

现代农业发展背景下中国平菇产业现状及对策研究

唐廷廷¹, 聂青玉¹, 陈吉裕¹, 陈明睿²

(1. 重庆三峡职业学院农林科技学院 重庆万州 404155; 2. 四川农业大学食品学院 四川雅安 402460)

摘要: 平菇是我国食用菌产业发展的主要品类,也是发展农村经济的重要组成部分,有着重要的经济、社会和生态价值。为加快推进平菇产业向现代农业转变,提高科技水平,提升经济效益,增强竞争力,针对2010—2022年我国平菇的生产情况、2013—2022年我国平菇价格波动特征情况、栽培品种情况进行分析,明确产业实际生产现状,把握市场价格变化趋势,厘清品种资源,指出当前我国平菇产业整体面临的问题,从优化平菇产业布局发展西部市场、筑牢优质菌种选育、多环节增值延长产业链等方面提出对策和合理化建议。以期实现平菇产业的提质增效、转型升级,促进平菇产业高质量可持续发展。

关键词: 平菇; 现代农业; 升级转型; 持续发展

中图分类号: S646.1⁴

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)02-184-11

Current status quo and development suggestions of China's *Pleurotus* industry under the background of modern agricultural development

TANG Tingting¹, NIE Qingyu¹, CHEN Jiyu¹, CHEN Mingrui²

(1. College of Agriculture and Forestry Technology, Chongqing Three Gorges Vocational College, Wanzhou 404155, Chongqing, China; 2. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 402460, Sichuan, China)

Abstract: *Pleurotus* is the main variety during the development of China's edible mushroom industry and is also an important component in rural economic development. It has important economic, social, and ecological values. To accelerate the transformation of the *Pleurotus* industry into modern agriculture, improve technological level, enhance economic benefits, and increase competitiveness, the recent production status from 2010-2022, the price fluctuation characteristics from 2013-2022 of shiitake *Pleurotus* and the situation of cultivation variety were analyzed. It clarifies the actual production status of the industry, grasps the market price trends, grasps variety resources, points out the overall problems faced by China's shiitake *Pleurotus* industry, and proposes countermeasures and rational suggestions, including optimizing the layout to develop the western market, strengthening the breeding of high quality strain, and adding value across multiple links to extend the industry chain. The goal is to improve the quality and efficiency of the shiitake *Pleurotus* industry, promote its transformation and upgrading, and facilitate the high-quality, sustainable development of the shiitake *Pleurotus* industry.

Key words: *Pleurotus*; Modern agriculture; Transformation and upgrading; Sustainable development

食用菌产业是推动我国乡村振兴、促进农户增收致富的重要抓手,同时食用菌是大食物观中营养与健康的重要载体,在构建大农业和粮食安全大格局中具有举足轻重的作用^[1]。平菇(*Pleurotus* spp.)是侧耳属(*Pleurotus*)中某些可食种的商品名称,13世纪初在陈仁玉的《菌谱》上第一次以“天花菌”名称被记载^[2]。在分类学上属担子菌门(Basidiomycota)层菌纲(Hymenomycetes)伞菌目(Agaricales)侧

耳科(Pleurotaceae),是我国三大类栽培食用菌之一。可食药兼用,子实体大型,肉质肥嫩,鲜美爽口,除含有碳水化合物、蛋白质、氨基酸、维生素和脂肪酸等最常见的营养成分外,还含有酚酸、类黄酮等多种生物活性物质^[3-5]。目前GB/T 23189—2008^[6]把栽培最广的糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)、美味侧耳(*Pleurotus sapidus*)、黄白侧耳(*Pleurotus cornucopiae*)、肺形侧耳(*Pleurotus pulmonarius*)、佛

收稿日期: 2024-06-05; 修回日期: 2024-10-24

基金项目: 重庆教育委员会科学技术研究计划项目(KJQN202103503, KJQN202403519)

作者简介: 唐廷廷,女,实验师,主要从事食用菌栽培相关研究。E-mail: cqsxtangtingting@163.com

通信作者: 陈明睿,男,副教授,主要从事果蔬生产与加工相关研究。E-mail: 18283584025@163.com

罗里达侧耳(*Pleurotus florida*)等俗称平菇,但也有文献指出平菇专指糙皮侧耳^[7-9]。与其他食用菌品类相比,平菇种植基质广,能够因地制宜地利用本土生产资料和环境,广泛利用谷物秸秆、玉米芯、棉籽壳、甘蔗渣等^[10]富含木质纤维素的农、林业下脚料。并且生长快、抗病性强、生长周期短、栽培技术简单、经济收益可观,已是当前发展农村经济、实现脱贫致富,促进乡村振兴的优质项目^[11]。本文通过分析总结我国平菇产业发展现状和存在的突出问题,对我国平菇产业发展提出建议,为进一步促进平菇产业发展提供理论基础和决策依据。

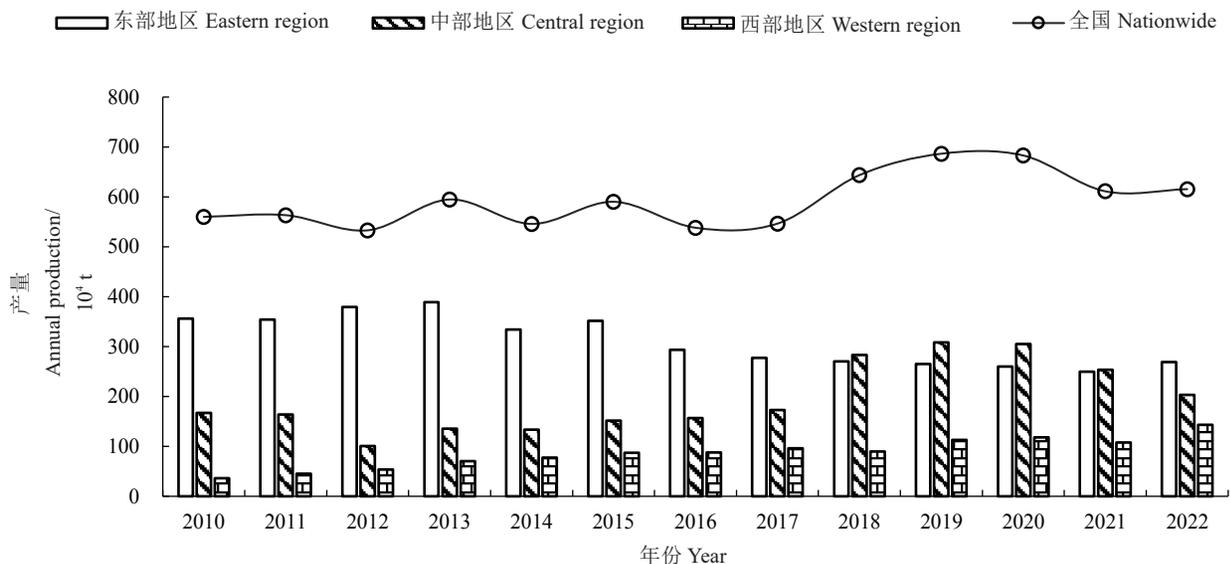
1 中国平菇产业发展现状

1.1 中国平菇生产情况

由图1可以看出,2010—2022年中国平菇年产量从559.94万t增加到615.51万t,呈现波浪式上升趋势。2019年总产量达到最高值686.47万t后,受疫情影响,农业生产准备工作滞后,劳动力投入不足,导致平菇产量减少,2022年农业生产得到恢复,平菇总产量开始小幅回升。2010—2011年平菇的总产量居全国食用菌首位,2012年开始受香菇、

