

全球香菇产业发展历史、现状及趋势

曹 斌¹, 张月吟², 高 博³

(¹中国社会科学院农村发展研究所, 北京 100732; ²华北理工大学, 河北 唐山 063210;

³北京林业大学, 北京 100083)

摘要：采用文献查阅和电话访谈相结合的方法, 详细分析全球香菇 (*Lentinula edodes*) 产业发展历史、现状及趋势, 并对推进中国香菇产业强国建设提出政策建议。研究表明: 香菇自然分布区域主要集中于东亚和东南亚地区; 随着全球人口迁移, 香菇栽培区域已扩大到除南极洲以外的各大洲。2022年, 中国香菇产量为 1.296×10^7 t, 占全球香菇总产量的98.3%; 人均年消费香菇8.9 kg, 中国是全球最大的香菇生产国和消费国。全球香菇产业在消费端呈现市场规模持续增长、鲜香菇比重逐渐增加、加工品市场规模扩大的趋势, 在生产端呈现劳动力老龄化、产业集中度提升、生产模式持续优化和生产科技创新水平提高的趋势。建议通过建立中央财政扶持体系、强化行业组织服务功能、加大工厂化生产技术研发力度和推动香菇全产业链发展, 稳步推进中国香菇产业强国建设。

关键词：全球; 食用菌; 香菇; 科技创新

Development History, Current Situation and Trends of Global *Lentinula edodes* Industry

CAO Bin¹, ZHANG Yueyin², GAO Bo³

(¹Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China; ²North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, Hebei, China; ³Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Through literature review and telephone interview, the development history, current status and trends of global *Lentinula edodes* (shiitake mushroom) industry were analyzed, and policy suggestions for promoting the high-quality development of the Chinese *L. edodes* industry were put forward. The natural distribution areas of *L. edodes* are mainly concentrated in East and Southeast Asia. With global migration, cultivation of *L. edodes* has spread to almost all continents except Antarctica and Africa. In 2022, the output of *L. edodes* in China was 1.296×10^7 t, accounting for 98.3% of the global *L. edodes* output, and the annual consumption per capita in China was 8.9 kg, making it the largest producer and consumer of *L. edodes* in the world. At the consumer end, there is a sustained growth in consumer market scale, proportion of fresh mushrooms, and processed product market scale. At the production end, the problem of labor force aging is prominent. On the other hand, there are improvements in centralized production, production mode, and scientific and technological innovations. Suggestions include establishing a central financial support system, strengthening the service of industry organizations, increasing the research and development of factory production technologies and promoting the development of *L. edodes* industrial chain, so as to promote the construction of China's *L. edodes* industry powerhouse.

Keywords: Global; edible mushroom; shiitake mushroom; technological innovation

收稿日期: 2023-11-29 原稿; 2024-01-03 修改稿

基金项目: 中国食用菌协会重点课题(CEFA2023002)

作者简介: 曹 斌(1975—), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为产业经济学。E-mail: caobin@cass.org.cn

香菇(*Lentinula edodes*)营养丰富,具有投资见效快、高土地产出率、高资源利用率和高劳动生产率等商品特征,是增加农民收入、推进乡村全面振兴的重要抓手^[1]。20世纪80年代以来,随着全球经济一体化稳步推进,各国之间人口迁徙速度加快,带动香菇栽培由传统的东亚产区快速扩散到除南极洲以外的全球各大洲。2018年,全球香菇产量占食用菌产量的比重上升至26%,其次是木耳(*Auricularia* spp.)21%、平菇(*Pleurotus* spp.)16%、双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)11%、金针菇(*Flammulina velutipes*)7%、刺芹侧耳(*Pleurotus eryngii*)5%、草菇(*Volvariella volvacea*)1%和其他13%,香菇已成为全球第一大食用菌^[2]。20世纪90年代以来,张树庭^[3]、黄年来^[4]、张寿橙^[5-6]、曹斌等^[7]、吴锡鹏^[8]出于改善中国香菇贸易环境目的,分别研究全球主要香菇消费国的生产情况和市场情况,有力促进了中国香菇产业发展;其中,张树庭从全球视野,系统分析全球香菇产业布局、产量变化,得出1997年中国香菇产量占全球香菇总产量的87%,中国是全球第一大香菇生产国的结论;之后,受制于语言和资料限制,几乎所有香菇产业研究都仅仅围绕某国或者某地区展开,鲜有全球视野研究积累。进入21世纪,随着“一带一路”战略、农业走出去战略的相继实施,现有研究成果已不能反映当下全球香菇产业发展情况,也难以为推动实现中国香菇产业强国建设提供必要支撑。

2023年8~9月,笔者通过学术论文检索平台(中国知网、Semantic Scholar、Science Direct等)、Bing网络平台检索各国香菇产业发展相关文献,初步了解全球香菇产业发展概况;通过对中国主要香菇出口企业、菌棒出口企业的电话访谈,梳理各国(地区)香菇产业发展现状;在此基础上,探讨全球香菇发展趋势,并为推动中国香菇产业强国建设提出对策建议。香菇商品形态分为干香菇和鲜香菇,各国和地区的统计标准大相径庭,如中国(大陆和台湾)按照鲜香菇计算产量;日本将干香菇和鲜香菇分开统计;韩国在2018年之前仅统计鲜香菇,之后开始统计干香菇和鲜香菇。为便于对比,笔者采取张树庭的计算方法^[3],即将干香菇按照质量比(1:10)折算为鲜香菇进行对比。

1 全球香菇产业发展规模变化

1.1 香菇自然分布

1878年,英国真菌分类学家在日本采集香菇标本并将其学名定为*Agaricus edodes* Berk,其中“*edodes*”是日语“江户”(现名东京)读音。根田仁^[9]认为20世纪80年代之前的研究表明香菇自然分布于东亚和东南亚部分地区;之后在印度尼西亚、菲律宾、澳大利亚、新西兰相继发现野生香菇,经过与日本香菇进行杂交实验后确定属于同一种,香菇学名由此被修改为“*Lentinula edodes*”。现有研究表明,香菇属于热带及亚热带自然环境分布的真菌,自然分布范围为80°~150°E、10°S~41°N,记载有野生香菇分布的国家(地区)有中国、朝鲜、韩国、日本、越南、缅甸、泰国、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、印度、尼泊尔、巴布亚新几内亚等国家(地区)。虽然,在新西兰、澳大利亚、阿根廷、甚至非洲和北美洲等地均发现香菇,但未被证实是同一种,或者被认为是香菇变种^[10]。另外,部分学者认为中国是重要的香菇自然群体遗传多样性中心^[11]。

1.2 香菇栽培区域

香菇的栽培区域远比自然分布区域广阔。20世纪90年代末,随着国际经济一体化进程加快,大量东亚移民促进全球香菇需求增长,同时,中国香菇菌棒开始出口海外,采取“国内制棒+国外出菇”模式,推动全球范围内中国模式香菇栽培技术推广普及^[12]。据不完全统计,2022年,全球共有60个国家(地区)栽培香菇(表1),占联合国会员数量的31.1%,其中除有香菇自然分布的国家(地区)外,还有欧洲、美洲和非洲国家(地区);这些国家(地区)拥有丰富的林木资源、适宜的气候条件或者具有一定食用菌消费历史,其市场较为成熟。

表1 全球栽培香菇的国家(地区)

Table 1 National (regional) distribution of *L. edodes* cultivation

大洲 Continent	国家(地区) Country (Region)
亚洲 Asia	东亚地区: 中国(大陆和台湾)、日本、韩国、朝鲜 East Asia: China (mainland and Taiwan), Japan, South Korea, North Korea 其他亚洲地区: 新加坡、越南、泰国、马来西亚、印度尼西亚、新加坡、菲律宾、斐济、印度、缅甸、柬埔寨、孟加拉国、斯里兰卡、尼泊尔、阿联酋、阿曼、以色列 Other Asian countries: Singapore, Vietnam, Thailand, Malaysia, Indonesia, Singapore, Philippines, Fiji, India, Burma, Cambodia, Bangladesh, Sri Lanka, Nepal, United Arab Emirates, Oman, Israel
美洲 America	加拿大、美国、墨西哥、巴西、阿根廷、智利、厄瓜多尔、哥伦比亚 Canada, the United States, Mexico, Brazil, Argentina, Chile, Ecuador, Colombia
欧洲 Europe	英国、法国、德国、比利时、荷兰、瑞士、瑞典、意大利、西班牙、葡萄牙、芬兰、波兰、匈牙利、俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰、立陶宛、斯洛文尼亚、土耳其、波斯尼亚和黑塞哥维那、黑山 The United Kingdom, France, Germany, Belgium, the Netherlands, Switzerland, Sweden, Italy, Spain, Portugal, Finland, Poland, Hungary, Russia, Belarus, Ukraine, Lithuania, Slovenia, Turkey, Bosnia and Herzegovina, Montenegro
大洋洲 Oceania	澳大利亚、新西兰、巴布亚新几内亚 Australia, New Zealand, Papua New Guinea
非洲 Africa	南非、阿尔及利亚、埃塞俄比亚、赤道几内亚、肯尼亚、留尼汪(法属) South Africa, Algeria, Ethiopia, Equatorial Guinea, Kenya, Orange Reunion

注: 资料来源于2015—2021年《中国海关统计年鉴》和电话访谈汇总。

Note: data are from the China Customs Statistical Yearbook (2015—2021) and telephone interviews.

