

## 林下食用菌栽培的现状与展望

吴一凡<sup>1</sup>, 陆志敏<sup>2</sup>, 柳新红<sup>3</sup>, 陈胜<sup>1</sup>, 张波<sup>2</sup>, 张玮<sup>1</sup>, 谢锦忠<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 宁波市中林竹产业研究院, 浙江 宁波 315100;  
3. 浙江省林业技术推广总站, 浙江 杭州 310020)

**摘要:** 林下栽培食用菌能够充分利用林地空间资源, 获得优质食用菌农产品产出, 是实现绿色发展、乡村振兴的有效途径。本文以林下食用菌产业的积极意义为切入点, 归纳论述了不同林分类型下食用菌的栽培情况和林下食用菌的主要栽培模式, 列举了5种典型的林下栽培食用菌案例(黑木耳、大球盖菇、竹荪、灵芝、羊肚菌)。在此基础上, 分析了目前我国林下食用菌栽培产业存在的一些问题, 并提出发展林下食用菌产业的对策: (1) 建立林下复合经营共同体; (2) 加强科技创新与技术推广; (3) 加强林下经济产业人才培养, 促进林菌专业合作组织建设; (4) 出台扶持政策, 加强市场流通体系建设; (5) 完善林下经济相关标准、导则的制定。综上所述, 以期能为相关从业人员提供一些参考。

**关键词:** 林下经济; 林菌模式; 食用菌; 生态栽培

中图分类号: S759.81 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2024)01-0101-08

## Research Progress and Prospect of Understory Edible Fungi Cultivation

WU Yifan<sup>1</sup>, LU Zhimin<sup>2</sup>, LIU Xinhong<sup>3</sup>, CHEN Sheng<sup>1</sup>, ZHANG Bo<sup>2</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>, XIE Jinzhong<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China; 2. Zhonglin Bamboo Industry Academy of Ningbo City, Ningbo 315100, China; 3. Zhejiang Forestry Extension Administration, Hangzhou 310020, China)

**Abstract:** Cultivating edible fungi under the forest can make full use of forest space resources and obtain high-quality edible fungi agricultural products. It's an effective way to achieve green development and rural revitalization. Taking the positive significance of the edible fungus industry under the forest as the starting point, this paper summarizes and discusses the cultivation of edible fungi under different forest types and the main cultivation modes of edible fungi under the forest, and lists five typical examples of edible fungi under the forest (*Auricularia auricula*, *Stropharia rugosoannulata*, *Dictyophora indusiata*, *Ganoderma lucidum*, *Morchella esculenta*). On this basis, this paper analyzes some problems existing in the cultivation industry of edible fungi under forests in China, and puts forward the need to develop the industry of edible fungi under forests: (1) Establishing a complex management community under forests; (2) Strengthen scientific and technological innovation and technology promotion; (3) Support the construction of farmers' forestry and fungi professional cooperative organizations; (4) Issue supportive policies to strengthen the construction of market circulation system; (5) Improve the formulation of relevant standards and guidelines for the economy under forests. It is expected to provide some reference for relevant practitioners.

收稿日期: 2023-01-23; 修回日期: 2023-12-22

基金项目: 浙江省省院合作林业科技项目(2020SY15); 宁波市科技计划项目(2019B10020); 2022安吉县绿色竹产业创新服务综合体重点研发项目(竹废弃物的食用菌基质化利用技术与林下食用菌种植示范)

作者简介: 吴一凡, 硕士研究生, 从事竹资源利用和林下经济研究; E-mail:wuyifan04@163.com. 通信作者: 谢锦忠, 研究员, 博士, 从事竹资源利用研究; E-mail:jzhxie@163.net.

Key words: Non-timber forest-based economy; Understory edible fungi model; Edible fungi; Ecological cultivation

林下经济是森林生态价值实现和绿色发展的重要载体之一,是实现“两山”转化的重要路径,也是乡村振兴的重要基础产业。2007年2月17日,温家宝总理第一次提出“林下经济”这一概念。2012年7月30日国务院办公厅发布了《关于加快林下经济发展的意见》,是国家第一次对林下经济产业发布指导意见。近年来,国家又陆续出台促进林下经济产业发展的一系列方针和政策。2019年3月13日,国家林业和草原局、民政部、国家卫生健康委员会、国家中医药管理局联合印发《关于促进森林康养产业发展的意见》;2020年11月4日,国务院办公厅又出台了《国务院办公厅关于防止耕地“非粮化”稳定粮食生产的意见》[国办发〔2020〕44号];2020年11月24日国家发改委网站发布《国家发改委等10部门联合推进木本粮油和林下经济高质量发展》指导意见的文件;2021年1月,中央1号文件又将林下经济列入乡村振兴产业。这些文件与政策,给我国林下经济产业发展提供了前所未有的机遇。