黑木耳产量提升的影响,平菇成为我国第三大食用菌品类,占全国食用菌总产量的15%~17%。

从我国三大经济地区来看,平菇的生产主要集中在中东部地区。2010—2017年东部地区平菇产量位居全国首位,可占全国平菇总产量的51%~71%,主产地为山东、河北(表1),山东因优越的地理条件和先进的种植技术,成为我国最大的平菇供应省,年产量保持100万t以上。2018—2021年中部地区平菇产量超过东部地区,其主产地河南加快推进脱贫攻坚和乡村振兴工作,以平菇作为主栽品类,大力普及推广,从2018年开始河南平菇产量开始大幅上升并不断缩小与山东的差距,2020年产量达到117.17万t,超过山东。2022年中部地区受吉林发展特色品类(灵芝等)的影响,平菇产量大幅下滑,中部地区平菇产量降至203.24万t。同年,东部地区以268.80万t平菇产量重回全国首位,占全国平菇比重的44%。2010—2022年西部地区平菇产量不断增加,2019年首次突破100万t,2022年产量达到最高值143.47万t,占全国平菇比重的23%。主产地为四川、贵州,2019年四川平菇产量达到最高值55.14万t,受市场需求变化和发展名特



注:数据引用自中国食用菌协会对全国的28个省、自治区、直辖市的统计(不含秀珍菇)。东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西;中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、新疆。表1同。

Note: Data quoted from the National Agricultural Products Business Information Public Service Platform on the statistics of 28 provinces, autonomous regions and municipalities directly under the central government of China (excluding *Pleurotus pulmonarius*). The eastern region includes Beijing, Tianjin, Hebei, Liaoning, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Shandong, Guangdong, and Guangxi; The central region includes Shanxi, Inner Mongolia, Jilin, Heilongjiang, Anhui, Jiangxi, Henan, Hubei, and Hunan; The western region includes Chongqing, Sichuan, Guizhou, Yunnan, Xizang, Shaanxi, Gansu and Xinjiang. The same for Table 1.

图1 2010—2022年中国平菇年产量

Fig. 1 Annual production of *Pleurotus* spp. in China from 2010 to 2022

表1 2010—2022年中国平菇主产省份产量

地区 Area	省份 Province	年份 Year												
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
东部地区 Eastern region	山东 Shandong	126.82	126.00	152.10	182.62	150.10	164.47	143.14	131.32	115.30	115.78	115.77	106.61	118.65
	河北 Hebei	78.17	88.51	93.72	87.11	80.27	85.44	72.40	62.57	66.00	61.01	73.71	73.55	78.55
合计 Total		278.58	276.73	304.72	326.89	272.36	291.99	237.86	215.04	202.27	189.33	196.89	188.00	201.52
中部地区 Central region	河南 Henan	75.02	69.75	-	-	-	-	-	-	111.16	115.26	117.17	84.19	87.42
	吉林 Jilin	26.00	28.00	25.52	35.40	36.80	41.40	52.60	61.30	63.10	68.50	69.20	53.23	4.17
合计 Total		101.02	97.75	25.52	35.40	36.80	41.40	52.60	61.30	174.26	183.76	186.37	137.42	91.59
西部地区 Western region	四川 Sichuan	20.50	22.55	41.60	41.83	39.88	26.83	39.61	39.02	33.01	55.14	50.16	53.81	44.94
	贵州 Guizhou	0.72	-	-	-	2.30	3.10	3.81	10.42	8.55	14.48	15.94	-	38.26
合计 Total		21.22	22.55	41.60	41.83	42.18	29.93	43.42	49.43	41.56	69.63	66.10	53.81	83.20
主要产地合计 Total of main production areas		400.82	397.03	371.84	404.12	351.33	363.31	333.89	325.78	418.09	442.72	449.36	379.23	376.31
全国总计 National total		559.94	563.34	532.95	594.83	545.79	590.18	538.11	546.39	643.52	686.47	682.96	611.16	615.51

注：“-”为中国食用菌协会未公布对应年份产量数据。

Note:“-” refers to the production data for the corresponding year that has not been released by the China Edible Fungi Association.

优菌类的影响,平菇产量出现起伏,2022年四川平菇产量减少到44.94万t,同年,贵州大力发展平菇夏秋错季生产,平菇产量达到最高值38.26万t。

1.2 中国平菇价格波动现状

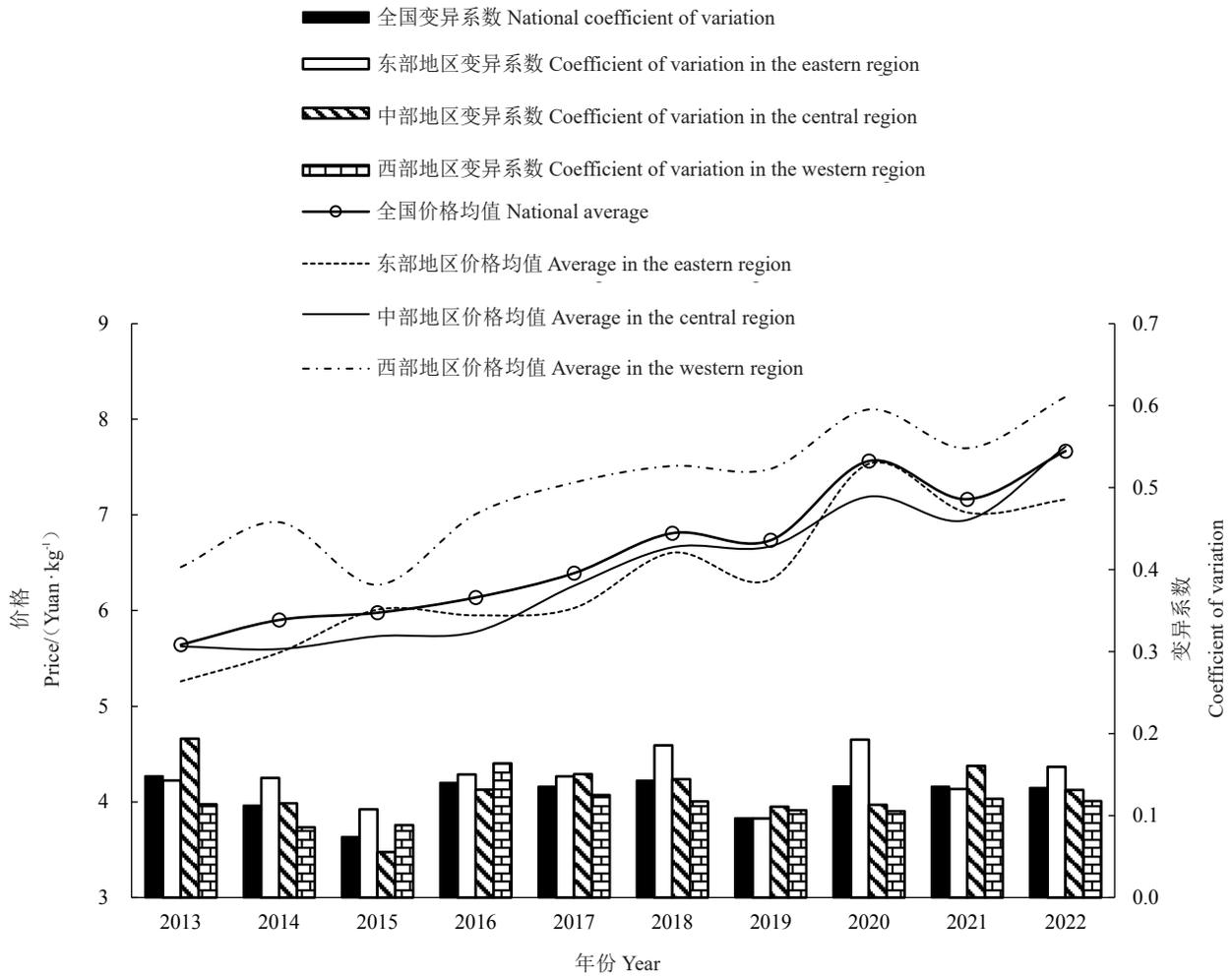
1.2.1 中国平菇年度价格波动情况 由图2可以看出,平菇年度价格整体呈上升趋势。中东部地区因山东、河南平菇产量大,市场供应充足,年均价格略微低于全国水平。西部地区平菇产量小,市场供不应求,销售价格更高。从年均价格高低值看,全国平菇年均价格区间在5.64~7.67元·kg⁻¹,年均价格涨幅2.02元·kg⁻¹。东、中、西部地区年均价格涨幅分别为2.30、2.15、1.96元·kg⁻¹。经比较,东部地区经历的价格涨幅最大,市场价格受到山东不断扩大珍稀菇类种植面积、平菇产量减少的影响。因变异系数是标准差与平均数的比值,可分析不同年份之间的价格波动程度,从2013—2022年平菇月度价格的变异系数均小于0.2来看,我国平菇价格的变异系数基本保持稳定,年度价格的变化幅度不大。

