活在木材或活立木上的死亡部分,分解吸取其养分,破坏其结构,导致木材腐烂的真菌,如香菇(*Lentinula edodes*)、黑木耳(*Auricularia heimuer*)、灵芝(*Ganoderma* spp.)等;在人工栽培过程中,由于使用的是合成培养基质,木腐菌、草腐菌的边界已经变得模糊。寄生型真菌是长期或暂时生活在另一种活的动物、植物、真菌体内或体表,摄取其体内物质从而获得营养以维持自身生长和繁殖,并使对方受到损害缓慢导致对方死亡的真菌,前者是寄生物,后者是寄主又称宿主。目前,作为食药食用菌被利用的寄生型真菌主要是寄生于昆虫的虫生真菌与虫体复合物,如冬虫夏草(*Ophiocordyceps sinensis*)、蛹虫草(*Cordyceps militaris*)等,已实现人工批量生产。据最新的研究报道,银耳(*Tremella fuciformis*)与香灰菌(*Annulohypoxylon stygium*)、金耳(*Naematelia aurantia*)与毛韧革菌(*Sterem hirsutum*)也为寄生关系^[4-7]。共生真菌是指与动物、植物或真菌两种不同生物之间形成的紧密互利关系,一方为另一方提供有利于生存的帮助,同时也获得对方帮助。两种生物共同生活在一起,相互依赖,彼此有利,失去一方,另一方生长势减弱或无法完成整个生活史,有的甚至无法生存。目前,尚未实现人工栽培的食用菌主要是共生菌,如松茸(*Tricholoma matsutake*)、块菌(*Tuber* spp.)等,只能通过人工干预即半人工栽培实现增产目的。随着科技的发展,已有证据显示人工栽培的食用菌种类在生长过程中,不仅有竞争性微生物、侵染性微生物存在,对栽培种类造成不利的影响,更有“益生菌”存在,帮助栽培种类更好地生长。

1 食用菌栽培历史

1.1 中国食用菌栽培历史(1840年之前)

中国食用菌栽培具有悠久历史。公元前100年前,王充《论衡·初稟篇》记载:“紫芝之栽如豆”,是人类栽培食用菌的最早记录^[8]。南北朝(420—589年)时就有茯苓栽培记载,在《证类本草》卷十二引“陶隐居”记载:“(茯苓)今出郁州(今江苏省灌南县东北),彼土人乃假斫松作之,形多小,虚赤不佳。自然成者,大如三四升器,外皮黑,细皱,内坚白,形如鸟兽、龟鳖者良”。黑木耳栽培见于宋代《重修政和经史证类备要本草》(《证类本草》),该书第十三卷“五木耳”条引《药性论》(581—600年):“生桑、槐、楮、榆、柳等,此为五木耳。软者并堪啖。楮耳人常食,槐耳疗痔。煮浆粥,安诸木上,以草覆之,即生蕈尔”。唐代韩鄂《四时纂要》(约8世纪)卷二中有记载:“种菌子:取烂构木及叶,于地埋之。常以泔浇令湿,两三日即生。又法:畦中下烂粪,取构木可长六七尺,截断槌碎。如种菜法,于畦中匀布,土盖。水浇常令润。如初有小菌子,仰耙推之。明旦又出,亦推之。三度后出者甚大,即收食之。本自构木,食之不损人。构又名楮”;此处所记“菌子”,经裘维蕃考证后是构菌,即金针菇。银耳之名最早见于宋陶谷(902—970年)著《清异录》中。元代王祯《农书》(1313年)“卷八·百谷谱四·蔬属”之“菌子”篇中记载香菇栽培:“今山中种香蕈,亦如此法。但取向阴地,择其所宜木(枫、楮、栲等树),伐倒,用斧碎斫成坎,以土覆压之。经年树朽,以蕈碎剉,匀布坎内,以蒿叶及土覆之。时用泔浇灌,越数时,则以槌棒击树,谓之‘惊蕈’。雨露之余,天气蒸暖,则蕈生矣。虽踰年而获利,利则甚博。采讫,遗种在内,来岁仍复发。相地之宜,易岁代种。新采,趁生煮食,香美。曝干则为干香蕈。今深山穷谷之民,以此代耕,殆天茁此品,以遗其利也”。明代俞宗本著《种