林下经济产业包括林下种植、林下养殖、林下采集加工和森林景观利用(森林康养)四部分<sup>[1]</sup>。浙江省林业(厅)局于2015年提出“一亩山万元钱”的林下经济、竹笋高效培育等浙江版模式。截止到2022年底,累计推广“一亩山万元钱”模式25万hm<sup>2</sup>,参与企业或合作社近7000个、农户数近14万户,实现总产值306.6亿元,有力地促进了林农增收致富,是绿水青山就是金山银山理念的最好诠释和生动实践,为全国输出鲜活经验。林下食用菌栽培模式是指借助林下土地空间和林荫资源,选择适合林下生长的食用菌种类,进行栽培的可持续林下经济模式。树木占据林地的上层空间,形成了阴凉、潮湿、通风的特殊林下小气候,为食用菌生长提供了有利条件。林下栽培食用菌残留的基质亦会作用于改善林地土壤的理化性质,实现“以林养菌、以菌养林”的绿色发展模式<sup>[2]</sup>。林下食用菌栽培是我国林下经济产业的重要组成部分之一,具有绿色、循环、可持续等特点,是贯彻“绿水青山就是金山银山”发展理念的生动体现;是实现两山转化的最重要且行之有效的途径之一;也是当前应对国家大力整治“非粮化”工作的重要途径<sup>[3]</sup>。

本文就近年来浙江省和其他地区发展林下食用菌产业的积极意义、不同林分类型下食用菌的栽培情况、林下食用菌的主要栽培模式和林下栽培的主要食用菌案例等方面进行归纳论述,并提出存在问题及其解决对策与展望,以期能为相关从业人员提供借鉴参考。

## 1 发展林下食用菌产业的积极意义

### 1.1 林下食用菌栽培的经济效益

林下食用菌栽培具有较高的经济效益,是实现脱贫攻坚和乡村振兴的有效途径,可为山区、林区提供就业岗位,是增加农民收入的重要途径<sup>[4]</sup>。林下气温比外界气温低5℃左右,因而可以提早播种食用菌并延长采收期,错开上市高峰期提高经济效益<sup>[5]</sup>。同时林下食用菌栽培可利用林地自然遮荫不再需要额外单独的遮荫设施,以及较低的林地租金,从而大幅度降低了栽培成本<sup>[6]</sup>。

王晓娟等<sup>[7]</sup>在毛竹林 *Phyllostachys edulis* 套种大球盖菇 *Stropharia rugosoannulata* 和竹荪 *Dictyophora indusiata* 的年纯收益达105750元·hm<sup>-2</sup>和163950元·hm<sup>-2</sup>,纯收益是单作毛竹的19.6倍和30.4倍,经济效益显著。隗永青等<sup>[8]</sup>在北京郊区板栗 *Castanea mollissima* 林下栽培灰树花 *Polyporus frondosus* 年纯收益高达13.5万元·hm<sup>-2</sup>。王静静等<sup>[9]</sup>报道了北疆地区旅游和农家乐引进林下食用菌栽培,年收入可高达45万元·hm<sup>-2</sup>。林下食用菌栽培既保障了森林资源,又提高林地资源利用率,增加了经济收益,是良好的林农复合经营模式。

### 1.2 林下食用菌栽培的生态效益

利用郁闭的树林下空气湿度大、氧气充足、光线弱、昼夜温差小的特点,进行林下食用菌套种,充分地利用了林下荫蔽空间,增加了林农的收入,同时利用发酵后的菌棒作为有机肥返养林地或田地,有效地改善了生态环境。农金花<sup>[10]</sup>等通过对柑橘 *Citrus* spp-大球盖菇间作系统研究发现,柑橘园添加辅料和间作大球盖菇增加了土壤碳、氮含量,提升了土壤质量。杨顺强<sup>[11]</sup>等人通过在葡萄林 *Vitis* spp 下栽培食用菌研究发现,栽培

食用菌可在一定程度上保持土壤水分, 提高土壤含水量, 并且食用菌生长过程中, 栽培料中的一些养分分解释放到土壤中或是加速土壤中一些养分的分解转化, 提高土壤养分含量从而改善土壤理化性状, 为葡萄生长发育提供有利条件。林下栽培食用菌, 不与水稻 *Oryza sativa* 争田地、不与林木争林地, 构成了良性循环的生态系统, 并能够一定程度上实现固碳、涵养水资源、水土保持等生态功能, 在林区面积不变的情况下, 增加了森林的生态效益<sup>[12]</sup>。

1.3 林下食用菌栽培的社会效益

开展林下食用菌栽培具有显著的社会效益, 可以促使林业由单一经营向立体复合经营方向发展, 拓宽了就业门路, 增加农民就业机会, 提高农村劳动力就业率, 减小了社会就业压力。其次, 随着林下食用菌产业链的逐步完善, 保障了林下经济在众多经济模式中健康地发展, 可以改善土地利用情况与农户人居环境关系, 提升农户对林地经营的积极性, 避免林地大面积、长时间失管。最后, 林下经济的发展, 受益的不仅仅是广大农户, 也可以促进相关的第二、第三产业协调融合发展, 实现一、二、三产的联动持续发展。

