

房县黑木耳林下设施农业生境保护与 可持续发展案例研究

杨丽虎^{1,2*}, 杨丹华³, 林云国³, 邓杰⁴, 刘明德⁵, 程昕煜^{1,2}, 田茂成⁶,
陈朝晖⁷, 施真⁵, 杨玉林⁷, 刘瑞⁷, 杨凡^{1,2}, 蒋超^{1,2}, 边银丙⁸,
张福国⁹, 蒙天禄¹⁰, 王明安⁷, 方诗鸿⁷, 马骥¹¹, 陈业波¹², 唐亮¹³,
贯骏¹⁴, 唐盛波¹⁵, 解锐¹⁶, 王辉¹⁷, 邓明¹⁸, 刘杰¹⁹

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100010; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 房县人民政府, 房县 442100; 4. 房县农业农村局, 房县 442100; 5. 房县发展和改革局, 房县 442100; 6. 房县林业局, 房县 442100; 7. 房县蔬菜服务中心, 房县 442100; 8. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430072; 9. 房县气象局, 房县 442100; 10. 房县农业技术推广服务中心, 房县 442100; 11. 房县鑫财资本运营集团有限公司, 房县 442100; 12. 房县土城镇人民政府, 房县 442115; 13. 房县青峰镇人民政府, 房县 442101; 14. 房县军店镇人民政府, 房县 442104; 15. 房县白鹤镇人民政府, 房县 442100; 16. 房县门古寺镇人民政府, 房县 442108; 17. 房县中坝乡人民政府, 房县 442109; 18. 房县万峪河乡人民政府, 房县 442102; 19. 房县沙河乡人民政府, 房县 442102

摘要: 房县黑木耳是中国湖北省房县的特产, 是国家地理标志产品, 被列入中欧地理标志协定首批清单, 以其独特的品质和营养价值闻名。本文通过对房县黑木耳的生态环境、种植技术、产品质量及经营管理等方面的研究, 探讨了黑木耳在房县地区的生态环境保护与可持续发展模式。案例区界于大巴山和武当山之间, 属丘陵半山区, 黑木耳种植区采取袋料和段木两种方式种植, 其基质含有机质丰富, 喷淋用水的水质优于国家农田灌溉水质标准 (GB5084—2021), 黑木耳品质与国家标准相当或更好。该案例数据集由案例范围、自然地理数据、黑木耳品种特性数据、经营管理与历史文化传统等 4 部分组成, 数据格式为.shp、.xlsx、.docx、.jpg、.txt 与.tif。

关键词: 房县; 黑木耳; 设施农业; 地标生境; 案例 27

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.04.09>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.04.09>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.09.06.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.09.06.V1>。

1 引言

随着人们对健康食品需求的增加, 黑木耳作为一种高营养价值的食用菌, 逐渐成为市

收稿日期: 2025-06-12; 修订日期: 2025-11-11; 出版日期: 2025-12-24

基金项目: 湖北省十堰市发展与改革委员会 (2024)

*通讯作者: 杨丽虎, 中国科学院地理科学与资源研究所, yanglihu@igsnr.ac.cn

数据引用方式: [1] 杨丽虎, 杨丹华, 林云国等. 房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2025, 9(4): 454–468. <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.04.09>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.04.09>.

[2] 杨丽虎, 杨丹华, 林云国等. 房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.09.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.09.06.V1>.

场上的热门产品^[1]。房县地处湖北省西北部，介于大巴山和武当山之间的丘陵半山区，地处北亚热带，气候温和，雨量充沛，非常适合黑木耳的生长。房县黑木耳以其独特的口感和丰富的营养成分，成为当地农民重要的生产和生活资源。本文通过对房县黑木耳的生长环境、种植技术、产品质量及经营管理等方面的研究，探讨了黑木耳在房县地区的生态环境保护与可持续发展模式。

2 数据集元数据简介

《房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例数据集》^[2]的作者、地理区域、数据年代、数据格式、数据量等信息见表 1。

表 1 《房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例数据集
数据集短名	FangxianBlackFungusCase27
作者信息	杨丽虎，中国科学院地理科学与资源研究所，yanglihu@igsnr.ac.cn 杨丹华，房县人民政府 林云国，房县人民政府 邓杰，房县农业农村局 刘明德，房县发展和改革委员会 程昕煜，中国科学院地理科学与资源研究所，1163716758@qq.com 田茂成，房县林业局 陈朝晖，房县蔬菜服务中心 施真，房县发展和改革委员会 杨玉林，房县蔬菜服务中心 刘瑞，房县蔬菜服务中心 杨凡，中国科学院地理科学与资源研究所，1228382850@qq.com 蒋超，中国科学院地理科学与资源研究所，jiangchao23@mails.ucas.ac.cn 边银丙，华中农业大学植物科学技术学院 蒙天禄，房县食用菌产业协会 王明安，房县蔬菜服务中心 方诗鸿，房县蔬菜服务中心 马骥，房县鑫财资本运营集团有限公司 陈业波，房县土城镇人民政府 唐亮，房县青峰镇人民政府 贯骏，房县军店镇人民政府 唐盛波，房县白鹤镇人民政府 解锐，房县门古寺镇人民政府 王辉，房县中坝乡人民政府 邓明，房县万峪河乡人民政府 刘杰，房县沙河乡人民政府
地理区域	湖北省十堰市房县
数据年代	2000–2025 年
数据格式	.shp、.xlsx、.docx、.jpg、.txt、.tif
数据量	90.4 MB

续表 1

条目	描述
数据集组成	案例范围、自然地理数据、黑木耳品种特性数据、经营管理与历史文化传统等
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1)“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；(2)最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；(3)增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；(4)摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[3]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 案例数据研发

3.1 案例区范围

房县黑木耳种植区位于湖北省西北部，十堰市南部，介于大巴山和武当山之间，属丘陵山区，是中国著名的黑木耳生产基地县、“木耳之乡”^[4]。由于地形地貌的多样性，小气候优势明显，非常适合食用菌的生长。案例区包括房县的土城镇、青峰镇、军店镇、白鹤镇、门古寺镇、中坝乡、万峪河乡及沙河乡 8 个乡镇（图 1），总面积约 2,600 km²，总人口