树书》(1379年)中有“正月种蕈,取烂谷禾截断,埋于水地,围草盖,常以米泔浇之,则生”,该段描述未说明物种。1822年,陈昌济等编著《广东通志》,首次记载广东韶关南华寺僧人以稻草栽培草菇方法^[8-10]。

1.2 国外食用菌栽培历史

国外最早开始进行人工栽培的食用菌是双孢蘑菇。1550年,已有法国人将双孢蘑菇栽培在菜园里未经发酵的非新鲜马粪上;1651年,法国人用清水漂洗双孢蘑菇成熟子实体,然后洒在甜瓜地的家畜粪便上出菇^[11]。较为成熟的双孢蘑菇栽培技术最早出现在法国植物学家D. TOURNEFORT 写于1707年的文章中;1894年,巴斯德研究所两位法国科学家COUNSTANTIN和MATRUCHOL首次报道从双孢蘑菇萌发孢子中分离出纯菌种,开发了利用消毒厩粪产生纯培养菌种的技术;1905年,美国DUGGAR描述双孢蘑菇组织分离制种的方法并可商业化,使从自然界筛选一种特定的纯培养物成为可能;1918年,美国LAMBERT用萌发的孢子培养物制作瓶装双孢蘑菇纯培养菌种并大量销售,实现真正意义上的食用菌人工栽培^[12-13]。1895年,日本田中长嶺将长有很多香菇菌丝的菌木磨成粉后撒到原木上,发明香菇人工接种法。和田中长嶺同一时代的榎崎圭三则在“田中式”接种法基础上混入香菇孢子等,进一步改善栽培方法并积极向各地普及推广。1928年,森本彦三郎尝试锯木屑培养菌种的接种法。1937年,北岛君三开始在日本各地普及纯培养种菌接种法;1942年,该法因森喜作发明“木钉”菌种而变得更加成熟。用木钉菌种代替锯木屑菌种可以提高接种存活率,因此,“木钉”菌种在日本迅速推广应用,香菇人工栽培得以实现^[14]。平菇(*Pleurotus* spp.)人工栽培起始于欧洲,二十世纪初(1917、1919年)FALCK报道采用阔叶树段木栽培方式栽培糙皮侧耳^[12]。20世纪中期,欧美率先实现双孢蘑菇设施化生产,从传统农法生产模式转型升级到工业化生产模式,经过几十年的努力,发酵料床栽培实现标准化、机械化、设施化、专业化。日本率先实现金针菇(*Flammulina filiformis*)、斑玉蕈(*Hypsizygus marmoreus*)等木腐菌瓶栽工厂化生产,从适宜工厂化生产的菌种到流水线的配套设施设备,系统完善。工业化的生产模式使食用菌生产不再受季节影响,实现周年化生产,效率大幅度提升,产品可稳定周年供应。

1.3 中国近现代食用菌栽培历史

20世纪初,在总结国内外食用菌栽培经验的基础上,中国一批致力于发展食用菌生产的学者和富有实践经验的人才为普及食用菌知识和推动食用菌学科发展而孜孜不倦努力钻研。1923—1928年,王清水发明银耳干粉菌种,并于1929年编著《人工栽培银耳秘法讲义》;1924—1926年,胡昌炽从日本引入双孢蘑菇菌种,在国内开始试种;1925年,上海市郊区出现由外商经营的小型双孢蘑菇栽培场;1931年,潘志农著《最新实验人工种菇问答》,还从香港引入菌丝状银耳菌种进行人工接种栽培实验,并于1933年编写《四季栽培人工种菇大全》;1935年,史公山著《食用菌栽培法》,由商务印书馆出版;1939年,李师颐著《改良段木种菇术》由中国农业书局出版^[15-16]。但是在新中国成立之前,由于社会积贫积弱、动荡不定、缺少试验新的生产方式和发展新的生产力的稳定社会基础,食用菌生产未能得到相应的发展。这期间主要是将国外的先进做法介绍到国内,并开展生产实验研究,在中国食用菌栽培技术发展历史过程中起到承上启下作用,为我国食用菌技术研发提供较多借鉴和参考。