2 不同林分类型下食用菌的栽培情况

林下食用菌的生长通常与所在林分类型紧密相关, 选择适宜的林分类型能够使林下食用菌栽培获得更多的正面反馈详见表 1。在经济林下栽培食用菌, 不仅能与经济林产品相互补充, 同时还能消耗农林废弃物、改善林地状况。研究表明在葡萄、柑橘、果桑 (*Morus alba*) 等果木林下栽培大球盖菇和竹荪在错峰获得食用菌产出的同时能够提高果实的产量与品质<sup>[11,13]</sup>。而油茶 *Camellia oleifera* 作为我国南方丘陵地区主要木本油料作物, 经营过程中产生了大量的资源废弃物, 王楠等<sup>[14]</sup>利用油茶低产林改造所产生的油茶木屑能够在油茶林下栽培大球盖菇、茶树菇 *Agrocybe aegerita* 和平菇 *Pleurotus ostreatus*。张金萍等<sup>[15]</sup>利用油茶果壳与山羊粪堆酵降解果壳中的单宁和皂素后可用于在油茶林下栽培茯苓 *Poria cocos*、大球盖菇等食用菌。部分人工林和防护林由于林分结构简单, 坡地平缓, 林下空间充足, 也能进行林下食用菌栽培, 使得农户获得一定的经济产出。

表 1 部分食用菌适宜栽培林地及栽培模式  
Tab. 1 Some edible fungi are suitable for cultivation in forest land and cultivation mode

食用菌种类	适宜树种和林地	适宜栽培模式
大球盖菇 <i>Stropharia rugosoannulata</i>	阔叶林、杉木林、油茶林、竹林、果园	播种栽培 <sup>[10,16-17]</sup>
红托竹荪 <i>Dictyophora rubrovalvata</i>	竹林、阔叶林、杉木林	覆土栽培 <sup>[18]</sup>
棘托竹荪 <i>Dictyophora echino-volvata</i>	竹林、阔叶林、杉木林	播种栽培 <sup>[7,9]</sup>
长裙竹荪 <i>Dictyophora indusiata</i>	竹林、针阔混交林、针叶林	播种栽培 <sup>[20]</sup>
羊肚菌 <i>Morchella esculenta</i>	竹林、针阔混交林、针叶林	播种与营养袋栽培 <sup>[21-22]</sup>
黑皮鸡枞 <i>Oudemansiella raphanipes</i>	竹林、针阔混交林、针叶林	覆土栽培 <sup>[23]</sup>
茯苓 <i>Wolfiporia cocos</i>	油茶林、马尾松 <i>Pinus massoniana</i> 林	覆土栽培 <sup>[15]</sup>
鸡腿菇 <i>Coprinus comatus</i>	阔叶林、竹林	覆土栽培 <sup>[24]</sup>
姬松茸 <i>Agaricus blazei</i>	阔叶林、竹林	播种栽培 <sup>[25]</sup>
灵芝 <i>Ganoderma lucidum</i>	阔叶林、竹林	露地栽培、覆土栽培 <sup>[26-27]</sup>
黑木耳 <i>Auricularia auricula</i>	阔叶林、竹林	露地栽培 <sup>[28-29]</sup>
香菇 <i>Lentinus edodes</i>	阔叶林、竹林	露地栽培 <sup>[30]</sup>
松露 <i>Tuber melanosporum</i>	壳斗科 Fagacee、松科 Pinaceae、胡桃科 Juglandaceae 等树种林地	接种栽培 <sup>[31]</sup>

3 林下食用菌的主要栽培模式

3.1 林下露地栽培

林间露地栽培是指在林间空地上直接摆放食用菌棒进行露天出菇。为防止地表污染, 需提前铺一层膜或放一层排架后再摆放菌棒。适合露地栽培的食用菌有灵芝、香菇、黑木耳、秀珍菇 *Pleurotus geesteranus*、玉木耳

(竹耳) *Auricularia cornea* 等, 林间仅提供食用菌适宜生长的环境条件, 子实体的形成主要依靠菌棒内的养分进行生长。林间露地栽培可以降低栽培设施投入, 管理简单, 但易受外界不良条件影响, 受自然条件限制较大。

### 3.2 林下覆土仿野生栽培

林间覆土栽培就是在林下行间挖坑或开沟放置食用菌菌棒后进行覆土。适用于红托竹荪、灵芝、黑皮鸡枞(长根菇)、鸡腿菇等不经覆土便很难出菇的食用菌。土壤对子实体的形成具有刺激作用, 食用菌也会从土壤中摄取养分。不同覆土材质、不同覆土方法和不同覆土厚度都会对食用菌的生长和品质产生影响, 应根据不同菌种进行调整。一般覆土厚度为高于菌棒 2 ~ 5 cm。林间覆土栽培可以利用林下土壤内丰富的有机质和代谢物, 并可以提供保护层, 对菌床保温保湿<sup>[32]</sup>, 是一种仿野生的栽培模式, 产出的子实体能带有特殊的自然风味。

### 3.3 林下播种栽培

林下播种栽培就是直接将食用菌菌种播种铺撒在含有基质料的畦床上。播种栽培基质一般利用就地取材的农林废弃物堆制发酵制成, 食用菌会将发酵料分解消耗, 播种后需要在畦床上面覆盖土层或加盖一层稻草、树叶, 有的还需要外加营养袋, 如羊肚菌。常见适合播种栽培的食用菌有棘托竹荪或长裙竹荪、大球盖菇、羊肚菌、姬松茸、蜜环菌 *Armillaria mellea* 等。林下播种栽培能够充分利用农林废弃物, 实现农林废弃物的资源化利用, 是一种绿色循环的林下栽培模式。