1.3 香菇生产规模变化

关于全球香菇生产规模变化, 仅有张树庭做过较为详细的介绍^[3]; 他认为“1974年, 全球香菇总产量约为 1.43×10^5 t, 其中, 日本、中国(大陆和台湾)和韩国占比分别为94.5%, 5.3%(4.2%, 1.1%)和0.2%(表2)。1987年, 中国和日本香菇产量分别为 17.9×10^5 t和 16.3×10^5 t, 中国第一次超过日本。”之后, 中国香菇产量持续增长, 始终保持全球第一大生产国地位。印度农业研究委员会食用菌研究总局(Indian Council of Agricultural Research-Directorate of Mushroom Research, ICAR-DMR)报告显示^[13]: 2015年, 中国香菇产量已经占全球总产量的95%; 香菇不仅在亚洲受到青睐, 也逐渐受到欧美消费者关注; 2005—2015年, 美国的香菇产量增加24%; 香菇还是世界上唯一在35年中增长速度超过100%的食用菌。但是, 即便如此, 香菇在各国(地区)农产品中所占比重仍然较低, 将香菇产量纳入国家统计或行业统计的国家只有中国(大陆和台湾)、韩国、日本、美国和德国, 其他国家(地区)的香菇产量仅散见于文献和网络信息, 统计时间也存在差异。笔者综合各国(地区)具体情况, 得出2022年各国(地区)的香菇产量, 即中国 1.296×10^7 t(大陆 12.956×10^6 t、台湾 4.151×10^3 t)、日本 8.987×10^4 t、韩国 2.239×10^4 t、美国 3.633×10^3 t、德国178 t。2022年, 中国出口香菇菌棒 1.376×10^5 t, 按照出口香菇菌棒的平均质量为1.6 kg、每棒采收鲜香菇0.5 kg计算^[12], 可采收鲜香菇 4.301×10^4 t, 再加上其他未能将香菇列入统计的国家(地区)产量, 表2中“其他”部分的香菇总产量低于 1×10^6 t; 由此推算, 2022年, 中国香菇产量可以占到全球香菇总产量的98.3%。

表2 全球香菇产量
Table 2 Global *L. edodes* output

年份 Year	中国 China		日本 Japan / $\times 10^4$ t	韩国 South Korea / $\times 10^4$ t	美国 USA / $\times 10^3$ t	德国 Germany /t	其他 Others / $\times 10^4$ t	合计 Total / $\times 10^6$ t	
	大陆 Mainland/ $\times 10^6$ t	台湾 Taiwan/ $\times 10^3$ t							
1974	0.001	(4.2)	0.016	13.514	0.003	—	—	0.167	0.143
1983	0.002	(9.4)	0.750	17.120	0.490	—	—	0.360	0.207
1985	0.050	(13.9)	4.900	22.730	2.340	—	—	0.940	0.359
1991	0.380	(60.5)	3.680	17.970	1.720	—	—	1.450	0.628
1992	0.450	(63.9)	3.940	17.710	2.250	—	—	1.500	0.704
1993	0.550	(68.9)	3.640	17.040	2.580	—	—	1.600	0.799
1994	0.626	(73.6)	2.800	15.740	2.200	—	—	1.700	0.850
1995	0.580	(74.8)	2.690	15.520	1.900	—	—	1.800	0.799
1996	0.671	(76.3)	2.700	14.400	1.870	—	—	1.900	0.879
1997	1.125	(85.1)	2.700	13.260	1.700	—	—	2.000	1.322
2000	2.205	(89.5)	3.881	11.958	3.411	—	—	10.000	2.463
2005	2.425	(90.7)	4.526	10.610	3.936	—	—	10.000	2.675
2010	4.277	(94.3)	4.540	11.224	4.085	—	—	10.000	4.535
2015	7.667	(97.0)	4.200	9.460	3.088	4.271	216	10.000	7.901
2017	9.965	(97.7)	3.375	9.507	3.069	4.961	225	10.000	10.199
2018	10.432	(97.7)	4.140	11.220	3.060	3.144	209	10.000	10.682
2019	11.159	(98.0)	3.960	9.610	2.889	3.144	159	10.000	11.391
2020	11.882	(99.1)	4.224	9.330	2.676	3.284	158	10.000	12.110
2021	12.957	(98.3)	4.551	9.322	2.706	3.364	169	10.000	13.185
2022	12.956	(98.3)	4.151	8.987	2.239	3.633	178	10.000	13.176

注：中国大陆、中国台湾、日本、韩国数据分别来自参考文献[3, 14-16]；“其他”包括1983—2010年美国、德国以及其他国家数据，1974—1997年数据来源于参考文献[3]，2015—2022年数据为估算值；括号内数据表示香菇产量占全球总产量的百分数；—表示无数据。

Notes: the data for China mainland, China Taiwan, Japan and South Korea are from references [3, 14-16], respectively; “Others” include the data of the US, Germany and other countries from 1983 to 2010, where the data of 1974—1997 are from reference [3] and the data of 2015—2022 are estimated values; values in brackets are the proportion of *L. edodes* output in the global output; — indicates no data available.

2 全球主要国家和地区的香菇产业发展历史与现状

2.1 东亚地区香菇产业发展历史与现状

东亚位于欧亚大陆东部、太平洋西岸，地势西高东低，资源丰富，是全球最重要的香菇生产和消费地区；其中，中国（大陆和台湾）、日本和韩国是全球历史最悠久的香菇传统产区。

2.1.1 中国

中国是全球最早生产和消费香菇的国家，也是全球香菇生产、消费和出口大国^[17]。《吕氏春秋》中记载“味之美者，越骆之菌”，可能是历史上最早食用香菇的史料^[18]。1313年，王祯著《农书》记录香菇砍花法，但也有学者认为这种香菇半人工栽培法是由1209年何澹所著《龙泉县志》首次记录^[19]。宝庆年间（1225—1227年），高丽王朝以朝贡贸易方式向中国出口合蕈，是中国最早的香菇贸易记录^[20]。近现代，中国引进西方菌物学知识改进香菇栽培技术；1921年，曾济宽在《中华农学报》发表《香菇培养法及栽培经过》是中国引进日本栽培技术的第一篇论文；1956年，陈梅朋开始在中国推广纯菌种接种段木香菇栽培法；1957年，上海市农业科学院食用菌研究所开始研究采用木屑代替段木栽培香菇；1974年，该所何园素等研发出锯木屑代料压块栽培技术；1982年，福建省古田县彭兆旺研发塑料袋大田栽培法，促使香菇产业在福建、浙江等南方山区蓬勃发展，并迅速向全国推广^[21]。1990年，香菇产量达到 2.3×10^5 t。进入21世纪，中国香菇产业发展经历三个阶段。2001—2010年，受入世后国内外市场需求增长的变化，香菇产区由南部向北部和西部扩大，香菇产量逐年增加；

2011—2015年,供需失衡,香菇产量虽持续增加,但产量增速略有下降;2016年至今,随着精准扶贫政策推行,香菇产量跨越式增加,中国香菇产量达到 1.296×10^7 t(截至2022年),占食用菌总产量的比例上升到30.7%,消费量为 1.262×10^7 t,人均年消费量为8.9 kg(表3)。

表3 中国大陆食用菌产量及香菇总产量、消费量和出口量

Table 3 Total output of edible fungi and total output, export volume and consumption of *L. edodes* in China's mainland

年份 Year	A	B	C		D		
	食用菌产量 Total output of edible fungi/ ($\times 10^7$ t)	香菇产量 Total output of <i>L. edodes</i> / ($\times 10^7$ t)	B: A/%	香菇消费量 Consumption of <i>L. edodes</i> / ($\times 10^7$ t)	C: B/%	香菇出口量 Export volume of <i>L. edodes</i> / ($\times 10^6$ t)	D: B/%
2003	1.039	0.223	21.4	0.203	91.0	0.200	9.0
2005	1.335	0.343	18.2	0.216	88.9	0.269	11.1
2010	2.201	0.428	19.4	0.380	88.7	0.482	11.3
2015	3.476	0.767	22.1	0.688	89.7	0.793	10.3
2016	3.480	0.835	24.0	0.742	88.8	0.933	11.2
2017	3.712	0.925	24.9	0.795	85.9	1.302	14.1
2018	3.792	1.043	27.5	0.906	86.9	1.371	13.1
2019	3.934	1.156	29.4	1.060	91.7	0.962	8.3
2020	4.061	1.188	29.3	1.128	94.9	0.606	5.1
2021	4.134	1.296	31.3	1.240	95.7	0.553	4.3
2022	4.223	1.296	30.7	1.262	97.5	0.333	2.5

注:数据来源于参考文献[14],香菇消费量=香菇总产量-香菇出口量。

Notes: data are from reference [14], consumption of *L. edodes* = total output of *L. edodes* - export volume of *L. edodes*.

台湾是中国乃至全球重要的香菇产区之一,但其生产和食用香菇的历史记录较少。1909年,William A. Murrill在《Mycologia》杂志刊登一张日本人在台湾省南投县埔里手持香菇的照片,据此推测19世纪末至20世纪初,日本香菇人工栽培技术已传入台湾^[22]。20世纪60年代,台湾从日本引进菌种开展香菇段木栽培。1974年台湾省农业实验所研发成功代料栽培法并开始推广,逐渐成为主流栽培方式。台湾香菇产业的社会化分工水平较高,已形成菌种制作、菌棒生产、运销、废菌棒处理等人员组成的产业链;在出菇环节,有割袋、装袋、采收的专业菇农。台湾学者^[15]认为完善的社会化服务体系降低了香菇产业的行业门槛,使得投资者可以很快形成栽培规模,客观上促进台湾香菇产业发展。目前,台湾的香菇菌种主要由私营企业负责培育,其中,代料香菇菌种生产企业有两个,分别在台中市大里区和雾峰区;段木香菇菌种生产企业有4个,桃园市大溪镇、台中市雾峰区各有2个。由于企业规模不大,竞争力较弱,菌种品质下降问题日益突出。2017年,台湾农粮署、种苗改良繁殖场、水土保持局和新社农会等单位出资成立“台湾菇类菌种产发研究中心”和台湾省农业试验所一起培育香菇新品种;2019年,该中心将生产基地转让给台湾省农业试验所,并引进日本企业协助研发菌种,香菇品质显著提升。台湾菇农所用菌棒中,约90%从专业菌棒生产企业采购,剩余部分由菇农自己生产。2021年,台湾共有33个菌棒生产企业,主要分布于台中市(20个)、南投县(11个)、彰化县(1个)和其他(1个)地区,年产量为 2.1×10^8 棒,基本可以满足岛内需求。近年来,台湾香菇产量减少,2022年的产量下降至2016年产量的71.7%(表4),产地主要集中于台中市(0.272×10^4 t)和南投市(0.117×10^4 t)。同期,香菇产量占食用菌产量的比重略有增加,从11.4%提高到11.7%。台湾出口少量的高品质干香菇到中国大陆和中国香港。台湾劳动力成本较高,缺乏价格竞争优势,大量进口干香菇满足岛内需求,其中高端段木栽培香菇来自日本和韩国,价格较低的代料栽培香菇来自越南。

2021年,台湾香菇进口量为53.5 t,其中越南52.8 t,占总进口量的98.7%。有学者认为从越南进口的香菇可能是大陆生产的香菇,通过越南转口到台湾^[15]。

表4 中国台湾食用菌产量
Table 4 Output of edible fungi in Taiwan province

食用菌 Fungi	年份 Year						
	2001	2006	2011	2016	2020	2021	2022
香菇 <i>L. edodes</i>	0.487	0.464	0.410	0.579	0.422	0.455	0.415
金针菇 <i>F. velutipes</i>	0.373	1.680	2.147	2.000	2.343	2.250	1.890
双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i>	0.493	0.466	0.410	0.500	0.455	0.431	0.330
其 他 Others	0.375	0.501	0.986	1.025	1.130	1.083	0.899
合 计 Total	1.728	3.112	4.014	5.096	4.350	4.219	3.535

注:数据来源于参考文献[15],单位为万吨;干香菇和鲜香菇按照质量比1:10折算。

Notes: data are from reference [14] and the unit is ten thousand tonnes; dried mushrooms are converted into fresh mushrooms in a mass ratio of 1:10.