新中国成立后,食用菌生产才有稳定的发展空间,真正实现了食用菌人工栽培。20世纪50年代,以上海市农业试验站陈梅朋(上海市农业科学院食用菌研究所第一任所长)为代表的新中国科技人员,研究获得双孢蘑菇纯菌种并成功利用猪牛粪替代马粪栽培双孢蘑菇成功,结束双孢蘑菇菌种依赖国外进口的局面,双孢蘑菇生产在上海迅速扩大,并走向全国。20世纪70年代末,张树庭引进二次发酵技术,使双孢蘑菇产量成倍增长^[12]。20世纪80年代,中国引进欧美双孢蘑菇工厂化生产模式,

由于与当时社会发展时期状况(经济实力、消费水平、技术储备等不足)不吻合,未获成功;目前,工厂化双孢蘑菇生产在国内已开始替代传统生产模式。20世纪50年代,陈梅朋建立纯菌种接种香菇段木栽培等食用菌最新栽培技术,在国内培训推广,迅速在主产区大规模应用,实现中国传统食用菌栽培从半人工栽培到人工栽培的升级换代。同时开始实验用木屑等替代段木栽培香菇,1960年栽培成功。20世纪70年代,上海市农业科学院食用菌研究所何园素等建立以适宜菌种、配伍基质、无菌接种、设施培养、压块成形、室内出菇管理等为核心的香菇代料栽培技术模式并推广应用^[14-16]。到20世纪70年代末,用木屑、棉籽壳、玉米芯、甘蔗渣等工农业废弃物替代段木栽培香菇、木耳、银耳、侧耳等食用菌的技术逐步成熟并应用,开辟木腐菌人工栽培新途径,这种用工农业废弃物替代原木的生产称为“代料栽培”。多种工农业废弃物和食用菌产后菌渣的利用,既为规模不断扩大的食用菌提供栽培原料,又消化了污染环境的工农业废弃物,有利于保护生态环境,发展循环经济。目前,绝大多数木腐菌是采用代料栽培生产,段木栽培方式已鲜有应用,但近期为满足多元化需求,香菇、木耳等段木栽培又有扩大应用趋势。

2006年,上海市农业科学院食用菌研究所与企业合作,针对以香菇为代表的不适合工厂化瓶栽模式的物种探索“集中专业制棒,农户分散出菇”的新模式,经过十余年迭代发展,已成为我国重要的木腐食用菌生产模式^[16]。历经多年发展,中国开创的木腐菌塑料筒袋栽培方式已成熟,并研发配备相应的容器以及装料、灭菌、接种、发菌、出菇等设施设备。与瓶栽相比,袋栽具有一次性投入少、节省空间、操作方便等优势,是我国食用菌产业快速发展的重要支撑技术之一。

近40年来,中国食用菌产量成倍增长,种类也越来越丰富。目前,大规模生产的有30多种。食用菌年产量从1978年的近6万吨增加到2022年的4 223万吨^[18],占据世界总产量的90%以上(<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)。2020年,产量过100万吨的大宗食用菌有香菇(1 188.21万吨)、黑木耳(706.43万吨)、平菇(682.96万吨)、金针菇(227.91万吨)、刺芹侧耳(213.47万吨)、双孢蘑菇(202.21万吨)、毛木耳(189.19万吨),这7种食用菌产量占全国总产量的87%^[19]。2022年,产量过100万吨的大宗种类仍为这7种,分别为香菇1 295.48万吨、黑木耳749.00万吨、平菇615.67万吨、毛木耳223.07万吨、金针菇202.54万吨、双孢蘑菇157.25万吨、刺芹侧耳151.55万吨,但这7种食用菌产量占全国总产量的比重降至80%^[18],表明:随着人们对食用菌多样化需求增加,特色和区域性物种的生产规模不断扩大,同时不断有新物种被驯化,实现产业化栽培应用,例如羊肚菌(*Morchella* spp.)、暗褐网柄牛肝菌(*Phlebopus portentosus*)、冬虫夏草等。