### 3.4 林下接种栽培

林下接种栽培主要是人工将菌丝接种到壳斗科 Fagaceae、松科 Pinaceae、胡桃科 Juglandaceae 等特定树木的根系上, 以此来形成互供养分的共生体菌根, 接种主要使用子实体的匀浆或者孢子粉, 少数采用纯培养的菌丝体接种<sup>[31]</sup>。由于其技术复杂且成本较高, 这种种植方式主要用于珍稀食用菌, 例如块菌(松露 Truffle)类等。目前, 我国的块菌栽培研究还处于起步阶段, 这种必须与树木形成共生菌根才能完成生活史, 形成子实体的食用菌具有极大的林下栽培潜力。

## 4 林下栽培的主要食用菌案例

### 4.1 林下栽培黑木耳

黑木耳分布于温带和亚热带地区, 在我国的东北、华北、中南、西南及沿海各省份均有种植, 尤以东北地区种植较为常见。林下栽培黑木耳可提高山区闲置土地的利用率。目前普遍采用“室内发菌, 林下出耳”的分段式林下栽培黑木耳模式。黑木耳林下栽培宜的林分郁闭度为 60% ~ 80%, 适宜的林分有阔叶林、竹林、杉木林、松树林, 林地坡度小于 10°, 坡向以半阳坡最佳<sup>[33]</sup>。林地需远离污染源, 靠近水源, 林地内需保持通风环境<sup>[28]</sup>。种植时间东北地区一般在 4 月中旬至 10 月中旬; 南方地区最适宜在 4—5 月中旬前种植, 秋季最佳种植时间为 7 月中旬至 8 月底前。在菌包安置前 10 ~ 15 d, 可采用生石灰对林地进行灭菌消毒, 用量约为 750 ~ 1500 kg·hm<sup>-2</sup>。栽培区域可铺设地膜再摆放菌包, 以渗透水分和避免菌包与地面接触, 防止杂菌感染; 每平方米摆 16 ~ 20 袋菌包, 每公顷林下耳床可摆 3 200 ~ 4 000 袋; 菌包上覆盖塑料膜和草帘子以增温促进菌丝恢复生长, 菌丝恢复约 7 d 后用刺孔器进行开孔<sup>[34]</sup>, 每袋打孔 96 ~ 108 个, 孔深 1 ~ 1.5 cm。栽培期间黑木耳生长适宜温度为 20 ~ 25 °C, 湿度为 85% ~ 95%<sup>[28]</sup>。林下栽培黑木耳从接种至采耳结束需 150 d 左右, 其中菌袋培育时间为 55 ~ 60 d, 养菌催芽时间为 25 ~ 30 d, 出耳期为 50 ~ 60 d<sup>[29]</sup>。每批耳采收后视天气情况停止喷水 3 ~ 5 d 休养菌丝, 之后喷细水, 使耳棒保持湿润, 以利料内菌丝恢复生长, 待新的耳基形成后, 再按第一茬管理方法进行管理, 一般可采收 3 ~ 4 潮, 每潮间隔 15 d 左右。一般林下套种黑木耳干品产量可达 2 250 ~ 3 000 kg·hm<sup>-2</sup>, 产值可达 27 万 ~ 36 万元·hm<sup>-2</sup>, 纯收入可达 12 万 ~ 21 万元·hm<sup>-2</sup>。据统计, 2022 年浙江省黑木耳林下种植面积将超过 100 hm<sup>2</sup>, 产值超过 2 700 万元, 纯收入超过 1 200 万元。

### 4.2 林下栽培大球盖菇

大球盖菇又名赤松茸, 是联合国向发展中国家推荐栽培的十大菇类之一, 其抗逆性强, 能适应在多种林分结构下栽培。目前, 在我国南北方等地均形成一定的种植规模。林下栽培大球盖菇适合的林分有竹林、阔叶林、



杉木林、松林和果园; 适宜的林分郁闭度约为 60% ~ 70%; 林地坡度小于 25°; 选择林地时, 以交通便利, 靠近水源且排水通畅的林地为宜。大球盖菇林下栽培普遍采用传统的畦式栽培的方式播种<sup>[17]</sup>; 基质料采用竹屑、木屑、稻草等, 添加 4% 的菜籽饼或 6% ~ 8% 的麦麸, 需要堆沤发酵 3 ~ 4 周, 用量为 60 吨·hm<sup>-2</sup> 以上。南方地区普遍的播种期是 9 月上中旬至 10 月中上旬, 可秋季和次年春季采收两季, 因秋季大球盖菇市场行情好, 故经济效益较高; 也有 11—12 月种植的, 则只有春季采收一季, 但因受到全国大球盖菇农田栽培的冲击, 春季出菇面积大, 市场价格明显低于秋季的市场价格, 故经济效益较低。因此, 要充分发挥林地可以在时间选择上灵活种植的特点, 利用大球盖菇林下种植可以秋季采收 1 ~ 2 潮的市场优势, 尽可能秋季早种, 一般白天气温低于 30 °C 即可种植。种植用的基质料最适含水量为 70% ~ 75%<sup>[16]</sup>, 可采用喷带、滴灌带、地插式微喷等进行补水操作<sup>[35]</sup>。栽培土壤要求腐殖质含量较高, 略带沙性, pH 值 5 ~ 8; 栽培大球盖菇之前, 要做好林地灭菌、杀虫和灭白蚁工作。据测算, 毛竹林下种植大球盖菇实际种植面积可达 3 000 m<sup>2</sup>·hm<sup>-2</sup>, 产量可达 18 000 ~ 24 000 kg·hm<sup>-2</sup>, 产值可达 36 万 ~ 48 万元·hm<sup>-2</sup>, 纯收入可超过 21 万元·hm<sup>-2</sup>。