中国香菇产业快速发展得益于3个方面。第一,政府支持。中国香菇生产大多集中于林木资源较为丰富的偏远地区,是山区农民为数不多的收入来源。进入21世纪,中国将香菇作为脱贫攻坚、增加农民收入以及推动乡村振兴的重要抓手,通过统筹财政资源、提供公益性服务和搭建销售平台大力促进各地香菇产业稳步发展。香菇产业逐渐成为部分不具备区位优势偏远地区农业的支柱产业^[13]。第二,技术创新。中国香菇生产最初集中于林木废弃资源较为丰富的浙江省、福建省、台湾省等东南沿海地区。20世纪80年代,随着代料栽培技术推广、基质研究和育种技术不断进步,产区范围逐步扩大。从基质研究进展来看,富含木质素及纤维素的林木废弃资源、农作物下脚料、中药材渣、竹屑等其他自然资源正在应用于香菇生产,成为农林废弃物综合利用的生态循环,生态保护的重要手段。在菌种培育技术创新方面已经逐步从人工选择、杂交等传统育种方式向原生质体融合、诱变以及分子标记辅助的新型育种技术发展,很大程度改良了菌株,选育出能够适用于不同温度的新品种。这些技术进步显著改善香菇对不同自然环境的适应能力,有力支撑了“南菇北移”战略稳步推进。第三,经营模式创新。传统香菇栽培模式是以小农户家庭制棒、培养和出菇管理一体化为特征的作坊式生产模式。近年来,随着工商资本和现代工厂化管理技术引进,香菇栽培模式逐渐转向“设施制棒+生态出菇”的新模式,即由农业产业化龙头企业、农民合作社或农村集体经济组织等新型农业经营主体购置机械设备,承担香菇菌棒生产,小农户负责出菇管理。这种模式既克服“小规模、分散化”家庭经营导致的香菇品质参差不齐、杂菌率高等问题,又通过“N统一”模式,即企业提供统一菌种、统一配方、统一菌资的全产业链服务,提高生产效率,改善香菇品质,降低技术门槛,成为香菇产业发展的主要方向。

2.1.2 日本

日本的香菇栽培和消费历史悠久。199年,仲哀天皇(148—200年)食用村民上贡的香菇,并赐名为“香椎”^[23]。7世纪中叶,空海法师将唐朝饮食文化带入日本宫廷,香菇料理开始大量出现在贵族餐桌^[24]。1237年,《典座教训》记载宁波天宁寺和尚从停泊在宁波港的日本商船购买干香菇,这是日本向中国出口干香菇的最早贸易史料^[24]。1796年,《温故齐五瑞篇》(又称《惊蕈录》)记载“鉈目栽培法”,宣告日本进入半人工栽培时期;该栽培技术来自中国^[18]。明治维新(1868年)之后,日本积极引进西方菌物学理论推动香菇栽培机制研究,田中长岭、三村种三郎、北岛君三、森喜作等揭示香菇发育原理,发明纯培养固体菌种,研发出“嵌木法”、“菇木汁法”等栽培方法,极大地促进日本现代香菇产业发展^[24]。如表5所示,20世纪初,日本香菇产量逐年增加,其栽培技术也先后传播到中国台湾和朝鲜半岛,对于促进全球香菇产业发展产生深远影响。二战之后,日本将香菇作

为出口创汇、增加农民收入的林副产品,大力促进其产业化发展。1985年,日本成为全球最大的香菇生产国和出口国,出口香菇占据全球主要的消费市场。20世纪90年代,受“广场协议”影响,日元快速升值,逐渐丧失价格比较优势,香菇出口量断崖式下跌而进口量快速增加。2022年,日本香菇产量为 8.987×10^4 t,是2000年的75.2%。日本香菇产区主要集中于林木资源较为丰富的九州、四国和东北地区,其中干香菇集中于九州地区的大分县(7.604×10^3 t)、宫崎县(3.601×10^3 t)和熊本县(2.085×10^3 t);鲜香菇集中于四国地区的德岛县(7.912×10^3 t)、东北地区的岩手县(6.117×10^3 t)和北海道(4.931×10^3 t)。日本出口少量干香菇,2022年出口量为360 t,仅是1980年的1.2%;主要出口到中国(香港、台湾)、新加坡、越南、美国和加拿大;但是,日本香菇缺乏价格竞争力,2022年,日本香菇进口量为 4.822×10^4 t,是出口量的约136倍,主要来自中国,仅有少量干香菇来自韩国。日本是香菇消费大国,2021年,日本2人以上家庭的香菇年消费量为2.163 kg(其中鲜香菇 1.733×10^3 g、干香菇430 g);就香菇人均年消费量而言,日本为1.1 kg,是中国的12.5%,仅次于中国。

表5 日本香菇消费量、生产量、进口量及出口量
Table 5 *L. edodes* consumption, output, import and export in Japan

年份 Year	A 香菇消费量 Total <i>L. edodes</i> consumption A=B+C	干香菇 Dried <i>L. edodes</i>			鲜香菇 Fresh <i>L. edodes</i>			
		B 消费量 Consumption B=a+b-c	a 生产量 Output	b 进口量 Import volume	c 出口量 Export volume	C 消费量 Consumption C=d+e	d 生产量 Output	e 进口量 Import volume
1868	-	-	-	-	0.218	-	-	-
1870	-	-	-	-	0.268	-	-	-
1880	-	-	-	-	0.746	-	-	-
1890	-	-	-	-	1.042	-	-	-
1900	-	-	-	-	0.719	-	-	-
1910	0.191	0.191	1.242	-	1.051	-	-	-
1920	0.382	0.382	1.069	-	0.687	-	-	-
1930	0.444	0.444	1.021	-	0.577	-	-	-
1940	0.328	0.328	1.852	-	1.524	-	-	-
1950	0.455	0.455	1.412	-	0.957	-	-	-
1960	2.963	2.300	3.431	-	1.131	0.663	0.663	-
1970	10.176	6.369	7.997	0.015	1.643	3.806	3.806	-
1980	18.537	10.551	13.579	0.076	3.104	7.986	7.986	-
1990	19.987	12.074	11.238	2.404	1.568	7.913	7.913	-
2000	25.193	14.265	5.236	9.144	0.115	10.928	6.722	4.206
2010	17.872	9.603	3.516	6.127	0.040	8.270	7.708	0.562
2015	14.670	7.602	2.631	5.029	0.058	7.067	6.829	0.239
2020	13.830	6.623	2.302	4.354	0.033	7.207	7.028	0.179
2021	14.055	6.750	2.216	4.575	0.041	7.305	7.106	0.199
2022	13.772	6.594	2.034	4.596	0.036	7.178	6.953	0.226

注:数据来源于参考文献[7],单位为万吨;-表示无数据;干香菇和鲜香菇按照质量比1:10折算。

Notes: data are from reference [7] and the unit is ten thousand tonnes; - indicates no data available; dried mushrooms are converted into fresh mushrooms in a mass ratio of 1:10.

日本香菇产业发展有三个特点。第一,法律制度健全。日本是亚洲首先将香菇育种权纳入政府保护范围的国家;1978年,制定《种苗法》,保护包括香菇在内的食用菌育种权人合法权利,严惩侵权行为。1998年,日本根据1991年版UPOV公约进一步修订《种苗法》,扩大保护范围,延长保护期,加强惩处力度,有力激发育种权人的积极性^[25]。第二,科研水平高。日本建立产官学结合的科研体系,政府提供政策支持,科研院所提供人才培育,民营企业负责关键技术研发和实习场所,共有260

个香菇品种获得品种权授权(截至2020年)。日本拥有先进的香菇工厂化栽培技术,公平公正且竞争激烈的营商环境,促使企业不断探索高效栽培方法。笔者实地调研结果表明:北斗株式会社开创性研发出瓶栽香菇技术,提高劳动生产率;近年,日本国内香菇消费市场萎缩,农资企业积极开发国际市场,先后向中国(大陆和台湾)、印度、澳大利亚、塞尔维亚、越南等国家出口香菇菌种和输出日式工厂化栽培技术。第三,市场化程度高。日本香菇生产资料研发和销售完全由民营企业承担,已经形成由北研株式会社、森产业株式会社和富士菌种株式会社等企业专职开展香菇育种;田中技研株式会社、大浦锅炉株式会社和大金空调株式会社等企业提供专用设备的产业发展格局,香菇产业的社会分工细致、专业化程度高。

2.1.3 韩国

韩国人工采集食用菌历史可追溯至704年,但有关香菇方面的史料较少^[16]。13世纪初,高丽王朝以朝贡贸易方式向中国出口合蕈^[20],说明朝鲜半岛采食香菇的历史至少有800年。1906年,日本人在济州岛栽培香菇,始开韩国香菇人工栽培历史^[26]。1922年,韩国林业试验场用纯培养固体菌种栽培香菇。1940年,韩国开始香菇木屑菌种栽培。1956年,韩国京畿道林业试验场开始生产菌种并推广菌丝体接种法;同年,韩国成立大韩山林组合联合会特殊林产业务部门专职培育香菇菌种。20世纪50年代,韩国政府把香菇作为出口创汇和增加农民收入的重要产业大力扶持,使得香菇产量快速增加,1959年,韩国干香菇产量为39 t,其中69.2%用于出口^[16]。2000年之前,韩国主要采用段木栽培法,之后从中国(大陆和台湾)引进代料栽培技术,并在国内推广普及。韩国香菇菌种培育工作主要由农村振兴厅和京畿道食用菌研究所两家政府研究机构和森林组合中央会承担,登记注册的香菇菌种品种共有48个(2022年)。菌种生产企业14个,2020年共生产菌种 8.75×10^5 瓶。20世纪90年代以来,韩国菇农老龄化问题突出以及香菇进口量增加,导致香菇产量减少;2022年产量(2.239×10^4 t)是2010年的59.7%,香菇占食用菌总产量比重由19.8%下降至14.2%(表6)。韩国干香菇质量较好,少量出口到中国(香港和台湾)和日本,2022年出口量为110 t,是2011年的5.2%。韩国香菇的价格竞争力较弱,每年需要进口大量干香菇弥补餐饮行业需求,2021年进口量为 1.607×10^4 t,主要来自中国。韩国香菇消费量比较稳定,2015年人均消费量为鲜香菇561 g、干香菇510 g^[16]。