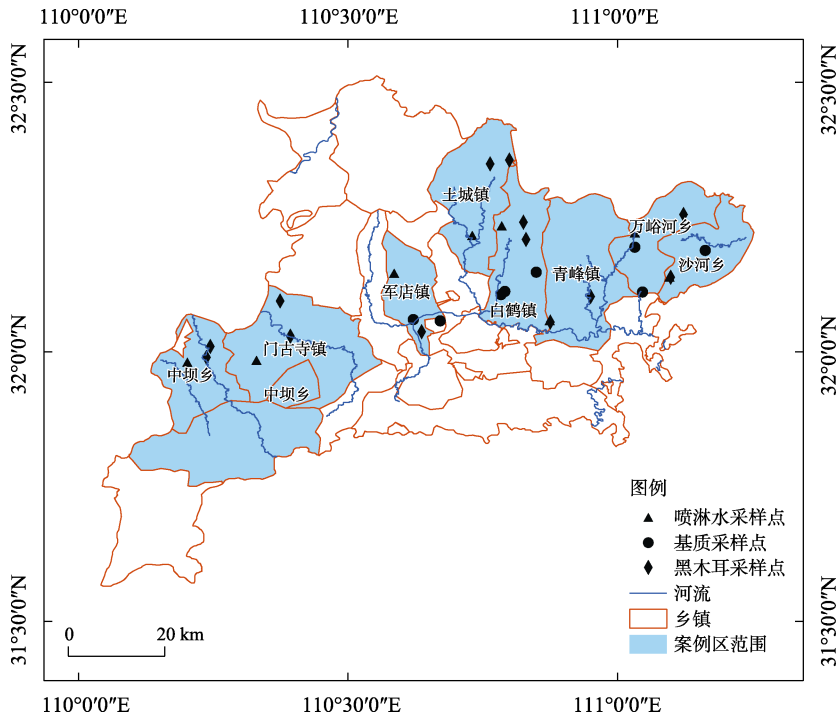


图 1 房县案例区地理位置、范围及采样点空间分布图

191,419 人，其中，土城镇 22,534 人，青峰镇 35,339 人，军店镇 38,792 人，白鹤镇 32,833 人，门古寺镇 33,837 人，中坝乡 11,284 人，沙河乡 8,112 人，万峪河乡 8,688 人（表 2）。

表 2 案例区 8 个乡镇面积和总人口统计表（2024）

项目	土城镇	青峰镇	军店镇	白鹤镇	中坝乡	门古寺镇	沙河乡	万峪河乡	总计
人口（人）	22,534	35,339	38,792	32,833	11,284	33,837	8,112	8,688	191,419
面积（km ² ）	353.01	415.00	160.70	228.79	224	306.00	236.00	192.40	2,115.9

3.2 地形地貌

房县地势呈现西高东低、南陡北缓的特点，中部为河谷平坝。基于 ASTER（Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer）地形数据¹分析得出，房县海拔范围在 160 m 到 2,470 m 之间（图 2）。以青峰断裂带为界，北部山地海拔 800–1,000 m，山脉走向以东西、东北或东南向为主，山背开阔，山顶呈垣状，其间分布有河谷盆地，是玉米、水稻、小麦、木耳的主产区。中部以马栏河谷为中心形成狭长断陷盆地，海拔 400–600 m，既是重要粮食产区，也是果木林园发展的主要基地^[5]。南部为高山区，海拔多在千米以上，山势陡峻，是玉米、杂粮及用材林的主要产区。全县海拔差显著，最高点为西南部上龛关家垭（2,485.6 m），最低点为大木姜家坡（180 m），相对高差达 2,306 m。这种独特的地形地貌与气候条件的组合，为房县农业生产的空间分异提供了重要的自然条件^[6]。

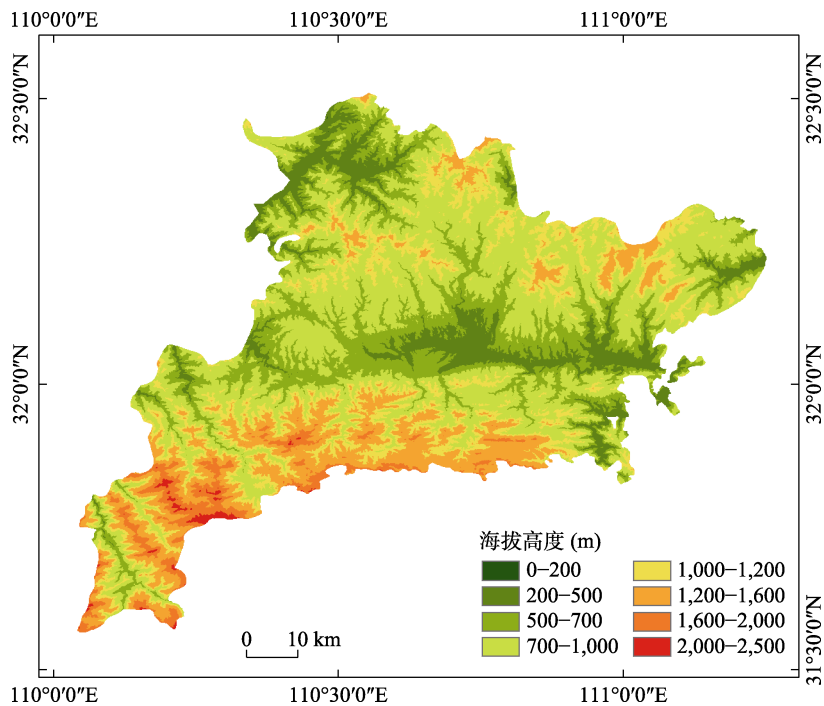


图 2 房县海拔高度分类图

¹ National Aeronautics and Space Administration. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>.