1.2.2 中国平菇价格季节性特征 利用Eviews计量CensusX-12季节性调整法对平菇月度价格数据进行季节调整,将平菇月度价格序列分解为季节成分序列、随机成分序列、季节调整后平菇价格序列和趋势成分序列。从季节成分序列图(图3-A)来看,2013—2022年我国平菇价格的季节性波动以不对称的“M”形波动形式出现,价格波动最低点出现在3月或11月,最高点在8月,存在显著的季节

性,基于供需分析,春秋货源充足价格低,夏冬货源短缺价格高。

从随机成分序列图(图3-B)来看,平菇价格易受外部自然环境等不确定性因素影响。平菇价格波动存在明显的不规则波动期,2013—2022年共出现2次短期波动。全国月度价格(图3-B1)第1次波动最低点在2018年3月,最高点在2014年12月,波动幅度22.61%,其中2014年11—12月我国受大范围风雹、低温雨雪灾害的影响,使得平菇供应量不足,价格攀升。第2次波动最低点在2022年5月,最高点在2021年6月,波动幅度28.41%,与2021年6月高温、洪涝灾害有关,导致平菇产量减少。从我国三大经济地区来看,西部地区(图3-B4)第1次波动最低点在2018年3月,最高点在2016年2月,波动幅度达到40.30%,相比中东部地区,西部地区在2016年1—2月受暴雨洪涝、暴雪低温灾害影响更严重,西部地区市场平菇供应困难,月度价格波动剧烈。

1.2.3 中国平菇价格趋势与周期性特征 基于月度价格趋势成分序列进一步分析平菇价格波动的长期趋势,采用H-P滤波法从所有频率成分中去掉高、低频率,过滤出一个平滑的序列(图4)。从H-P滤波分解(QG(lambda=14 400))中趋势成分看,2013年1月至2022年12月,中国平菇价格呈现平缓的上涨趋势,与年均价格趋势(图2)相吻合。平菇价格的周期成分以“波谷-波谷”划分周期,全国的周期性(图4-C1)划分为8个完整的波动周期,依次



注: 数据引用自全国农产品商务信息公共服务平台对全国的 27 省、自治区、直辖市的统计(不含秀珍菇)。东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西; 中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南; 西部地区包括重庆、四川、贵州、陕西、甘肃、新疆、宁夏。下同。

Note: Data quoted from the National Agricultural Products Business Information Public Service Platform on the statistics of 27 provinces, autonomous regions and municipalities directly under the central government of China (excluding *Pleurotus pulmonarius*). The eastern region includes Beijing, Tianjin, Hebei, Liaoning, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Shandong, Guangdong, and Guangxi; The central region includes Shanxi, Neimonggu, Jilin, Heilongjiang, Anhui, Jiangxi, Henan, Hubei, and Hunan; The western region includes Chongqing, Sichuan, Guizhou, Shaanxi, Gansu, Xinjiang, and Ningxia. The same below.

图 2 2013—2022 年全国平菇年均价格走势

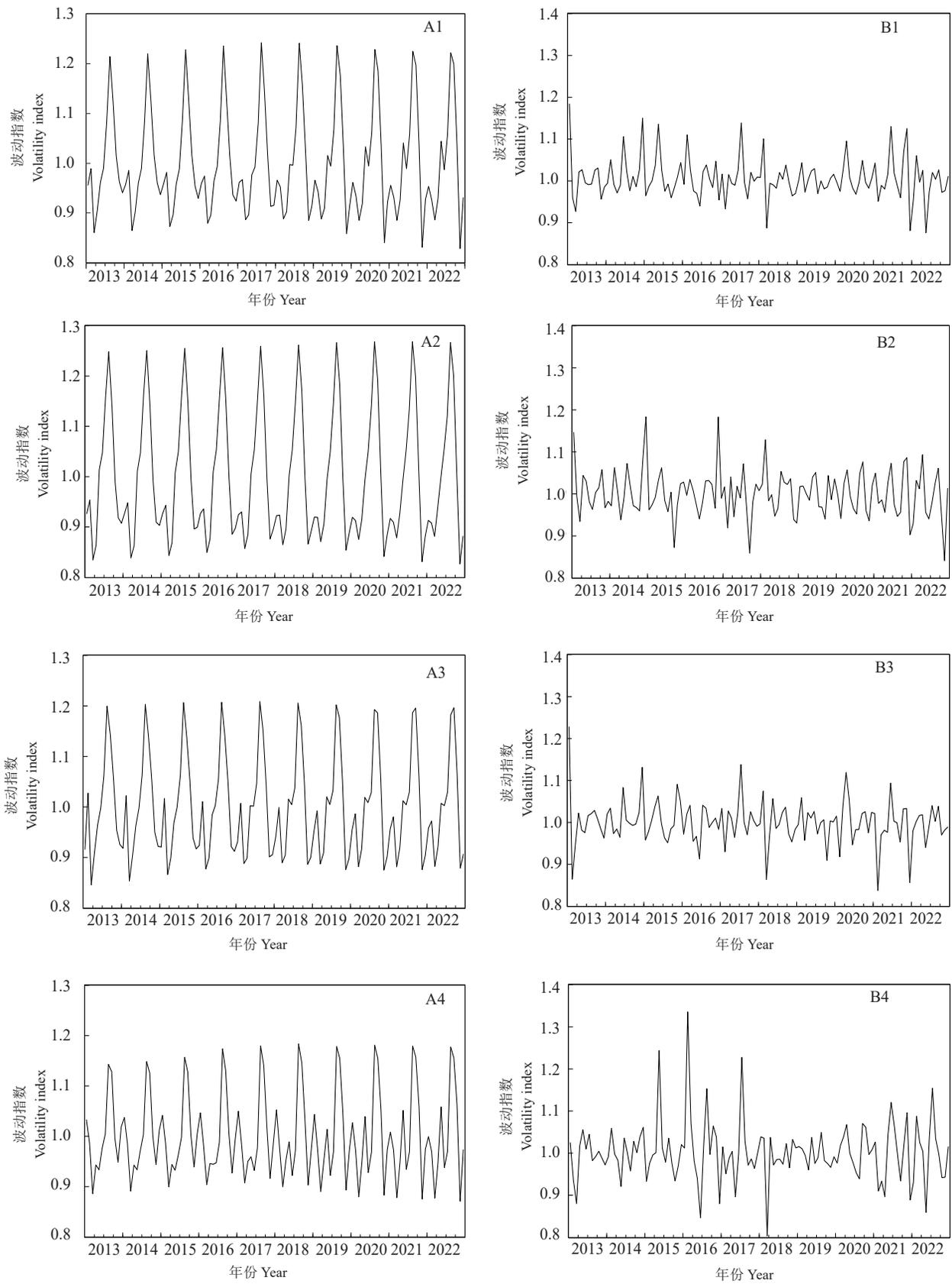
Fig. 2 Annual average price trend of *Pleurotus* spp. in China from 2013 to 2022