2 食用菌栽培要素

食用菌栽培的主要技术环节包括选用适合本地区的食用菌物种和品种、制备优质菌种、采用适宜的培养基质及制作技术、准备适宜的生产场所、创造适宜的生长环境条件、适时采收产品及提供储运保鲜加工条件等环节。

2.1 物种

选择栽培食用菌物种时,需要综合考虑当地栽培历史、栽培基质来源、气候条件、劳动力储备与构成、当地居民消费习惯以及栽培地与销售市场的距离等因素。

2.2 品种

确定食用菌物种后,要广泛收集目前已有的优良品种做出菇试验,选择适合本地区环境和栽培目标的品种,并非所有优良品种在当地都会有良好性状表现。

2.3 制种

品种要到有知识产权的单位引进,把好菌种质量关,防止菌种退化、污染等。

2.4 培养基质

要因地制宜,综合考量后确定培养基质,筛选出最适合当地生产的原辅材料及配方。

2.5 生产

根据当地气候和经济条件选择合适的栽培模式和配套的栽培方式。选择环境清洁、周边无污染源(如垃圾场、饲养场)且交通便捷的地方作为生产场所。

2.6 出菇管理

管理应制定相应的出菇管理规范,以确保管理到位,适时采收,采收标准按照市场需求制定。配套好储运等设施设备,避免采后损失。

3 食用菌栽培方式

3.1 草腐菌栽培方式

栽培草腐菌时,主要采用发酵方法制备培养料、开放式接种、菌床栽培的方式。菌床栽培是在床架或畦面上铺制备好的培养料并同时播种,在开放式的菌床上完成发菌、出菇的栽培过程,如双孢蘑菇、草菇的室内床架式栽培,大球盖菇(*Stropharia rugosoannulata*)的室外地上畦面式栽培等。菌床栽培工序主要包括备料、制料、铺料、接种、发菌管理、覆土(依物种而定)、出菇管理、采收等环节。首先,按照一定的配比准备主料、辅料,加水堆制,进行前发酵(也称第一次发酵),然后进行巴氏灭菌(也称第二次发酵),将第二次发酵好的培养料投放到床架或畦面上,同时将准备好的菌种按照一定比例混播在培养料中,先设置适合菌丝生长的环境条件,菌丝长好后再改为适合出菇的环境条件进行出菇管理,适时采收。对双孢蘑菇而言,待菌丝发满后需要覆土,然后进入出菇管理阶段。国外也有采用周转箱替代大床床架栽培的,并非常用方式,但非常适合草菇的工厂化栽培,草菇工厂化生产正在研发过程中,未来可期。对大球盖菇而言,主要考虑秸秆利用问题,一般在稻田采用地栽畦面方式,也有在基质中添加木屑进行林下栽培,大球盖菇栽培方法正在探索中。

3.2 木腐菌栽培方式

木腐菌栽培的发展经历两个阶段:段木栽培和代料栽培。

3.2.1 段木栽培

段木栽培历史悠久,上千年来,菇农根据经验上山寻找适合食用菌生长的树种,砍伐后放倒,创造适宜小环境,如在倒木上用利器砍破树皮利于自然界的孢子在倒木上定植萌发,用树枝覆盖倒木保持温度、湿度利于菌丝生长,用棍棒敲打倒木帮助菌丝扭结形成子实体。直到20世纪50年代获得纯菌种,人工段木栽培技术才得以实现。