房县地形坡度呈现中间低、四周高的地貌特征，整体地势由中部河谷平原向周边山地逐渐抬升。这种地形格局主要受秦巴山区构造运动和汉江水系长期侵蚀切割的影响，形成了以房县盆地为中心、四周被中低山环绕的“盆状”地貌结构。中部地势相对平坦，坡度基本在 15°以下（表 3 和图 3），是县域内主要的城镇聚集区和农业耕作区；四周多为 15°以上的山地，森林覆盖率高。

表 3 房县坡度类型统计表

坡度 (°)	面积 (km ²)	坡度 (°)	面积 (km ²)
<1	21.01	[15,25)	1,870.97
[1,3)	100.10	[25,35)	1,271.99
[3,7)	284.27	≥35	570.56
[7,15)	1,016.63		

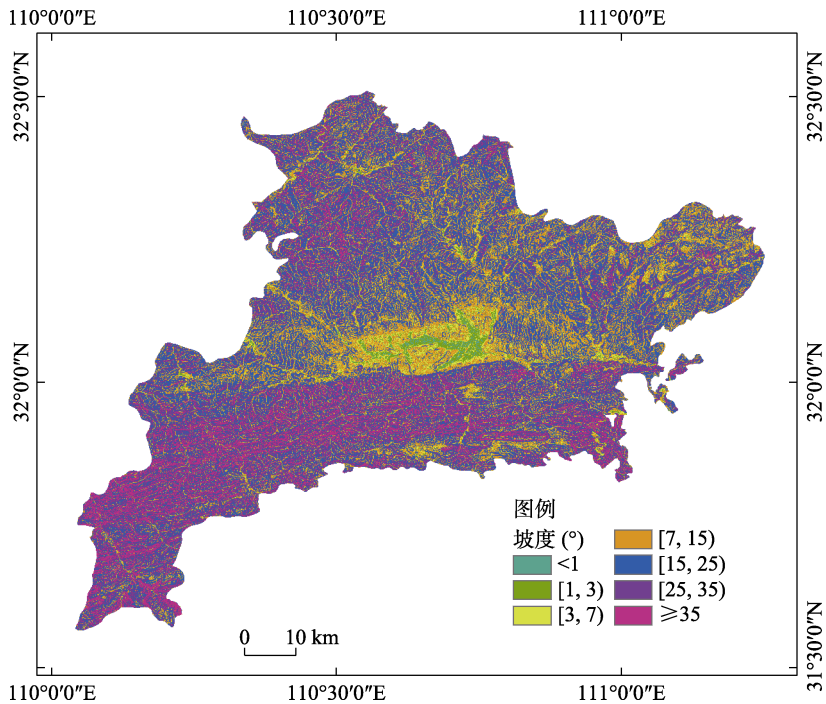


图 3 房县地形坡度分类图

3.3 气候条件

房县位于亚热带季风气候区，具有显著的立体气候特征。该地区冬长夏短，四季分明，气候差异显著。根据中国气象数据网房县站（2000 年–2024 年）²，该区域年均空气相对湿度 75.1%（图 4），年平均温度 15.0 ℃，年日照时数 1,376–1,938 h，无霜期 223 天。年平均降水量 550.2–1,237.0 mm，降水集中在 4–10 月份，占全年降水量的 86.3%，呈现由北向南递增的趋势。雨日在 101–137 天之间，年平均雨日 121 天。该地区主要农业气象灾害包括

² China Meteorological Data Service Centre. <https://data.cma.cn/>.

春季“倒春寒”、夏季“卡脖子”以及秋季阴雨低温天气，这些因素对农作物生长构成显著影响。

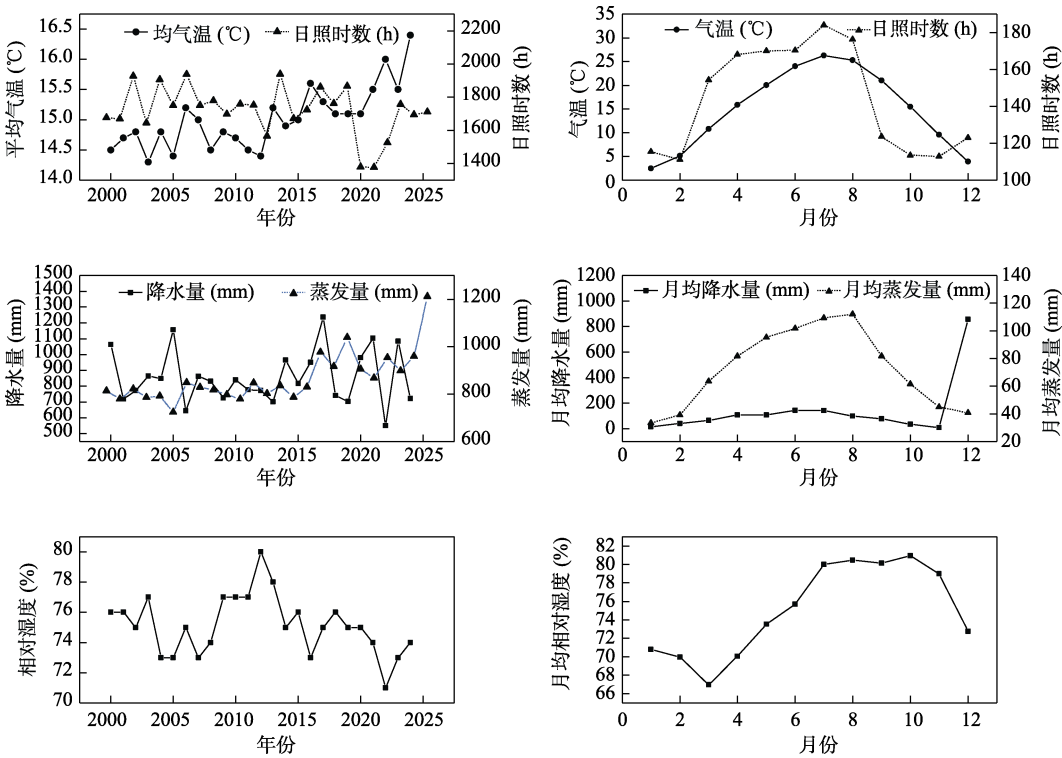


图 4 房县气候特征数据统计图

3.4 土地利用分类与林地分布

根据房县 2022 年 Sentinel-2 L2A 影像（云量<30%）³，经云掩膜处理后合成 12 期月度中位数影像。提取特征包括 10 个光谱波段（B2–B8A、B11–B12）、4 个植被指数（NDVI、NDWI、EVI、SAVI）及其年度统计量（中位数、均值、标准差、极值），利用随机森林算法进行房县土地利用分类（图 5）。