表6 韩国食用菌产量
Table 6 Output of edible fungi in South Korea

年份 Year	双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i>	平菇 <i>Pleurotus</i> spp.	金针菇 <i>F. velutipes</i>	刺芹侧耳 <i>P. eryngii</i>	香菇 <i>L. edodes</i>		合计 Total
					干品 Dried	鲜品 Fresh	
1994	0.983	5.787	0.167	-	-	1.969	1.969
1995	1.573	7.280	0.387	-	-	2.065	2.065
2000	2.181	7.076	2.384	-	-	3.411	3.411
2005	1.899	5.687	4.016	4.323	-	3.936	3.936
2010	2.264	4.519	5.319	4.435	-	4.085	4.085
2015	0.973	6.247	3.755	4.654	-	3.088	3.088
2016	1.017	5.878	3.809	4.859	-	3.001	3.001
2017	1.068	5.353	2.854	5.064	-	3.069	3.069
2018	1.135	3.968	2.853	4.914	0.927	2.133	3.060
2019	2.191	4.833	3.182	4.682	0.965	1.924	2.889
2020	2.049	4.572	2.613	4.776	0.921	1.755	2.676
2021	0.926	4.708	2.704	4.990	0.803	1.657	2.460
2022	0.795	4.995	2.648	4.987	0.682	1.557	2.239

注:数据来源于参考文献[16],单位为万吨;-表示无数据;干香菇和鲜香菇按照质量比1:10折算。

Notes: data are from reference [16] and the unit is ten thousand tonnes; - indicates no data available; dried mushrooms are converted into fresh mushrooms in a mass ratio of 1:10.

2.2 其他亚洲地区香菇产业发展历史和现状

东南亚和西亚部分地区虽然林木资源丰富,但大部分处于热带,气温较高,不适合香菇生长,主要栽培草菇、平菇和双孢蘑菇等食用菌;同时,东南亚地区民族和宗教多元,香菇消费市场规模小、且较为分散,市场开拓成本高^[27-28]。因此,该地区香菇产量不高,且缺乏官方和民间机构统计数据。

2.2.1 越南

越南香菇产业发展始于20世纪70年代,1978年,河内大学开始研究香菇栽培技术,虽然取得成功,但产量不高。20世纪90年代,中国台湾、日本和韩国企业先后在越南开设菇场栽培香菇,并将部分产品出口到周边国家和地区。越南政府出于增加农民收入和替代鸦片种植目的,由国家科学委员会主导促进香菇产业发展,使香菇栽培技术快速普及。主产区主要集中在气候适宜的北方,例如高平、河江、凉山、老街等省份。在北方,山区段木资源丰富,香菇多为段木栽培,采收期集中在12月到次年4月;在南方,1986年,胡志明市大学和企业合作采用代料栽培,每袋产量约300 g,价格为2~3 USD·kg⁻¹^[29]。2002年,随着《中国-东盟全面经济合作框架协议》生效,部分中国公司在越南投资栽培香菇,并向中国(大陆、香港和台湾)出口。近年,有部分越南南部企业引进日本空调设施栽培技术,规模为(5~10)×10⁴ t棒,但运营成本较高,难以大规模推广。越南消费者对香菇较为熟悉,餐厅随处可见多种香菇菜肴,市场上也可以方便买到香菇;但香菇大多依赖进口,仅有少量鲜香菇由本国生产。越南媒体介绍,2023年,越南产干香菇价格为(2.0~5.0)×10⁵ VDN·kg⁻¹;日本产干香菇价格为8.6×10⁶ VDN·kg⁻¹,约是中国产干香菇的10倍^[30]。

2.2.2 泰国

泰国香菇产业起步较晚,早期采用段木栽培,1978年,代料栽培取得成功并在全国推广普及。泰国政府重视香菇产业,将其纳入国家农业发展规划中的重点发展农产品之一,并且制定财政和技术支持政策,鼓励农民和企业发展香菇栽培和加工技术。泰国科技发展署(National Science and Technology Development Agency)和泰国农业大学(Kasetsart University)等机构曾开展香菇研发,包括香菇菌种选育、栽培技术优化、香菇食用和药用价值等方面。另外,蕈菌研究所(Anonbiotec)和其他私营部门还经常为农民举办食用菌培训班^[31]。2020年,泰国大规模栽培的食用菌有13种,总产量约1.5×10⁵ t,香菇产量位居第二,但与排名第一的平菇产量差距较大^[32]。泰国香菇产地主要集中在清迈、拉蓬、清莱等北部省份,各地都成功驯化适宜本地自然环境的品种;泰国香菇的出菇季节集中在冬季,价格较高,是当地最具发展潜力的农产品^[33]。泰国香菇产业虽然取得较大发展,但仍难以满足本国需求,大部分从中国(大陆、台湾)进口。

2.2.3 马来西亚

20世纪70年代,部分华裔农民开始尝试栽培香菇;由于宗教文化多元,饮食习惯差异较大,香菇消费水平不高,产业规模较小。近年来,由于认识到香菇的营养功能,马来西亚农业研究发展所(Malaysian Agricultural Research and Development Institute)、马来西亚农业大学(University Putra Malaysia)对香菇进行研究,使得栽培技术有所提升,如采用先进的栽培设备、育种技术和病虫害防治技术等。部分地区已经出现栽培大户,2007年,马来西亚食用菌产量为5.7×10³ t,其中香菇产量为110 t^[28]。

2.2.4 印度尼西亚

印度尼西亚气候炎热,雨量充足,湿度95%~100%的中高海拔(800~1000 m)地区适合栽培香菇。香菇栽培历史可以追溯到20世纪80年代^[34],政府为提高当地农民收入和改善农村经济,推动香菇产业发展,由印度尼西亚农业研究与发展署(Indonesian Agency for Agricultural Research and Development)负责香菇栽培技术研究;香菇年产量约为500 t,主要是鲜品销售;但生物转化率仅有45%,产量较低且不稳定^[32]。印度尼西亚有Sukabumi、Cipanas、Cianjur和Lemban等香菇生产企业,

以家庭经营为主。香菇大部分供应本国市场,仅有少量鲜香菇出口新加坡和马来西亚。

2.2.5 菲律宾

菲律宾食用菌产业发展较晚。20世纪90年代,由于政府促进粮食生产,食用菌产业发展受到影响,2009年,食用菌总产量减少到355 t^[35]。香菇是菲律宾驯化成功的第一种食用菌,2015年,菲律宾政府制定食用菌产业发展5年规划,鼓励企业培训菇农提升技术水平,在全国发展香菇产业。菲律宾缺乏香菇栽培技术和固定资本投入,但是拥有丰富的段木资源、低廉的劳动力和适宜的气候条件,具有生产成本低、利润高、资金周转快等优势,有利于发展香菇周年栽培。香菇栽培以小而散的家庭经营为主,几家大型生产企业集中在大雅台省、八打雁省和碧瑶市等地区,年产香菇约20 t。菲律宾香菇消费大多依靠进口,且以干香菇为主,仅有少量本地栽培的鲜香菇供应国内市场^[36]。

2.2.6 新加坡

新加坡是以华人为主体的国家,香菇是日常生活中不可缺少的料理辅材之一。1978年,新加坡香菇进口量达到586 t;就干香菇人均消费量(124 g)而言,远高于日本(13 g),是当时全球香菇人均消费量最高的国家。20世纪90年代,新加坡的香菇主要来自日本和韩国,之后随着中国香菇品质提升,其进口国转为中国(大陆和台湾)。新加坡进口香菇,部分供应国内市场,约有一半转运到其他东南亚国家^[37]。新加坡有少量观光农场生产鲜香菇,最初主要由日本人经营,面向中小學生开展食物教育。新加坡比较重视香菇营养成分研究,例如新加坡国立大学医学院(Yong Loo Lin School of Medicine)曾经开展过香菇多糖提取方法、提升人体免疫力等方面研究,并取得阶段性成果^[38]。

2.2.7 印度

印度是全球第五大食用菌生产国,2022年,食用菌总产量为 3.15×10^5 t^[39],但印度的食用菌生产主要集中在双孢蘑菇等资本密集型物种,香菇产业尚处于产业投入期^[40]。20世纪80年代,印度东北部农户开始尝试香菇段木栽培,之后,产区逐渐扩大到东北部各州以及乌塔拉坎德邦和恰蒂斯加尔邦,成为这些地区小农户重要的收入来源^[41]。20世纪90年代,香菇生产得到ICAR和科技部门支持。21世纪初,印度班加罗尔市食用菌研究理事会开始着手研究香菇栽培技术。同期,喜马偕尔邦索兰县农民使用柳树木屑为培养基栽培香菇,并且取得较好收益^[42]。2016年,印度引入日式方包代料栽培技术。2017年ICAR-DMR在索兰县试验成功香菇工厂化栽培模式,产量显著提高,但由于固定资本投入过高,该模式至今没有被推广^[43]。印度香菇栽培主要由小农户和私营公司承担,产量较低,2017年,香菇产量约为 2.0×10^3 t,约占食用菌产量的1%。印度香菇消费不能完全自给,大部分来自中国(大陆和台湾)、韩国、泰国和不丹。干香菇市场价格高达130 CNY·kg⁻¹。

2.3 美洲香菇产业发展历史与现状

2.3.1 美国

美国没有香菇自然分布记录^[44]。1971年,美国取消香菇菌丝体进口限制之后,才开始人工栽培香菇^[45]。美国太平洋沿岸地区林木资源丰富,气候条件适合香菇生长,为发展香菇产业创造良好的外部环境。美国农业部(United States Department Of Agriculture, USDA)认为以阔叶林废弃物为基质的香菇栽培为森林经营者提供收入来源,是“很有发展潜力的产业”。按照半英亩林地栽培 1.0×10^3 根段木计算,成本 4.74×10^3 USD,鲜香菇产量468 kg,总收入约 1.248×10^4 USD,不但增收效果显著,而且还能拓宽间伐材使用市场^[46]。因此,USDA提供财政资金和技术支持香菇产业发展,在促进农业可持续发展以及支持农民增收的政府规划中明确列入香菇。美国国家食品和农业研究院(National Institute of Food and Agriculture)为香菇生产技术研发提供资金,西弗吉尼亚大学(West Virginia University)、宾夕法尼亚州立大学(The Pennsylvania State University)、华盛顿州立大学(Washington State University)等设立食用菌研究中心,从事香菇培养料与成分的关系、营养成分和功能、菌种选育等研究^[47-49]。