段木栽培主要工序为制备木段、准备菌种、接种、发菌管理、出菇管理、采收。通常在秋、冬树木停止生长至翌年春季发芽前砍伐合适的树木;经干燥后根据要求截成不同长度的木段;在木段上钻孔,注意不同食用菌物种所需的孔径、孔深及孔间距不同,将准备好的菌种接入孔中,用树皮盖紧;将接好种的菇木集中堆放,选用合适的覆盖物保温保湿,以利菌种定植,提高成活率;菌种定植后,将菇木以井字形或覆瓦式等码放,继续遮阴、保湿,定期翻动,尽可能使菇木所处的环境条件一致,均匀发菌;经半年至一年培养,待菇木布满菌丝、有菇蕾出现时,将菇木置于隐蔽、少风、湿度较大的场所,起架出菇^[20]。段木栽培为一次播种多年收获,不同季节对菇木的管理要求不同。20世纪70年代前,我国木腐菌的栽培主要采用段木栽培方法。

3.2.2 代料栽培

随着替代基质研究成熟,代料栽培迅速取代段木栽培,主要由于代料栽培原辅材料来源广、成本低、容易获取,打破地域限制;代料可塑性强、易运输,适合机械化、自动化操作;与段木栽培相比,

代料栽培生长周期短,可以层架栽培,提高土地利用率。目前,中国的食用菌栽培大多采用代料栽培,但与段木栽培相比,代料栽培生产的一些食用菌的子实体品质有差异,故近几年段木栽培的生产方式又有逐渐增多的趋势。

代料栽培主要采用塑料容器进行,如金针菇、斑玉蕈的瓶栽,香菇、木耳、侧耳的袋栽等。代料栽培主要工序是备料、拌料、装袋(瓶)、灭菌、冷却、接种、菌丝培养、出菇管理、采收。根据不同的食用菌准备好原辅材料,按照一定配比加水搅拌均匀,装入容器内,经高压或常压蒸汽灭菌,待冷却后无菌条件接种,在适宜条件下进行发菌培养,待菌丝体成熟后转入适合出菇的环境进行出菇管理,适时采收。不同的食用菌栽培方式不尽相同,如香菇的摆地栽培、层架栽培,木耳的露地栽培、吊袋栽培,侧耳的墙式栽培、网格架栽培,灵芝、灰树花、长根菇的覆土床式栽培等。

4 食用菌栽培模式

4.1 传统小作坊模式

中国食用菌栽培虽然历史悠久,但一直采用的是农村副业模式,多在房前屋后或林下、农田季节性生产;模式落后,严重受地域和自然气候限制。生产者承担从备料、配料、制棒(包)、制种、接种、培养,到出菇管理、销售等所有环节,这种传统小作坊模式决定食用菌栽培季节性强(只能在适合出菇的季节栽培)、生产规模小(一般草腐菌为几百平方米、木腐菌为几万袋),对从业者的技术和经验要求高(每一环节的技术都需要掌握,但以经验作为判断标准),劳动强度大,受自然气候条件影响大,难以实现机械化,难以扩大规模。这一模式在我国正在逐步被淘汰。

4.2 工厂化栽培模式

20世纪80年代,随着食用菌产业快速发展,我国从欧洲全套引入双孢蘑菇工厂化生产设施设备,食用菌工厂化生产模式进入国人视线;21世纪初,又从日本全套引进木腐菌工厂化生产模式。这些模式的引进使中国食用菌生产走上规模化、机械化、自动化、设施化、周年化、专业化的道路。

4.2.1 草腐菌

草腐菌工厂化生产是以引入欧美的双孢蘑菇工厂化生产模式为主,全程工厂化、机械化、设施化,以专业化分工为特色。栽培者从培养料制作企业购买已完成二次发酵的培养料,从专业生产双孢蘑菇菌种的公司购买菌种后,用机械设备将培养料铺到床架上的同时将菌种撒播在培养料里,全程控制环境进行发菌管理、出菇管理,适时采收。目前,双孢蘑菇生产普遍采用三次发酵模式,即将第二次发酵好的培养料与菌种混合后继续在发酵隧道里发菌,完成后再投放到床架上,同时完成覆土,在菇床上直接进入出菇管理阶段,该方法能提高出菇房的周转率。我国企业引入这些技术和设备后常缺少分工合作,既承担培养料制作,又承担出菇管理环节、采收环节和销售环节,仅从公司购买菌种,整体生产效率较低,单产水平尚未超过欧美。近几年,传统生产双孢蘑菇的规模越来越小,中国的双孢蘑菇工厂化生产时代已经到来,随着从业人员增加,双孢蘑菇工厂化生产技术在中国会有突破。