为 17、16、8、10、21、10、18、20 个月, 平均周期长 15 个月, 波动规律性不明显, 平菇整体市场稳定性较差。因平菇的栽培成本低、生产周期短, 当平菇价格出现较大变化时, 种植户较容易根据平菇的市场价格对自身种植规模作出及时调整。从我国三大经济地区的周期成分(图 4-C2、4-C3、4-C4)来看, 不同地区的价格波动周期差异较大, 东、中、西部地区的周期性依次划分为 9、8、4 个波动周期, 平均周期长为 11、15、30 个月。从各地区价格波动平均周期

来看, 中东部地区种植户受平菇价格波动影响调整栽培品类或转型的速度相比快于西部地区。

1.3 中国平菇栽培品种现状

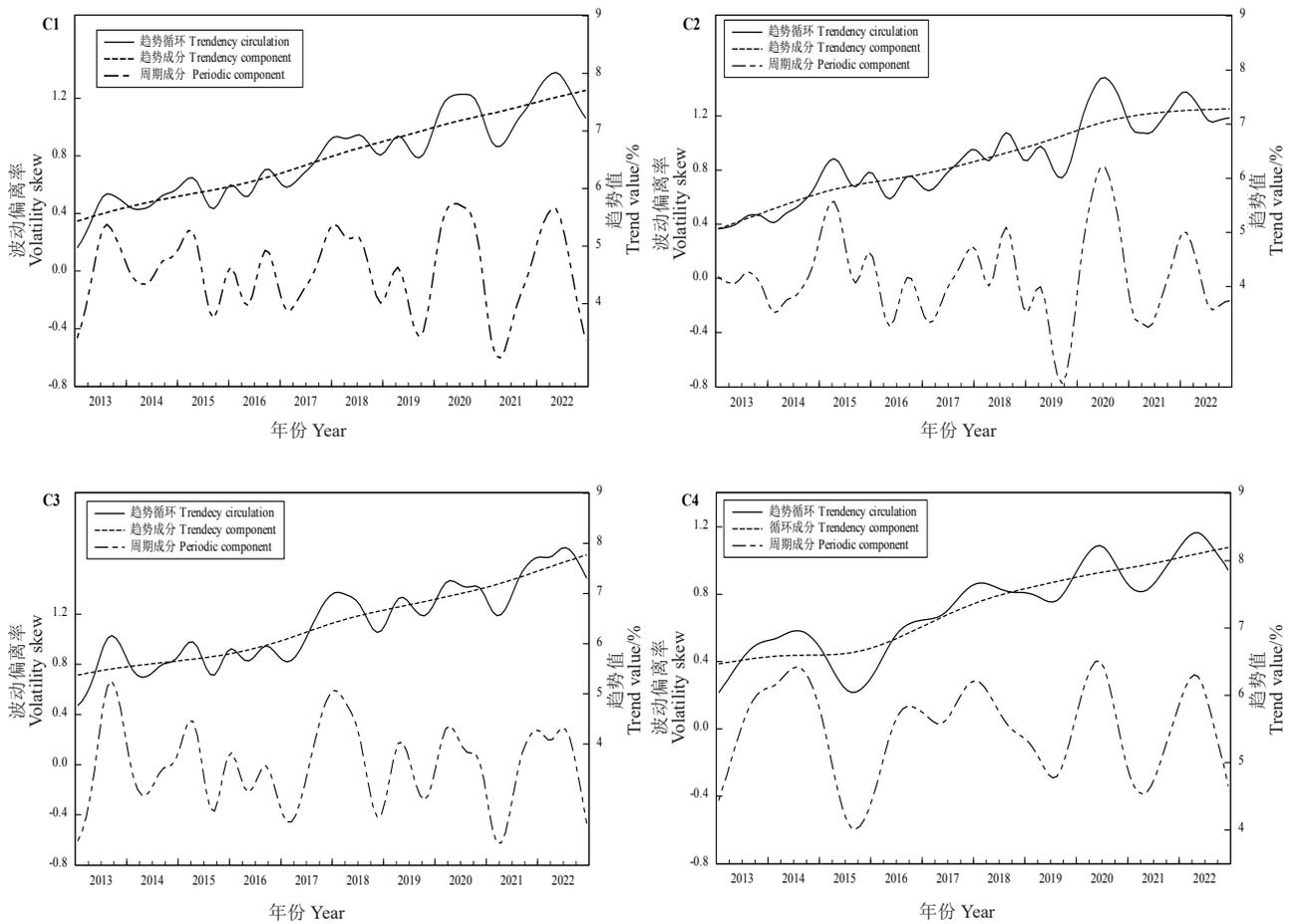
当前平菇的栽培品种较多, 包括有广温型: 冠平 1 号、天达 300、高抗 48 号、超抗 3 号、防洞 1-2 号、江都 109、豫 888、抗病 3 号、农平 4-6 号、锡平 1 号、太空 2 号、高产 8129、早秋 615、早丰 162、黑平 600、黑平 8 号、双抗黑平、黑平 815 等; 中低温型: 姬农 21、姬 8105、新科 108、天达 1349、超寒 1 号、



注：A 为季节成分序列，B 为随机成分序列，1~4 依次为全国、东部、中部、西部地区数据。

Note: A is the seasonal component sequence, B is the random component sequence, and 1-4 are the data for the national, eastern, central, and western regions, respectively.

图3 中国平菇的 CensusX-12 季节调整结果
Fig. 3 Seasonal Adjustment results of CensusX-12 for Chinese *Pleurotus* spp.



注: C 为 H-P 滤波分解, 1~4 依次为全国、东部、中部、西部地区数据。

Note: C is the H-P filtering decomposition, and 1-4 are the data for the national, eastern, central, and western regions respectively.

图 4 中国平菇价格的 H-P 滤波分解

Fig. 4 H-P filtering decomposition of Chinese *Pleurotus* spp.

冻菌 6019、冻菌 6203 等; 高温型: 苏引 6 号、夏王 40、改良 40、新宇 711、殷育 20、夏灰 1 号、夏抗 50、海南 2 号、大叶 39 等。据报道山东省平菇主要以早秋 615、黑平 1、抗病 3 号、新农 1 号作为栽培品种^[12]。2011 年河南省杂交选育出黑平 17-1 和新科 108 两个^[13]抗高温、抗高氮的专用品种, 经过区域试验种植, 新科 108 相比河南各地区的 12 个参试品种产量最高, 综合性能表现最优, 2024 年选入河南农业主导品种^[14]。四川广泛栽培高温型平菇品种 831、双耐 3 号、侧五^[15], 2024 年平菇达平 1 号选入四川农业主导品种^[16]。

2 中国平菇产业发展存在的问题

2.1 区域分布不均衡, 西扩发展不理想

我国平菇总产量呈增长趋势, 种植区域主要集中在中东部地区, 优势产地以冀鲁豫为主, 是产业发展的主要支柱。冀鲁豫作为老产区, 生产基础

好, 在平菇菌种选育、高产技术配套、市场营销销售、产品加工创新、经济及社会效益等诸方面全国领先^[17]。“十三五”期间, 由于受劳动力资源短缺、原材料成本上升和农作物秸秆综合利用政策引导, 食用菌产业进行区域布局优化, 推进南菇北移和东菇西移发展。随着西部大开发形成新格局作出部署 5 年来, 西部地区发挥品种、原料和气候等方面优势, 食用菌产业崛起, 四川、广西都已进入食用菌产量百万吨省区市行列^[17]。甘肃、贵州等地充分利用当地的资源条件, 开展反季节栽培羊肚菌、竹荪等, 取得了较高的经济效益^[18]。从我国三大经济地区的平菇产量来看, 西部地区已从 2013 年产量占全国总量的 6% 增加到了 2022 年的 23%, 提升明显。但相比中东部地区, 西部地区平菇产能仍然较低。