浙江省大球盖菇主要种植在毛竹林、杉木林、山核桃林、油茶林等林下和杨梅、葡萄等果园下。自 2015 年以来大球盖菇种植面积逐年扩大, 至 2022 年 12 月, 全省大球盖菇林下种植面积将超过 200 hm<sup>2</sup>, 产值将超过 7 200 万元, 纯收入可超过 4 100 万元。

#### 4.3 竹林下仿野生栽培竹荪

竹荪又名竹参、竹蕈等, 为自然生长于竹林下的一类珍贵食用菌, 其营养丰富, 富含氨基酸和多糖等, 具有降压、抗菌、抗肿瘤和延缓衰老等作用。毛竹林套种竹荪的生态栽培模式已经有了一定的发展, 经营效益也较高, 在竹产区被广泛推广<sup>[19]</sup>。以西南地区麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* 林下竹荪仿野生栽培生产试验为例<sup>[36]</sup>, 麻竹林下的鲜竹荪产量可达到 1. 536×10<sup>4</sup> kg·hm<sup>-2</sup>, 产值为 3.686 4×10<sup>5</sup> 元·hm<sup>-2</sup>; 种植成本为 1. 267 5×10<sup>5</sup> 元·hm<sup>-2</sup>, 净收入为 2.418 9×10<sup>5</sup> 元·hm<sup>-2</sup>。本研究团队采用竹材加工下脚料为主要栽培料, 利用沤堆高温杀菌与化学(氨气)杀菌相结合的发酵方法。竹屑用量为鲜竹屑(含水量 35% 左右) 3 t·hm<sup>-2</sup>, 添加尿素 0.5%、过磷酸钙 1%、轻质碳酸氢钙 1% 和石膏粉(食用) 0.5% 等辅料, 沤制 45 ~ 60 d, 并在沤堆后的第 15 d、25 d 和 35 d 分别进行翻堆, 每一次翻堆均进行适当补水, 沤堆至种植前 3 ~ 5 d, 揭开覆盖薄膜, 浇透水, 释放氨气后待用可用作竹荪栽培基质使用。

竹林下栽培棘托竹荪的适宜林分郁闭度为 60% ~ 70%; 林地坡度小于 25°; 选择林地时, 以交通便利, 靠近水源且排水通畅的林地为宜。竹荪林下栽培普遍采用传统的畦式栽培的方式播种。本研究组提出了容器发菌的两步法栽培技术, 近年来得到了推广应用, 其优点是可提前发菇, 而且可减少白蚁、氨气的危害, 实现稳产高产。本研究组还对种植技术进行了优化, 提出了浙江省毛竹林下种植竹荪的最佳栽培模式为: 3 月底在竹荪周围挖环形种植沟或沿等高线水平状开沟, 沟宽 30 cm、深 10 cm, 放置 20 cm 厚的竹屑基质, 使用 D<sub>89</sub> 菌株进行栽培, 其鲜菇产量能达到 2 832.4 ~ 2 935.9 g·m<sup>-2</sup>, 即干品产量可达到 849 ~ 880.5 kg·hm<sup>-2</sup>, 生物学效率达到 17.39% ~ 19.83%, 产值达到 50 万元·hm<sup>-2</sup> 以上, 利润可达 31 万元·hm<sup>-2</sup> 以上。利用竹林生态环境培育竹荪等食用菌, 既增加了林地资源的利用率, 又可以增加竹林肥力, 减少竹林化肥用量, 从而减少环境污染<sup>[37]</sup>。

浙江省竹荪主要种植在毛竹林、杉木林等林下, 2022 年全省竹荪林下种植面积将超过 120 hm<sup>2</sup>, 产值将超过 6 000 万元, 纯收入可超过 3 700 万元。

#### 4.4 林下生态栽培灵芝

灵芝是我国传统的一种名贵中药, 素有“仙草”“瑞草”“还魂草”之美誉<sup>[27]</sup>, 是一种著名的药用真菌。我国人工栽培灵芝的历史已有 60 多年<sup>[26]</sup>, 有短段木栽培、代料栽培等模式。目前浙江省灵芝主要种植在毛竹林、阔叶林、马尾松林、杉木林等林下。主要品种为赤芝 *Ganoderma lucidum*, 其为高温型食用菌, 出芝温度在 27 ~ 30 °C。根据浙江省气候特点, 适宜种植时间为 4 月中下旬, 出芝时间为 5—10 月。菌棒种植前, 应对种植地块上的小杂木、杂草进行清除, 然后用开穴机械开穴。行距、穴距根据林地中树木密度灵活进行; 开穴深度要比菌棒长度多 5 ~ 10 cm。选择晴天进行脱袋。菌棒脱袋入土后, 盖上 5 ~ 10 cm 细土, 以利于出芝。土壤湿