房县的常绿阔叶林主要分布中部、西北部和西南部山区，落叶阔叶林主要分布在西北部和南部山区，常绿针叶林主要分布在南部山区。全县林业用地面积 4,355.5 km²，森林面积 3,941.9 km²，森林覆盖率 84.6%。种植段木黑木耳的耳林（栓皮栎）属于落叶阔叶林，面积 1,632.8 km²，年生长量 22 万 m³，房县平均每年生产段木 6.5 万架，消耗木材约 1.3 万 m³，占栎木资源年生长量的 5.9%，木材全部来源于房县；生产袋料 1,580 万袋，用料 1,380 万 kg，房县本地供料占 87.4%。

3.5 房县黑木耳种植基质理化分析

房县黑木耳的种植基质主要有两种：袋料和段木，根据案例区黑木耳的种植情况，2024 年 12 月作者采集了案例区袋料和段木样品（图 1），送交中国科学院地理科学与资源研究

³ European Space Agency (ESA). Sentinel-2 imagery. Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/>.

所理化分析中心检测。检测指标包括：As、Cd、Pb、Cr、Ni、Cu、Zn、Hg、TN、TC、C/N、有机质。黑木耳生长的袋料及段木中氮含量为 0.42%–1.99%，碳含量为 39.90%–53.00%，碳氮比（C/N）在 20.25–106.55 之间，氮和碳含量较高。有机质含量为 68.79%–91.38%（表 4），有机质含量丰富。房县黑木耳袋料、段木中重金属含量远低于国家土壤环境质量标准（GB 15618—2018）中对应农田的土壤污染风险筛选值^[7]（表 4）。

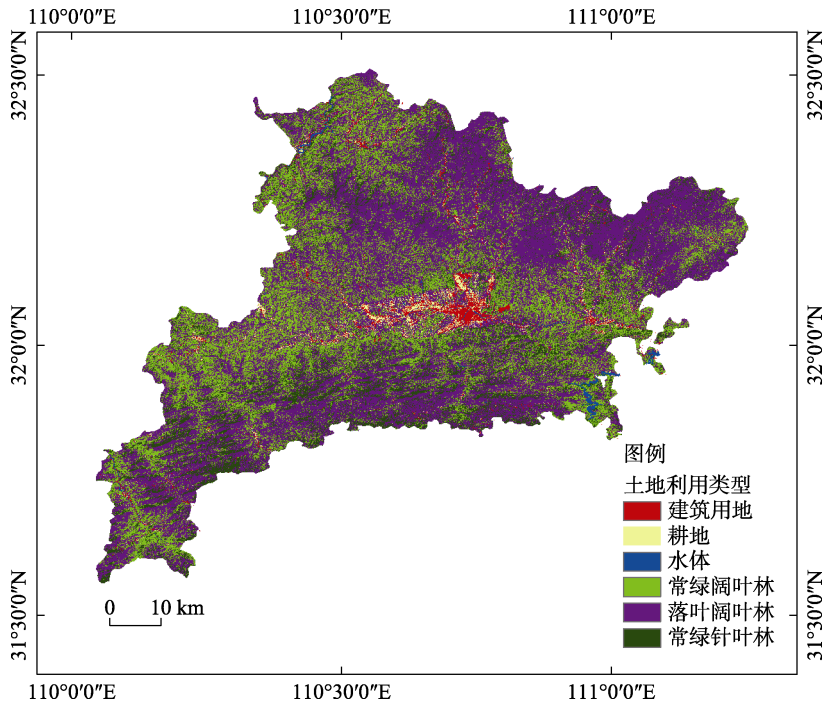


图 5 房县土地利用分类及林地分布图

表 4 案例区段木/袋料重金属、总碳、总氮、有机质检测数据统计表

检测项目	最大值	最小值	平均值	GB 15618—2018 限值 ^[7]
As (mg/kg)	ND	ND	ND	≤30
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND	≤0.3
Pb (mg/kg)	5.95	2.09	3.56	≤120
Cr (mg/kg)	72.54	14.80	28.11	≤200
Ni (mg/kg)	3.04	0.00	0.89	≤100
Cu (mg/kg)	11.21	3.00	6.74	≤100
Zn (mg/kg)	113.08	25.79	50.32	≤250
Hg (mg/kg)	ND	ND	ND	≤2.4
TN (%)	1.99	0.42	0.85	
TC (%)	53.00	39.90	43.48	
C/N	106.55	20.25	62.02	
有机质 (%)	91.38	68.79	74.96	

备注：ND 代表未检出。

3.6 房县水资源条件分析

房县境内水资源较充沛，房县境内大小河流共有 1,261 条，总长 3,455 km，境内主要有 4 大水系，即南河、堵河、北河、官山河，总长 2,612 km，盘峪河、西门河、沙沟河、鲍家河、马栏河五河汇聚于县城中心区域，流域面积占房县的 100%。房县有小二型以上水库 77 座。其中，大型 1 座，中型 4 座，小一型水库 13 座，小二型水库 59 座，总库容 58,427 万 m³。房县水能蕴藏量 35 万 kW，可开发 31.62 万 kW 以上。2025 年 8 月，作者在案例区布设了 8 个采样点(图 1)，采集了喷淋水样本，按照《农田灌溉水质标准》(GB5084—2021)中灌溉水的基本控制项目对喷淋水水质进行检测^[8]。喷淋水检测数据显示(表 5)，样本 pH 值介于 7.1–7.9 之间，水温、悬浮物、五日生化需氧量、化学需氧量、阴离子表面活性剂、氯化物、硫化物、全盐量、总铅、总镉、铬(六价)、总汞、总砷、粪大肠菌群数和蛔虫卵数等 16 项基本控制指标均低于《农田灌溉水质标准》的限值要求，满足农田灌溉水质标准，同时全面满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)^[9]，表征黑木耳用水的优良性。