西部地区幅员辽阔, 占国土面积的 56.4%, 从西部地区销售价格显著高于中东部地区来看, 西部地区因平菇产量小, 市场供给小于需求, 价格整体较

高,发展平菇生产的市场潜力大。但从 H-P 滤波的周期成分看,平菇的价格波动规律性不明显,市场稳定性较差,且西部地区的波动周期明显长于中东部地区,在平菇价格出现较大变化时,西部地区种植户对自身种植规模作出调整的时间更长,在平菇市场价格稳定性较差的环境下,西部地区平菇生产承担的风险更大。四川作为西部地区平菇主产地,2020 年开始进行产业结构调整,加强本土特色食用菌羊肚菌、金针菇、银耳、木耳、竹荪等菌类的发展,近年来平菇产量有所下滑^[19]。贵州紧抓“东菇西移”机遇,大力发展夏菇产业,至 2022 年平菇产量有了一定提升,但西部地区除四川、贵州外,其他省份产能较低,平菇西扩发展并不理想。

2.2 传统栽培模式落后,周年供应难以均衡

我国平菇规模化生产始于 1972 年棉籽壳栽培糙皮侧耳技术的成功^[20],经过 50 多年的快速发展,现平菇种植已遍布大江南北,生产模式多样并存,但主导生产模式仍为家庭作坊式^[21-22]。以家庭为劳动单位的分散栽培,生产方式传统、粗放,规模小,多采用简易落后设施,机械化和自动化程度不高,通风换气凭经验手动控制,作业强度高,对自然气候条件依赖大^[12,23]。并且从我国平菇价格随机成分序列分析反映出,平菇价格易受外部自然环境等不确定性因素的影响,主要来自于我国家庭作坊栽培模式的环境调控能力和抵抗风雹、暴雪、暴雨等灾害能力弱。

从季节成分序列看,我国平菇价格季节性波动明显,其波动特征的形成与供给需求密切相关。家庭作坊模式以顺季栽培为主,上市主要集中在 2—5 月份与 9—11 月份,故春秋货源充足价格低。而平菇生产受夏季高温、冬季低温影响,产量少,市场货源短缺价格高。2013—2022 年间价格季节性波动最高点均出现在 8 月份,说明夏季高温相比冬季低温栽培更困难,夏季平菇货源短缺更突出。冬季种植户可通过加盖薄膜、草帘等方式进行保温,能一定程度缓解低温对平菇生产的影响。但夏季高温种植难度大,受技术水平以及设施设备制约,导致平菇产量低、品质差,想取得经济收益非常困难,故传统栽培种植户更多的选择夏季停产,从而导致生产空白,市场货源紧缺,价格更高。因此,在传统平菇栽培模式下,难以实现市场平菇周年均衡供应。

2.3 品种杂而乱,分类鉴定不清晰

在平菇实际生产中,品种退化、品质不稳定问题一直制约着平菇产业的健康、稳定、高效发展,也

是影响优质菇发展的难题。作为科技创新的核心战略资源,菌种在保障产业持续、稳定和健康发展中起着至关重要的作用。目前平菇品种繁多,分散种植的生产者菌种自产自自用并随意冠名,导致各地使用的栽培名称各异,存在大量异种同名、同名异种和学名俗名误用混用现象,严重制约了平菇的良种化,不利于菌种优良性和稳定性的保障。李静等^[24]将收集到的 91 个糙皮侧耳菌种进行鉴定,结果显示 10.5% 的菌株与菌种名不一致。

由于侧耳属真菌形态分化滞后和形态可塑性较强,并且不同种类、不同生态型和不同变种间可实现杂交繁育,通过近缘繁殖导致杂交品种的生物特性改变,依靠形态学、交配亲和性及生理生化等特征准确进行平菇近缘种间区分变得非常困难^[25-26]。如崔筱等^[27]采用拮抗法和核糖体内转录间隔区(the internal transcribed spacer region of nuclear ribosomal DNA, *ITS*)序列分析结合鉴定平菇菌株豫三 05、新 831 聚为 1 个大类的不同小类。而胡晓强等^[28]通过酯酶同工酶分析菌株豫三 05、新 831 为不同类群。目前平菇的近缘种的鉴定,缺乏统一鉴定标准,在繁多的栽培品种中为如何做好平菇菌种生产规范性的管理和优质菌种的选育、开发、推广,亟待解决平菇品种分类鉴定问题。

3 中国平菇产业发展的对策及建议

3.1 优化产业布局,强化科技支撑

随着我国农业科技水平的不断提升及政府支持力度,平菇产业正在加速向集约化的现代农业转变。以平菇产品品质为需求导向,推进传统家庭作坊模式的升级转型,逐步发展合作社、产业园区、超级工厂等集约化经营模式。改变一家一户小作坊生产方式,由企业或合作社根据生产规模,优化资源配置,科学分工,提高生产和运营效率。冀鲁豫积极探索聚集模式。山东通过建立现代化食用菌生产标准园区和超级蘑菇工厂等方式,健全食用菌全产业链,为提高经济效益和乡村振兴提供了重要产业支撑^[21]。河南建成全国第一家工厂化袋栽平菇企业,引领我国平菇生产从传统农法栽培向工厂化栽培转型^[21]。西部高海拔地区冷凉气候发展夏菇产业优势明显^[29-30],贵州已是我国南方最大的夏菇和优质竹荪生产基地,已形成以红托竹荪、茶树菇、姬松茸、香菇为主栽品种的黔西北乌蒙山区中高海拔食用菌产业带、北部东部大娄山区-武陵山区中海拔产业带、黔东南黔南苗岭中低海拔产业带、黔西

南喀斯特山区中低海拔产业带、黔中山原山地产业带^[29]。平菇生产也要抓住“东菇西移”机遇,推动西部平菇集约化发展,川渝黔滇可依靠特殊的地理环境,布局海拔 1000~2000 m 区域越夏平菇产业集群,填补夏季平菇生产空白,以实现平菇市场周年均衡供应为方向,促进平菇产业在西部地区的快速发展。

基于现代设施农业的发展趋势,工厂化栽培将是未来食用菌的主要生产方式,但从传统的家庭作坊过渡到工厂化生产模式是一个长期的过程。对于当前平菇产业的升级提速,还需要优化栽培技术,提升质量,节本增效。孙维丽研究团队通过资源评价、杂交选育出抗高温、抗高氮的专用品种,结合微生物发酵方法制备培养料技术简化工艺、降低成本,实现了菌袋 100% 成品率,较传统模式优质菇率提升了 50% 以上^[13,31]。另外,还可利用平菇液体体制种技术解决传统固体制种发菌周期长、生产成本低、污染率高、菌龄不一致等问题,提升平菇制种效率^[32,33]。在拌料、装袋到灭菌、接种、采菇及菌渣处理等生产环节,提升机械化率,降低人力成本。使用平菇培养料工程化设备发酵槽,一个人、一台机器即可实现平菇培养料制备发酵^[34]。引入装扎一体机,简化栽培流程,集装袋和扎口于一体^[35]。并且在现有季节性栽培基础上,科学改进设施设备,拓展生产空间,突破自然条件对平菇生产的限制。推动菇棚技术迭代,现河北改进的第六代棚已通过内外循环调节棚内温度气压,实现全年出菇^[36]。