20世纪80年代,随着日本移民增加,在美国的日裔移民创办菇场,面向美国亚裔移民市场开展大规模香菇栽培^[50]。据USDA统计显示,1990年,美国香菇和平菇的总产量为 2.656×10^3 t,产量比1987年增加6%。进入21世纪,中国菌棒进口数量增加,对美国菇农产生冲击。近年,虽然大型香菇栽培企业已经转为使用进口菌棒,但是对于依靠林副产品维持生计的森林经营者来讲,转型面临诸多困难,因此,仍有部分菇农采取段木栽培,并取得有机认证,提高产品附加值。如表7所示,2017—2022年,受到新冠疫情影响,美国香菇减产26.8%,但有机香菇销售量却由2019年的 1.436×10^3 t增加到2022年的 1.972×10^3 t(增幅为37.3%),占香菇销售量的比重由47.4%增长到56.6%。2020年,美国人均年消费香菇80 g,仅占人均食用菌消费量的2%。美国有300多个小型香菇农场,主要以中国(大陆和台湾)、日本、墨西哥裔菇农为主,产量低且供给不稳定,远远不能满足市场需求。美国学者由此认为未来美国香菇市场会有较大增长空间^[51]。

表7 美国香菇生产情况
Table 7 *L. edodes* cultivation in the US

年份 Year	香菇产量 Output of <i>L. edodes</i> /($\times 10^3$ t)			合计 Total	产值 Output value/($\times 10^4$ USD)
	销售量 Sales	库存量 In stock			
2017	4.863 (-, -)	0.099		4.961	4.230
2018	3.027 (-, -)	0.117		3.144	2.156
2019	3.027 (1.436, 47.4)	0.117		3.144	2.152
2020	3.156 (1.250, 39.6)	0.128		3.284	2.409
2021	3.245 (1.199, 37.0)	0.119		3.363	2.484
2022	3.487 (1.972, 56.6)	0.146		3.633	2.716

注:资料来源于美国农业部。-表示无数据;括号内数据表示有机香菇销售量及占香菇销售量的百分数。

Notes: data are from USDA; - indicates no data available; * indicates the proportion of organic *L. edodes* sales in overall *L. edodes* sales.

2.3.2 加拿大

加拿大是全球第八位食用菌生产国,2020年,食用菌总产量为 1.26×10^5 t,主要以双孢蘑菇为主;香菇属于外来物种,被归类为“其他食用菌”,产量约占食用菌总产量的4%。20世纪60年代,加拿大日裔移民从日本引进香菇菌种,开始栽培香菇供应亚裔社区超市^[52]。加拿大政府出于保护森林产业目的,支持香菇产业发展;温尼伯大学设有食用菌研究中心(Mushroom Research Centre, University of Winnipeg),加拿大蘑菇菇农协会(Canadian Mushroom Growers Association)和加拿大蘑菇网络中心(Canadian Mushroom Network)负责协调菇农共同发展香菇产业。由于双孢蘑菇需要较大的固定资产投资,市场集中度极高且市场竞争异常激烈,因此,部分菇农选择栽培香菇。2016年,加拿大农业普查显示,全国食用菌栽培农户共有305个,其中81%选择栽培香菇,且随着亚裔移民不断增加,香菇产量持续增加。加拿大主要经营者来自中国和日本;香菇生产主要集中于安大略省和不列颠哥伦比亚省,两个地区的香菇产量超过加拿大总产量的90%;但菌柄长、品质差、售价高^[53]。加拿大香菇栽培主要采用日式代料栽培技术,以设施化控温栽培为主,且出于保护本国森林产业稳定发展和鼓励使用本地木材目的,一方面限制香菇菌棒进口,另一方面促进本国段木和木屑出口。加拿大香菇产量低,不能满足本国消费者需求,不足部分主要从美国和中国(大陆和台湾)进口。

2.3.3 巴西

巴西是美洲最早栽培香菇的国家之一,20世纪70年代,随着日裔和华裔移民增加,圣保罗迅速成为香菇主产区。2010年,在巴西主要城市(里约热内卢、圣保罗、巴西利亚)仍然很难见到香菇,但在米纳斯吉拉斯州的香菇消费量逐渐增加^[54]。2013年,巴西香菇产量约 1.500×10^3 t,占巴西食用菌

总产量的12%^[55]。近年,随着国内外市场对香菇认知度不断提升,巴西政府开始投资研发香菇栽培技术,支持香菇农场发展。圣保罗农业技术研究所(Instituto Agronômico de São Paulo)、圣保罗食品技术研究所(Instituto de Tecnologia de Alimentos de São Paulo)和圣保罗联邦大学(Universidade Federal de São Paulo)是主要的科研单位。巴西是全球日裔移民人口最多的国家,香菇栽培最初采取日式方包模式,并从日本引入菌种选育出高温品种,产量稳定。2010年之后,巴西逐渐采用中国菌棒在当地出菇的栽培模式,并逐步在全国推广普及并成为主要栽培方式。由于在巴西的欧洲移民和当地黑人没有消费食用菌的习惯,食用菌人均年消费量仅约0.6 kg,且主要以平菇为主,对香菇的需求量较少。

2.3.4 其他美洲国家

南美洲香菇栽培始于20世纪80年代初,危地马拉、哥伦比亚、墨西哥和阿根廷都有商业栽培,但规模较小^[56]。哥伦比亚是南美洲特色农产品生产大国,气候条件适合香菇生产,在北部的安第斯山脉有少量农户栽培香菇。阿根廷自20世纪90年代开始栽培香菇,进入21世纪香菇已成为超市常见的食用菌;但是由于栽培规模小,且缺少硬杂木,香菇产业发展较为缓慢^[57]。

2.4 欧洲香菇产业发展历史与现状

欧洲没有香菇自然分布记录,香菇是随着亚裔移民增加而引进的外来品种。如表8所示,2016年欧盟部分国家的食用菌总产量为 1.295×10^6 t,其中香菇产量为 0.4×10^4 t,占总产量的0.3%^[58],香菇生产主要集中于西班牙、德国、荷兰、法国、波兰、意大利等欧盟国家。

表8 2016年欧盟部分国家食用菌产量
Table 8 Output of edible fungi in some EU member countries in 2016

国家 Country	双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i>	平菇 <i>Pleurotus</i> spp.	香菇 <i>L. edodes</i>	刺芹侧耳 <i>P. eryngii</i>	其他 Others	合计 Total mushroom sales
波兰 Poland	27.000	0.800	0.026	-	0.826	27.800
荷兰 Netherlands	27.000	0.140	0.060	0.015	0.215	27.200
西班牙 Spain	13.000	1.700	0.150	0.010	1.870	14.700
法国 France	10.000	0.150	0.055	0.005	0.230	10.220
意大利 Italy	6.800	0.500	-	0.050	0.850	7.500
德国 Germany	7.000	0.090	0.080	0.130	0.320	7.310
其他 Others	34.200	0.260	0.029	0.050	0.389	34.770
合计 Total	125.000	3.640	0.400	0.260	4.700	129.500

注:数据来源于参考文献[2];数据单位为万吨;-表示无数据。

Notes: data are from reference [2] and the unit is ten thousand tonnes; - indicates no data available.

2.4.1 德国

德国香菇产业发展历史可以追溯到20世纪70年代。在德国,来自中国福建省和台湾省的移民栽培香菇,起初只有两家农场进行段木栽培,规模为 $(5.0 \sim 6.0) \times 10^4$ 根段木;后引进中国台湾的代料栽培技术,使得劳动强度降低,规模有所扩大,菇场发展到20多家,但多为规模不足1万菌包的小规模菇场。德国菇场基本上都是家庭经营,劳动力以家庭成员为主,也有聘用少量东欧籍短工的情

况。早期,德国没有菌种厂,主要从意大利和法国进口香菇菌种,而这两国的菌种主要来自日本和中国。外来菌种不适应德国气候条件和栽培方法,往往表现出抗菌能力弱、畸形、出菇迟、产量低等不良性状。20世纪90年代,中国福建移民选育出适合本地自然环境的菌种,在德国建立菌棒厂,并将菌棒出口到周边荷兰和瑞士等国家^[59]。近年,随着中国香菇菌棒大量进入德国市场,从中国进口香菇菌棒,利用牛舍、闲杂房进行出菇的模式逐渐成为主要栽培方式。德国较大规模的菇场有4个,生产规模约有 5.0×10^4 棒,建有产业联盟,相互之间联系紧密。德国栽培食用菌以双孢蘑菇为主,香菇所占比例较低(表9)。2012年,德国香菇产量占食用菌总产量的0.5%,2022年同比下降至0.2%。德国市场研究机构GfK发布的数据显示,95%的香菇通过超市销售,2019年,德国香菇的零售额达到 1.62×10^8 EUR,较前一年增长2.9%。随着德国消费者对香菇的认识逐步深入,香菇已由餐饮行业进入普通家庭。2000年,德国出版《香菇200种烹调法》,配以彩色照片介绍香菇烹调方法,对于拓展香菇消费市场发挥重要作用^[60]。

表9 德国食用菌产量
Table 9 Output of edible fungi in Germany

食用菌 Edible fungi	年份 Year						
	2012	2015	2018	2019	2020	2021	2022
双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i>	5.225	6.156	7.170	7.028	7.698	8.105	7.609
香菇 <i>L. edodes</i>	0.027	0.022	0.021	0.016	0.016	0.017	0.019
其他 Others	0.339	0.081	0.132	0.135	0.160	0.258	0.188
合计 Total	5.291	6.259	7.323	7.179	7.873	8.380	7.816

注:数据来源于German Federal Statistical Office,单位为万吨。

Notes: data are from German Federal Statistical Office and the unit is ten thousand tonnes.