表 5 案例区水质采样数据统计表

检测指标	最大值	最小值	平均值	GB5084—2021 限值 ^[8]	GB5749—2022 限值 ^[9]
pH	7.9	7.1	7.5	5.5–8.5	6.5–8.5
水温(℃)	28.6	24.0	26.5	35	
悬浮物(mg/L)	7.0	0.0	0.9	60	
五日生化需氧量(mg/L)	2.1	0.9	1.4	40	
化学需氧量(mg/L)	10	4	6.6	100	
阴离子表面活性剂(mg/L)	0.06	ND	0.01	5	
氯化物(mg/L)	8.4	1.8	4.6	350	250
硫化物(mg/L)	ND	ND	ND	1.0	
全盐量(mg/L)	210	38	123.0	1,000	
铅(mg/L)	0.008	0.000	0.004	0.2	0.01
镉(mg/L)	0.001	ND	0.000	0.01	0.005
铬(mg/L)	0.0	ND	0.000	0.1	50
汞(mg/L)	ND	ND	ND	0.001	0.001
砷(mg/L)	0.010	ND	0.003	0.1	10
粪大肠菌群数(MPN/L)	5,400	230	1,585	20,000	
蛔虫卵数(个/10L)	ND	ND	ND	20	

备注：ND 代表未检出。

3.7 黑木耳产品特性数据

房县黑木耳的检测数据充分体现了其优异的品质特征和营养价值。根据案例区各乡镇段木和袋料黑木耳样品的检测数据(表 6 和表 7)，其营养特征可归纳如下：样品干湿比段木木耳平均值为 1 : 11.2，袋料木耳为 1 : 9.6，整体符合黑木耳(GB/T 6192—2019)标准(≥ 1 : 9)^[10]，段木木耳要比袋料木耳的泡发率高。灰分指标 4.40%–5.30% (均值 4.85%) 处于合理区间，反映出产品经过科学加工后仍保留必要的矿物质成分，体现加工工艺的精准控制。

营养指标表现尤为突出，段木木耳总糖含量(以转化糖计)达 45.50%–56.50% (均值 52.1%)，袋料木耳总糖含量(以转化糖计)达 48.7%–62.6% (均值 55.4%)，超过国家黑木

耳标准（GB/T 6192—2019）（≥22%）的一倍以上^[10]；粗蛋白质段木木耳均值为 9.8%（最高值 10.9%），袋料木耳均值为 9.6%（最高值 9.8%），在食用菌中属于较高水平，证实其优质植物蛋白来源的特性；粗脂肪含量 0.40%–0.50%（均值 0.42%），符合现代健康饮食对低脂食品的需求；粗纤维 3.1%–5.8%（均值 4.6%）的梯度分布，既保证了膳食纤维的保健功能，又维持了良好的适口性。

食品安全性指标甲基汞（以 Hg 计）含量为 0.01–0.02 mg/kg，砷含量为 0.02–0.08 mg/kg，铅（Pb）含量为 0.16–0.41 mg/kg，镉含量为 0.04–0.26 mg/kg，均远低于食品国家安全标准限值（GB2762—2022）规定^[11]（食用菌汞含量≤0.1 mg/kg，砷含量≤0.5 mg/kg，铅含量≤1.0 mg/kg，镉含量≤0.5 mg/kg）。农药最大残留指标滴滴涕和六六六未检出，满足湖北省地方标准地理标志产品房县黑木耳标准（DB42T598—2010）^[12]。

表 6 案例区段木黑木耳指标检测结果统计表

检测指标	最小值	最大值	平均值	GB6192—2019 限值 ^[10]	DB42T598—2010 限值 ^[12]
干湿比	1 : 10.6	1 : 11.8	1 : 11.2	1 : 9 以上	1 : 12
水分（%）	11.5	11.9	11.7	≤12.0	≤14.0
灰分（以干质量计）（%）	4.8	5.3	5.0	≤6.0	≤6.0
总糖（以转化糖计）（%）	45.5	56.5	52.1	≥22.0	≥23.0
粗蛋白质（%）	9.3	10.9	9.8	≥7.0	≥7.0
粗脂肪（%）	0.4	0.4	0.4	≥0.4	
铅（以 Pb 计）（mg/kg）	0.298	0.382	0.344	≤1.0	≤0.5
镉（以 Cd 计）（mg/kg）	0.040	0.249	0.128	≤0.5	≤0.8
无机砷（以 As 计）（mg/kg）	0.022	0.084	0.051	≤0.5	≤0.5
甲基汞（以 Hg 计）（mg/kg）	0.008	0.015	0.012	≤0.1	≤0.15
滴滴涕（mg/kg）	ND	ND	ND		≤0.1
六六六（mg/kg）	ND	ND	ND		≤0.2

备注：ND 代表未检出。

表 7 案例区袋料黑木耳指标检测结果统计表

检测指标	最小值	最大值	平均值	GB6192—2019 限值 ^[10]	DB42T598—2010 限值 ^[12]
干湿比	9.3	9.9	9.6	1 : 9 以上	1 : 12
水分（%）	11.5	11.9	11.8	≤12.0	≤14.0
灰分（以干质量计）（%）	4.4	4.9	4.6	≤6.0	≤6.0
总糖（以转化糖计）（%）	47.8	62.6	55.4	≥22.0	≥23.0
粗蛋白质（%）	9.5	9.8	9.6	≥7.0	≥7.0
粗脂肪（%）	0.4	0.5	0.4	≥0.4	
粗纤维（%）	3.1	5.8	4.6	3.0–6.0	3.0–6.0
铅（以 Pb 计）（mg/kg）	0.162	0.225	0.188	≤1.0	≤0.5
镉（以 Cd 计）（mg/kg）	0.050	0.100	0.063	≤0.5	≤0.8
无机砷（以 As 计）（mg/kg）	0.026	0.061	0.042	≤0.5	≤0.5
甲基汞（以 Hg 计）（mg/kg）	0.005	0.012	0.008	≤0.1	≤0.15
滴滴涕（mg/kg）	ND	ND	ND		≤0.1
六六六（mg/kg）	ND	ND	ND		≤0.2