润的, 盖土后可不用淋水; 土壤比较干燥的, 盖土后喷水保湿或加盖稻草、透气型塑料薄膜保湿。

菌棒埋入林地经过 2 个月左右的时间可见幼芝露出土壤表面, 随后灵芝子实体不断生长变大, 当灵芝菌盖边缘黄、白色环圈完全消失, 并放射出大量的烟雾状褐色孢子粉时, 可以进行采收。灵芝出芝盛产期在 7~8 月, 采芝期间, 每采完一批灵芝, 需要补充 1~2 cm 厚土在采芝的区域。霜降后出芝停止, 同时在种植区域加盖一层细土或稻草防止霜冻。一般情况下, 第 2 年 3 月下旬至 4 月上旬就可看到上一年所埋菌棒再次出现幼芝, 这时需要进行出芝管理。丽水市、衢州市是浙江省林下灵芝的主产区。以缙云县浙江芝护康生物科技有限公司为例, 在毛竹林下种植灵芝 131 号, 每平方米放置规格为 36 cm × 66 cm 的袋料菌棒 4 个, 每个菌棒产菇约 9 kg, 总投入约 45 万元·hm<sup>-2</sup>, 可产灵芝孢子粉 75 万元·hm<sup>-2</sup>, 产灵芝 9 万元·hm<sup>-2</sup>。目前浙江省灵芝林下生态种植面积约为 150 hm<sup>2</sup>, 产值将超过 1.26 亿元, 纯收入可超过 5 850 万元。

#### 4.5 林下生态栽培羊肚菌

羊肚菌, 属于子囊菌亚门 Ascomycotina 盘菌纲 Discomycetes、盘菌目 Pezizales、羊肚菌科 Morohellaceae、羊肚菌属 *Pezizales* 真菌, 因其菌盖部分凹凸成蜂窝状, 形态酷似翻开的羊肚而得名。羊肚菌属低温高湿性真菌, 喜阴, 一般在春夏之交出菇, 是世界上公认的著名珍稀食药兼用菌, 其香味独特, 营养丰富, 功能齐全, 食效显著。原产我国西南和华北地区。近年来, 各地进行了广泛引种, 但主要局限于大棚栽培, 因受极端气候的影响, 有成效的基地不多见。本研究团队经 5 年多的探索, 初步获得成功。在我国东南地区种植羊肚菌要克服 2 个难点: 一是出菇期 3—4 月适宜温度 (10~20 ℃) 持续时间短, 而且经常发生寒流前 1 天或数天的间歇性高温 (超过 25 ℃); 二是需要建立一个温度变幅小, 湿度易保持的环境。解决的办法是以 0.3~0.6 hm<sup>2</sup> 为种植单元, 四周用地布构筑 1.8 m 高的挡风墙, 以减轻扫地风的影响; 分别在 2 m 和 1.5 m 高处设置遮阴纱, 以防止发菇期间歇性高温的危害; 2 月初沿种植床搭建拱高 40 cm 的小拱棚, 以保持湿度和温度基本稳定。目前在毛竹林下的鲜菇产量达到 5 250 kg·hm<sup>-2</sup>, 产值达 63 万元·hm<sup>-2</sup> 以上, 利润可达 46.5 万元·hm<sup>-2</sup>。这项技术目前已在浙江富阳、安吉、宁波和安徽岳西等地推广。

## 5 林下食用菌产业发展存在的主要问题

### 5.1 林下经济研究不足, 专业技术力量缺乏

林下经济是新兴、交叉学科, 起步晚, 综合性强, 涉及面广, 造成技术研究力量分散, 主导性产业不明显, 导致目前我国从事林下经济的研究科技人员和研究团队较少, 系统性的研究成果缺乏。

### 5.2 三产融合不够, 产业链条较短

一二三产业基地和企业多是以单一食用菌产业为主, 产业链较短, 缺少三产齐全的基地和龙头企业。多以销售初级产品为主, 深加工率低, 产品附加值不高。

### 5.3 市场化水平较低, 品牌建设力度弱

多以个体种植为主, 缺少市场意识, 缺乏品牌意识, 市场信息也不灵通, 导致在品种选择上存在盲目性, 缺乏主导产品, 标准化和品牌化建设不足, 产品宣传力度很弱。

### 5.4 科技支撑不足, 产业效益较低

林菌产品开发利用科技水平较低, 多沿用传统的种植方式, 对科学种植技术掌握不够, 致使生产成本高、效益差。

### 5.5 发展资金短缺, 产业规模较小

林菌产业前期投入较大, 多数经营者缺乏启动资金, 发展之初就受到限制, 难以做大规模、拉长产业链条, 表现为“小、散、弱”局面, 管理水平偏低, 产值总量偏小, 没有形成规模效应和优势产品。