3.2 厘清种质分类,抓牢优质菌种选育

对我国平菇种质资源进行准确鉴定和客观评价是开展优质菌种选育、新品种开发,促进平菇产业持续健康发展的前提和基础。在传统分类方法较难准确鉴定物种的情况下,借助分子生物学技术已成为新的途径。在分子鉴定研究中,DNA 条形码是目前广泛使用的一种快速准确识别物种的有效手段,可基于核苷酸序列构建系统发育图谱进行分析研究。*ITS* 被认为是真菌类群的通用 DNA 条形码序列,国内外已有较多学者利用 *ITS* 进行侧耳属的分子鉴定和系统进化研究^[37]。随着研究的深入,更多的 DNA 条形码候选序列核糖体大亚基(large subunit ribosomal RAN gene *LSU*,*nrLSU*)、核糖体小亚基(mitochondrial small subunit ribosomal ribonucleic acid, *SSU*)、翻译延长因子(translation elongation factor, *EF-1a*)、DNA 拓扑异构酶(DNA Topoisomerase II, *TopII*)、编码 RNA 聚合酶 II 第一大亚基

(the genes for RNA polymerase II largest subunit, *RPB1*)、编码 RNA 聚合酶 II 第二大亚基(the genes for RNA polymerase II second largest subunit, *RPB2*) 等^[38-42]被发现并运用于侧耳属的系统进化分析。在依靠单一 DNA 条形码序列鉴定鉴别侧耳属的研究中发现,对于形态特征差异大、亲缘关系较远物种区分较为理想,但精准鉴定鉴别近缘种非常困难。如基于 *ITS* 序列鉴定区分糙皮侧耳和黄白侧耳的趋异度仅有 0.03^[43];基于 *SSU* 序列难以鉴定区分糙皮侧耳与佛罗里达侧耳^[41]。

为更加准确地反映物种生物学上的真实性和物种间的亲缘关系,系统学家们发现,运用多基因谱系一致性系统发育物种识别法(Genealogical concordance phylogenetic species recognition, GCPSR)进行多基因片段联合分析能够减少单基因内部重组带来的不确定性^[44]。已有研究学者利用 GCPSR 法对真菌类群进行物种鉴定及生物地理分析研究,如 Du 等^[45]基于 *RPB1*、*RPB2*、*EF-1a*、*nrLSU* 基因序列对羊肚菌属(*Morchella*)的系统发育多样性进行分析,首次为中国 30 个羊肚菌物种提供了详细的分子系统学评估方法,还发现 16 个我国特有的新物种;Han 等^[46]基于 *RPB1*、*RPB2*、*EF-1a* 和细胞色素氧化酶亚基 III (the gene for mitochondrial cytochrome oxidase subunit 3, *COX3*) 基因序列联合分析研究松塔牛肝属(*Strobilomyces*)的物种多样性,揭示了牛肝属 49 个系统发育物种,发现 18 个新物种;Cai 等^[47]首次利用 *nrLSU*、*ITS*、*RPB2*、*EF-1a* 和微管蛋白(beta-tubulin, β -tubulin)基因序列进行北半球鹅膏属(*Amanita* Pers.)的系统发育研究,结合形态特征共鉴定出 28 个系统发育种,发现 14 个新物种。在针对侧耳属的研究中,Zhao 等^[48]为研究白灵侧耳[*Pleurotus tuoliensis* (Bailinggu)]与近缘种的分类地位,以 *EF-1a*、*RPB1*、*RPB2* 基因序列联合分析,推断出阿魏侧耳托里变种(*Pleurotus ferulae* var. *tuoliensis*)、刺芹侧耳托里变种(*Pleurotus eryngii* var. *tuoliensis*)、白阿魏侧耳(*Pleurotus nebrodensis*)、白灵侧耳、糙皮侧耳和肺形侧耳为 6 个系统发育种。Li 等^[37]以 *ITS*、*TEF1*、*RPB1*、*RPB2* 基因片段联合分析,将糙皮侧耳、冷杉侧耳(*Pleurotus abieticola*)、佛罗里达侧耳、肺形侧耳、刺芹侧耳(*Pleurotus eryngii*)、卵孢侧耳(*Pleurotus placentodes*)和阿魏侧耳界定为不同物种。目前,GCPSR 法为侧耳属近缘物种分类和系统学研究提供了新方向,但要解决好生产中平菇近缘种快速鉴别的难题还需要更加充足的

标本,发现与应用更多高普性和高物种分辨率的优越基因序列,精确地去构建侧耳属家谱。为更好地利用现有栽培种质,保障生产或进行遗传改良,快速准确识别平菇物种对产业健康发展非常重要。

3.3 打造特色品牌形象,延长产业链多环节增值

在现代经济体系中,品牌建设在带动产业和地方经济发展方面起着重要作用^[49]。依托传统特色资源优势打造区域农产品品牌,借助区域品牌孕育企业形象,形成辐射和协作效应,增强竞争力^[50]。在推动地方平菇产业由“小而散”向“大而合”的转变中,积极推动绿色、有机、地理标志认证和品牌建设,借鉴随州香菇^[51]、古田银耳^[52]、武平灵芝^[53]、长白山黑木耳^[54]等的品牌建设经验。挖掘和梳理平菇在地域、品种、生产方式、文化等方面的优势,塑造特色品牌形象,实现品牌赋值,突破同质化属性,激发平菇产业活力^[55-56]。

通过技术研发和创新实现平菇的精深加工增值。一方面抓住当前餐饮和传统农业升级迭代的“新风口”,加强安全、营养、健康、美味的预制菜产品开发^[57]。韶关正积极打造“中国食用菌预制菜之都”,发展粤北特色的预制菜产业聚集区,但当前食用菌预制菜产品生产以香菇、杏鲍菇、海鲜菇、茶树菇、草菇为主,平菇产品相对较少^[58]。另一方面积极利用平菇高膳食纤维、高蛋白、低脂肪、低热量、多营养成分的特性,研发功能性食品。(1)作为动物脂肪、动物蛋白和食盐替代物、风味添加剂或天然氧化剂,开发具有功能性、更营养健康的新型肉制品^[59]。Cerón-guevara 等^[60]、Yuan 等^[61]研究结果显示,将平菇干燥后研磨成粉用于香肠制作,可降低香肠的高脂肪和高盐,香肠的动物蛋白含量更低、更富营养,并且能有效延缓产品贮藏期间的脂肪和蛋白氧化;Wan rosli 等^[62]发现,添加 25%平菇制作的牛肉糜可有效降低配方成本,且不改变产品理化和感官特性。(2)作为面粉替代品开发烘焙产品。Stoffel 等^[63]、Slawinsk 等^[64]研究数据显示,平菇粉替换小麦粉制作的饼干,蛋白质、总膳食纤维和酚类含量显著提高,产品营养价值得到提升。(3)可制作食用油墨等产品。Liu 等^[65]以平菇粉为原料制作 3D 打印可食用油墨显示,相比马铃薯等高淀粉含量原料制作的油墨印刷性能更好,营养价值更高。再一方面以平菇重要的生物、医学特性,提取药用成分,开发制药、保健产品。现糙皮侧耳已是洛伐他汀、木聚糖酶等多种活性物质的重要生产原料^[66],也是传统名药“舒筋散”的主要组成成分^[67]。研究证实,

平菇多糖 (*Pleurotus ostreatus* Polysaccharide) 是一种安全有效地预防和治理阿尔兹海默症的药物^[68];平菇硒多糖 (Selenium-enriched *Pleurotus ostreatus* polysaccharide) 可作为抗胃肠道癌症药物,也可开发为有机硒膳食补充剂和功能性食品^[69-70];平菇甲醇提取物 (*Pleurotus ostreatus* methanol extract) 可用于糖尿病及其相关并发症的治疗^[71]。另外, Falandyisz 等^[72]提出平菇菌丝和子实体生物富集锂能力强,可作为生产躁狂和双相障碍病症治疗药物碳酸锂的有效原料。并且平菇可生物降解多环芳烃污染,也可作为重金属铜、锌、锰和铁的生物吸附剂,在生态环境保护方面同样有着较大潜力^[73]。