备注：ND 代表未检出。

综合来看，房县黑木耳通过严格的质量控制实现了营养与安全的双重保障，各项指标协同作用使其兼具高营养价值、功能特性与食用安全性，确属优质食用菌产品的典型代表。综合而言，房县黑木耳通过“高蛋白、高纤维、低脂低糖”的营养构型，以及灰分指标的显著地域分异特征，不仅满足现代膳食营养需求，更从生化指标层面支撑了其优质地理产品的独特性与认证可行性。

此外，通过对不同品种的黑木耳进行氨基酸成分分析，发现黑木耳中的氨基酸含量丰富，尤其是脯氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸等必需氨基酸含量较高（表 8）。亮氨酸作为支链氨基酸对肌肉代谢与免疫调节意义重大^[13]；苯丙氨酸参与蛋白质合成，并作为酪氨酸、多巴胺、肾上腺素等物质的前体，对神经传递、代谢调节和情绪稳定起重要作用^[14]；脯氨酸则参与胶原蛋白合成与抗氧化调节^[15]。与东北黑木耳相比，房县黑木耳在必需氨基酸比例、亮氨酸、苯丙氨酸等关键必需氨基酸的平衡性方面更具优势。例如，延吉市、牡丹江市、柞水县、卓尼县 4 个产区黑木耳中脯氨酸的含量分别为 0.33、0.35、0.43、0.46 mg/kg，均低于房县黑木耳中对应氨基酸的含量^[16]。

表 8 案例区黑木耳氨基酸检测结果统计表

检测指标	样品最小值（g/100g）	样品最大值（g/100g）	样品平均值（g/100g）
亮氨酸	0.410	0.740	0.563
苯丙氨酸	0.310	0.400	0.345
甘氨酸	ND	ND	ND
脯氨酸	1.050	1.520	1.283
精氨酸	0.440	0.650	0.524
天冬氨酸	ND	ND	ND
酪氨酸	ND	ND	ND
缬氨酸	0.073	0.180	0.134
异亮氨酸	0.110	0.130	0.120
丙氨酸	ND	ND	ND
谷氨酸	ND	ND	ND
蛋氨酸	ND	ND	ND
组氨酸	0.560	0.690	0.640
丝氨酸	ND	ND	ND
赖氨酸	0.450	0.630	0.514

备注：ND 代表未检出。

4 黑木耳产业经营管理

4.1 房县社会经济发展情况

据统计，2015–2024 年案例区 8 个典型乡镇人口均出现负增长，其中以军店镇（下降 7.06%）和沙河乡（下降 9.49%）的降幅最为明显，主要原因在于青壮年人口外流加速，以及城乡吸纳能力有限（表 9）。相对而言，白鹤镇人口下降幅度仅为 2.05%，表现出较强的人口稳定性。总体来看，房县在过去十年经历了持续的人口流失与老龄化压力，尤其对农村劳动力结构影响显著。

表 9 案例区乡镇 2015–2024 年人口变化情况

乡镇	2015 年人口 (人)	2024 年人口 (人)	人口变化 (人)	变化幅度(%)
土城镇	23,557	22,534	−1,023	−4.34
青峰镇	36,952	35,339	−1,613	−4.37
军店镇	41,737	38,792	−2,945	−7.06
白鹤镇	33,520	32,833	−687	−2.05
中坝乡	11,980	11,284	−696	−5.81
门古寺镇	35,074	33,837	−1,237	−3.53
沙河乡	8,963	8,112	−851	−9.49
万峪河乡	9,097	8,688	−409	−4.50

在收入方面，黑木耳产业已成为带动农户增收的支柱型产业（表 10）。以青峰镇峪坪河村为例，种植黑木耳人均年收入高达 8,421 元，占当地农户总收入的 55%；同时，参与育种、砍棒、搬运和加工等打工劳务的农户人均收入达 7,227 元，占总收入的 47%。白鹤镇的双河村与堰河村情况类似，黑木耳产业收入占比均接近 50%，显示出较高的依赖度。土城镇虽整体收入水平略低，但以塘埂村为代表，黑木耳种植与劳务收入占农户收入的比重合计超过 60%，依然是主要的经济来源。

表 10 案例区典型乡镇人均收入及黑木耳相关收入情况

乡镇	村庄示例	常住人口 (人)	种植黑木耳人均收入 (元/年)	占总收入比例 (%)	黑木耳打工人均收入 (元/年)	占总收入比例 (%)
土城镇	塘埂村	1,450	5,895	38	4,526	29
青峰镇	峪坪河村	1,540	8,421	55	7,227	47
青峰镇	龙王沟村	1,527	7,485	49	5,800	38
白鹤镇	东浪村	1,782	7,699	50	6,164	40
白鹤镇	堰河村	425	7,218	47	5,818	38
白鹤镇	双河村	453	7,442	48	7,077	46

从业人口结构也验证了这一特征（表 11）。典型村落中，参与本地黑木耳种植和劳务的人口数量占常住人口的 20%–30%，形成了“以村为单位的集群式从业格局”。外出从事黑木耳产业的农户比例相对较低，说明黑木耳产业在本地即形成较为完整的生产、加工与销售链条，吸纳了大部分剩余劳动力。

表 11 案例区典型乡镇黑木耳产业从业人口统计

乡镇	村庄示例	本地种植人数(人)	本地加工/劳务人数 (人)	外出种植人数 (人)	外出加工/劳务人数 (人)
土城镇	塘埂村	152	38	0	0
青峰镇	梅花山村	57	16	0	0
青峰镇	龙王沟村	171	43	0	0
白鹤镇	东浪村	266	67	0	0
白鹤镇	双河村	258	65	0	0
白鹤镇	堰河村	133	33	0	0