### 5.6 基础设施滞后, 产业发展受制约

目前, 林菌产区普遍存在水、电、路、通信等基础设施缺乏, 产业配套设施不健全的问题, 这严重制约了林下食用菌产业的加快发展。

## 6 我国林下食用菌产业发展的对策与展望

2022年12月23日,习近平总书记出席中央农村工作会议并发表重要讲话,对全面推进乡村振兴、加快建设农业强国做出战略部署。因此,乡村振兴将是我国未来相当长一段时期内的重要工作,而要实现乡村的全面振兴,产业振兴是重要基础。林下经济是我国广大山区乡村的重要支柱产业,因此,大力发展林下经济,特别是林下食用菌产业,对我国山区的乡村振兴具有重要意义和广阔的发展前景。

### 6.1 加强一二三产融合发展研究,建立林下经济的复合共同体

加强林菌栽培模式、食用菌休闲食品加工与林下休闲、科普教育相结合研究,探索一产、二产与研学教育、观光采摘等项目融合发展高效模式,建立林下经济的复合共同体,提高林菌产业的综合效益。

### 6.2 加强科技创新与技术推广

我国是食用菌生产大国,具有较强的食用菌开发能力,目前大多食用菌品种和栽培技术适合大田与工厂化栽培。因此急需加大研发力度,选育出适合林下栽培的食用菌新品种,加强适宜林下经济发展的优势品种的研究与开发,加快良种选育、产品加工、储藏保鲜等先进实用技术的转化和科技成果推广。积极探索利用我国丰富而且再生性强的竹林资源和竹质材料作为食用菌培养料的途径和方法,以减轻林菌产业发展对我国阔叶林资源的过度消耗,保障我国森林资源的安全。

### 6.3 加强林下经济产业人才培养,促进林菌专业合作组织建设

加强对林下经济技术、管理和营销等各类专业人才的培养。通过汇集各相关学科领域科技人员,培育一批从事林下经济产业研究的专业技术人才;积极开展农村林菌产业带头人的培育,培育一批懂技术、懂管理和善营销的林下经济乡土专家。积极发挥乡土专家在林下经济高效培育技术推广中的引领作用,支持林菌专业协会和经营主体建设,提高农民发展林下经济的组织化水平和抗风险能力。

### 6.4 出台扶持政策,加强市场流通体系建设

各级政府要积极出台扶持林下经济发展切实可行的政策。如设立产业基金,落实农户小额贷款;设立专项资金,扶持电子商务、农超对接、连锁经营、物流配送等现代流通企业,实现专业合作社和农户专职于林菌种植,而商贸企业专司于市场对接与销售,实现产供销资源的合理配置,做大做强我国的林菌产业。

### 6.5 完善林下经济相关标准、导则的制定

目前,林下经济一般都是在原有的人工林和竹林下展开,而通过林农复合经营会使森林和竹林资源得到更加充分的利用,增加经济效益,这可能会导致侵占天然林,增大人工林的面积<sup>[39]</sup>,不合理的开发会导致森林资源被破坏。同时,林下的食用菌产品在市场上常与大田产品混卖,缺少质量认证与特色品牌。因此,需要正确处理发展林下经济与天然林保护之间的关系,完善林下经济以及林下经济产品的相关标准与导则,扩展林下经济产品的绿色销售渠道。根据各地资源条件、基础设施、市场需求等,按照不同的森林环境,形成多元化、多层次、多形态的规范化的建设标准。

## 参考文献

- [1] 陈幸良. 林下经济学的缘起、发展与展望[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(06): 105-114.
- [2] 赵晓海, 唐尙柱, 张学胜, 等. 秸秆覆盖种植大球盖菇结合坡面改造对林坡地生态的保育效果[J]. 水土保持通报, 2021, 41(02): 149-155.
- [3] 李文华. 林下经济与农业复合生态系统管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2021.
- [4] 滑帆, 邢万里, 刘富强, 等. 河北省林下栽培食用菌发展现状与对策探讨[J]. 农业与技术, 2020, 40(14): 130-132.
- [5] 曾先富, 李昕竺, 熊维全. 利用花木(果)林空间, 大力发展食用菌生产[J]. 食用菌, 2017, 39(06): 13-15.
- [6] 赵瑞. 秦巴山区漆树林下食用菌立体套种模式综合增效经济分析[J]. 中国食用菌, 2019, 38(12): 11-14.
- [7] 王晓娟, 陈洪, 王光剑, 等. 不同竹林下套种食用菌的产量与经济效益评估[J]. 四川林业科技, 2020, 41(05): 50-53.
- [8] 隗永青, 曹均, 曹庆昌. 北京郊区板栗林下栗蘑栽培技术及效益分析[J]. 中国食用菌, 2010, 29(02): 21-23.