2.4.2 法国

法国是欧洲重要的食用菌主产国之一,也是欧洲最大的食用菌出口国。1970年,法国科研人员开始研究香菇栽培技术,20世纪80年代开始栽培实验。进入21世纪,随着亚裔移民增多,餐饮业对香菇的需求量逐年增加;2016年,香菇产量增加至550 t。部分法国厨师认为,香菇入口鲜香且带韧劲,无论是做馅儿、肉冻还是入汤都很合适。著名美食家马里奥特在食谱中推出加入生姜、龙蒿、洋葱及酱油的中式香菇牛肉汤做法,为法国人提供诸多符合本国消费习惯的香菇烹饪方法^[61]。近年,随着中国进口香菇菌棒增加,法国香菇栽培主要以出菇管理为主,研究机构逐渐减少。值得注意的是,法国消费者在食用鲜香菇后数小时至数天后出现瘙痒、小红斑或者紫癜性丘疹等过敏反应,成为科研人员关注的研究课题之一^[62]。

2.4.3 意大利

意大利境内有阔叶林资源,适合香菇产业发展。20世纪60年代,意大利经济快速增长,香菇作为高品质、高营养价值食材,受到消费者青睐。意大利政府也在推动农业现代化,支持从日本引进代料栽培技术。在意大利香菇通常用于制作各种菜肴,例如烩菜、炖肉、匹萨等,总体消费水平较高,但无官方统计数据。

2.4.4 荷兰

荷兰是欧洲食用菌生产大国,香菇栽培始于20世纪80年代。香菇栽培技术随着亚裔移民传播至欧洲,且对香菇不断增长的需求为荷兰菇农创造新的市场机会^[63]。荷兰菇农普遍拥有丰富的双孢蘑菇和其他食用菌栽培经验,能够快速掌握香菇栽培技术。在政府和科研机构支持下,部分荷兰菇农开始栽培香菇,产地主要集中于南部的利默里克和布拉班特省,栽培方法既有段木栽培也有代料栽培,2016年香菇年总产量约260 t。

2.4.5 俄罗斯

俄罗斯气候寒冷,可栽培香菇的地区有限,大部分香菇来自中国。1988年,俄罗斯真菌学者 E.M.Bulakh 在滨海边疆区的南部地区和远东地区发现香菇自然分布^[64]。20世纪90年代初,俄罗斯从荷兰、意大利和法国等国家引进香菇栽培技术,政府出台多项支持食用菌产业发展的政策和措施,例如减免税收、提供贷款和补贴等。2014年,俄罗斯遭受食品禁运,刺激香菇生产。2017年7月,库尔斯克地区开始栽培香菇,年生产规模约为 4×10^3 棒;俄罗斯香菇产量较少,仅有约80 t,产区主要集中于莫斯科地区、克拉斯诺达尔边疆区和斯塔夫罗波尔边疆区^[66]。俄罗斯食用菌栽培学院院长 Alexander Khrenov 认为俄罗斯外来食用菌数量增加,产量增长很快,2022年底,香菇消费量增加16%^[65]。

2.4.6 其他欧洲国家

网络检索结果显示,在英国、波兰、爱尔兰、葡萄牙、西班牙、芬兰、匈牙利、科索沃等欧洲国家均有香菇栽培记录,香菇栽培的普遍特征:第一,产业发展时间比较短,大多始于20世纪80年代末到90年代初,随着东亚裔移民(主要是日本、中国台湾移民)增加,香菇饮食文化、菌种选育和相关栽培技术不断传播并被本土化,得以逐渐完善。第二,以家庭经营为主,生产规模小,几乎没有生产量统计,仅能从网络中找到相关零星信息。第三,获得政府支持,几乎所有国家都对香菇栽培持支持态度,并且有部分国家的科研机构开展大量研究;研究内容较为广泛,包括栽培基质、深加工、过敏反应等。第四,以代料栽培为主,早期采用日式方包代料栽培法,随着中国香菇菌棒出口企业在欧洲建厂,开始采用中国菌棒代料栽培法;如山东七河生物科技有限公司(简称“七河生物”)在西班牙卡斯蒂利亚—拉曼恰设立的 MERCAJARA 公司,每年使用量近 2.5×10^6 棒,年产量约180 t^[66]。香菇段木栽培虽然规模缩小,但在各国依然存在。

2.5 大洋洲香菇产业发展历史与现状

2.5.1 澳大利亚

澳大利亚的香菇研究和生产基础均较薄弱,早期的香菇栽培多为亚裔家庭消费。随着市场需求增加和栽培技术提升,香菇产业逐渐发展成为重要的农业产业,悉尼大学(The University of Sydney)曾经开展过香菇栽培、营养和加工方面研究。1995年11月,中国广东省微生物研究所与澳大利亚高美特菇场合作,进行工厂化栽培技术研究^[67]。据澳大利亚菇农协会(Australian Mushroom Growers Association)介绍^[68],该国香菇栽培主要集中于新南威尔士州、维多利亚州和昆士兰州,大规模香菇农场有两个,分别在塔斯马尼亚州和悉尼近郊,但是栽培方式落后,单产不高。2018年,澳大利亚企业从日本引进香菇工厂化栽培技术,香菇质量显著提升。

2.5.2 新西兰

新西兰的食用菌栽培始于20世纪30年代,欧洲移民从英国引进双孢蘑菇菌种,并开始商业栽培。新西兰虽然有香菇自然分布,但是消费者没有食用香菇的习惯,相关栽培技术发展缓慢。新西兰第一家香菇菇场于1985年在奥克兰成立,规模较大;每周向新西兰亚裔市场供应的鲜香菇多达7 t,但该项目由于母公司倒闭而失败。此后,一些规模较小的菇场相继成立,为当地中餐馆和超市供货。由于新鲜香菇肉质鲜美,香气比干香菇清淡,可用于炒菜和煲汤,逐渐被用于西餐。新西兰香菇生产主要集中于北岛,主产区在怀卡托地区^[69]。

2.6 非洲香菇产业发展历史与现状

非洲居民具有在雨季采摘野生食用菌补充营养的饮食习惯,但栽培香菇的数量极少。近年,随着国际经济一体化进程加快,部分国家也开始认识到香菇对增加农民收入的作用,为菇农提供信息、技术培训等援助。南非的食用菌栽培历史可以追溯到20世纪50年代,但直到2017年才在普马兰加省的萨索尔堡出现首家香菇栽培企业,香菇和平菇日产量约3~5 t^[70]。外来食用菌(包括香菇)

产量约占南非食用菌产量的8%~10%。阿尔及利亚是非洲国土面积最大的国家,较早关注香菇栽培问题,部分学者认为进口香菇价格较高,且消费者对香菇的营养作用不甚了解,导致本地香菇消费量微乎其微,但同时指出阿尔及利亚段木资源较为丰富,具有发展香菇产业的潜力,因此着手开展栽培试验,并获得适合本地资源条件的基质比例^[71]。埃塞俄比亚土地稀缺和土地肥力下降导致粮食供给不足,食用菌被认为是对蛋白质的有效补充。亚的斯亚贝巴大学生物技术研究所(Institute of Biotechnology, Addis Ababa University)研究不同基质对香菇生物学效率的影响,证明由本地的甘蔗渣和鸡粪混合物组成的基质适合栽培香菇^[72]。在肯尼亚,随着亚洲居民的不断增加,出现了日本人经营的小型香菇菇场,并开始向罗毕市内的超市和亚裔餐厅供给鲜香菇。另外,中国海关出口数据显示,赤道几内亚和留尼汪(法属)等国家(地区)也有从中国进口香菇菌棒的记录,可推断当地已开展香菇栽培,但缺乏详细资料。

3 全球香菇产业发展趋势

3.1 全球香菇消费端发展趋势

3.1.1 香菇消费市场规模持续增长

二战以来,全球城市化和工业化快速发展,人们的生活方式和饮食习惯发生变化,人造食品、合成食品的消费量迅速增加,生活方式疾病的发病率提高。20世纪80年代以来,人们开始意识到这些问题,并逐渐转向绿色、安全的功能性食品和天然食品。香菇含有较少热量,可以增强人体免疫力、降低患心血管疾病和癌症的风险;在欧美国家,香菇常被素食社区作为肉类的替代品。Data Bridge Market Research 市场分析结果表明^[73],2022—2029年,全球香菇市场将以8.7%速度持续增长,预计到2029年市场规模将达到 2.29×10^9 USD。从不同地区发展趋势来看,由于素食兴起,伊斯兰教和佛教地区将会出现较大幅度增长;欧洲消费者对香菇益处的认识不断提高,德国和法国正成为主导市场;美国民众追求天然食材,虽然代料香菇数量不断增加,但段木香菇仍有较大发展空间。

3.1.2 鲜香菇比重逐渐增加

干香菇具有浓郁香味,自古以来受到东亚国家消费者青睐,但随着香菇消费国家和地区不断增加,鲜香菇的市场优势愈发明显。干香菇含有丰富的维生素D,虽然营养丰富,但往往需要浸泡12~24 h,即便是采用微波炉加温浸泡也需要5~10 min,增加了成本。另外,西方厨师发现香气浓郁的干香菇并不适合西餐,而气味较淡的鲜香菇更方便配菜。从日本、韩国和中国台湾的香菇消费情况来看,也有同样趋势;如在日本2000年干香菇产量占香菇总产量的43.8%,2020年下降至24.7%。

3.1.3 加工市场规模扩大

消费便利化是现代城市生活的重要特点之一,在快速城镇化发展时期,家庭结构由三代以上的大家庭向三口小家庭、单身家庭转变;另外,农业人口向城市集中导致的城镇规模扩大,城市居民生活节奏加快,在家做饭用餐的机会减少,对于外卖以及购买冷冻香菇或者预制菜带回家后简单调理食用的中食需求将进一步增加。日本副食协会统计数据表明,2006—2019年,日本副食总消费量增加16.1%;从消费方式来看,预制菜市场增幅(32.1%)最高,远高于其他细分市场。且从不同细分市场占消费总金额的比例来看,随着即食食品的普及,家庭用餐金额占消费总金额的比重由48.1%增加至49.8%,预制菜市场,占消费总金额的比重由12.5%增加至14.2%。另外,随着现代食品加工科技的发展,各类香菇精深加工品的市场规模也将有所扩大。

3.2 全球香菇生产端发展趋势

3.2.1 劳动力老龄化问题突出

与其他农产品相比,香菇栽培的劳动强度高,精细化管理难度大,尤其是段木栽培需要有力气搬运段木,对经营者体能有一定要求。近年来,香菇主产国农业劳动力快速老龄化,对香菇产业发

展产生深远影响。笔者调研结果表明,在中国,传统产区菇农老龄化问题严重,如浙江省庆元县已经很难见到45岁以下的中青年菇农,导致本地香菇产量下降。在韩国,60岁以上老年人占农业人口的比例,2000年为33.1%,2018年增加至58.3%。韩国统计局预测,今后韩国老龄化比例将进一步提升,到2067年,韩国将成为全球老龄化最严重的国家之一。在日本2020年的主要农业经营主体共 1.363×10^6 人,其中,65岁以上的老人占总数的69.6%;70岁以上的老人 6.96×10^5 人,占比为51.1%,即10年后,日本将有一半以上的农民离开农业,而香菇从业者的老龄化问题和劳动力匮乏问题尤为突出^[74]。