4.2 房县黑木耳种植历史传统

房县黑木耳种植历史悠久,据《唐本草注》记载,1,300多年前的唐朝时期,就有房县黑木耳的种植。新中国成立后,房县人民政府鼓励黑木耳种植。长期以来,房县人民不断积累经验,改进生产技术,创立了一套高产、优质、高效的栽培模式。解放前,房县黑木耳生产只停留在野外半人工栽培状态;1968年,湖北省供销社和国家商业部先后在房县召开了全省、全国黑木耳栽培生产喷灌现场会,突破了“人种天管”的栽培管理模式,产量大幅提高;1980年,按照全国供销合作总社的要求,房县供销社总结编写了《黑木耳生产三字经》,在全国推广段木栽培技术;1979–1982年,中央电视台、湖北电视台、上海电视台科教电影制片厂先后在房县拍摄了《黑木耳》《千里房县木耳喜丰收》《段木栽培黑木耳》等科教片、新闻记录和有关生产黑木耳专题影片;2008年农业部发布了《中华人民共和国农产品地理标志质量控制技术规范·房县黑木耳》,房县将本地野生菌株驯化、选育,形成适合本地栽培的菌种品种,在无公害区域进行种植,推广了深孔、密植、喷灌栽培技术和春栽小袋和秋栽大袋栽培模式。生产过程中不施用任何化肥、农药,病虫害采用传统的农业、物理、生物防治方法,生物转化率达85%以上;支持龙头企业开展良好农业规范认证、质量管理体系认证、食品安全管理体系等系列认证,以及有机食品、绿色食品认证。2009年,房县黑木耳被批准为地理标志产品,2020年被列入中欧地理标志协定首批名录。

4.3 林下设施农业发展

房县作为我国重要的黑木耳主产区,其林下设施农业基础设施建设水平在湖北省内处于领先地位。围绕黑木耳全产业链,已逐步形成涵盖菌种繁育、袋料生产、栽培管理、仓储保鲜与加工流通等环节的完整配套体系。在生产环节方面,全县现有菌种厂和菌棒厂3个,分别为军店镇的房县月明菌种厂、土城镇的房县天禾菌业菌种厂以及青峰镇的湖北菌香源生物科技有限公司。这些企业不仅具备较强的菌种研发与生产能力,还引进并应用液体菌种等先进技术,年产固体菌种总量达到570万kg、液体菌种70万L。

在配套基础设施方面,2024年,全县已建成双层晾晒大棚1,524个,占地约81.33 hm²;用于黑木耳生产的水塘、水窖及蓄水池达864个,实现袋料黑木耳生产100%配套微喷设施,段木黑木耳生产85%实现微喷配套。同时,建成冷藏保鲜设施34个,总容积达3,800 m³,有效提升了产品的储运和保鲜能力。在物流与市场环节,白鹤镇建成绿色农港食用菌交易市场,占地约6.33 hm²,其中食用菌交易区面积达3,800 m²,为黑木耳销售提供了重要的集散平台。在加工环节,全县现有黑木耳加工企业12家,年加工能力可达5,400吨。2024年,房县黑木耳总产量接近4,000吨,实现综合产值15亿元,销售收入6.4亿元,年出口创汇1,500万美元。整体而言,房县黑木耳的林下设施农业建设不仅保障了生产过程的稳定和高效,也支撑了其作为“中国木耳之乡”的产业优势地位,为区域特色农业和乡村振兴提供了坚实的产业基础。

4.4 黑木耳种植管理

房县黑木耳主要分为段木木耳和袋料木耳(图6)两种^[17]。段木木耳主要种植在青峰镇、白鹤镇、门古寺镇等地,袋料木耳主要种植在土城镇、军店镇、白鹤镇等地(表12)。2024年,案例区袋料黑木耳种植总计1,550万袋,段木黑木耳共计5.5万架,其中袋料黑

木耳土城镇种植最多，达 1,000 万袋，段木黑木耳青峰镇种植最多，达 1.2 万架。



图 6 黑木耳（左：段木木耳，右：袋料木耳）

表 12 案例区黑木耳种植统计表（2024 年）

乡镇	袋料黑木耳（万袋）	段木黑木耳（万架）
土城镇	1,000	0.5
青峰镇	200	1.2
军店镇	100	0.0
白鹤镇	100	1.0
门古寺镇	50	1.0
中坝乡	50	0.5
万峪河乡	0	0.8
沙河乡	0	0.5
总计	1,550	5.5

房县黑木耳种植区成立了专门的生产管理领导小组，人员包括各乡镇主要领导、村干部，统一组织实施种植管理，保障黑木耳种植生产标准化。配备专职人员负责黑木耳生产，并邀请栽培技术人员开展生产技术培训和技术指导。通过产学研政团民传七位一体的方法对房县黑木耳案例开展研发工作。房县鑫财集团、华中农业大学植物科学技术学院、中国科学院地理科学与资源研究所、房县人民政府、房县农业农村局、房县发展和改革局、中国地理学会、房县各乡镇当地村民以及《全球变化数据学报（中英文）》编辑部等的合作是本案例成功的保障。在案例研发过程中，房县人民政府和房县鑫财集团建立统一的黑木耳生产过程档案，按统一标准与要求对黑木耳生产的全流程记录存档，便于溯源管理。

4.5 黑木耳收获加工技术管理

黑木耳技术管理遵循标准化流程以确保产品质量与安全。根据房县黑木耳加工技术规程 Q/FXME-003，加工环境远离“三废”污染源，车间配备防虫防鼠设施及更衣消毒设施，加工人员持健康证上岗并规范着装。原料采收后按等级、色泽、杂质等指标严格验收，验收合格的原料通过摊晒预处理至含水量约 2/3 后进行烘干加工。烘干工艺采用梯度升温法，初温 30℃，每 3 小时升温 5℃，终温不超过 45℃，最终含水量需低于 12%。加工流程包括筛选、烘干、分级和包装 4 步，其中分级依据朵片完整性、色泽、厚度及杂质含量等指