4 结 语

平菇是食用菌中最易栽培的品种之一,据统计 2020 年栽培平菇 667 m² 经济收益已达万元^[74]。作为大宗食用菌类品种,在我国有着稳定且较高的消费需求,发展潜力大。当前随着食用菌农业现代化的快速推进,平菇产业需要抓住机遇,迎接挑战,加紧补齐弱项短板,夯实产业链基础,发挥出平菇显著的经济、社会和生态效益。

参考文献

- [1] 佚名. 本社昆明食用菌研究所编著出版的《食用菌栽培与生产》荣获第二十八届中国西部地区优秀科技图书二等奖[J]. 中国食用菌, 2023, 42(4): 84.
- [2] 陈士瑜. 平菇—食菌后起之秀[J]. 食用菌, 1982(2): 44-45.
- [3] BARBOSA J R, FREITAS M M D, MARTINS L H D, et al. Polysaccharides of mushroom *Pleurotus* spp.: New extraction techniques, biological activities and development of new technologies[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 229: 115550.
- [4] AMIRULLAH N A, ABDULLAH E, ABIDIN N Z, et al. Influence of extraction technologies on the therapeutic properties of *Pleurotus* spp. (oyster mushrooms) - A critical review[J]. Food Bioscience, 2023, 56: 103352.
- [5] UPAMANYA G K, BRAHMA R, SARMA R, et al. Effect of different bag opening methods of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on growth parameter, yield and benefit cost ratio[J]. International Journal of Economic Plants, 2021, 8(4): 207-210.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 平菇: GB/T 23189—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [7] 刘宇, 贾滋坤, 王天赐, 等. 破壁法提取平菇多糖的结构分析及其抗氧化活性[J]. 菌物研究, 2022, 20(2): 122-127.
- [8] 李坤鹏, 郭杨子, 王俊明, 等. 平菇在医药、化工、环境保护领域的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(1): 351-358.
- [9] 邹明, 徐鹏亮, 鲁欣欣, 等. 基于质地多面分析法对平菇质构特性的分析[J]. 北方园艺, 2024(5): 119-126.
- [10] TASKIRAWATI I, SARI W, LEBANG G K, et al. The composi-

- tion of coconut fibers and tofu pulp as a growing media of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 830: 012060.
- [11] BELLETTINI M B, FIORDA F A, MAIEVES H A, et al. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. [J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2019, 26(4): 633-646.
- [12] 许德滨, 许万昌, 彭杰, 等. 聊城市平菇规模化高效栽培的思考[J]. 食用菌, 2023, 45(3): 67-69.
- [13] 李丽. 产业升级提速看“豫菌”提高出菇率, 减少碳排放, 河南省平菇栽培技术攻克产业发展痛点[EB/OL]. (2021-04-16) [2024-05-20]. <https://nynct.henan.gov.cn/2021/04-16/2127804.html>.
- [14] 新乡市农业科学院. 平菇“新科 108”入选河南省 2024 年农业主导品种[EB/OL]. (2024-04-02) [2024-07-19]. http://www.xx-agri.org.cn/news/50_2495.
- [15] 四川省农业农村厅. 高温型平菇种植栽培技术[EB/OL]. (2021-05-27) [2024-07-19]. <http://nynct.sc.gov.cn/nynct/c101264/2021/5/27/924c5de2c67444929cf334bfc50220f.shtml>.
- [16] 四川省农业农村厅. 关于推介发布四川省 2024 年度农业主导品种主推技术的通知 川农函〔2024〕53 号[EB/OL]. (2024-01-30) [2024-07-19]. <https://nynct.sc.gov.cn/nynct/qtwj/2024/1/30/9c3c0d068ea443a896dca4408e36b47f.shtml>.
- [17] 田丹梅, 刘起林, 高康, 等. 中国省际食用菌产业集聚及空间差异化研究[J]. 北方园艺, 2024(7): 139-146.
- [18] 石小杰. 贵州毕节七星关区: 反季节羊肚菌种出好“钱”景[EB/OL]. (2023-05-09) [2024-07-19]. <http://www.gz.chinanews.com.cn/szfc/bjje/2023-05-09/doc-ihcphmup3081558.shtml>.
- [19] 彭卫红, 唐杰, 李小林. 关于加强四川本土特色食用菌产业发展的建议[EB/OL]. (2022-12-05) [2024-07-19]. <http://www.chinawestagr.com/zwgk/showcontent.asp?id=50729>.
- [20] 张金霞. 中国食用菌产业科学与发展[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [21] 李平英, 张化楠, 徐东英. 乡村振兴战略下山东省食用菌产业三产融合路径研究[J]. 山东农业大学学报(社会科学版), 2023, 25(2): 87-91.
- [22] 鲍大鹏, 邹根, 裴晓东, 等. 中国食用菌产业实现高质量现代化发展的路径探讨[J]. 食用菌学报, 2022, 29(6): 103-110.
- [23] 邹明, 鲁欣欣, 甄琦琦, 等. 河南省平菇集约化生产技术发展现状及展望[J]. 食用菌, 2024, 46(1): 92-94.
- [24] 李静. 糙皮侧耳物种复合群的物种识别、生物地理及种质资源研究[D]. 昆明: 云南大学, 2019.
- [25] ZERVAKIS G I, MONCALVO J M, VILGALYS R. Molecular phylogeny, biogeography and speciation of the mushroom species *Pleurotus cystidiosus* and allied taxa[J]. Microbiology, 2004, 150(3): 715-726.
- [26] ASEF M R. Intersterility groups of *Pleurotus ostreatus* complex in iran[J]. Mycology An International Journal on Fungal Biology, 2012, 3(2): 147-152.
- [27] 崔筱, 刘芹, 段亚魁, 等. 平菇种质资源的遗传多样性分析[J]. 河南农业科学, 2020, 49(3): 138-144.
- [28] 胡晓强, 李峰, 赵建选, 等. 29 个平菇菌株综合性状的比较分析[J]. 中国食用菌, 2021, 40(11): 41-44.
- [29] 田丹梅, 王森, 周林荣, 等. 贵州食用菌产业区域集群竞争力分析与空间差异化研究[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(5): 152-157.
- [30] 张金霞, 陈强, 黄晨阳, 等. 食用菌产业发展历史、现状与趋势[J]. 菌物学报, 2015, 34(4): 524-540.
- [31] LIU Q, HUANG B, HU S J, et al. Effects of initial corn cob particle size on the short-term composting for preparation of cultivation substrates for *Pleurotus ostreatus*[J]. Environmental Research, 2024, 248: 118333.
- [32] 李友志, 徐小平, 李盛, 等. 湘北地区平菇液体菌种接种熟料大棚栽培技术[J]. 科学种养, 2021(6): 32-35.
- [33] 刘元栋, 王奇, 王敬文, 等. 液体菌种在平菇工厂化栽培中的应用[J]. 食药菌, 2023, 31(5): 344-348.
- [34] 河南日报. 河南辉县: 首个平菇培养料工程化设备发酵槽落户冀屯镇[EB/OL]. (2022-12-02) [2024-05-20]. <http://zixun.mushroommarket.net/202212/02/203360.html>.
- [35] 许德滨, 许万昌, 罗雪盈, 等. 平菇节本增效轻简化高效栽培技术[J]. 食用菌, 2023, 45(5): 50-52.
- [36] 景远. 河北平泉市依托国家现代农业产业园创建: 推动食用菌产业提档升级[EB/OL]. (2021-10-19) [2024-05-20]. http://tuopin.ce.cn/news/202110/19/t20211019_37007702.shtml.
- [37] LI J, HE X, LIU X B, et al. Species clarification of oyster mushrooms in China and their DNA barcoding[J]. Mycological Progress, 2017, 16(3): 191-203.
- [38] 张金霞, 赵永昌. 食用菌种质资源学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [39] 黄晨阳, 李翠新, 张金霞. 基于 DNA 拓扑异构酶 II 基因部分序列的侧耳属系统发育分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(4): 529-534.
- [40] BARH A, SHARMA V P, ANNEPU S K, et al. Estimation of genetic diversity for interspecific hybridization in *Pleurotus* spp. [J]. Vegetos, 2023, 37: 155-164.
- [41] GONZALEZ P, LABARÉRE J. Phylogenetic relationships of *Pleurotus* species according to the sequence and secondary structure of the mitochondrial small-subunit rRNA V4, V6 and V9 domains[J]. Microbiology-UK, 2000, 146(1): 209-221.
- [42] ESTEADA A E R, JIMENEZ-GASCO M D, ROYSE D J. *Pleurotus eryngii* species complex: Sequence analysis and phylogeny based on partial *EF1a* and *RPB2* genes[J]. Fungal Biology, 2010, 114(5/6): 421-428.
- [43] 黄晨阳, 陈强, 高山, 等. 侧耳属主要种类 ITS 序列分析[J]. 菌物学报, 2010, 29(3): 365-372.
- [44] TAYLOR J W, JACOBSON D J, KROKEN S, et al. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi[J]. Fungal Genetics and Biology, 2000, 31(1): 21-32.
- [45] DU X H, ZHAO Q, O' DONNELL K, et al. Multigene molecular phylogenetics reveals true morels (*Morchella*) are especially species-rich in China[J]. Fungal Genetics and Biology, 2012, 49(6): 455-469.
- [46] HAN L H, FENG B, WU G, et al. African origin and global distribution patterns: Evidence inferred from phylogenetic and biogeographical analyses of ectomycorrhizal fungal genus *Strobilomyces*[J]. Journal of Biogeography, 2018, 45(1): 201-212.