3.2.2 产业集中度进一步提升

香菇生产需要大量的资本设施投入,也需要精细管理技术支撑。菲律宾学者指出,香菇在新兴产区难以发展的主要原因是缺乏购买菌棒生产设备的资金^[36]。在科索沃、印度等地快速形成香菇产业的主要原因则是工商资本的介入。在香菇传统产区,市场竞争激烈,香菇价格下跌迫使经营主体通过扩大规模降低固定资本折旧费用,呈现菇农数量减少但经营规模持续扩大的发展趋势。1995—2016年,日本段木香菇生产农户数量从 9.4×10^4 减少到 1.9×10^4 ,但户均产量从1.4 t增加到4.8 t,增加2.4倍;代料香菇栽培规模不断扩大,经营规模超过2万菌包的农户数量从632增加到745,占香菇代料栽培农户总数的比例由18.9%增加到26.5%。在中国,菌棒生产企业已经从数量增长转变为质量提升,相继出现了七河生物、河南金海生物科技有限公司等超大规模香菇菌棒生产企业,将对中国乃至全球香菇产业布局产生深远影响。

3.2.3 生产模式多样化

菇农老龄化对于传统小而全的家庭经营模式产生影响;虽然“设施制棒+生态出菇”模式已成为香菇产业发展方向,但各国发展情况大相径庭,呈现出阶段性、多样化的发展趋势。在新兴产区,例如印度、澳大利亚、科索沃完全引入日式工厂化香菇栽培模式,菌棒制作、发菌、出菇管理由企业完成。德国、法国、日本、韩国等传统产区则逐步采用中国进口菌棒和本地控温设施出菇相结合的模式,实现周年稳定供给。韩国学者认为这种模式显著减少固定资产投资,使韩国香菇产业短期内得到快速发展,有利于解决返乡青年就业难问题。在中国,由于人口红利还未完全消失,更多采取集中生产菌棒和自然环境下出菇管理模式,截至2019年,中国香菇菌棒工厂化生产企业达到416个,其中年产 5×10^5 棒以上的企业超过50个,采取这种模式生产出的香菇数量约占香菇总产量的10%。在北美,出于维护森林产业稳定发展、增加木材销售的目的,仍有部分民间团体提倡段木栽培。但是,段木栽培技术不断创新,段木转运已实现人工向半机械化或者全程机械化转变,出菇场所也从自然环境转到室内,香菇品质和产量显著提升。

3.2.4 生产科技创新水平提升

随着香菇栽培区域不断扩大,对于不同自然环境、不同温度带、不同用途的香菇品种、菌棒基质成分、出菇管理等技术提出新要求。在育种领域,日本株式会社北研、森产业株式会社等头部公司仍然占据菌种市场有利地位,而以上海市农业科学院食用菌研究所、山东七河生物科技有限公司为代表的中国科研单位和企业,在香菇菌种领域不断投入,将逐渐改变这一格局。在机械制造方面,日本已经基本实现可控环境的全程自动化生产;中国各类香菇生产设备制造企业上百家,研发产品基本覆盖香菇生产全部流程。2019年,连云港国鑫食用菌成套设备有限公司成功开发菌棒生产成套智能化装备,并在七河生物投产使用,该设备按照年产 2.3×10^7 棒计算,只需要固定岗位80人,用工量约是业界平均水平的1/4,生产效率显著提升。另外,在欧洲、美国和日本等国家的香菇栽培企业已引入物联网和大数据信息系统技术,通过各种传感设备采集菇棚空气中温湿度,实现终端远程控制。

4 推动实现中国香菇强国建设的对策建议

从产量来看,中国已成为全球香菇生产大国;从产业发展政策体系建设、生产力与生产关系的匹配程度、高品质菌种拥有量等方面来看,距离“香菇产业强国”还有一定差距。今后,中国香菇产业发展要瞄准全球市场,积极推进香菇产业强国建设,建议如下。

4.1 建立中央财政扶持体系

中国香菇产业发展主要是以市场为导向和地方政府推动为主,国家没有明确的香菇产业发展战略,香菇产业尚未列入国家财政支持计划,严重制约香菇产业高质量发展。因此,实现香菇强国建设目标,要依托我国资源特色和政策优势,以调整香菇产业转型升级、降本提效为目标,加快建立包括产业规模、区域分布、财政投入、科技支撑在内的中央财政扶持体系。中央财政扶持项目要聚焦香菇工厂化生产企业、菌棒生产基地、新品种新技术研发等示范和推广项目,鼓励带动能力较强的新型农业经营主体开展“设施制棒+生态出菇”模式^[75];要以人才培育和科技创新为基础,降低中小规模生产经营者的经营成本,把香菇工厂化专用设备纳入农业机械补贴目录,把香菇菌种纳入主产区良种补贴,把香菇工厂化和半工厂化生产经营用电按照农业用电计算;构建国家层面的香菇栽培大灾保险制度和收入保险制度,降低香菇栽培风险^[76];加快要素市场改革,推动建设用地管理和金融制度保障水平^[77]。

4.2 强化行业组织服务功能

丰富香菇行业组织服务内容和能力。提升行业统计和行业调查研究质量,吸纳在国外生活的华人专家、留学生和外贸企业组建信息收集、评估平台,精确掌握国内外行业发展动态并及时反馈社会。完善香菇信息化平台建设,从服务企业和市场出发,通过互联网应用、大数据分析,为香菇生产、价格、交易、融资、技术和风险监控提供服务。积极参与商务部、农业农村部等部委的对外贸易争端协调工作,应对海外市场不公平竞争,维护会员企业合法权益。加大对外宣传,建设多语言版本网站,主动向国外提供中国香菇好故事,抢占国际话语权,扩大中国香菇国际知名度,营造有利于产业发展外部环境。

4.3 加大科技创新研发投入

围绕香菇工厂化生产技术研发,加大香菇科技创新投入;培育适宜工厂化生产的菌龄短、产量高、品质好的新品种;改进栽培工艺,寻找投资与收益的适宜经济参数,构建工厂化环境香菇周年生产模式;鼓励企业与大专院校、科研院所合作,将自身拥有的资金优势、信息优势、市场优势与大专院校的人才优势、成果优势相结合,共同建立以企业为主体产学研一体化的研究团队,从菌种、原料着手逐步规范生产标准;组织科研骨干走出国门积极学习、吸收国外香菇菌种、菌种保藏、周年生产技术。把香菇列入“一带一路”战略布局中,加大中国香菇技术输出和转化。完善植物新品种登记制度,建立菌种鉴定标准裁判制度,加大惩处力度,保障育种权人合法权益。

4.4 推动香菇全产业链发展

延长香菇产业链条,推动香菇加工品由“有没有”向“好不好”,由“温饱型”向“营养健康型”转变。加强多元化技术开发,一方面推进活性成分清晰、作用机制明确、高效制备、高值利用的香菇功能产品、保健食品、药品等高端精深技术研发;另一方面,着力促进预制菜、即食食品等市场需求高、投资少、见效快的香菇食品的加工、保藏和运输技术创新^[78]。

参考文献

- [1] 曹斌. 新时代背景下中国香菇消费市场发展特征与趋势[J]. 食用菌学报, 2023, 30(3): 90-102.
- [2] SINGH M, KAMAL S, SHARMA V P. Status and trends in world mushroom production-III-World Production of Different Mushroom Species in 21st Century[J]. Mushroom Research, 2021, 29(2): 75.
- [3] 张树庭, 本刊编辑部. 亚洲香菇生产的过去与现在[J]. 浙江食用菌, 2010, 18(5): 32-35.

- [4] 黄年来. 亚洲地区的食用菌发展现状[J]. 食用菌, 1992, 14(5): 2-3.
- [5] 张寿橙. 台湾的香菇木屑包栽培技术[J]. 中国食用菌, 1991, 10(6): 20-21.
- [6] 张寿橙. 韩国的香菇生产[J]. 浙江食用菌, 1995, 3(5): 29-30.
- [7] 曹斌, 郭芸芸, 尚团. “波特五力分析”视阈下的日本香菇产业发展特点研究[J]. 中国食用菌, 2019, 38(7): 85-90.
- [8] 吴锡鹏. 在美国建立香菇生产基地的考察报告[J]. 浙江食用菌, 1996, 4(5): 7-8.
- [9] 根田仁.きのこミュージアム[M]. 東京: 八坂書房, 2014.
- [10] 卯晓岚. 中国香菇属的种类及香菇的自然分布[J]. 中国食用菌, 1996, 15(3): 34-36.
- [11] 徐学锋, 李安政, 程水明, 等. 亚洲香菇 *Lentinula edodes* 系统发育学地位的重新评估与遗传多样性分析[J]. 自然科学进展, 2005, 15(10): 54-60.
- [12] 曹斌. 我国食用菌菌棒出口现状与发展对策[J]. 北方园艺, 2017(14): 185-190.
- [13] ANNEPU K S, SHARMA V P, KUMAR S, *et al.* Cultivation Techniques of Shiitake (A Medicinal Mushroom with Culinary Delight) [M]. New Delhi: M/s Yugantar Prakashan Pvt. Ltd., 2019.
- [14] 曹斌. “十四五”时期推进我国香菇产业高质量发展的前景和实现路径[J]. 食用菌学报, 2020, 27(4): 25-34.
- [15] 吕均殿, 石信德, 陈宗明. 台湾におけるきのこ産業の現況と課題[J]. 2022年度版きのこ年鑑. (株)プランツワールド. 2022: 48-60.
- [16] 徐健植, 金珉京. 韓国におけるきのこ産業の最新動向[J]. 2022年度版きのこ年鑑[M]. (株)プランツワールド. 2022: 33-47.
- [17] WANG Z N, TAO K, YUAN J, *et al.* Design and experiment on mechanized batch harvesting of Shiitake mushrooms[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2024, 217: 108593.
- [18] 张寿橙. 中国香菇栽培史[M]. 杭州: 西泠印社出版社, 2013.
- [19] 张寿橙. 何澹、陈百朋、林应辰、潘桢在嘉定《龙泉县志》(1209)编撰中的作用——从香菇栽培185字之专业特性和时代印记加以辨析[J]. 食药用菌, 2017, 25(3): 205-208.
- [20] 倪士毅, 方如金. 宋代明州与高丽的贸易关系及其友好往来[J]. 杭州大学学报(哲学社会科学版), 1982(2): 81-91.
- [21] 谭琦. 中国香菇产业发展[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 207-210.
- [22] 宋细福, 吕昀陞, 石信德. 台湾香菇栽培史(上)[J]. 农业试验所技术服务季刊, 2017(109): 6-9.
- [23] 中村克哉. しいたけ栽培の史的研究[M]. 東京: 東宣出版, 1983: 14-15.
- [24] 小川武廣. 乾しいたけ千年の歴史をひもとく[M]. 東京: 女子栄養大学出版部, 2012.
- [25] 周峰, 曹斌, 尚晓冬, 等. 日本香菇菌种研发现状及生产品质管控特点[J]. 中国食用菌, 2017, 36(3): 65-69.
- [26] 甘长飞. 韩国的香菇生产概况[J]. 浙江食用菌, 1997, 5(6): 36.
- [27] 中国农业网. 东南亚国家食用菌产业发展掠影[J]. 中国食用菌, 2009, 28(6): 24.
- [28] 古川久彦. 世界的に見たキノコ産業の現況と課題[DB/OL]. (2015-02-05) [2023-09-10]. <http://hro-iri.jp/list/forest/research/fpri/rsdayo/18577002001.pdf>.
- [29] LỢI L S. Nghiên cứu bảo tồn và phát triển nấm hương rừng đặc sản tại tỉnh Bắc Kan[DB/OL]. (2013-12-01) [2023-11-10]. <http://qlkh.tnu.edu.vn/theme/details/2038/nghien-cuu-bao-ton-va-phat-trien-nam-huong-rung-dac-san-tai-tinh-bac-kan>.
- [30] Nấm hương Nhật giá hơn 8 triệu đồng một kg[EB/OL]. (2018-08-13) [2023-10-05]. <https://vnexpress.net/nam-huong-nhat-gia-hon-8-trieu-dong-mot-kg-3791571.html>.
- [31] AUETRAGUL A, 程抒劼. 泰国食用菌产业现状[J]. 食药用菌, 2018, 26(1): 10-12.
- [32] RATNANINDHA D, SUTAPA J P G, IRAWATI D. Mycelia growth of shiitake (*Lentinula edodes*) on 4-wood species from Leguminaceae family[J]. Wood Research Journal, 2020, 10(1): 26-31.
- [33] มหาวิทยาลัยแม่โจ้. การเพาะเห็ดหอม[EB/OL]. (2020-01-01) [2023-11-10]. <https://sm.mju.ac.th/1.News/เห็ดหอม.pdf>.
- [34] WIDYASTUTI N. Limbah gergaji kayu sebagai bahan formula media jamur shiitake (*Lentinula edodes*) [J]. Jurnal Teknologi Lingkungan, 2011, 9(2): 149-155.
- [35] CHANG H Y, JEON S W, COSADIO A, *et al.* Status and prospect of mushroom industry in the Philippines[J]. JPAIR Multidisciplinary Research, 2014, 16(1): 1-16.