4.2.2 木腐菌

木腐菌以引进日本工厂化生产塑料瓶栽培模式为主,主要生产流程为利用铲车将原料按照配比放入搅拌机,加水自动搅拌均匀,通过输送带将培养料送入装瓶机,装瓶机自动将培养料定量装入放在塑料筐中的塑料瓶并盖上瓶盖,送至可移动层架上,铲车将层架一起送入高压灭菌锅内灭菌,之后在洁净的冷却室冷却,送入无菌室由接种机接种,通过传送带、铲车送入培养室培养菌丝,培养好后送到搔菌机中搔菌注水,然后送到出菇房出菇,子实体成熟后通过传送带送到采收车间,机械采收、包装,将栽培瓶送至挖瓶机,挖出培养料,将空瓶再循环利用。与传统生产靠自然条件不同,

食用菌工厂化生产由于整个生产过程是在室内可控环境下进行,所以打破地域和季节限制,实现周年生产,工厂化生产企业落地时不再将当地气候条件作为考量的主要指标。然而,瓶栽模式并不适合所有食用菌生产,中国栽培生产的食用菌种类繁多,为此,中国自主研发塑料袋栽培模式,将更适合袋栽的食用菌物种(如刺芹侧耳)从瓶栽改成袋栽。目前,我国在金针菇、刺芹侧耳等木腐菌工厂化生产已经实现全世界单产最高、单厂规模最大。金针菇工厂化生产已经彻底取代中国传统的生产模式。

食用菌工厂化生产模式是中国食用菌产业未来的发展方向。

4.3 “集中专业制棒(包),农户分散出菇”模式

“集中专业制棒(包),农户分散出菇”模式是针对不适合室内全人工控制出菇的食用菌物种,由中国首创,目前应用比较多的是香菇、黑木耳;该生产模式将家家户户从制备菌棒(包)的重体力劳动中解放出来,同时避免农户自行分散制棒中涉及原料、配制、灭菌、菌种、接种、培养等诸多环节的技术问题,只负责出菇管理一个环节。企业集中专业化制棒(包)生产规模大,便于实现专业化、工业化、机械化、自动化、标准化,提高菌棒(包)质量;这种生产模式,菌棒(包)生产企业常配备专业栽培技术人员指导菇农栽培生产,甚至收购产品;栽培食用菌的技术门槛大大降低,菇农只需要掌握出菇管理技术即可获得较为理想的经济收益。

5 总结

纵观食用菌栽培史,中国对世界的食用菌产业发展贡献巨大,主要栽培的食用菌物种中除双孢蘑菇、侧耳、斑玉蕈等由国外首先实现人工栽培外,绝大多数的物种都是由中国首创,而且栽培历史远远早于国外。近代,我国对食用菌生产的研究落后于国外,20世纪初美国率先获得双孢蘑菇纯菌种,实现真正意义上的全人工栽培。20世纪中期,欧美率先实现双孢蘑菇设施化生产,从传统农法生产模式转型升级到工业化生产模式;经过几十年的努力,草腐菌的床式栽培得以优化。20世纪中期,日本率先实现金针菇、斑玉蕈等木腐菌工业化生产转型升级,从配套的菌种到瓶栽流水线的配套设施设备,系统非常完善。工业化的生产模式使食用菌生产效率大幅提升,且不再受季节影响,实现周年化生产,每天可为市场提供大量物美价廉食用菌。自20世纪80年代起,中国奋起直追,食用菌产量逐年上升,目前已遥遥领先。我国大规模生产的物种如香菇、木耳等,由于自身生物学特性问题,不适合金针菇等木腐菌工厂化生产的模式,为此笔者创建了中国的木腐菌生产新模式——“集中专业制棒(包),农户分散出菇”,实现我国大宗木腐菌生产的转型升级。该模式将技术含量高、劳动强度大、生产风险大的前期菌棒(包)制作、菌丝培养交由企业或合作社,实现工厂化、自动化、设施化生产,把出菇环节交给菇农,大大降低技术门槛,成为我国精准扶贫中的重要抓手,使大宗食用菌栽培保持旺盛增长势头。未来可实现人工栽培的物种将越来越多,栽培模式基本按照欧美创建的草腐菌工厂化生产模式、日本创建的木腐菌工厂化生产模式和中国创建的“集中专业制棒(包),农户分散出菇”模式进行,只是这三种模式会不断被优化,其自动化、智能化水平会越来越高。