- [9] 王静静, 罗燕娜, 张爱萍, 等. 北疆地区速生林下食用菌栽培效益分析[J]. 北方园艺, 2017 (07): 209–210.
- [10] 农金花. 果菇间作系统下紫色土碳氮组分变化特征及其相互关系研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- [11] 杨顺强, 程立君, 赵启君, 等. 葡萄林下栽培不同食用菌的效应[J]. 西北农业学报, 2020 (07): 1–6.
- [12] 韩锋. 林下经济发展及对林农影响研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [13] 敬露阳, 张波, 陆志敏, 等. 葡萄园套种皱环球盖菇对葡萄生长和果实品质的影响[J]. 浙江林业科技, 2022, 42 (03): 55–60.
- [14] 王楠, 张余华, 李建安, 等. 林下栽培大球盖菇的油茶叶屑基质配方筛选试验[J]. 经济林研究, 2022, 40 (01): 95–103.
- [15] ZHANG J, ZHANG T, YING Y, et al. Effects of different additives on the chemical composition and microbial diversity during composting of *Camelliaoleiferashell*[J]. *Bioresource Technology*, 2021, 330 (11): 124990.
- [16] 杨玉华, 郑青焕, 李梦春, 等. 大球盖菇林下栽培模式探析及发展建议[J]. 食用菌, 2022, 44 (06): 79–80.
- [17] 霍捷, 王卫平, 滑帆, 等. 大球盖菇栽培模式研究进展与发展方向探讨[J]. 中国食用菌, 2020, 39 (02): 35–38.
- [18] 龚光禄, 杨通静, 桂阳, 等. 我国竹荪产业现状与红托竹荪菌包脱袋覆土栽培技术[J]. 食药菌, 2022, 30 (04): 271–276.
- [19] 应国华, 吕明亮, 何林, 等. 毛竹林下棘托竹荪栽培基质配方筛选[J]. 食用菌学报, 2014, 21 (03): 32–35.
- [20] 杨文英, 吕玉奎, 王玲, 等. 麻竹林下环境因子对仿野生长裙竹荪产量影响研究[J]. 世界竹藤通讯, 2016, 14 (02): 12–15.
- [21] 湛金吾, 李琳琪, 陆兰芳, 等. 贵州黔东南州林下仿野生栽培羊肚菌[J]. 食用菌, 2021, 43 (06): 49–51.
- [22] 吕晓东, 黄璇, 李先锋, 等. 毛竹林下羊肚菌栽培主要技术措施[J]. 竹子学报, 2022, 41 (01): 80–84.
- [23] 邓莉杰, 卢中强, 唐璇, 等. 桃榔木屑为培养基质的黑皮鸡枞菌林下栽培试验研究[J]. 园艺与种苗, 2021, 41 (11): 35–38.
- [24] 徐青松, 骈跃斌, 杨杰, 等. 果树下食用菌复合套种栽培技术研究[J]. 山西农业科学, 2018, 46 (12): 2029–2033.
- [25] 付立忠, 胡传久, 魏海龙, 等. 竹林套种姬菇栽培技术[J]. 食用菌, 2013, 35 (05): 45–46.
- [26] 曾广宇, 蓝金宣, 李开祥, 等. 不同郁闭度林下仿野生栽培黑灵芝[J]. 食用菌, 2020, 42 (02): 53–54.
- [27] 吴德峰, 涂建生, 叶财旺, 等. 竹粉灵芝仿野生栽培技术研究[J]. 玉林师范学院学报, 2016, 37 (02): 70–74.
- [28] 张林夕, 高雯, 韩绒绒, 等. 林下栽培黑木耳高产高效技术初探[J]. 食用菌, 2016, 38 (02): 49–50.
- [29] 王浩东, 葛静波, 季林章, 等. 林下黑木耳高效栽培技术[J]. 食药菌, 2014, 22 (06): 346–349.
- [30] 杨亚东, 沈建华, 廉家盛. 林下香菇高产优质栽培技术[J]. 上海蔬菜, 2015 (06): 76–77.
- [31] 王溢洋, 张国庆, 秦岭, 等. 块菌人工栽培现状及菌根苗培育方法的研究进展[J]. 微生物学通报, 2022: 1–20.
- [32] 孟庆国. 食用菌栽培中覆土的好处及方法[J]. 西北园艺 (蔬菜), 2011 (02): 49.
- [33] 潘丕克. 辽东山区黑木耳林下集约栽培技术[J]. 辽宁林业科技, 2019 (05): 71–73.
- [34] 肖亮. 辽东地区黑木耳林下高效栽培技术[J]. 辽宁林业科技, 2021 (04): 71–72.
- [35] 罗燕娜, 李旭东, 王静静, 等. 西北地区林下大球盖菇栽培技术[J]. 北方园艺, 2022 (11): 151–153.
- [36] 卢鹏, 谢锦忠, 童龙, 等. 麻竹林下竹荪仿野生种植关键技术研究[J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2016, 40 (04): 177–182.
- [37] 曹碧凤. 竹林套种竹荪生态栽培技术研究与效益评价[J]. 世界竹藤通讯, 2017, 15 (03): 37–41.
- [38] 罗志斌. 福建省林下经济发展模式研究[J]. 中国林业经济, 2020 (04): 73–76.
- [39] OLLINAH O I, KRGER M. Agroforestry transitions: The good, the bad and the ugly[J]. *Journal of Rural Studies*, 2021, 82: 210–221.