- [47] CAI Q, TULLOSS R E, TANG L P, et al. Multi-locus phylogeny of lethal amanitas: Implications for species diversity and historical biogeography[J]. BMC Evolutionary Biology, 2014, 14(143): 1471-2148.
- [48] ZHAO M G, ZHANG J X, CHEN Q, et al. The famous cultivated mushroom Bailinggu is a separate species of the *Pleurotus eryngii* species complex[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 33066.
- [49] 李涛, 牛春安, 彭东海, 等. 以品牌建设引领农产品加工业高质量发展[N]. 中国食品安全报, 2024-03-06(B3).
- [50] 熊春, 谷人旭. 中国农业企业品牌空间分布及影响因素[J]. 热带地理, 2024, 44(4): 761-770.
- [51] 黄振忠. “随州香菇”华丽绽放: 随州香菇产业高质量发展探访[EB/OL]. (2023-12-22)[2024-05-20]. http://www.suizhou.gov.cn/zt/zwt/2023zt/xianggufazhan/cygk/202312/t20231222_1181565.shtml.
- [52] 詹圣. 重磅发布!“古田银耳”品牌价值近百亿元[EB/OL]. (2023-03-22)[2024-05-20]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_22421241, 2023.3.22/2024.4.17.
- [53] 凌茉莉. 2022 中国食用菌区域品牌价值榜单发布武平灵芝品牌价值 8.7 亿元[EB/OL]. (2023-04-18)[2024-05-20]. <http://www.mnw.cn/longyan/ly/2772108.html>.
- [54] 岳本奇, 相洋, 王超, 等. 绿色优质农产品认证与品牌建设吉林省的实践与挑战[J]. 农业与技术, 2024, 44(4): 161-164.
- [55] 李文婷. 农产品品牌建设现状分析及建议[J]. 安徽农学通报, 2024, 30(2): 133-135.
- [56] 奚曦, 姚志琴. 新发展格局下江苏省农产品区域公用品牌建设路径研究[J]. 价值工程, 2023, 42(36): 45-47.
- [57] 惠成章, 刘爱群. 我国预制菜产业发展现状及对策[J]. 辽宁农业科学, 2024(2): 69-71.
- [58] 陶磊, 任峻男. 天时地利人和, 韶关发展食用菌预制菜正当势[EB/OL]. (2023-04-17)[2024-05-20] <https://rmh.pdnews.cn/Pc/ArtInfoApi/article?id=35107233>.
- [59] 李春兰, 邹玉峰, 张玉洁, 等. 食用菌在肉制品中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2022, 36(8): 49-56.
- [60] CERÓN-GUEVARA M I, RANGEL-VARGAS E, LORENZO J M, et al. Reduction of salt and fat in frankfurter sausages by addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* flour[J]. Foods, 2020, 9(6): 760.
- [61] YUAN X Y, JIANG W, ZHANG D W, et al. Textural, sensory and volatile compounds analyses in formulations of sausages analogue elaborated with edible mushrooms and soy protein isolate as meat substitute[J]. Foods, 2022, 11(1): 52.
- [62] WAN ROSLI W I, SOLIHAN M A. Effect on the addition of *Pleurotus sajor caju* (PSC) on physical and sensorial properties of beef patty[J]. International Food Research Journal, 2012, 19(3): 993-999.
- [63] STOFFEL F, SANTANA W D, FONTANA R C, et al. Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2021, 68: 102642.
- [64] SLAWINSKA A, JABALONSKA-RYS E, Gustaw W. Physico-chemical, sensory, and nutritional properties of shortbread cookies enriched with *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* powders[J]. Applied Sciences, 2024, 14(5): 1938.
- [65] LIU R, HU Q H, MA G X, et al. *Pleurotus ostreatus* is a promising candidate of an edible 3D printing ink: Investigation of printability and characterization[J]. Current Research in Food Science, 2024, 8: 100688.
- [66] 田缘, 潘钰, 于冲, 等. 糙皮侧耳 *PoEgt2* 基因克隆及不同发酵时期表达水平分析[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(20): 114-117.
- [67] 李玉, 图力古尔. 中国真菌志. 第 45 卷侧耳-香菇型真菌[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [68] ZHANG Y, YANG X M, JIN G, et al. Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* alleviate cognitive impairment in a rat model of Alzheimer's disease[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 92: 935-941.
- [69] ZHANG Y S, ZHANG Z M, LIU H, et al. A natural selenium polysaccharide from *Pleurotus ostreatus*: Structural elucidation, anti-gastric cancer and anti-colon cancer activity *in vitro*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2022, 201: 630-640.
- [70] MA L, LIU J, LIU A J, et al. Cytoprotective effect of selenium polysaccharide from *Pleurotus ostreatus* against H₂O₂-induced oxidative stress and apoptosis in PC12 cells[J]. Arabian Journal of Chemistry, 2022, 15(4): 103686.
- [71] NMEMOLISA S C, CHUKWURAH C C, EDEH S C, et al. Antidiabetic and antioxidant potentials of *Pleurotus ostreatus*-derived compounds: An *in vitro* and *in silico* approach[J]. Food Chemistry Advances, 2024, 4: 100639.
- [72] FALANDYSZ J, FENANDES A R, MELONI D. An overview of the lithium content and lithiation of the cultivable macrofungal species, *Agaricus bisporus* and *Pleurotus* spp.[J]. Trends in Food Science and Technology, 2022, 119: 338-347.
- [73] SEKAN M S, MYRONICHEVA O S, KARLSSON O, et al. Green potential of *Pleurotus* spp. in biotechnology[J]. PeerJ, 2019, 7: e6664.
- [74] 靳荣线, 马海涛, 邹明, 等. 平菇优良新种质创制及集约化生产技术示范与应用[Z]. 河南新乡: 新乡市农业科学院, 2022.