标,分为一级、二级、三级及等外品。包装材料符合 GB 4806.7—2023 卫生标准,标识清晰完整。成品贮藏于专用仓库,防霉防虫;运输过程中避免日晒雨淋,并严禁与有毒有害物品混运。此外,根据采收季节差异,黑木耳分为春耳(质量最优)、伏耳(质量次等)和秋耳(质量中等),分类管理优化产品价值。通过上述全流程技术控制,有效保障黑木耳的感官品质、卫生安全及市场竞争力。

4.6 房县黑木耳溯源技术支持

房县黑木耳的品质溯源数据采集主要包括种植生产、环境监测(地面站)、加工与仓储3类,通过全过程数据采集与管理,实现产品的可追溯与质量保障。生产环节包括记录菌种编号、菌种来源、菌种活性检测报告等。依托地标生境地面站(图7)实现近实时数据采集,对黑木耳生长环境进行动态监控,主要包括:气温、风速、风向、气压、空气湿度、土壤温度、土壤湿度、总辐射、空气中CO₂含量、PM_{2.5}含量、PM₁₀含量和噪声13项指标。黑木耳的可持续监测可以提供有关作物生长、病虫害和气候变化等方面的数据,将这些数据与菌种编号和地块信息绑定,不仅提升了生产过程的可视化与精细化管理,也为风险预警、品质评估和仓储保鲜提供了坚实的数据支撑。加工环节包括加工参数(干燥温度梯度、水分控制),品质分级和微生物检测(大肠杆菌、沙门氏菌等5项致病菌检测)。仓储环节包括环境控制(仓库温度、相对湿度),实时监控和质量抽检。



图7 房县黑木耳地标生境地面站

5 结论

房县黑木耳种植区位于湖北省西北部,独特的地理环境孕育了具有区域特色的房县优质地理特色黑木耳产品。为了保证未来房县黑木耳的高质量发展,还可以在以下几个方面继续开展工作,包括黑木耳标准化管理问题、黑木耳质量保证与生态系统可持续发展问题等。通过解决这些问题,可以实现房县黑木耳的可持续发展,促进当地经济发展。

作者分工: 杨丽虎对本案例做了总体设计和实施计划;杨丹华、林云国、邓杰、刘明德、陈朝晖、施真协调案例区的调查工作,杨玉林、田茂成、张福国提供了案例区生态环境、种植管理及产业经营管理数据;蒙天禄、王明安、方诗鸿、马骥、陈业波、唐亮、贯骏、唐盛波、解锐、王辉、邓明、刘杰对实地考察和样品采集提供了帮助,边银丙对论文

进行了审核,杨丽虎、程昕煜、杨凡、杨玉林、刘瑞参加了案例区实地考察、进行了水样、段木、袋料及黑木耳的采集及分析工作;杨丽虎、程昕煜、蒋超撰写了论文。

致谢:感谢房县各级领导的支持与配合,以及在水样、段木、袋料及黑木耳采集过程中协助的工作人员;感谢中国科学院地理科学与资源研究所刘闯研究员、王振波研究员、宋献方研究员、地理标志研究中心秘书张诗典等在案例立项和调研中的辛苦付出。

利益冲突声明:本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 杨亚楠,张素琴,刘于嘉.黑木耳的营养成分及功能[J].农产品加工,2024(15): 91–93. DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2024.15.021.
- [2] 杨丽虎,杨丹华,林云国等.房县黑木耳林下设施农业生境保护与可持续发展案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.09.06.V1>. <https://cstr.esi.cn/CSTR:20146.11.2025.09.06.V1>.
- [3] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [4] 明长春,贾铭,何玮等.房县食用菌产业发展历程及展望[J].安徽农学通报,2021,27(16): 33–34. DOI: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2021.16.011.
- [5] 纪德诚.房县食用菌资源开发利用现状研究[D].武汉:武汉轻工大学,2021. DOI: 10.27776/d.cnki.gwhgy.2021.000078.
- [6] 梁伟,赵世东.房县食用菌产业高质量发展路径研究[J].湖北工业职业技术学院学报,2023,36(6): 42–45.
- [7] 中华人民共和国生态环境部,国家市场监督管理总局.土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB 15618—2018)[S].北京:中国环境出版集团,2019.
- [8] 中华人民共和国生态环境部,国家市场监督管理总局.农田灌溉水质标准(GB 5084—2021)[S].北京:中国环境出版集团,2021.
- [9] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2022) [S].北京:中国标准出版社,2022.
- [10] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.黑木耳(GB/T 6192—2019) [S].北京:中国标准出版社,2019.
- [11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中污染物限量(GB 2762—2022) [S].北京:中国标准出版社,2022.
- [12] 湖北省质量技术监督局.地理标志产品 房县黑木耳 (DB42T598—2010)[S/OL]. 2010. <https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed?id=91D99E4D522B2E24E05397BE0A0A3A10>.
- [13] Sun, B., Sun, Y. C., Han, X. S., et al. Leucine supplementation alleviates immune and antioxidant function damage in adult rats induced by early weaning [J]. *The Journal of Nutrition*, 2023, 153(5): 1607–1617.
- [14] Berguig, G. Y., Martin, N. T., Creer, A. Y., et al. Of mice and men: plasma phenylalanine reduction in PKU corrects neurotransmitter pathways in the brain [J]. *Molecular Genetics and Metabolism*, 2019, 128(4): 422–430.
- [15] Yusuf, M., Khan, T. A., AlBlooshi, F. S., et al. Unveiling the protective role of silicon dioxide nanoparticles against copper-induced oxidative damage in soybean plants through altered proline metabolism and antioxidants [J]. *Plant Nano Biology*, 2025, 12: 100149.
- [16] 李通,余康宁,王晓巍等.4个产区黑木耳营养品质分析[J].寒旱农业科学,2025,4(2): 140–147.
- [17] 郭美蓉.黑木耳优质高效袋料栽培关键技术[J].东南园艺,2023,11(1): 66–69. DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.01.013.