经过40多年不懈努力,中国已成为世界食用菌的最大生产国和消费国,在食用菌科研上全面处于领先地位,未来一定会发展成为世界食用菌生产强国。

参考文献

- [1] 朱碧芬,张若妍,尹浩,等.四种食用菌糖蛋白粗提物体外抗氧化和抑菌活性比较[J].食用菌学报,2024,31(3): 59-65.
- [2] 陈艳芳,鲍大鹏,陈洪雨,等.蛋白质品质评价方法及其在食用菌中的应用进展[J].食用菌学报,2020,27(3): 92-104.

- [3] 袁媛,王亚君,孙国平,等. 中药灵芝使用的起源考古学[J]. 科学通报, 2018, 4(13): 1180-1188.
- [4] 刘福阳. 银耳与香灰菌互作关系的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [5] 蓝福胜. 基于基因组分析香灰菌的多样性及其与银耳的伴生作用[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.
- [6] 曹瑶, 杨林雷, 李荣春, 等. 金耳培养物的物种组成及营养运输关系[J]. 食用菌学报, 2022, 29(2): 48-53.
- [7] 林隆基, 黄海辰, 钟馨林, 等. 银耳栽培菌株的线粒体含子多态性分析[J]. 食用菌学报, 2022, 29(1): 1-11.
- [8] 黄年来. 中国食用菌百科[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 6-8.
- [9] 甘长飞. 庆元香菇与文化[M]. 杭州: 西泠印社出版社, 2010.
- [10] 张寿橙, 赖敏男. 中国香菇栽培历史与文化[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- [11] 王泽生, 廖剑华, 陈美元, 等. 双孢蘑菇遗传育种和产业发展[J]. 食用菌学报, 2012, 19(3): 1-14.
- [12] 罗信昌, 陈士瑜. 中国菇业大典[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2016: 4-5, 1088.
- [13] 钟顺昌, MILLER, 谭琦. 谷粒菌种发明86周年: 双孢蘑菇现代化商业栽培回顾[J]. 食用菌学报, 2019, 26(1): 77-87.
- [14] 谭琦. 中国香菇产业发展[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 1-3.
- [15] 黄年来. 中国香菇栽培学[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1994: 27.
- [16] 王瑞霞, 贾身茂. 我国香菇栽培技术的发展进程[J]. 食药菌, 2020, 28(5): 362-364.
- [17] 李玉, 刘四海, 尚晓冬, 等. 我国香菇工厂现状及液体菌种技术在产业中的实践[J]. 食药菌, 2023, 31(4): 213-218.
- [18] 中国食用菌协会. 2022年度全国食用菌统计调查结果分析[EB/OL]. (2023-12-28)中国食用菌协会微信公众号.
- [19] 中国食用菌协会. 2020年度全国食用菌统计调查结果分析[EB/OL]. (2021-12-28)中国食用菌协会微信公众号.
- [20] 中国农业百科全书总编辑委员会蔬菜卷编辑委员会. 中国农业百科全书-蔬菜卷[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 193-194.

[中文编辑] 王瑞霞

[英文编辑] 费理文