- [36] DULAY R M, CABRERA E, KALAW S, *et al.* Nutritional requirements for mycelial growth of three *Lentinus* species from the Philippines[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2020, 23: 101506.
- [37] 陈建平. 东南亚香菇市场 [J]. 食用菌, 1982, 4(1): 4.
- [38] 佚名. 新加坡研发香菇疫苗 [J]. 农村科学实验, 2005(8): 36.
- [39] BIJLA S, SHARMA V P. Status of mushroom production: global and national scenario[J]. Mushroom Research, 2023, 32(2): 91-98.
- [40] SHARMA V P, ANNEPU S K, BARH A, *et al.* Adoption and competitiveness of new strains of shiitake mushroom in India[J]. Mushroom Research, 2020, 29(1): 31-35.
- [41] 连静. 印度: 香菇栽培有了新技术 [J]. 食用菌, 2014, 36(2): 70.
- [42] SHIRUR M, GUMMAGOLMATH K C, SINGH M. Leveraging government policies and schemes for promoting mushroom entrepreneurship in India[J]. Mushroom Research, 2022, 30(2): 213.
- [43] SHARMA V P, ANNEPU S K, GAUTAM Y, *et al.* Status of mushroom production in India[J]. Mushroom Research, 2017, 26 (2):111-120.
- [44] 黄年来. 北美和欧洲的食用菌发展现状 [J]. 食用菌, 1992, 14(4):2-3.
- [45] BRUHN J N, MIHAIL J D. Forest farming of shiitake mushrooms: aspects of forced fruiting[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(23): 5973-5978.
- [46] USDA Sustainable Agriculture Research and Education Program. Specialty Mushroom Cultivation in the Northeast United States[EB/OL]. (2019-05-23) [2023-10-15] <https://smallfarms.cornell.edu/projects/mushrooms/specialty-mushroom-cultivation/>.
- [47] 黄年来. 美国研究香菇的概况 [J]. 中国食用菌, 1985, 4(5): 44-45.
- [48] 中国食用菌商务网. 美国: 香菇提取物具有治疗乳头状瘤病毒的潜力 [J]. 中国食用菌, 2017, 36(4):22.
- [49] 黄年来. 美国大床栽培香菇的新工艺 [J]. 食用菌, 1990, 12(4): 27.
- [50] VILJOEN M. Why you should be using shiitake mushrooms more—plus how to buy, store, and cook them[EB/OL]. (2022-07-27) [2023-10-11]. <https://www.marthastewart.com/1510203/have-you-tried-shiitake-mushrooms>.
- [51] GABRIEL S. Economic report for log-grown shiitake mushrooms[EB/OL]. (2022-02-02) [2023-10-02]. <https://smallfarms.cornell.edu/2022/02/economic-report-for-log-grown-shiitake-mushrooms-2019>.
- [52] BEAULIEU-FORTIN S. Economic profile of the mushroom industry in Canada[EB/OL]. (2019-05-23) [2023-10-15]. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/21-004-x/2019001/article/00001-eng.htm>.
- [53] 孙耀章. 加拿大种菇纪行 [J]. 中国食用菌, 1995, 14(5):40-41.
- [54] DIAS E S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth[J]. Ciência e Agrotecnologia, 2010, 34(4): 795-803.
- [55] Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos.Cogumelos[EB/OL]. (2022-07-27) [2023-10-11]. <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>.
- [56] MARTÍNEZ-GUERRERO M A, SIHUANCA D, MACÍAS-LÓPEZ A, *et al.* Characterization and production of shiitake (*Lentinula edodes*) in Mexico using supplemented sawdust[J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11(46):10582-10588.
- [57] PIRE D, WRIGHT J, ALBERTÓ E. Cultivation of shiitake using sawdust from widely available local woods in Argentina[J]. Micología Aplicada Internacional, 2001, 13(2): 87-91.
- [58] MLECZEK M, BUDKA A, SIWULSKI M, *et al.* Investigation of differentiation of metal contents of *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* and *Pleurotus ostreatus* sold commercially in Poland between 2009 and 2017[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2020, 90: 103488.
- [59] 黄学馨. 德国香菇栽培概况 [J]. 中国食用菌, 1998, 17(4):10-12.
- [60] 吴锦文. 国外食用菌生产、进出口贸易、市场行情和发展动态 [J]. 食品与发酵工业, 2000(4):50-58.
- [61] 中国食用菌商务网. 法国人爱上香菇 价格便宜且味道鲜美 [J]. 中国食用菌, 2021, 40(2):79.
- [62] PÊTRE J, MILPIED B, DUTKIEWICZ A S, *et al.* «Shiitake-like dermatitis»... sans shiitake[J]. Revue Française D'Allergologie, 2017, 57(3): 240.

- [63] B. Chakravarty, .Trends in mushroom cultivation and breeding[J].Scientia Horticulturae Australian Journal of Agricultural Engineering, 2011, 2(4):102-109
- [64] SOLDATENKO A V, RAZIN A F, NURMETOV R D, *et al.* Industrial mushroom as an innovative direction economic activity in the sphere of the apc of the Russian federation[J]. Vegetable Crops of Russia, 2018(3): 89-92.
- [65] MIRONOVA V. Рынок грибов: динамика и точки роста[EB/OL]. (2022-11-09) [2023-10-05]. <https://www.retail.ru/articles/gribnoy-gynok-trendy-i-prognozy>.
- [66] 姚媛,常嘉懿. 香菇海外“漫游记”[N]. 农民日报,2023-09-12(8).
- [67] 廖世煌. 澳大利亚香菇室内栽培技术 [J]. 食用菌,1997,19(6):42-43.
- [68] DELANEY M. How to grow shiitake mushroom in Australia [EB/OL]. (2023-08-29)[2023-10-05]. <https://regeno.com.au/blogs/grow/how-to-grow-shiitake-mushroom-in-australia>.
- [69] WASSILIEFF M. Story: Mushrooms and other cultivated fungi[EB/OL]. (2008-11-24) [2023-10-05]. <https://teara.govt.nz/en>.
- [70] LOUW M. Types of Mushrooms-Mushroom Farming in South Africa [EB/OL]. (2020-02-01)[2023-10-05].<https://southafrica.co.za/types-mushrooms.html>.
- [71] HASSINA G, WISSAM B, KHAWLA B. Potential of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) cultivation in Algeria[J]. Mushroom Research, 2022, 31(2): 195-198.
- [72] DESISA B, MULETA D, DEJENE T, *et al.* Substrate optimization for shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) mushroom production in Ethiopia[J]. Journal of Fungi, 2023, 9(8): 811.
- [73] DATA BRIDGE. Global Shiitake Mushroom Market-Industry. Trends and Forecast to 2029[EB/OL]. (2022-03-01) [2023-10-05]. <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-shiitake-mushroom-market>.
- [74] 農林水産省経営局就農女性課. 農業を担う人材の育成確保に向けて[EB/OL]. (2021-07-09) [2023-10-11]. <https://www.jasso.go.jp/gakusei/career/event/guidance/icsFiles/afieldfile/2021/07/09/nourin.pdf>.
- [75] 郭晋萍, 曹斌. 共同富裕视阈下联村发展模式创新——基于甘肃C地和山西J地分析 [J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2023, 23(5): 129-135.
- [76] 曹斌, 于蓉蓉. 日本加强农村社会保障制度体系建设的实践研究 [J]. 现代日本经济, 2022, 41(4): 82-94.
- [77] 曹斌, 冯兴元, 孟冰. 日本农协合作金融体系的特点、现状及启示 [J]. 农村金融研究, 2023(4):35-47.
- [78] 王彬, 张明, 倪立颖等. 我国香菇加工产品市场发展现状与趋势 [J]. 食药菌, 2023, 31(4): 229-233.

[中文编辑] 王瑞霞

[英文编辑] 费理文